

ISBN 978-85-7743-365-0

**Jamil Abdalla Fayad**  
**Valdemar Arl**  
**Jucinei José Comin**  
**Álvaro Luiz Mafra**  
**Darlan Rodrigo Marchesi**

Organizadores

# **SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS**

**Método de transição para  
um novo modo de produção**







**Governador do Estado**  
Carlos Moisés da Silva

**Secretário de Estado da Agricultura e da Pesca**  
Ricardo de Gouvêa

**Presidente da Epagri**  
Edilene Steinwandter

**Diretores**

Giovani Canola Teixeira  
Administração e Finanças

Humberto Bicca Neto  
Extensão Rural e Pesqueira

Ivan Luiz Zilli Bacic  
Desenvolvimento Institucional

Vagner Miranda Portes  
Ciência, Tecnologia e Inovação



# Sistema de Plantio Direto de Hortaliças

*Método de transição para um  
novo modo de produção*





**ORGANIZADORES:**

Jamil Abdalla Fayad

Valdemar Arl

Jucinei José Comin

Álvaro Luiz Mafra

Darlan Rodrigo Marchesi

# **Sistema de Plantio Direto de Hortalças**

*Método de transição para um  
novo modo de produção*



2ª edição  
Florianópolis, 2019

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)  
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi - Caixa Postal 502  
88034-901 - Florianópolis, SC - Brasil  
Fone: (48) 3665-5000  
Fax: (48) 3665-5010  
www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC) - Epagri

Assessoria técnico-científica: ver página 9

Revisão Ortográfica: Rosa Helena dos Santos.

Revisão Técnica: Renato Guardini; Samira Jamil Fayad; Yasser Jamil Fayad.

Design Gráfico: André Jaime Lopes (dgandrejaime@gmail.com).

Foto de capa:

Fotos: acervo dos autores.

2ª edição: setembro 2019

Impressão: CS Gráfica

#### Ficha Catalográfica

FAYAD, J.A; ARL, V.; COMIN, J.J.; MAFRA, A.L.; MARCHESI, D. R. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças**. Epagri: Florianópolis, 2019. XXXp.

Adubos orgânicos; Brássicas; Cebola; Chuchuzeiro; Mandioquinha-salsa; Máquinas e implementos para semeadura direta; Maracujazeiro; Nutrição de plantas; Olericultura; Promoção da saúde do solo; Sementes e mudas; Tomateiro; Transição agroecológica

ISBN 978-85-7743-365-0

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

## COLETIVO DOS ORGANIZADORES

**JAMIL ABDALLA FAYAD** engenheiro agrônomo, MSc., Pesquisador-extensionista sênior, Florianópolis, SC

**VALDEMAR ARL** engenheiro agrônomo, Dr., Agroecologista e Educador Popular, Caçador, SC

**JUCINEI JOSÉ COMIN** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**ÁLVARO LUIZ MAFRA** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UDESC/CAV, Lages, SC

**DARLAN RODRIGO MARCHESI** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Florianópolis, SC

## COLETIVO DOS PRINCIPAIS AUTORES

**ALEXANDRE VISCONTI** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Itajaí, SC

**ÁLVARO LUIZ MAFRA** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UDESC/CAV, Lages, SC

**ÁLVARO MONTEIRO** graduando em Agronomia, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**ARCÂNGELO LOSS** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**BÁRBARA SANTOS VENTURA** engenheira agrônoma, Doutoranda, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**BETÂNIA DE PAULA** engenheira agrônoma, Pós-Doutoranda, UFSM/PPGCS, Santa Maria, RS

**CARLOS ALBERTO KOERICH** técnico agrícola, EPAGRI, Angelina, SC

**CASSIELE LUSA MENDES BLAY** engenheira agrônoma, EPAGRI, Antônio Carlos, SC

**CLARA INES NICHOLLS** engenheira agrônoma, Profa. PhD., Universidade da Califórnia, Berkeley, EUA

**CLAUDINEI KURTZ** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Ituporanga, SC

**CLÁUDIO ROBERTO FONSECA SOUZA SOARES** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCB, Florianópolis, SC

**CLEDIMAR ROGÉRIO LOURENZI** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**DANIEL ROGÉRIO SCHMITT** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Ituporanga, SC

**DARLAN RODRIGO MARCHESI** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Florianópolis, SC

**DIEGO ADÍLIO DA SILVA** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Criciúma, SC

**ÉDIO ZUNINO SGROTT** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Ituporanga, SC

**EDSON WALMOR WUERGES** engenheiro agrônomo, MSc., Extensionista sênior, Florianópolis, SC

**ELAINE ROSSONI** engenheira agrônoma, Especialista, EPAGRI, Santa Rosa do Sul, SC



**EMERSON EVALD** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Jaguaruna, SC

**EUCLIDES SCHALLENBERGER** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Itajaí, SC

**FABIANE MACHADO VEZZANI** engenheira agrônoma, Profa. Dra., UFPR/SCA, Curitiba, PR

**FÁBIO SATOSHI HIGASHIKAWA** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Ituporanga, SC

**GUILHERME WILBERT FERREIRA** engenheiro agrônomo, Doutorando, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**GUSTAVO BRUNETTO** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSM/SCR, Santa Maria, RS

**HENRIQUE BELMONTE PETRY** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Urussanga, SC

**HENRIQUE VON HERTWIG BITTENCOURT** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFFS, Laranjeiras do Sul, PR

**ILYAS SIDDIQUE** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**IVANDA MASSON** pedagoga, MSc., EPAGRI, Florianópolis, SC

**JAMIL ABDALLA FAYAD** engenheiro agrônomo, MSc., Pesquisador-extensionista sênior, Florianópolis, SC

**JOÃO AQUINO** engenheiro sanitaria e ambiental, Assessor em agrofloresta, Florianópolis, SC

**JUCINEI JOSÉ COMIN** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**LEANDRO DO PRADO WILDNER** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Chapecó, SC

**LUCAS DUPONT GIUMBELLI** engenheiro agrônomo, Doutorando, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**LUCIANO COLPO GATIBONI** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UDESC/CAV, Lages, SC

**LUIZ VAZQUEZ** engenheiro agrônomo, PhD., Sociedade Científica Latinoamericana de Agroecología, SOCLA, Cuba

**MARCELO ZANELLA** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Florianópolis, SC

**MARCOS ALBERTO LANA** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., Universidade Sueca de Ciências Agrícolas, Uppsala, Suécia

**MARINICE TELEGINSKI** bióloga, Doutoranda, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**MICHAEL MAZURANA** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFRGS, Porto Alegre, RS

**MIGUEL ÁNGEL ALTIERI** engenheiro agrônomo, Prof. PhD., Universidade da Califórnia, Berkeley, EUA

**MONIQUE SOUZA** engenheira agrônoma, Pós-Doutoranda, UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**NAURO JOSÉ VELHO** técnico agrícola, Extensionista sênior, Florianópolis, SC

**NUNO RODRIGO MADEIRA** engenheiro agrônomo, Dr., Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

**PAULO EMILIO LOVATO** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC/CCA, Florianópolis, SC

**PEDRO IVAN CHRISTOFFOLI** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFFS, Laranjeiras do Sul, PR

**RAFAEL DA ROSA COUTO** tecnólogo em agropecuária, Dr., IFC, Rio do Sul, SC

**RAFAEL GUSTAVO FERREIRA MORALES** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Itajaí, SC

**RAFAEL RICARDO CANTÚ** engenheiro agrônomo, Dr., EPAGRI, Itajaí, SC

**REMI NATALIM DAMBRÓS** engenheiro agrônomo, MSc., extensionista-pesquisador sênior, Videira, SC

**RENATO GUARDINI** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Tijucas, SC

**ROGÉRIO GONZATTO** engenheiro agrônomo, Dr., UFSM, Santa Maria, RS

**ROSILDA HELENA FELTRIN** engenheira agrônoma, EPAGRI, Antônio Carlos, SC

**SANDOVAL MIGUEL FERREIRA** técnico agrícola, EPAGRI, Sombrio, SC

**SAMIRA JAMIL FAYAD** química, Profa. Dra., Pós Doutoranda UFSC, Florianópolis, SC

**STEFANO CESCO** engenheiro agrônomo, Prof. PhD., Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Livre de Bozen - Bolzano, Itália

**TANJA MIMMO** engenheiro agrônomo, Prof. PhD., Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Livre de Bozen - Bolzano, Itália

**TATIANA DA SILVA DUARTE** engenheira agrônoma, Profa. Dra., UFRGS, Porto Alegre, RS

**VALDEMAR ARL** engenheiro agrônomo, Dr., Agroecologista e Educador Popular, Caçador, SC

**VILMAR MÜLLER JÚNIOR** engenheiro agrônomo, Doutorando, UFSC/CTC, Florianópolis, SC

**YOURY PII** engenheiro agrônomo, Prof. PhD, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Livre de Bozen - Bolzano, Itália

## COLETIVO DE PROFISSIONAIS QUE PARTICIPARAM DA GERAÇÃO E ADAPTAÇÃO DE CONHECIMENTOS E ORGANIZAÇÃO DO SPDH

**ALEXANDRE HOFMANN** lavoureiro, Angelina, SC

**ALMIR HOFMANN** lavoureiro, Angelina, SC

**ANDELMO WALTER** lavoureiro, Angelina, SC

**ANTONINHO GRIS** técnico agrícola, extensionista sênior, Videira, SC

**ARNO EYNG** engenheiro agrônomo, extensionista sênior, Videira, SC

**ARTEMIO BASEGGIO** lavoureiro, Caçador, SC

**AUREO HANG** lavoureiro, Ituporanga, SC

**CARLITA ISABEL MEYER SCHULTER** lavoureira, Anitápolis, SC

**CARLOS FRISCHKNECHT** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Imaruí, SC

**CARLYLE HOLL CIRIMBELLE** engenheiro agrônomo (em memória)

**CELSO BRANCHER** engenheiro agrônomo, Prefeitura Municipal, Videira, SC

**DANIEL MENDONÇA** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Criciúma, SC

**EDÉSIO SCHMITT** lavoureiro, Antônio Carlos, SC

**EDIR JOSÉ HILLESHEIM** lavoureiro, Angelina, SC

**EDSON BACK** lavoureiro, Anitápolis, SC

**EDSON SCHARFF** lavoureiro, Angelina, SC

**ÉLIO PÉREGO** lavoureiro, Caçador, SC

**ELIZANDRO SAGIORATTO** lavoureiro, Caçador, SC

**EVANDRO CORDEIRO** lavoureiro, Videira, SC

**GENECI DE FREITAS** lavoureira, Sombrio, SC

**GERSON ANTÔNIO MENIN** lavoureiro, Caçador, SC

**HENRIQUE HOFMANN** lavoureiro, Angelina, SC

**INÁCIO BUNN** lavoureiro, Angelina, SC  
**ISAC HAMES** lavoureiro, Angelina, SC  
**ITACIR BACCHI** lavoureiro, Caçador, SC  
**JAIME BOLZANI** lavoureiro, Videira, SC  
**JEAN CLÁUDIO GUADAGNIM** engenheiro agrônomo, MSc., IMA, Lages, SC  
**JONAS SIMÃO DIAS** lavoureiro, Angelina, SC  
**JORGE ARBOLEYA** engenheiro agrônomo, PhD, INEA, Uruguay  
**KATIÚCIA MICHELE VISENTAINER** engenheira agrônoma, EPAGRI, Ituporanga, SC  
**LAURO KRUNVALD** engenheiro agrônomo, EPAGRI, Agrolândia, SC  
**LEANDRO FREDERICO EHARDT** lavoureiro, Angelina, SC  
**LEANDRO HILLESHEIM** lavoureiro, Angelina, SC  
**LEONILDO SCHULTER** lavoureiro, Anitápolis, SC  
**LILIAN MARIA COELHO MENIN** lavoureira, Caçador, SC  
**LORIVAL KNAUL** lavoureiro, Ituporanga, SC  
**LÚCIA BACCHI** lavoureira, Caçador, SC  
**LÚCIA SCHMITT** lavoureira, Antônio Carlos, SC  
**LUIZ CARLOS BALATKA** lavoureiro, Caçador, SC  
**LUIZ PETRYKOWKI** lavoureiro, Caçador, SC  
**MARCIONEI PETRY** lavoureiro, Ituporanga, SC  
**MARIANI HAMES** lavoureira, Angelina, SC  
**MARILÉIA HAMES** lavoureira, Angelina, SC  
**NILVO KNAUL** lavoureiro, Ituporanga, SC  
**OLIVO DAMBRÓS** engenheiro agrônomo, Dr., Livre Docente e Educador Popular, Coronel Vivida, PR  
**PAULO FRANCISCO DA SILVA** engenheiro agrônomo, MSc., EPAGRI, Florianópolis, SC

**PIERRE CURMI** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., AgroSup, Dijón, França  
**RAFAEL EDI EHARDT** lavoureiro, Angelina, SC  
**RANULFO PELOSO** educador popular, CEPIS, São Paulo, SP  
**REGINALDO DE FREITAS** lavoureiro, Sombrio, SC  
**ROBERTO BOLZANI** técnico agrícola e lavoureiro, EPAGRI, Videira, SC  
**RODRIGO BINOTTO** engenheiro agrônomo, Prefeitura Municipal, Rio das Antas, SC  
**ROSEMILDA BUTTCHEVITZ DIAS** lavoureira, Angelina, SC  
**SANDRO LUIZ SCHLINDWEIN** engenheiro agrônomo, Prof. Dr., UFSC, Florianópolis, SC  
**SADI ZILI** técnico agrícola, Epagri, Rio das Antas, SC  
**SÉRGIO MENIM** lavoureiro, Caçador, SC  
**SÉRGIO SUZIN** lavoureiro, Caçador, SC  
**SILVINO COPPINI** lavoureiro, Rio das Antas, SC  
**SOLANGE BACK** lavoureira, Anitápolis, SC  
**VALDEMAR LAURO DA SILVA** lavoureiro, Alfredo Wagner, SC  
**VALDONIR HOFFMANN** lavoureiro, Ituporanga, SC  
**VALMIR ZANELLA** lavoureiro, Caçador, SC  
**VANESSA ARENHART** engenheira agrônoma, extensionista e lavoureira, Rancho Queimado, SC  
**ZITA KLOPPPEL HOFFMANN** lavoureira, Ituporanga, SC

# ASSESSORIA TÉCNICO-CIENTÍFICA

**CÂNDIDA ELISA MANFIO** EPAGRI, Estação Experimental de Ituporanga, SC

**FRANCISCO OLMAR GERVINI DE MENEZES JR.** EPAGRI, Estação Experimental de Ituporanga, SC

**JULIANE GARCIA KNAPIK JUSTEN** EPAGRI, Gerência Regional de Rio do Sul, SC

**LUANA APARECIDA CASTILHO MARO** EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí, SC

**MARCIO ANTONIO DE MELLO** EPAGRI, Florianópolis, SC

**MARCIO SÔNEGO** EPAGRI, Estação Experimental de Urussanga, SC

**MILTON DA VEIGA** Aposentado

**MURILO DALLA COSTA** EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí, SC

**PAULO ANTÔNIO DE SOUZA GONÇALVES** EPAGRI, Estação Experimental de Ituporanga, SC

**RAFAEL GUSTAVO FERREIRA MORALES** EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí, SC

**RAFAEL RICARDO CANTÚ** EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí, SC

**REMI NATALIM DAMBRÓS** Aposentado

**TÁSSIO DRESCH RECH** EPAGRI, Estação Experimental de Lages, SC

**TATIANA DA SILVA DUARTE** UFRGS, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Porto Alegre, RS





# Sumário

|                    |    |
|--------------------|----|
| Apresentação ..... | 21 |
| Prefácio .....     | 23 |

## Eixos político-pedagógico e técnico-científico

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. TRAJETÓRIA, CONCEPÇÃO METODOLÓGICA E DESAFIOS ESTRATÉGICOS JUNTO<br>AO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH) ..... | 27 |
| 1. Introdução.....                                                                                                             | 27 |
| 2. Concepção metodológica do SPDH: uma perspectiva teórica .....                                                               | 29 |
| 3. Praticando a concepção metodológica dialética no SPDH.....                                                                  | 31 |
| 3.1. Contexto .....                                                                                                            | 31 |
| 3.2. Histórico.....                                                                                                            | 31 |
| 3.3. Os caminhos orientadores do SPDH.....                                                                                     | 33 |
| 4. Contratando o SPDH.....                                                                                                     | 35 |
| 5. Reflexão crítica do processo .....                                                                                          | 38 |
| 5.1. Desafios no processo da transição .....                                                                                   | 39 |
| 5.2. Da atualidade aos novos desafios .....                                                                                    | 39 |
| 2. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: UMA PRÁXIS DA TRANSIÇÃO<br>AGROECOLÓGICA COM A AGRICULTURA FAMILIAR .....          | 41 |
| 1. Introdução.....                                                                                                             | 41 |
| 2. Antecedentes históricos da criação do método SPDH.....                                                                      | 42 |
| 2.1. A crise do modelo agroquímico/industrial na produção de tomates.....                                                      | 42 |
| 2.2. Início da crise do movimento popular.....                                                                                 | 43 |
| 2.3. A presença de instituições do Estado da agricultura em Santa Catarina,<br>avanços e contradições .....                    | 45 |
| 2.4. A trajetória da agroecologia .....                                                                                        | 45 |
| 3. O exercício da práxis na construção do SPDH: aspectos teórico-metodológicos<br>na transição agroecológica .....             | 47 |
| 4. Aspectos teórico-metodológicos sobre a transição agroecológica.....                                                         | 49 |
| 5. O SPDH como tecnologia social.....                                                                                          | 51 |

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6. Conclusões e recomendações de pesquisa/desenvolvimento .....                                                                                                 | 53 |
| 6.1. SPDH e o centro luminoso .....                                                                                                                             | 53 |
| 6.2. Relação SPDH e ciência cartesiana .....                                                                                                                    | 53 |
| 6.3. SPDH como práxis construtiva de tecnologias sociais agroecológicas .....                                                                                   | 54 |
| 6.4. SPDH e os limites institucionais do Estado burguês .....                                                                                                   | 54 |
| 6.5. SPDH e sua apropriação pelo capital .....                                                                                                                  | 54 |
| <br>3. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: PRINCÍPIOS DE TRANSIÇÃO PARA<br>SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICOS E REDESENHO DE PROPRIEDADES FAMILIARES. . . | 57 |
| 1. Introdução.....                                                                                                                                              | 57 |
| 2. A transição de sistemas agrícolas.....                                                                                                                       | 59 |
| 3. Estabilidade do rendimento das culturas em meio à variação climática.....                                                                                    | 62 |
| 4. Relações entre fertilidade do solo e incidência de pragas e doenças .....                                                                                    | 62 |
| 5. Conclusão.....                                                                                                                                               | 63 |

## Promoção da saúde do solo

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS EM SUCESSÃO AGROFLORESTAL:<br>RECUPERAÇÃO PRODUTIVA DE DIVERSOS BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS . . . | 69 |
| 1. Ecologia a serviço da produção .....                                                                                                                  | 69 |
| 2. SAFs como uso racional dos recursos naturais .....                                                                                                    | 71 |
| 2.1. Evidências científicas e práticas da conservação pelo uso agroflorestal .....                                                                       | 71 |
| 2.2. Manejo da diversidade funcional .....                                                                                                               | 72 |
| 2.3. Utilizar a ecologia como critério para desenhar SAFs .....                                                                                          | 73 |
| 2.4. Sucessão agroflorestal.....                                                                                                                         | 74 |
| 2.5. Como consorciar árvores com hortaliças para obter um bom resultado? .....                                                                           | 75 |
| 2.6. Faixas de capim para adubação .....                                                                                                                 | 77 |
| 3. Manejo do SAF para o conforto da hortaliça.....                                                                                                       | 78 |
| 3.1. Umidade .....                                                                                                                                       | 79 |
| 3.2. Temperatura .....                                                                                                                                   | 79 |
| 3.3. Luz .....                                                                                                                                           | 79 |
| 3.4. Vento .....                                                                                                                                         | 80 |
| 4. Benefícios dos SAFs .....                                                                                                                             | 80 |
| 4.1. Rentabilidade financeira.....                                                                                                                       | 80 |
| 4.2. Recuperação do funcionamento do ecossistema.....                                                                                                    | 81 |
| 4.3. Benefícios diretos e indiretos de SAFs.....                                                                                                         | 82 |
| 5. Desafios .....                                                                                                                                        | 82 |
| 5.1. Conhecimento inicial .....                                                                                                                          | 82 |
| 5.2. Mão de obra.....                                                                                                                                    | 83 |

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3. Comercialização da produção diversificada .....                                                                 | 83  |
| 6. Conclusões e Perspectivas .....                                                                                   | 84  |
| <br>5. CONCEITO DE FERTILIDADE DO SOLO EM SPDH .....                                                                 | 87  |
| 1. Introdução .....                                                                                                  | 87  |
| 2. Critérios de predição de calagem e adubação em SPDH .....                                                         | 87  |
| 2.1. Calagem .....                                                                                                   | 87  |
| 2.2. Adubação .....                                                                                                  | 88  |
| 3. Matéria orgânica e dinâmica de nutrientes em solos sob SPDH .....                                                 | 93  |
| 3.1. Acúmulo e frações de matéria orgânica .....                                                                     | 94  |
| 3.2. Dinâmica de formas de P .....                                                                                   | 95  |
| 3.3. Dinâmica de N, S e K .....                                                                                      | 97  |
| 3.3.1. Nitrogênio .....                                                                                              | 97  |
| 3.3.2. Enxofre .....                                                                                                 | 99  |
| 3.3.3. Potássio .....                                                                                                | 99  |
| 3.4. Dinâmica de micronutrientes .....                                                                               | 100 |
| 4. Considerações finais .....                                                                                        | 101 |
| <br>6. CONCEITOS, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PARTICIPATIVA E O SPDH COMO<br>PROMOTOR DE QUALIDADE DO SOLO .....            | 107 |
| 1. Introdução .....                                                                                                  | 107 |
| 2. Qualidade do Solo: definição, história e avaliações .....                                                         | 107 |
| 3. Metodologias participativas de avaliação da Qualidade do Solo .....                                               | 111 |
| 3.1. Guia Prático para avaliação participativa da Qualidade do Solo com base<br>em Comin <i>et al.</i> (2016) .....  | 112 |
| 3.1.1. Passos para realizar a avaliação pelo Guia Prático para avaliação<br>participativa da Qualidade do Solo ..... | 115 |
| 4. O que a avaliação da Qualidade do Solo reflete no sistema de plantio direto de hortaliças? ....                   | 118 |
| 5. Relação do SPDH com produtividade, qualidade ambiental e Serviços Ecossistêmicos .....                            | 120 |
| 6. Considerações finais .....                                                                                        | 121 |
| <br>7. COMO O USO DE ADUBOS ORGÂNICOS PODE SER UMA ALTERNATIVA NO SPDH? .....                                        | 127 |
| 1. Introdução .....                                                                                                  | 127 |
| 2. Adubação orgânica e produtividade de culturas .....                                                               | 128 |
| 3. Adubação orgânica e atributos químicos, físicos e biológicos do solo .....                                        | 130 |
| 4. Recomendação de adubação orgânica em SPDH .....                                                                   | 131 |
| 5. É possível utilizar somente adubos orgânicos em SPDH? .....                                                       | 133 |
| 6. Considerações finais .....                                                                                        | 135 |

## Promoção da saúde de planta

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS.....                                                                                           | 141 |
| 1. Introdução.....                                                                                                                             | 141 |
| 2. A fotossíntese.....                                                                                                                         | 142 |
| 3. As relações fonte-dreno .....                                                                                                               | 145 |
| 4. Ambiente natural de cultivo e condições estressantes.....                                                                                   | 146 |
| 5. Alguns aspectos da absorção de nutrientes minerais .....                                                                                    | 147 |
| 6. Dinâmica de crescimento e acúmulo de nutrientes .....                                                                                       | 148 |
| 7. Nutrição da planta com base na taxa de crescimento e absorção de nutriente,<br>ajustada pelos sinais de planta e condições climáticas ..... | 152 |
| 8. Perspectiva e desafios.....                                                                                                                 | 153 |
| 9. A PLANTA COMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO ECOLÓGICA.....                                                                                          | 155 |
| 1. A natureza evoluiu do simples para o complexo .....                                                                                         | 155 |
| 2. Dialogando sob o ponto de vista da transição ecológica .....                                                                                | 156 |
| 3. Ecologia fisiológica das plantas cultivadas .....                                                                                           | 157 |
| 3.1. Desvendando o sistema de informação das plantas a partir dos sinais .....                                                                 | 159 |
| 3.2. Sinais (padrões de arquitetura e aparência) das plantas e suas possíveis interpretações.....                                              | 159 |
| 3.2.1. Sinais apresentados em fotografias e suas possíveis interpretações .....                                                                | 163 |
| 4. Deixemos uma conclusão para outro momento .....                                                                                             | 174 |
| 10. RIZOSFERA E AS REAÇÕES QUE OCORREM NO SEU ENTORNO .....                                                                                    | 177 |
| 1. Introdução .....                                                                                                                            | 177 |
| 2. Comunidades microbianas na rizosfera.....                                                                                                   | 179 |
| 3. Fatores que influenciam a rizodeposição .....                                                                                               | 182 |
| 4. Mecanismos de interação microrganismo-planta: efeito das plantas de<br>cobertura sobre os microrganismos na rizosfera.....                  | 187 |
| 4.1. Mecanismos diretos das RPCPs.....                                                                                                         | 190 |
| 4.1.1. Fixação biológica do N atmosférico.....                                                                                                 | 190 |
| 4.1.2. Solubilização de P .....                                                                                                                | 191 |
| 4.1.3. Produção de sideróforos.....                                                                                                            | 191 |
| 4.1.4. Efeito das RPCPs nos mecanismos bioquímicos e moleculares de aquisição<br>de nutrientes.....                                            | 192 |
| 4.1.5. Modulação de fitohormônios.....                                                                                                         | 192 |
| 4.2. Mecanismos indiretos das RPCPs.....                                                                                                       | 193 |
| 4.2.1. Concorrência (competição) .....                                                                                                         | 193 |
| 4.2.2. Produção de antibióticos e enzimas líticas.....                                                                                         | 193 |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3. Resistência sistêmica induzida (ISR) .....                                                     | 193 |
| 4.3. Usos de RPCPs na agricultura .....                                                               | 194 |
| 4.3.1. Microrganismos como bioestimulantes .....                                                      | 194 |
| 4.3.2. Microrganismos como biofungicidas .....                                                        | 195 |
| 4.3.3. Microrganismos como bioherbicidas .....                                                        | 196 |
| 5. Influência da rizodeposição na disponibilidade de nutrientes e formação de agregados do solo ..... | 197 |
| 5.1. Aquisição de nutrientes .....                                                                    | 197 |
| 5.2. Agregação do solo .....                                                                          | 199 |
| 6. A importância da rizosfera na produção de plantas .....                                            | 201 |

## Preparando o ambiente para o cultivo das planta

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11. INICIANDO O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: ADEQUAÇÕES DO SOLO E PRÁTICAS DE CULTIVO .....       | 217 |
| 1. Introdução .....                                                                                           | 217 |
| 2. Implantação e condução do SPDH .....                                                                       | 219 |
| 2.1. Uso conservacionista do solo .....                                                                       | 220 |
| 2.2. Cobertura do solo e quantidade de biomassa .....                                                         | 221 |
| 2.3. Correção do pH, fósforo, potássio e adubação .....                                                       | 222 |
| 2.4. Rotação e diversificação de cultivos .....                                                               | 223 |
| 2.5. Redução da intensidade de preparo do solo .....                                                          | 223 |
| 3. Resultados de pesquisa: experimento com cebola em SPDH .....                                               | 224 |
| 4. Desafios na adoção do sistema de plantio direto de hortaliças .....                                        | 226 |
| 12. MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS E DESENVOLVIDOS NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH) ..... | 229 |
| 1. Introdução .....                                                                                           | 229 |
| 2. Equipamentos de semeadura de plantas de cobertura .....                                                    | 229 |
| 3. Equipamentos para manejo dos adubos verdes .....                                                           | 231 |
| 4. Preparo do berçário .....                                                                                  | 232 |
| 5. Equipamentos para pulverização .....                                                                       | 237 |
| 6. Roçadeiras para manejo de adubos verdes e plantas espontâneas .....                                        | 237 |
| 7. Perspectivas e desafios .....                                                                              | 238 |
| 13. A PRODUÇÃO DE SEMENTES E MUDAS .....                                                                      | 239 |
| 1. A produção de sementes e mudas .....                                                                       | 239 |
| 1.1. Produção de sementes .....                                                                               | 239 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.2. Condicionamento osmótico de sementes .....                               | 241 |
| 1.3. Ecofisiologia.....                                                       | 242 |
| 1.4. Nutrição das mudas .....                                                 | 243 |
| 1.5. Sinais em mudas.....                                                     | 244 |
| 1.5.1. Retranslocação de nutrientes e gradiente da cor verde nas folhas ..... | 244 |
| 1.5.2. Sistema radicular .....                                                | 246 |
| 1.6. Produção de mudas.....                                                   | 249 |
| 1.6.1. Local e instalação para produção de mudas.....                         | 249 |
| 1.6.2. Recipiente e substrato .....                                           | 249 |
| 1.6.3. Produção de mudas de chuchu .....                                      | 250 |
| 1.6.4. Produção mudas de tomate por estaquia .....                            | 250 |
| 1.6.5. Preparo das mudas para plantio.....                                    | 251 |

## Cultivando plantas

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14. CULTIVO DO TOMATEIRO .....                                                                                                                                                     | 255 |
| 1. O tomateiro ( <i>Solanum Lycopersicum</i> , L.) .....                                                                                                                           | 255 |
| 1.1. Cultivares para mesa.....                                                                                                                                                     | 256 |
| 2. Ecofisiologia.....                                                                                                                                                              | 256 |
| 3. O clima .....                                                                                                                                                                   | 258 |
| 4. A produção e a alocação de biomassa.....                                                                                                                                        | 259 |
| 5. Preparo do berçário.....                                                                                                                                                        | 263 |
| 6. Critérios para escolha de espaçamento de plantio e condução da planta.....                                                                                                      | 266 |
| 7. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes<br>e ajustadas pelo estoque de nutrientes no solo, sinais da planta e condições climáticas ..... | 268 |
| 7.1. Absorção de nutrientes .....                                                                                                                                                  | 273 |
| 8. Ambiente estressante .....                                                                                                                                                      | 278 |
| 15. CULTIVO DO CHUCHUZEIRO.....                                                                                                                                                    | 283 |
| 1. Introdução .....                                                                                                                                                                | 283 |
| 2. O cultivo do chuchuzeiro em SPDH .....                                                                                                                                          | 283 |
| 2.1. O chuchuzeiro .....                                                                                                                                                           | 284 |
| 2.2. A polinização .....                                                                                                                                                           | 284 |
| 2.3. As cultivares.....                                                                                                                                                            | 286 |
| 2.4. O clima .....                                                                                                                                                                 | 287 |
| 2.5. O desenvolvimento .....                                                                                                                                                       | 287 |

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5.1. Vegetativo e reprodutivo (frutificação) .....                                                                                                                       | 288 |
| 2.5.2. O sistema radicular .....                                                                                                                                           | 290 |
| 2.6. O plantio .....                                                                                                                                                       | 291 |
| 2.6.1. Escolha e preparo do fruto-semente .....                                                                                                                            | 292 |
| 2.6.2. Preparo do berçário .....                                                                                                                                           | 292 |
| 2.6.3. Critério de escolha de espaçamento de plantio .....                                                                                                                 | 294 |
| 3. Nutrição e adubação manejada com base na taxa diária de absorção (TDA) e<br>ajustada pelos sinais da planta, estoque de nutrientes do solo e condições climáticas ..... | 295 |
| 4. Manejo para reduzir condições de estresse .....                                                                                                                         | 301 |
| 5. Comercialização e classificação .....                                                                                                                                   | 302 |
| <br>16. MORANGA HÍBRIDA TETSUKABUTO .....                                                                                                                                  | 305 |
| 1. A Moranga Híbrida Tetsukabuto .....                                                                                                                                     | 305 |
| 2. Floração, polinização e frutificação .....                                                                                                                              | 306 |
| 2.1. Polinização e frutificação .....                                                                                                                                      | 308 |
| 2.2. Polinização natural .....                                                                                                                                             | 309 |
| 2.3. Polinização manual .....                                                                                                                                              | 310 |
| 2.4. Polinização artificial .....                                                                                                                                          | 310 |
| 2.5. Associando a forma natural com a artificial .....                                                                                                                     | 312 |
| 3. Ecofisiologia .....                                                                                                                                                     | 312 |
| 3.1. O clima .....                                                                                                                                                         | 312 |
| 3.2. Crescimento e desenvolvimento .....                                                                                                                                   | 313 |
| 4. A semeadura e o plantio .....                                                                                                                                           | 315 |
| 4.1. Critério para escolha do espaçamento de plantio .....                                                                                                                 | 316 |
| 4.2. Condução da planta .....                                                                                                                                              | 317 |
| 5. Nutrição e adubação manejadas conforme os sinais apresentados pela<br>planta (aparência) e as condições do clima e do solo .....                                        | 317 |
| 6. Ambiente estressante .....                                                                                                                                              | 323 |
| 7. Colheita e comercialização .....                                                                                                                                        | 324 |
| 8. Conclusão .....                                                                                                                                                         | 325 |
| <br>17. CULTIVO DE BRÁSSICAS: COUVE-FLOR, BRÓCOLIS E REPOLHO .....                                                                                                         | 327 |
| 1. O brócolis, a couve-flor e o repolho .....                                                                                                                              | 327 |
| 2. Ecofisiologia .....                                                                                                                                                     | 329 |
| 2.1. O clima e a fisiologia do desenvolvimento .....                                                                                                                       | 330 |
| 2.2. Couve-flor ( <i>B. oleracea</i> var. <i>botrytis</i> ) .....                                                                                                          | 331 |
| 2.2.1. Fase juvenil .....                                                                                                                                                  | 331 |
| 2.2.2. Indução da formação da cabeça .....                                                                                                                                 | 332 |



|                                                                                                                                                                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.2.3. Fase de crescimento da inflorescência.....                                                                                                                        | 333     |
| 2.3. Particularidades do brócolis ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> ) .....                                                                                 | 333     |
| 2.4. Particularidades do repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> ) .....                                                                                 | 334     |
| 2.5. Influência da nutrição.....                                                                                                                                         | 335     |
| 2.6. Influência do teor de carboidratos.....                                                                                                                             | 335     |
| 2.7. Influência do genótipo .....                                                                                                                                        | 335     |
| 2.8. A produção e alocação de biomassa .....                                                                                                                             | 336     |
| 3. Critérios para escolha de espaçamento de plantio .....                                                                                                                | 337     |
| 4. Nutrindo a planta com base nas taxas de absorção de nutrientes, ajustada<br>pelo estoque dinâmico de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas..... | 339     |
| 5. Absorção de nutrientes .....                                                                                                                                          | 344     |
| 5.1. Propondo adubação de cobertura .....                                                                                                                                | 347     |
| 5.2. Propostas de adubação para brócolis .....                                                                                                                           | 347     |
| 5.2.1. Propostas de adubação para couve-flor.....                                                                                                                        | 349     |
| 5.2.2. Proposta de adubação para repolho .....                                                                                                                           | 349     |
| 6. Ambiente estressante.....                                                                                                                                             | 351     |
| 6.1. Evitando desordem fisiológica.....                                                                                                                                  | 353     |
| 7. Colheita .....                                                                                                                                                        | 354     |
| 7.1. Manejo na colheita e ambiente de armazenamento .....                                                                                                                | 355     |
| <br>18. CULTIVO DA CEBOLA .....                                                                                                                                          | <br>359 |
| 1. O cultivo da cebola em Santa Catarina e o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) ...                                                                          | 359     |
| 1.1. Cultivares .....                                                                                                                                                    | 359     |
| 1.2. Escolha do cultivar .....                                                                                                                                           | 360     |
| 2. Produção de mudas.....                                                                                                                                                | 360     |
| 2.1. Semeadura .....                                                                                                                                                     | 362     |
| 3. Ecofisiologia.....                                                                                                                                                    | 363     |
| 3.1. Fotoperíodo .....                                                                                                                                                   | 363     |
| 3.2. Temperatura .....                                                                                                                                                   | 364     |
| 4. Crescimento, absorção de nutrientes e produção .....                                                                                                                  | 364     |
| 4.1. Cebola em SPDH agroecológico (Cv. Crioula Alto Vale) .....                                                                                                          | 364     |
| 4.1.1. Crescimento e acúmulo de biomassa .....                                                                                                                           | 364     |
| 4.1.2. Absorção de nutrientes .....                                                                                                                                      | 366     |
| 4.2. Cebola no SPDH (Cv. Bola Precoce) .....                                                                                                                             | 367     |
| 4.2.1. Crescimento e acúmulo de biomassa .....                                                                                                                           | 367     |
| 4.2.2. Absorção de nutrientes .....                                                                                                                                      | 368     |
| 5. Critérios para escolha de espaçamento de plantio/semeadura .....                                                                                                      | 370     |

|                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6. Sistema de semeadura direta.....                                                                                                                                               | 371 |
| 7. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes,<br>ajustada pelo conteúdo de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas ..... | 372 |
| 7.1. Absorção, manejo dos nutrientes e recomendações de adubação .....                                                                                                            | 372 |
| 7.1.1. Fósforo.....                                                                                                                                                               | 372 |
| Absorção do Fósforo.....                                                                                                                                                          | 372 |
| Resposta da cebola a adição de fósforo (P) .....                                                                                                                                  | 372 |
| Recomendação de P para a cebola .....                                                                                                                                             | 375 |
| 7.1.2. Potássio .....                                                                                                                                                             | 375 |
| Absorção de K pela cebola .....                                                                                                                                                   | 375 |
| Resposta da cebola a adição de K .....                                                                                                                                            | 377 |
| Recomendação de potássio para cebola .....                                                                                                                                        | 378 |
| 7.1.3. Nitrogênio.....                                                                                                                                                            | 380 |
| Absorção de N pela cebola .....                                                                                                                                                   | 380 |
| Resposta da cebola a adição de N .....                                                                                                                                            | 381 |
| Sistema de transplante .....                                                                                                                                                      | 381 |
| Sistema de semeadura direta .....                                                                                                                                                 | 382 |
| Recomendação de nitrogênio para a cebola .....                                                                                                                                    | 382 |
| 7.1.4. Enxofre.....                                                                                                                                                               | 384 |
| Resposta da cebola a adição de S.....                                                                                                                                             | 384 |
| Recomendação de enxofre para cebola.....                                                                                                                                          | 385 |
| 7.1.5. Micronutrientes .....                                                                                                                                                      | 385 |
| Resposta da cebola a adição de Mn.....                                                                                                                                            | 385 |
| Recomendação de manganês para cebola .....                                                                                                                                        | 386 |
| Resposta da cebola a adição de Zn .....                                                                                                                                           | 386 |
| Recomendação de zinco para a cebola .....                                                                                                                                         | 387 |
| Resposta da cebola a adição de B .....                                                                                                                                            | 387 |
| Recomendação de boro para a cebola .....                                                                                                                                          | 387 |
| 7.2. Cultivando a cebola fertirrigada .....                                                                                                                                       | 388 |
| 7.3. Ajustando as adubações de cobertura pelos sinais de planta e condições climáticas.....                                                                                       | 389 |
| 8. Colheita, cura e armazenagem.....                                                                                                                                              | 391 |
| 8.1. Colheita.....                                                                                                                                                                | 391 |
| 8.2. Cura .....                                                                                                                                                                   | 392 |
| 8.3. Armazenamento .....                                                                                                                                                          | 392 |
| 19. CULTIVO DA MANDIOQUINHA-SALSA .....                                                                                                                                           | 397 |
| 1. O cultivo da mandioquinha-salsa em Santa Catarina e o Sistema de Plantio<br>Direto de Hortaliças (SPDH) .....                                                                  | 397 |
| 2. A mandioquinha-salsa ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> , Bancroft).....                                                                                                          | 398 |
| 2.1. Cultivares.....                                                                                                                                                              | 399 |

|                                                                                                                                                                                   |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3. Ecofisiologia.....                                                                                                                                                             | 400     |
| 3.1. O clima .....                                                                                                                                                                | 402     |
| 3.2. A produção e a alocação de biomassa.....                                                                                                                                     | 402     |
| 4. Propagação e produção de mudas .....                                                                                                                                           | 404     |
| 5. Critérios para escolha do manejo da cultura .....                                                                                                                              | 407     |
| 6. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes,<br>ajustada pelo conteúdo de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas ..... | 411     |
| 6.1. Absorção de nutrientes .....                                                                                                                                                 | 411     |
| 6.2. Adubação de plantio com fósforo .....                                                                                                                                        | 414     |
| 6.3. Adubação de cobertura com nitrogênio e potássio .....                                                                                                                        | 414     |
| 6.3.1. Potássio.....                                                                                                                                                              | 414     |
| 6.3.2. Nitrogênio.....                                                                                                                                                            | 415     |
| 6.4. Época de adubação de cobertura .....                                                                                                                                         | 415     |
| 6.5. Ajustando a adubação de cobertura pelo manejo e sinais de planta.....                                                                                                        | 416     |
| 7. Colheita, classificação e armazenagem.....                                                                                                                                     | 417     |
| 8. Ambiente estressante.....                                                                                                                                                      | 418     |
| 9. Beneficiamento e industrialização.....                                                                                                                                         | 419     |
| <br>20. A CULTURA DO MARACUJAZEIRO.....                                                                                                                                           | <br>423 |
| 1. Introdução .....                                                                                                                                                               | 423     |
| 2. O maracujazeiro no Sistema de Plantio Direto de Hortaliças em Santa Catarina.....                                                                                              | 423     |
| 3. Perspectivas e desafios para o SPDH na fruticultura .....                                                                                                                      | 426     |

# Apresentação

A Extensão Rural e a Pesquisa Agropecuária da Epagri promovem o desenvolvimento tecnológico dos sistemas produtivos de hortaliças, alinhando a produção segura de alimentos com a inserção social, respeito ambiental e rentabilidade econômica. Há o compromisso com a Sociedade Catarinense em inovar para atender a demanda por alimentos saudáveis, seguros e de elevado valor biológico.

Neste sentido, a Epagri e parceiros como a Udesc, a UFSC e as Organizações de Agricultores desenvolveram ao longo de 29 anos de trabalhos o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças – SPDH. Este Sistema é baseado em princípios orientados para promover a saúde das plantas, dos solos, dos profissionais da agricultura, de suas famílias e consumidores. Estes fundamentos têm possibilitado a adoção de práticas do SPDH por pro-

fissionais da agricultura distribuídos em todo o território de Santa Catarina e também em outros estados brasileiros.

Esta obra traz uma proposta clara e objetiva aos agricultores e técnicos para a transição de cultivos convencionais de hortaliças para o sistema de cultivo saudável, com viabilidade técnica, ambiental e econômica.

É portanto com enorme satisfação que a Epagri, de forma inovadora e consciente de sua missão, apresenta a obra “Sistema de Plantio Direto de Hortaliças: Método de transição para um novo modo de produção”, onde a prática e a continuidade do desenvolvimento do conteúdo proposto preencherá uma lacuna importante no cenário da produção de alimentos saudáveis e seguros aos consumidores.

**A Diretoria Executiva**



# Prefácio

## SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS E O FORTALECIMENTO DA AGROECOLOGIA ENQUANTO CIÊNCIA, MOVIMENTO E PRÁTICA

A agroecologia no Brasil é compreendida enquanto ciência, prática e movimento. Estas três dimensões devem se articular para darmos conta da difícil tarefa de transformar os atuais sistemas agroalimentares. A agroecologia é, desde sua origem, contra hegemônica, inclusive em sua dimensão científica, e procura reconhecer os saberes tradicionais em seus processos pois, como ensinou Paulo Freire, o conhecimento deve ser construído a partir do diálogo contextualizado na realidade. O diálogo de saberes é importante, pois a proposta agroecológica pressupõe uma nova forma de se relacionar com a natureza, com a sociedade e com todas as inter-relações culturais existentes em uma trama de conexões. Por isto, para a agroecologia as estratégias de produção do conhecimento, ensino e aprendizagem, para além das estratégias hegemonicamente constituídas, são importantes.

O diálogo de saberes é a base para a ecologia de saberes, entendida por Santos (2010)<sup>1</sup> como um conjunto de epistemologias que respeita a diversidade. Enquanto ciência, a agroecologia aponta para o desenvolvimento de sistemas agroalimentares sustentáveis, para o que há necessidade da construção de conhecimentos contextualizados, o que requer metodologias e posturas diferenciadas dos envolvidos.

O Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), cujo trabalho foi desenvolvido em Santa Catarina, tem como base de sua práxis a articulação entre movimento, prática e ciência. A experiência da Lavoura de Estudos e o contrato de trabalho, em contraposição às unidades de

demonstração clássicas, promove o encontro entre o conhecimento popular e técnico-científico, mediado pela interpretação do desenvolvimento da planta, objetivando a promoção da sua saúde e da maior complexidade do sistema, em uma inspiração “freiriana”, ou seja, a partir da ação-reflexão-ação.

A pesquisa-ação exercitada no desenvolvimento do SPDH não é um método ou técnica de coletar dados, mas um processo de reflexão crítica sobre a realidade com vistas a transformá-la, por meio de ciclos de ação-reflexão-ação. A pesquisa-ação permite construir conhecimentos científicos articulados com o conhecimento dos camponeses, fato necessário para encontrar as saídas da encruzilhada em que a tal modernização da agricultura nos colocou (IAASTD, 2009).<sup>2</sup>

Para sair desta encruzilhada, comumente, nos referimos aos processos de transição agroecológica. Estes podem ser entendidos “como uma sequência de estados que se transformam”, exigindo mudanças na filosofia, nas práticas de campo, no manejo agrícola, no planejamento e na comercialização. Um dos desafios dessa transição é a ampliação das propostas agroecológicas para toda a agricultura familiar e camponesa, contida no método do SPDH.

A proposta de transição contida nessa obra, é um processo dialético de absorver e negar as atuais teorias, ciências e tecnologias que, de certo modo, compõem o velho sistema de produção agrícola. Cada passo dessa transição, realizada coletivamente, é a ruptura e a supe-

<sup>1</sup> SANTOS, B. de S. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.

<sup>2</sup> Avaliação Internacional do Conhecimento Agrícola, Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Investment/Agriculture\\_at\\_a\\_Crossroads\\_Global\\_Report\\_IAASTD.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/Investment/Agriculture_at_a_Crossroads_Global_Report_IAASTD.pdf)

ração do velho, sendo ela mediada pela prática da construção de outro modo de produzir alimentos de verdade para toda a sociedade, assegurando a unidade entre teoria e prática. O princípio técnico-científico central nessa transição é a promoção de saúde da planta, no qual promove-se o encontro das contradições entre dependência e autonomia ao baixar custos de produção com aumento de produtividade, diminuindo até eliminando o uso de agroquímicos. Essa descoberta apreendida durante a transição vai transformando a consciência comum em práxis.

A proposta apresentada pelo livro é robusta, relevante e contribuirá de fato para a transição agroecológica e para a construção de sistemas agroalimentares sustentáveis. No seu interior encontramos força para aglutinar a agricultura familiar e camponesa em um movimento que fortalece a agroecologia, pois permite que as famílias entrem com confiança no processo de transição agroecológica. A propos-

ta pode também viabilizar o cultivo saudável de hortaliças em áreas maiores, caso seja de interesse.

Esperamos que a proposta do SPDH seja debatida, compreendida e ajustada pelos movimentos sociais populares e agroecológicos do Brasil. Estes são de fato os responsáveis pelas transformações necessárias na sociedade, inclusive aquelas dos sistemas agroalimentares que tanto precisamos. Tais transformações virão a partir de nossas práxis e com a contribuição da ciência.

Portanto, a articulação entre movimento, ciência e prática, como exercitada no SPDH, contribui para acelerar os processos de transformações que tanto desejamos e necessitamos. O SPDH contribui também para afastar o risco da agroecologia ser praticada por pequena parcela de agricultores e a produção de alimentos ficar restrita a nicho de mercado, deixando de atender a classe trabalhadora com alimento saudável.

Professora Irene Maria Cardoso  
Departamento de Solos  
Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
Coordenadora do Grupo de Trabalho  
Construção do Conhecimento Agroecológico da  
Associação Brasileira de Agroecologia (ABA)  
Presidente da ABA gestão 2014-2017

# Eixos político-pedagógico e técnico-científico

1. Trajetória, concepção metodológica e desafios estratégicos junto ao Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)
2. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças: uma práxis da transição agroecológica com a agricultura familiar
3. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças: princípios de transição para sistemas de produção ecológicos e redesenho de propriedades familiares





# TRAJETÓRIA, CONCEPÇÃO METODOLÓGICA E DESAFIOS ESTRATÉGICOS JUNTO AO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH)

*Ivanda Masson*

*Valdemar Arl*

*Edson Walmor Wuerges*

## 1. Introdução

Numa trajetória de mais de 25 anos do movimento do SPDH, tem-se como desafio a sistematização dos conhecimentos acumulados ao longo dessa caminhada junto com a agricultura familiar e demais profissionais do campo e suas instituições representativas, compreendidos como sujeitos sociais com potencial transformador do sistema de produção da agricultura industrial para um sistema com base ecológica. Nessa perspectiva de construir outro modo de produção, propõe-se, neste capítulo, refletir sobre as suas práticas e as mudanças de valores que foram acontecendo nas relações sociais entre os participantes durante o processo de transição.

O caminho passa pela reinterpretação e ressignificação dos conhecimentos técnicos e científicos disponíveis de modo que eles possam ser agregados aos conhecimentos produzidos que formarão novas tecnologias associadas aos princípios do SPDH. Nesse processo dialético de absorver e negar as atuais teorias, ciências e tecnologias que, de certo modo, compõem o velho sistema de produção agrícola, reside o fenômeno da transição, onde o velho caminho contribui com o novo, que já não é mais o anterior e, sim, sua superação, produzindo permanentemente novas ciências e tecnologias capazes de melhorar a saúde da planta e do sistema aumentando a produtividade dos cultivos e criações. Cada passo dessa transição realizada coletivamente é

a ruptura e a superação do velho, sendo ela mediada pela prática da construção de outro modo de produzir alimentos de verdade para toda a sociedade, assegurando a unidade íntima entre teoria e prática.

Portanto, o processo de transição, que é epistemológico, passa pelos conhecimentos de seus agentes, que deverão olhar o conteúdo de seu aprendizado e, também com ele, encontrar e produzir saberes, que fortalecerão os princípios do SPDH, desde a produção e melhoramento de sementes e mudas, até a interferência na composição da parede celular, na nutrição, na forma do sistema radicular e suas melhores associações bioquímicas e nas relações políticas entre os participantes, dentre outras.

Nesse momento, as lavouras escolhidas pela comunidade para serem implantadas em unidades familiares, dentro dos princípios do SPDH, e que são acompanhadas por todas as famílias e técnicos durante o ciclo de cultivo, desde a preparação da área com as plantas de cobertura até a colheita (lavouras de estudos), necessitam respostas. Respostas que expliquem como devemos produzir mudas que transmitam saúde e produtividade à planta adulta ou como manejar a broca pequena e a requeima do tomateiro, dentre tantas demandas produzidas na pesquisa e nas lavouras de estudos – LE (Figura 1).



**Figura 1.** Visita em uma lavoura de estudo em Caçador/SC (2001), local onde agricultores, pesquisadores, lavoureiros e técnicos da extensão rural trocam experiências e se capacitam ao interpretar e praticar os passos para a construção do SPDH tomate.

Por que a maior parte dos métodos alternativos ao agrotóxico não vingaram junto à maioria dos agricultores familiares, principalmente nos centros de maior produção do agro-negócio onde são aplicadas as tecnologias de ponta do atual modo de produção (foco luminoso)? A resposta está na genética? Na composição mineral e na biota do substrato? Na composição da parede celular? No ciclo do inseto? Na nutrição? Onde?

Nesse processo contraditório, devemos levar em conta temas consolidados, que fazem parte do atual modo de produção, como lucro, individualismo, produtividade, monocultura, lavoura limpa de mato, conceito de **vigor** da planta e uso de agroquímico. Por outro lado, neste mesmo ambiente da agricultura familiar, encontramos preocupações com a saúde da sua família e dos consumidores, produção limpa de agroquímico, diminuição do custo de produção e da poluição ambiental, também fazendo parte do sentimento majoritário da sociedade. Essas contradições contribuem com a proposta da transição do SPDH, que transforma tanto o sistema de produção como seus agentes, apontando para outro modo de vida.

O processo de diminuir até eliminar o uso de agrotóxicos e adubos altamente solúveis, manter ou aumentar a produtividade dos cultivos, minimizar ao máximo a dependência da Agricultura Familiar (A.F.) a fatores externos (FAYAD *et al.*, 2016), amplia sua autonomia por meio do aumento da funcionalidade e complexidade dos sistemas, conferindo-lhe maior resistência e resiliência. Esses fatos, segundo Vázquez (2007), melhoram a articulação da A.F. com entidades e pessoas comprometidas com as possibilidades de superação coletiva da exploração e dominação. Esse processo é da classe tra-

balhadora e, no campo, é exclusivo da A.F. e suas organizações. Assim, entende-se que o SPDH se constitui como **práxis** transformadora à medida de seu amadurecimento e rigor da aplicabilidade de seus princípios técnico-científicos e político-pedagógicos.

É na A.F. que encontramos uma cultura que prioriza a solidariedade e cooperação, a capacidade de produzir alimentos biologicamente melhores para a mesa dos trabalhadores e, fundamentalmente, ela possa, no campo, dividir a renda e riqueza nacional pela sua reprodução e multiplicação. Trata-se de **modo de vida** e de **sistemas de produção** que resistem e se opõem a determinados padrões impostos pelo sistema a exemplo do trabalho realizado pela família, do mutirão, da produção alimentar autossuficiente, da diversificação de atividades, da produção e troca de sementes e raças e da menor dependência de insumos externos.

No Sul do Brasil, em especial Santa Catarina, a composição diversificada da paisagem constituída de bosques, corredores ecológicos, rios, matas ciliares, lavouras e criações (Figura 2) conspiram a favor da transição proposta, pela melhoria do microclima e aumento da biodiversidade e da complexidade.



**Figura 2.** Região típica da agricultura familiar cercada por corredores ecológicos, matas, lavouras, poteiros. Localidade de Alto Mato Grosso, Angelina/SC. (2018)

A noção de agricultura familiar e campesina incorpora uma enorme diversidade social de unidades agropecuárias que inclui desde agricultores integrados à cadeias produtivas de elevada competitividade, a formas vinculadas à produção de autoconsumo ou de trocas mercantis. Vale considerar que estas duas formas de agricultura transitam para outras intermediárias num movimento pendular, que tem como objetivo a sua manutenção e reprodução (BUANAIM *et al.*, 2003).

No Brasil, a agricultura familiar e campesina é constituída por indígenas, negros, descendentes de imigrantes europeus, asiáticos e suas miscigenações. Ela compõe aproximadamente quatro milhões e trezentos mil estabelecimentos, constituindo 84,4% do total com apenas 24% da área ocupada, onde trabalham 12,3 milhões de pessoas, evidenciando sua importância social, econômica e ambiental, uma vez que responde por 70% da produção dos alimentos consumidos pelos brasileiros (IBGE, 2017). Neste contexto extremamente diversificado da A.F. o SPDH prioriza sua atenção, num primeiro momento, junto àquela parcela que está fortemente articulada ao mercado e cujo modelo de produção está em disputa no **foco luminoso** do

capital. É com essa parcela de agricultores, normalmente mais especializados e capitalizados, que estrategicamente inicia a transição para um outro modelo, com base ecológica e social para, numa etapa posterior, abranger a totalidade da A.F.

Além da produção de alimentos, a A.F. exerce outras funções essenciais, como a preservação ambiental, a conservação da biodiversidade, a manutenção cultural e a coesão social desses espaços. Estas características evidenciam sua capacidade de realizar mudanças estruturais na

sociedade, estabelecendo novas relações entre produção, consumo e acesso à terra, objetivando à soberania alimentar e às relações sociais e econômicas solidárias, cooperativas, altruístas e de igualdade com equidade.

## 2. Concepção metodológica do SPDH: uma perspectiva teórica

Muitas vezes queremos melhorar nossa prática educativa com objetivo de obter melhores resultados e nos deparamos utilizando somente metodologias mais eficazes para trabalhar com determinado tema, ou mesmo novas técnicas mais ativas ou participativas que tornam mais dinâmicas e interessantes nossas jornadas educativas (BRANDÃO & STRECK, 2012), porém os desafios não podem ser respondidos utilizando tão somente novas técnicas e metodologias (RUAS, 2006).

Entende-se que o desafio principal que temos a enfrentar é saber implementar uma estratégia que nos oriente **o que fazer, para que fazer e onde chegar**, ou seja, que nos conduza a um caminho do planejamento e da prática de processos ordenados, lógicos, coerentes com a



realidade dos envolvidos e que permita perceber e transformar criticamente essa realidade.

Nessa linha, Freire (1996) afirma que o processo educativo é sempre um processo de **criação** e **recriação** de conhecimentos, praticado por meio de um conjunto organizado de atividades de ensino-aprendizagem. Por isso, quando pensamos em falar de “metodologia”, nos referimos ao próprio processo de conhecimento que se realiza por meio de uma proposta educativa.

Desta forma, chamamos de **concepção metodológica** para que se compreenda o sentido mais profundo que deve guiar a nossa busca de como orientar e organizar estrategicamente as práticas de educação popular, cujos pilares são: a **formação** (técnica, tecnológica e política), a **organização** (produtiva, política e social – campo e cidade), e a **multiplicação** (horizontalização, massificação e verticalização) na afirmação e articulação de múltiplos sujeitos em processos educativos (JARA, 1985; CEPIS, 1996).

Quando partimos da realidade em que se encontra a A.F., imbricada e inserida num modo de produção que promove desigualdade, exclusão e individualismo, entende-se que é necessário transformá-la. Nesse processo utiliza-se da **concepção metodológica dialética**, embasada na ação dialógica dos saberes entre agricultores e técnicos para desvelar as contradições das relações de produção, onde ambos são sujeitos por meio da interação, do aprendizado, da socialização e da ação transformadora das relações de produção (JARA, 1985; BRANDÃO & STRECK, 2012).

Com a finalidade de superar o desafio resultante da histórica dicotomia entre o conhecimento acadêmico/científico com o conhecimento popular/tradicional, uma ferramenta é a metodologia da **pesquisa-participante** (BRANDÃO & STRECK, 2012). Ela nos fornece avanços significativos para esta perspectiva, pois permite a inserção do pesquisador como um dos sujeitos no processo, o que possibilita a percepção de fenômenos sociais mais difíceis de serem percebidos de fora. Essa condição de inserção do pesquisador como sujeito no processo precisa ser consentida e assumida pelo grupo todo,

onde este assume dois papéis: de **pesquisador e participante**. Tanto o grupo como o pesquisador precisam estar conscientes da dinâmica da situação social em evolução.

Na transição promove-se o encontro das contradições entre dependência e autonomia ao baixar custos de produção com aumento de produtividade, em diminuir o uso de agroquímicos aumentando o conforto do trabalho humano ou na hierarquia do conhecimento superada pela complementaridade dos saberes. Essa descoberta apreendida durante a transição vai transformando a consciência comum em **práxis**.

Assim, no centro das aproximações metodológicas está a participação, onde participar não é apenas dar opinião, sugerir ou informar; significa compartilhar uma ação. Na construção de processos populares, a participação não é apenas uma dinâmica ou um meio de, mas, sim, uma forma de ser coletivamente, que incorpora dimensões estratégicas de superação dos valores e da lógica do atual sistema de produção. Uma participação que de fato se constitua em poder, que é capaz de influenciar e mudar a realidade e a sociedade (SÁNCHEZ VAZQUEZ, 2007; FREIRE, 1975).

Para a qualificação da perspectiva de transformação da realidade e dos envolvidos, inspira-nos a Pesquisa Ação Participativa (IAP) de Fals Borda (1978). Esta base metodológica promove a integração de conhecimento e ação, uma vez que ela admite que os envolvidos devem aprender a interpretar e transformar a realidade em estudo e propor ações para a solução dos problemas identificados por eles, tornando-se sujeitos das mudanças e transformações da realidade e da sociedade em que vivem. Trata-se de um processo dialético que busca a transformação de contextos, bem como dos sujeitos que fazem parte deles, por meio da **práxis** na interação constante e unitária entre teoria e prática, onde a ação tem origem em um conhecimento, mas que é geradora de novos conhecimentos, que levam à novas ações numa interminável espiral ascendente.

Enquanto inspiração metodológica, vale referenciar ainda o **Campesino a Campesino** (HOLT-GIMENEZ, 2006), que propicia

o fortalecimento da identidade cultural e a autoestima das pessoas, condição importante na organização social, mas também estabelece pontes interculturais para aproximar comunidades de origem distinta. É uma metodologia embasada na **práxis** campestre de pesquisar e obter resultados aplicados e reconhecidos na construção de tecnologias, a partir de algumas técnicas escolhidas a serem apropriadas, sistematizadas e multiplicadas por esse agente campestre. No caso do SPDH, é o agente que conduz as lavouras de estudo (lavoureiro).

O eixo estratégico e aglutinador do processo político-pedagógico está baseado no conhecimento da realidade, na proposição e ação, na crítica à sociedade hierárquica econômica e política, e na intolerância racial e de gênero onde a dominação e a exploração são permitidas. Concomitantemente, projeta-se uma sociedade de novos homens e mulheres, baseada na solidariedade, no altruísmo e na igualdade com equidade.

### 3. Praticando a concepção metodológica dialética no SPDH

#### 3.1. Contexto

Historicamente o Brasil mantém uma das maiores concentrações de terra do mundo privilegiando o latifúndio e o agronegócio com **políticas públicas**, por meio da doação de terras e financiamento subsidiado. Essa situação de privilégio tem atingido a agricultura familiar na sua manutenção e expansão por falta de uma política clara de reforma agrária, pela deficiência na assistência técnica e creditícia, promovendo um fluxo migratório contínuo da A.F. para o meio urbano, como reserva de mão de obra para a acumulação de capital na indústria, no comércio e serviços.

No Brasil, o cultivo de hortaliças não foge a esta regra globalizada, estando associado ao uso intensivo do solo e da água, a elevadas quantidades de adubos e corretivos de pH com consequente desequilíbrio nutricional e perda da fertilidade do solo e da saúde da planta (FAYAD *et al.*, 2016). Também se faz uso de agrotóxicos e de água na

irrigação por aspersão, promovendo aumento da erosão hídrica e da contaminação ambiental e humana (BELIK, 2017).

A despeito dos avanços conservacionistas do Sistema de Plantio Direto na palha (SPD), aqui denominado de plantio direto convencional, este continua fortemente atrelado ao conceito de produtividade com o uso de insumos de síntese química, tais como os adubos altamente solúveis e agrotóxicos, com destaque para os herbicidas. Nesse contexto, surgiu a necessidade de construir um sistema de produção que não ficasse limitado ao conceito de agricultura conservacionista, que além de diminuir expressivamente as perdas de solo, água e nutrientes, promovesse a gradativa eliminação do uso de agrotóxicos e adubos altamente solúveis, diminuísse o custo ambiental e de produção, mantivesse e aumentasse o rendimento das culturas e que promovesse o conforto do trabalho humano e da saúde dos trabalhadores e consumidores.

Nessa perspectiva, surge o sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH), orientado pela necessidade de valorar equitativamente os componentes do ambiente interno e externo à planta e hegemonizar aqueles elementos capazes de promover a sua saúde e produtividade.

#### 3.2. Histórico

Na perspectiva de dar uma resposta ao cultivo de hortaliças com base no modelo convencional, ao cultivo mínimo e ao plantio direto na palha, surgiram os primeiros resultados experimentais do SPDH na Estação Experimental da Epagri de Caçador, Santa Catarina, (EECaçador) no ano de 1998. Isso coincidiu com o início das movimentações dos agricultores familiares organizados em torno da luta para a anistia das dívidas contraídas junto ao Banco do Brasil, ocasionadas pelo alto custo de produção e baixos preços do tomate praticados pelos comerciantes (Figura 3). Essa luta foi coordenada pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Caçador e Macieira (Sitruc) e pela Federação dos Agricultores da Agricultura Familiar do Sul (Fetraf-Sul) e apoiada por agentes da educação popular, da extensão rural e da pesquisa.



**Figura 3.** Movimento de agricultores familiares reivindicando “anistia das dívidas” contraída junto ao Banco do Brasil. Caçador/SC, 1999.

Após o êxito do movimento em torno da negociação das dívidas, estava clara a necessidade em mudar o sistema de produção. Os coordenadores do movimento reuniram-se na EECaçador a fim de discutir cenários para a agricultura familiar e os resultados das pesquisas em SPDH. Foram programadas diversas atividades, como a instalação de 5 lavouras de estudos com tomate, periodicidade das visitas técnicas, viagens de estudos, cursos técnicos, encontros dos cinco lavoureiros e encontros dos agricultores de tomate nas lavouras de estudos

(Figura 4). O conjunto das atividades ficou denominado **contrato de trabalho**, fase que agregou professores da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC/CAV), Lages, SC.

A partir de 2004, as atividades concentraram-se nas regiões de Ituporanga, Rio do Sul, Grande Florianópolis e Criciúma, com lavoura de estudo (LE) de tomate, melancia, moranga híbrida, chuchu, couve-flor, repolho, brócolis, cebola, mandioquinha-salsa, alface e maracujá. Nessa fase das atividades, inicia-se a participação de professores e alunos da

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CCA), Florianópolis, SC.

Assim, consolida-se mais uma resposta ao modelo do cultivo de hortaliças contaminador, esgotante e dependente. As bases ecológicas de desenvolvimento do SPDH agem positivamente nas relações naturais de complexidade, como área de cultivo, melhorando a interligação das unidades familiares de produção num desenho de florestas, bosques e corredores ecológicos, atualmente em estágio avançado de recuperação.



**Figura 4.** Reunião de planejamento com a participação de agricultores(as), técnicos e entidades para planejar as ações de SPDH. Caçador/SC, 2000.



### 3.3. Os caminhos orientadores do SPDH

Na trajetória de construção do movimento de transição para uma agricultura limpa, o SPDH se firma como **tema gerador** que mobiliza, conscientiza, organiza e articula a agricultura familiar e outros trabalhadores comprometidos com o movimento (FREIRE, 1980).

Na trajetória tática, promove a **saúde da planta** no campo técnico-científico e, no campo político-pedagógico, a **concepção metodológica dialética**, temas estes que orientam a transição. A lavoura de estudo – áreas de produção comercial onde acontece a geração, adaptação e aplicação de tecnologias – se consolida como espaço promotor da mediação dos conhecimentos popular e científico e de aproximação dos profissionais do campo para construção do novo modelo de produção (Figura 5).

No eixo técnico-científico, umbilicalmente conectado ao eixo político-pedagógico, o princípio central é a promoção da saúde de planta, tendo como base:

- A promoção do conforto da planta orientada pela minimização dos estresses nutricionais, de salinidade, disponibilida-

de de água, temperatura, luminosidade, pH e de velocidade de difusão do oxigênio no entorno do sistema radicular;

- A promoção do conforto das plantas utilizando arranjos espaciais associados à arquitetura do sistema radicular, ao tamanho da planta e à quantidade de frutos, conforme as necessidades de cada cultura, como a exemplo da poda em cucurbitáceas e a verticalização do sistema de condução no tomate, ao uso de indutores de resistência e da calda bordalesa 0,3%, entre outros;
- Nutrição da planta com base nas taxas diárias de absorção de nutrientes, adequando-a às condições ambientais, às reservas nutricionais do solo e aos sinais apresentados pela própria planta;
- Adição superior a 10 toneladas de fitomassa (massa seca) por hectare e por ano nos planos de rotação;
- Rotação de culturas e de adubos verdes (cultivados e espontâneos), evoluindo para a rotação com animais manejados no Pastoreio Racional Voisin (PRV), objetivando o plantio direto no verde;
- Revolvimento do solo restrito às linhas de plantio ou berços de semeadura;



**Figura 5.** Agricultura de montanha com lavoura de estudos de brócolis em diversos estádios de desenvolvimento rotacionado com adubos verdes espontâneos. Local de produção, adaptação, socialização e aprofundamento de conhecimentos. Anitápolis/SC.



- Manejo dos adubos verdes espontâneos, utilizando rolo-faca e roçadeira, de forma que possam melhorar o sistema com plantas mais adaptadas às condições locais e sem prejudicar a produção da cultura econômica, evoluindo para o plantio direto no verde (objetivando eliminar o uso dos herbicidas);
- Diminuição até a eliminação do uso de adubos altamente solúveis e de agrotóxicos;
- Produção de mudas e sementes em condições de enfrentar o estresse abiótico e biótico relacionado ao estabelecimento da futura planta no campo e sujeitas a agentes patogênicos prejudiciais, passando pela associação do sistema radicular e aéreo à biota promotora de saúde, assim como ativação do sistema de defesa da planta;
- Diminuição dos custos de produção e ambiental, aumentando a produtividade das culturas e das criações;
- Promoção, na paisagem rural, da associação de matas, corredores ecológicos e bosques às lavouras e criações no SPDH.

Para complementar a compreensão desse processo histórico, os autores realizaram entrevista com agricultores familiares envolvidos na construção do SPDH, entre fevereiro e abril de 2018. Em uma das entrevistas, Luiz Petrykovski (58 anos, Caçador, SC), liderança e lavoureiro do SPDH, analisou as condições em que se encontravam os produtores de tomate:

Chegou um momento em que nós não dava conta dos custos de produção... baixo preço do atravessador com cheque sem fundo... a degradação do solo... o próprio modelo vigente de fazer agricultura exigia aplicação de agroquímico... muitos gastos com maquinário. A crise levou ao ato chamado tratoração que levou o movimento a fechar os bancos pedindo anistia. Os agricultores já se davam por conta de que o modelo convencional de fazer agricultura já não comportava mais.

Nos depoimentos realizados pelas mulheres agricultoras, referindo-se à perspectiva de condição de vida da família, declararam:

Tive uma desilusão sobre o modelo convencional, pois ameaçava a nossa saúde, nossa e de nossos filhos e de nossos esposos, e eu pensava que o que eu queria pra minha família também quero para as outras pessoas, a consciência é para todos. (Vanilde Suzin Menin, 54 anos)

Sobre o movimento, pode-se evidenciar o nível de atuação dos agricultores na época relatado por Gerson Antonio Menin (48 anos, lavoureiro, Caçador, SC):

Nunca pensei em fazer baderna, mas conscientes de que deveríamos mudar a situação... e nós precisava de ajuda... a juventude estava indo embora. Era um modelo escravagista.

Esta caminhada, que durou aproximadamente quatro anos, foi capaz de forjar novas lideranças que constituíram uma vanguarda técnica e política na região do Alto Vale do Rio do Peixe. Essa vanguarda foi composta pela direção do Sitruc e pela base organizada, como coordenação do SPDH; pela coordenação do movimento de mulheres agricultoras e pela pastoral da saúde e da juventude rural. Esse compromisso com a mudança, contido na pastoral da saúde e no movimento de mulheres agricultoras, é explicitado no depoimento da lavoureira Lilian Maria Coelho Menin (39 anos, Caçador, SC):

Quem estava no poder pensando o agricultor? Porque só se ouvia sobre... soja, algodão... e os pequenos? Foram inquietações que me deixavam triste, incomodada na época. Hoje eu tenho filhos e gostaria de vê-los bem, para poder ficar aqui e se manter na agricultura e ter o campo como modo de vida.

Era preciso pensar outra forma de produção, reduzindo custos com mais qualidade de vida, conforme o relato do lavoureiro Sérgio Suzin (53 anos, Caçador, SC):

Os custos aumentavam e não sobrava nada, o que gerou revolta... até que um grupo se reuniu para discutir... o que vamos fazer? Vamos viver de quê? Uma questão era não pagar as dívidas e a outra era encontrar alternativas, um novo jeito de fazer agri-

cultura, principalmente, com a produção de tomate.

Portanto, esse trabalho desenvolvido no período de 1994 a 2004 em Caçador se constituiu num movimento político que abarcou todos os setores da sociedade regional e ameaçou as famílias detentoras do poder econômico e político. Estas se organizaram para impedir o avanço e promover o desmonte de instituições populares. Neste campo de luta, o movimento apresentou suas contradições internas e gerou conflitos que desestabilizaram a continuidade do trabalho.

Em que pese esse contexto, o trabalho do SPDH se reestabeleceu na região de Ituporanga a partir de 2004, na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, e na comunidade de Ribeirão Klauberg. Nessa comunidade foi elaborado o **contrato de trabalho** com vinte e oito famílias, que instalaram lavouras de estudo cultivando fumo, milho, tomate, cebola, melancia e criação de gado de corte em pastagem. Parte das famílias optou por utilizar o sistema em toda a propriedade, transformando-a em unidade familiar de estudo. Como consequência, os conjuntos das unidades familiares compuseram a comunidade de estudo que passa a exercer a função de uma escola do SPDH, ao receber mais de seis mil visitantes de outros locais, organizados em viagens de estudo no período de 2004 a 2009.

#### 4. Contratando o SPDH

Faz parte da concepção metodológica realizar um **acordo de compromisso**, mediante um **contrato de trabalho**, entre agricultores e suas organizações com os técnicos do setor público e entidades parceiras. A importância do estabelecimento de um compromisso mútuo gerado a partir do contrato de trabalho, o qual pode ser alterado e enriquecido com base no diálogo entre as

partes envolvidas, vai além da orientação para a execução das ações e atividades planejadas. Permite acompanhar a continuidade e a evolução do processo, realizar avaliação constante, facilitar a visualização para novos participantes dos passos já trilhados. É um processo dialético, portanto, contraditório, dinâmico e construído a partir e sobre a prática dos participantes, fortalecendo as relações de confiança.

Para colaborar com a elaboração do contrato que inclui a construção dos objetivos coletivos e individuais, utiliza-se a imagem da **vaquinha** (Figura 6), facilitando a prática do planejamento de trabalho na forma de contrato, apresentando os compromissos firmados ao longo da linha do tempo. Ela é um recurso pedagógico que desafia os participantes a uma reflexão sobre o modelo vigente, com objetivo de superá-lo pelos princípios e perspectivas propostos pelo SPDH.

É possível fazer várias interpretações a partir da imagem da **vaquinha**, dentre elas, refletir se o sistema vigente é uma cooperação ou exploração e a quem interessa. A reflexão evidencia o desafio de retirar gradativamente as teitais, melhorando as condições de promoção de saúde da planta e a capacidade de resistência e resiliência do sistema. Na prática, é possível pro-



**Figura 6.** Desenho utilizado para facilitar códigos de compromissos na transição para a agricultura limpa de agroquímicos. Adaptação: MPA, 2002.

duzir sem lavar o solo? Deixar de utilizar herbicida? É possível retirar outra teteira e diminuir gradativamente o adubo altamente solúvel e o agrotóxico, manter e até aumentar a produtividade? A imagem da vaquinha expressa a necessidade de libertação dos agricultores familiares do contexto de submissão ao sistema que domina e explora e, por outro lado, instiga à busca de novas possibilidades por meio da transição com bases ecológicas.

É no contrato que ficam definidas as formas de organização, a metodologia, as ações de mobilização e a articulação política. Numa linha de tempo, ficam registradas as atividades programadas, como as discussões, cursos, nomes dos lavoureiros, instalações das lavouras de estudos, viagens de estudo, reuniões técnicas, periodicidade de visita do técnico aos lavoureiros, encontro de lavoureiros nas lavouras de estudo (lavoureiro visita lavoureiro), encontro de agricultores nas lavouras de estudo (agricultor visita lavoureiro) e encontro para avaliação e socialização dos resultados, com renovação ou não do contrato para mais um período de trabalho (Figura 7).

A importância do contrato é analisada pelo lavoureiro Luiz Petrykovski (Caçador, SC) durante a entrevista:

Neste meio, a decisão de fazer o movimento o que seguiu foi que havia um acordo chamado “contrato” que era o nosso compromisso... tinha um debate sobre cooperação que criaria um sujeito coletivo.

Também reafirmado pela lavoureira Zita (54 anos, Ribeirão Klauberg/Ituporanga, SC):

O contrato gera o compromisso de procurar fazer sempre o melhor, é a maneira de refletir através da troca de ideias no grupo, porque seria mais cômodo fazer o convencional. Tem que querer, o nosso sentimento é de algo que sempre está em construção.

Para dar conta da demanda formalizada no contrato de trabalho é necessário que o agente de ATER também seja um pesquisador fazendo experimentos junto às LE e, quando necessário, nas Estações Experimentais. Desta forma, a pesquisa tradicionalmente realizada nas Estações Experimentais desempenha o papel de ferramenta complementar à outra forma de pesquisa fortemente imbricada na realidade na qual lavoureiros, extensionistas, professores, pesquisadores e estudan-

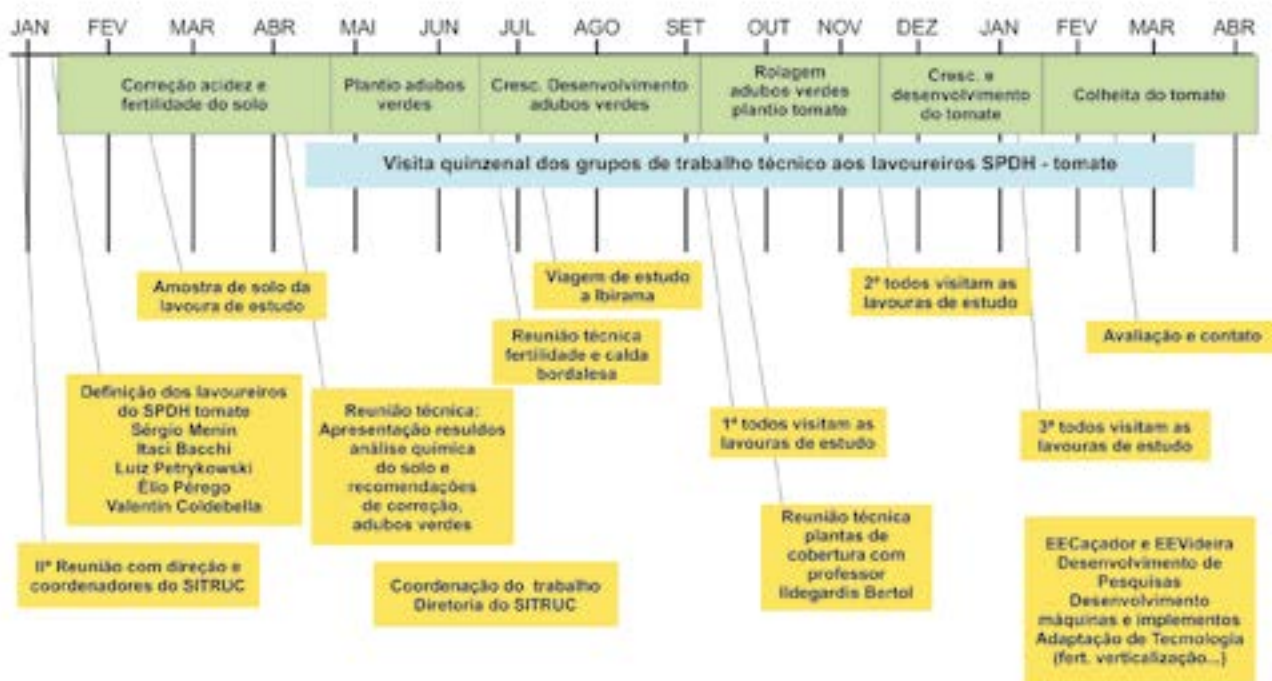


**Figura 7.** Contrato simbolizado em uma linha do tempo, contendo as atividades programadas para um ano agrícola, por agentes de ATER e agricultores, na cultura do tomate. Caçador/SC, 2000.



tes, estudam e interagem nas áreas experimentais e LE. É fundamental que a estrutura das Estações Experimentais do Estado, como equipamentos, laboratórios, funcionários de campo e área experimental, bem como a estrutura das universidades também estejam acessíveis e a serviço desse agente de ATER e, conseqüentemente, dos lavoureiros. Esses agentes, por estarem diretamente conectados à realidade dos sistemas de produção, poderão atender as demandas de pesquisa produzidas nas LE.

Cabe ressaltar que faz parte da concepção metodológica a elaboração de boletins didáticos escritos coletivamente por técnicos e lavoureiros como forma de socialização de seus conhecimentos e experiências. O primeiro publicado foi “O cultivo do tomate no Alto Vale do Rio do Peixe em 101 respostas dos lavoureiros”, seguido pelo do Chuchu, Moranga, Brássicas, Tomate, Guia Prático do SPDH, Cebola e Mandioquinha-salsa. Também faz parte da concepção o convite para as atividades que envolvem técnicos, agricultores e lavoureiros. Como mais um exemplo de prática, ele é elaborado para ser formativo e informativo, promovendo discussões sobre o tema na família e na comunidade, anterior à atividade. É elaborado de forma lúdica, utilizando figuras, falas, conversas, prosas e poesias relacionadas ao tema (Figura 8) e entregue pessoalmente por lavoureiros da comunidade.

Outros recursos utilizados para mobilização, conscientização, organização e articulação dos envolvidos são jornais, entrevistas nos meios de comunicação e participação em palestras, congressos, reuniões, encontros (Figura 9), visitas e viagens de estudo.



**Figura 8.** Modelo de convite distribuído para encontro das famílias da comunidade de Rio Fortuna. Angelina, 2012.

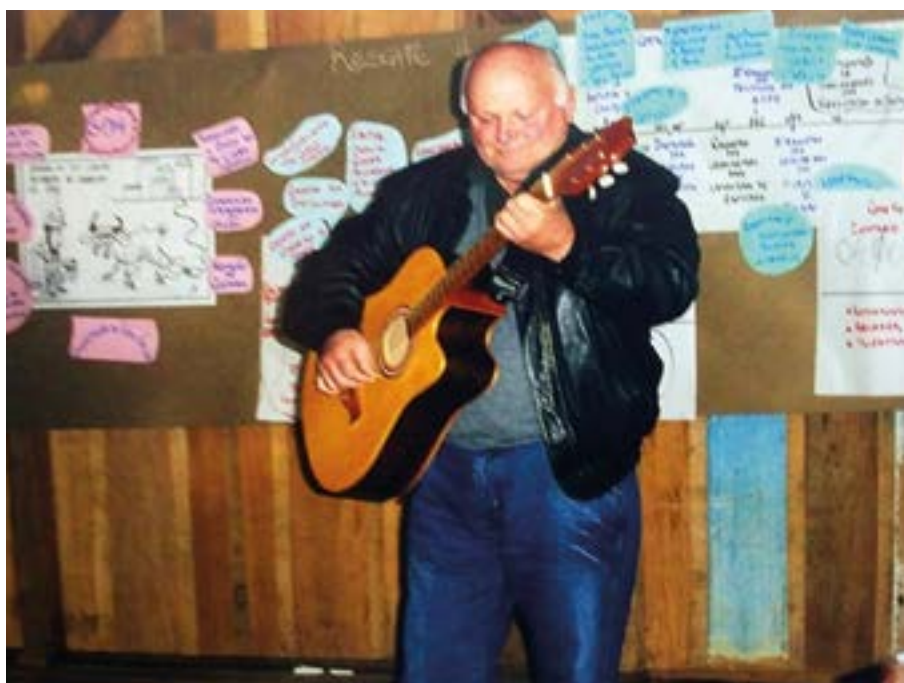


**Figura 9.** Momento de reflexão sobre os trabalhos em SPDH, utilizando-se de cartazes numa linha do tempo de quatro anos, realizado na comunidade do Ribeirão Klauberg. Ituporanga/SC, 2008.

## 5. Reflexão crítica do processo

Passadas mais de duas décadas do início do SPDH, é necessário revisitar criticamente este movimento deste seu início até a atualidade, com o objetivo de entender seus avanços e recuos, principalmente no seu papel de contra hegemonia ao modelo agroquímico. Nasce como um movimento popular local e urgente, resultante da crise do modelo dependente de um **pacote tecnológico** competitivo, simplificado e alienante na relação homem-natureza-sociedade. Esse movimento foi politicamente gestado e metodologicamente organizado na forma de movimento de anistia das dívidas dos agricultores familiares, que num segundo momento ganhou uma dimensão regional e nacional. No auge desse movimento, foi colocada em pauta a proposta do SPDH, que propõe a **construção coletiva** desse sistema de produção com a finalidade de diminuir os custos de produção e a dependência externa, aumentar a produtividade dos cultivos e diminuir até eliminar o uso de agroquímico.

Da mesma forma que os tomaticultores de Caçador, os agricultores de Ituporanga também se utilizavam do sistema convencional. Foi no ano de 2003 que técnicos de Caçador apresentaram a proposta do SPDH na câmara de vereadores de Ituporanga, para técnicos, lideranças e agricultores da comunidade de Ribeirão Klauberg. A partir dessa apresentação, houve o interesse por parte dos agricultores em ir a Caçador visitar os tomateiros e conhecer o SPDH. De acordo com o depoimento da lavoureira Zita (54 anos, Ribeirão Klauberg):

Foi tão importante conhecer a forma de fazer o SPDH, desde os aspectos da revolução verde. Lembro a primeira vez que o técnico Jamil esteve em nossa propriedade. Eu quase morri de vergonha, ele andando de cabeça baixa olhando o nosso solo que estava totalmente destruído, aqueles torrões enormes, sem nenhuma cobertura. Estávamos preparando o solo para plantar cebola, era tudo tão feio... aí tu pensa assim... o que é que eu fiz até hoje? Era uma forma

muito errada de trabalhar, sem contar que os vendedores passavam duas ou três vezes por semana vendendo produtos. Aquilo nunca mais me saiu da cabeça, pois eles (Epagri) estavam aí propondo a mudança de um sistema convencional para o SPDH... hoje, passados 15 anos o sorriso não sai do meu rosto.

Os processos de trabalho na região de Caçador e de Ituporanga foram desenvolvidos em contextos distintos, que resultaram em diferentes movimentos. Em Caçador, os trabalhos transformaram-se em movimento social de enfrentamento à lógica vigente, de forma propositiva, ao aliar-se politicamente a uma alternativa societária, o que não ocorreu na região de Ituporanga, onde o trabalho não evoluiu para a formação política capaz de avançar na forma de movimento social com força de transformação.

Em Caçador, onde o movimento estava se transformando em poder popular com firmeza propositiva, houve uma desarticulação, sendo que técnicos e assessores foram transferidos ou demitidos, entidades foram extintas e os agricultores se desmobilizaram, porque a direção do sindicato participou das ações de desarticulação. Como não houve autossustentação do movimento, o processo de organização em curso apresentou-se, ainda, limitado para suportar a força das intervenções articuladas a serviço do modelo, da hegemonia de dominação política regional e, até mesmo, de perspectivas e projetos pessoais que se permitiram subservientes politicamente em benefício próprio.

Mesmo assim, depois de 20 anos, durante as entrevistas realizadas para esta sistematização, percebeu-se que “há muita brasa acesa embaixo dessa cinza, e o movimento tem condições de ressurgir, basta assoprar” (Valmir Zanella, 46 anos, lavoureiro, Caçador). Após o desmonte de instituições, muitas práticas continuaram devido ao movimento no qual os envolvidos superaram a consciência comum. Na opinião do lavoureiro Sérgio Suzin (53 anos, Caçador) “o sistema de plantio direto de hortaliças continua até hoje, embora não tenha mais assistência técnica”. Para ele, o que importa entender é que “a agricultura familiar estava em movimento e continua até hoje. Não parou”.

As falas dos agricultores apontam que “não deveria ter parado, deveria ter continuado até hoje e ter formado uma cooperativa para levar os alimentos diretamente ao mercado. Se fosse coletivo não estaria nessa situação”. Ele se refere a comercialização direta pelos próprios agricultores, fator que até hoje permanece como um dos desafios.

Sobre a fragilização e abortamento do movimento, o lavoureiro Valmir Zanella relata “alguém percebeu que esse negócio iria longe, era uma organização que iria dar certo, alguém iria perder o comando”. Ele chama atenção que os agricultores na época não estavam “suficientemente organizados, o próprio sindicato não liderou a organização, o próprio Cepagri foi desmontado”. Na opinião de Zanella, “o movimento não chegou a ter autonomia, chegou a pensar em adquirir os próprios insumos”. Para o lavoureiro Luiz Petrykowski, a história do fim do movimento se deu porque estava próximo de se tornar “um grande movimento social que resultaria em autonomia para os agricultores”. Estas falas evidenciam a desarticulação, onde a própria ação sindical se desgarrou do apoio ao processo de luta, abortando a perspectiva de autonomia da agricultura familiar, visto que o SPDH continua, porém, não o movimento. É nesse momento que pesquisadores da Estação Experimental da Epagri em Caçador, Santa Catarina, propõem o sistema integrado de produção de tomate, numa contraofensiva apoiada pelo mesmo sindicato.

A partir dessas experiências e de sua visibilidade, o movimento do SPDH adquire outra forma, com atuação principal no eixo técnico-científico, se espraiando pela região Sul e encontrando apoio em outros estados brasileiros e outros países como Uruguai, Paraguai, Argentina e Cuba (possuem trabalhos concretos em SPDH) e Peru, Colômbia, França e Venezuela (apresentados ao SPDH). Foi realizado o primeiro encontro estadual do SPDH na UDESC-CAV, em Lages, no ano de 2015 e, o segundo, na UFSC-CCA, em Florianópolis, em 2018, e projetando-se o terceiro encontro com o sul brasileiro. Esses encontros fazem parte das atividades que impulsionam a construção de uma organização política do SPDH.

### **5.1. Desafios no processo da transição**

Durante a trajetória do movimento de transição proposto pelo SPDH, observam-se diversos movimentos no seu interior, sendo o mais analisado, valorizado e desejado aquele que ascende à movimento político, como em Caçador. Nesse, os diversos sujeitos da transição se articulam com entidades afins numa proposição de mudança do sistema de produção e do atual modo de produção. Porém, há outro movimento interior e concomitante, que ao executar e refletir sobre as atividades planejadas no contrato de trabalho, promove mudanças na relação entre os agentes envolvidos, enfraquecendo a visão individualista e competitiva fortalecendo outra forma de identidade coletiva.

Portanto, em todas as atividades ocorre a gestação da identidade do coletivo com bases ecológicas e cooperativas que vão se aprimorando e se consolidando com o tempo em “contrato de trabalho”. Esse movimento, que envolve a microfísica da relação pessoal e grupal, engendra as bases do movimento político. As características observadas no trabalho realizado em Ituporanga, que não ascendeu a movimento político, mostra que está preparado para isto.

### **5.2. Da atualidade aos novos desafios**

Do início à atualidade da formação do Estado brasileiro, o desenvolvimento é caracterizado pela dependência às nações centrais com suas corporações, agências financeiras e empresas. Esta lógica cria uma estrutura agrária concentrada, mas concomitantemente surge, expande e se consolida a agricultura familiar, produzindo alimentos para autoconsumo e para a população dos centros urbanos e, mais tarde, como reserva de mão de obra para o comércio, indústria e serviços. A partir da década de 1960 vai se intensificando sua dependência por recursos financeiros, insumos e tecnologias externas, subordinado aos interesses do capital.



É neste contexto que o SPDH se desenvolve e se amplia, dando ênfase à produção de tecnologias para a transição da agricultura familiar dependente para outro modelo com bases ecológicas, de maior autonomia. Porém, além do desafio da sua organização como movimento estratégico que busca a afirmação da agricultura familiar na produção de alimentos de verdade numa relação positiva com o meio ambiente, está o desafio principal de se firmar como um tema gerador que contribua para a construção coletiva de uma sociedade preponderantemente solidária, cooperativa e altruísta nas relações entre todos os seus segmentos.

Neste sentido, o SPDH precisa dialogar e se aproximar de outros movimentos sociais do campo e da cidade, por meio de suas particulari-

dades na concepção tática e estratégica da transição, assim como na produção de tecnologias que promovam a saúde da planta, com aumento da produtividade e diminuição do custo de produção. Seu potencial é envolver toda agricultura familiar neste movimento de produzir alimentos de verdade para toda a sociedade.

Com esta identidade e com a possibilidade de transformar-se em movimento político, tem como desafio articular e somar com movimentos estratégicos como o plano camponês (Via Campesina), a reforma agrária popular (Movimento dos Trabalhadores Sem Terra) e a plataforma da comida saudável (Fórum Regional das Organizações e Movimentos Sociais do Campo e da Cidade), Movimento das Mulheres Camponezas, dentre outros afins.

## Bibliografia

BELIK, W. O Desenvolvimento do Modelo Agrícola Brasileiro. In: Greenpeace Brasil. **Agricultura tóxica: Um olhar sobre o modelo agrícola brasileiro**. São Paulo, SP, 2017, p. 22-23.

BUANAIM, A.M.; ROMERO, A.R.; GUANZIROLI, C. Agricultura Familiar e o Novo Mundo Rural. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 5, n° 10, 2003, p. 312-347.

BRANDÃO, C.R.; STRECK, D.R. (org.) **Pesquisa Participante: A Partilha do Saber**. Aparecida, SP: Ideias e Letras. 2012. p. 296.

CEPAGRI. **Formação Básica Multiplicadora**. São Paulo, SP: Cepis. 1996. 105p.

FALS BORDA, O. **Por la praxis**: el problema de cómo investigar la realidad para transformarla. Federación para el Análisis de la realidad colombiana (FUNDABCO). Bogotá, Colombia. 1978.

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo do tomate. Florianópolis: Epagri, 2016b. 87 p. (Epagri. Boletim Didático, 131).

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 5ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Saberes necessários a prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1975.

HOLT-GIMENEZ, E. **Campesino a Campesino: Voices from Latin America's Farmer to Farmer Movement for Sustainable Agriculture**. Oakland, CA: Food First Books,. 2006. 226p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agro 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 10 janeiro de 2019.

JARA, O. **Concepção dialética da educação popular**. São Paulo, SP: Cepis, 1985. 34p.

MPA. **Produzir comida para o povo brasileiro**. Brasília, DF, 2002. 26p.

RUAS, E.D.; BRANDÃO, I.M.M; CARVALHO, M.A.T; SOARES, M.H.P; MATIAS, R.F; GAVA, R.C.; MESONES, W.G. de la P. **Metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável** - MEXPAR. Belo Horizonte, 2006. 134p.

VÁZQUEZ, A. S. **Filosofia da Práxis**. 1ª ed. Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales – CLACSO. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2007.



# SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: UMA PRÁXIS DA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA COM A AGRICULTURA FAMILIAR

*Valdemar Arl  
Pedro Ivan Christoffoli  
Jamil Abdalla Fayad*

---

## 1. Introdução

As crescentes incertezas econômicas, ambientais e sociais do atual contexto mundial evidenciam uma crise de paradigmas e nos desafiam a mudanças conjunturais e estruturais. Amplia-se a concentração e integração entre a agricultura, a produção de insumos, os grandes complexos agroindustriais, as redes de supermercados e o capital financeiro, exercidos por grandes corporações multinacionais e fundos de investimento, formando “impérios agroalimentares”. Poucas corporações passam a controlar a produção e o consumo, provocando grandes mudanças na agricultura e na estrutura agrária no Brasil, controlando física e ideologicamente os territórios, por meio de complexos agroindustriais e redes de supermercados que passam a dominar o mercado e controlar o consumo. A agricultura familiar/camponesa interage com o modelo estabelecido, mas, ao mesmo tempo, busca resistir e se opõe ao mesmo, pela construção de novas propostas de produção e comercialização, exercendo formas autônomas não capitalistas, em um movimento pendular dinâmico entre “o mercado” e a condição camponesa. Contudo, atividades altamente dependentes de insumos externos, de alto custo e que necessitam inclusive de capital de terceiros frequentemente comprometem a continuidade de muitas unidades de produção e vida familiar.

Uma dessas formas de resistência é a agroecologia que, na sua trajetória histórica, desafia a construir uma nova proposta para o campo em contraposição ao modelo agroquímico/industrial. Incorpora a dimensão sistêmica e holística traduzidas por Sevilla Guzmán e Ottmann (2004) como ecológica e técnico-agronômica; socioeconômica e cultural e sociopolítica. Mas, sobretudo, desafia a superação das relações negativas, para o estabelecimento de interações positivas no meio ambiente e entre as pessoas na sociedade.

O processo de construção da transição agroecológica tem preocupado desde há muito tempo agricultores e técnicos acerca do melhor caminho das práticas técnicas e estratégias mais adequadas a serem adotadas. Frequentemente tem sido questionada em especial sobre a produtividade física dos cultivos e a massividade do processo, junto aos agricultores e têm sido levantadas dúvidas quanto à capacidade desse novo modelo produtivo e tecnológico para alimentar a população mundial.

O SPDH (Sistema de Plantio Direto de Hortaliças) surge no final da década de 1990 como uma proposta técnica e sobretudo político-pedagógica de transição agroecológica para responder a uma grave situação de inviabilização da agricultura familiar convencional

na região do Contestado, em Santa Catarina. Dado a sua efetividade nas três dimensões anteriormente citadas, em processo organizacional crescente, traduzia-se em poder popular de enfrentamento do modelo agroquímico industrial, articulado em um movimento mais amplo, com perspectivas transformadoras da sociedade a partir de um projeto popular.

Posicionou-se como propulsor e parte de um movimento político maior e exerceu estratégias metodológicas que, por sua efetividade, desafiam a uma análise e a uma nova sistematização. Isso se justifica diante da necessidade de sua própria qualificação na condição de Movimento Social Popular, como também na necessária revisão metodológica e estratégica, na qualificação teórica e/ou até mesmo como contribuição à “refundação” da base teórica acerca da Transição Agroecológica.

O presente capítulo procura discutir a experiência de construção do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) a partir da sua evolução histórica, das dúvidas, contradições e disputas que o mesmo enfrentou e dos avanços conquistados. Obviamente é uma visão parcial, mas que procura avançar para a compreensão de uma totalidade em movimento e sobre quais elementos dessa experiência podem trazer luzes para uma metodologia da transição agroecológica da agricultura brasileira e mundial.

O capítulo procura primeiro desdobrar os elementos históricos que levaram a constituir o embrião do SPDH na região de Caçador, Santa Catarina, contribuindo para consolidar uma metodologia que seria depois aprofundada e desenvolvida com sucesso em outras regiões. Em seguida, busca-se compreender que elementos da materialidade contribuíram para esse salto metodológico que buscou, desde seu início um diálogo crítico e real entre famílias agricultoras, técnicos extensionistas e pesquisadores. Ao final, busca-se sintetizar que avanços o SPDH traz para a discussão de uma metodologia possível de transição agroecológica massiva e gradual, capaz de garantir a reprodução material e social das famílias e da sociedade como um todo.

## **2. Antecedentes históricos da criação do método SPDH**

### ***2.1. A crise do modelo agroquímico/industrial na produção de tomates***

O modelo agroquímico e industrial que se instala no Brasil, principalmente durante a ditadura militar, e que se aprofunda no período da redemocratização, tem na região sua expressão mais forte no setor madeireiro, com a extração das florestas nativas, e, posteriormente no cultivo do pinus para a produção de celulose. Na agricultura se destaca a fruticultura e uma expansão crescente das hortaliças nas décadas de 1980 e 1990.

Em meados da década de 1980 inicia-se o cultivo de tomates na região de Caçador (Meio Oeste do Estado de Santa Catarina) preenchendo um vazio no mercado nacional, que normalmente ocorria no final de janeiro e fevereiro. Esta condição proporcionou excelentes preços, os quais além da ampliação dos cultivos fomentaram um sistema de produção embasado em altas cargas de adubo e agrotóxicos. Durante a década de 1990, a expansão dos cultivos supera 15 milhões de pés anuais, porém, este vazio de mercado vai sendo ocupado também por outras regiões produtoras e os preços começaram a oscilar cada vez mais. Paralelamente, os custos de produção já altos continuam a crescer e com isso, inicia-se uma crise na produção de tomates na região Meio Oeste de SC, levando as famílias agricultoras ao endividamento e o setor a uma profunda crise.

O processo político se inicia como reação à crise decorrente do cultivo do tomate, numa luta pela anistia das dívidas bancárias. Neste movimento, o Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) é tensionado a ocupar um novo papel para além da sua trajetória e condição basicamente clientelistas a fim de contribuir na mobilização e conscientização dos agricultores na situação de exploração envolvida nos contratos bancários, em um contexto de mercado desfavorável. Foram diversas mobilizações de fechamentos de

agências bancárias, manifestações nas rodovias, assembleias massivas e articulações políticas, em um processo social crescente de avanço no sentimento de pertença e superação coletiva dos medos e limites, na afirmação crescente de uma identidade de projeto. Esse movimento surge em um período histórico de enfraquecimento gradativo dos movimentos populares e na diminuição da sua capacidade de mobilização.

## 2.2. Início da crise do movimento popular

A unidade e capacidade de mobilização do movimento popular no Brasil começa a perder força a partir de 1989. Da mesma forma vai perdendo força e saindo da pauta a proposta de um Projeto Estratégico transformador do modo de produção em vigor. Diante desse contexto, no início da década de 1990, questionava-se sobre o papel da Educação Popular e se a mesma ainda tinha sentido, pois era evidente o retrocesso do movimento popular.

Na busca de respostas ao momento de crise, afirma-se uma articulação entre o Cepagri (Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores Rurais) e o Cepis (Centro de Educação Popular do Instituto Sedes Sapientiae), numa aproximação com outras entidades de Educação Popular da América Latina, na busca de qualificação estratégica e metodológica. Realizaram-se diversos encontros de estudos, sendo que, a partir de meados da década de 1990, implementam-se algumas iniciativas práticas e esforços de sistematizações propositivas.

Dentre os momentos marcantes desse período, destaca-se o Encontro Nacional de Educadores Populares, realizado no Instituto Cajamar/SP, em novembro de 1994, que tinha como objetivo reunir educadores populares na perspectiva de manter o “horizonte da transformação social” na sua atuação. Dentre as principais conclusões do debate evidencia-se a necessidade de articular “os objetivos gerais de construção de uma nova sociedade e as necessidades imediatas das pessoas”. Houve alguns avanços propositivos, mas este encontro levantou mui-

tas dúvidas e questões importantes de enfrentar a serem superadas na educação popular:

Como gerar novas formas de participação? Como construir espaços democráticos? Diante do técnico, como fica a iniciativa popular? Qual a relação entre governo e partido? Partido e Movimento? Bases e direção? Como recriar as bases de relacionamento entre diferentes companheiros? Como reviver valores como o companheirismo, a solidariedade, a aliança, a confiança? (CEPIS-CEPAGRI, 1996, p. 9)

Realizaram-se, na sequência, diversas jornadas de Educação Popular, junto às experiências práticas para avaliação, aprofundamento e sistematização a partir das metodologias aprendidas nessas práticas (por exemplo, no movimento participativo em Porto Alegre). Um destas jornadas se deu junto à experiência do próprio Cepagri à luz da educação popular e metodologia.

Dada a refluxo dos Movimentos Populares e o crescente imobilismo social no início da década de 1990, era necessário “provar que o sonho de transformação social não acabara” frente a conjuntura de retrocessos políticos e ideológicos em nível nacional e internacional.

Constatava-se que os processos de formação de lideranças (Cursos, seminários, plenárias e outros) eram insuficientes e inefetivos; poucos novos ativistas se formavam; algumas lideranças tinham buscado agora com mais condições seu próprio projeto de vida com cargos e benefícios em espaços institucionais; o trabalho de base não avançava e a organização popular se enfraquecia. Era necessário retomar o trabalho de base, mas teria que ser de outra forma:

Tinha que recuperar a paixão e a ousadia; re-animar (devolver o ânimo, a alma); voltar a ter esperança, re-acender a criação de novos valores, de novas práticas, de novos homens e das novas mulheres; na nova sociedade que estamos a construir. Tinha que sair dos gabinetes, dos sindicatos, das quatro paredes, voltar a ganhar as ruas, invadir campos e construções; acender novos archotes, re-construir...

“revolução”. E acima de tudo, conhecer a realidade, se por em sintonia com os novos tempos, incluir os excluídos em nosso projeto de libertação e multiplicar, multiplicar com qualidade, mas também com quantidade e com velocidade. Pois custam vidas, muitas vidas, quanto mais tarda o amanhã. (CEPIS-CEPAGRI, 1996, p. 10)

Era necessário um saber de qualidade, científico, mas, também, um “saber popular”. Retomar e multiplicar a capacidade para contrapor o discurso da qualidade total e do capital social, da lógica tecnicista de um mundo da individualização, da disputa e do consumismo. Tirar o povo da “domesticação” e alienação, e acender o protagonismo popular, pois a força reside no povo. Resgatar a condição de “ser humano” diante da crescente “coisificação” e da condição de “uso” a que são submetidas. Reconhecer e respeitar a subjetividade humana, retomar a autoestima e resgatar a cidadania.

Nasce daí uma proposta de Formação Básica Multiplicadora, como uma experiência metodológica implementada em diversos espaços e realidades: junto ao MST (Movimento dos Trabalhadores sem Terra) de Sorocaba/SP (1993), os metalúrgicos do ABC (1993); Escola Sul da CUT (1994); APP Sindicato dos Professores/PR (1994). Na parceria Cepagri e Cepis, ainda em 1994, a proposta foi lapidada e sistematizada em um caderno como “Formação Básica Multiplicadora”, a partir de iniciativas junto a assentamentos da reforma agrária em Lebon Régis, Santa Catarina, comunidades rurais e movimentos populares.

A Formação Básica Multiplicadora (FBM) se apresentava como “uma tentativa de aliar a capacitação – a arte de tornar-se capaz – e a mística que provoca a indignação dos oprimidos, re-acende o ânimo do povo, qualifica o trabalho de base e incentiva a ligação das frentes de luta e de convivência”. Sustentava-se que qualquer iniciativa coletiva, qualquer AÇÃO, seja em torno de questões ainda mais específicas ou em questões mais amplas para se tornar transformadora, deveria incorporar quatro dimensões: formAÇÃO – organizAÇÃO – mobilizAÇÃO – multiplicAÇÃO.

A formAÇÃO (processo unitário de interação entre formação e ação), ou seja, interação teoria e

prática, ação e reflexão, em processos onde o técnico e o político são inseparáveis como processo permanente de construção da consciência crítica e ampliação da visão de mundo de cada pessoa envolvida no exercício da participação como forma de ser coletivamente. Uma participação que de fato se constitua em poder, que é capaz de influenciar e mudar a realidade e a sociedade. A organizAÇÃO das pessoas no local onde elas vivem, nos desafios que enfrentam no dia a dia, e na luta mais ampla na sociedade. A formação qualifica o protagonismo e a organização amplia a força da ação por meio do sujeito social coletivo. A formação e organização estão no centro de processos sociais da luta da classe trabalhadora, desencadeada a partir de desafios da realidade concreta, nas conquistas imediatas, mas também no exercício da transformação da sociedade e construção do poder popular. Segundo Duarte (2014) no bojo deste projeto estratégico que a formação para o trabalho, em qualquer atividade produtiva necessária para o bem estar da sociedade, encontra o seu sentido político e contribui para a dignidade coletiva”. Por último, a multiplicAÇÃO e a articulAÇÃO se fazem necessárias para afirmação e sustentação da massificação do “novo” em permanente construção, afirmando novos sujeitos sociais para construção de processos sociais amplos.

Esse esforço de análise crítica e de reelaboração metodológica e estratégica contribuíram em alguns aspectos na construção estratégica do SPDH, mas, ao mesmo tempo, contribuíram para a formação de “quadros” e construção de um movimento político em processo social maior na região. Esse movimento teve impactos mais fortes em Caçador, onde aproximou mais de 50% da população em torno de uma proposta de Projeto Popular, no qual se inseriu o SPDH como expressão do campo, transformando-se em poder que ameaçava a hegemonia conservadora do neo coronelismo regional. Ameaçava, sobretudo, a hegemonia do modelo agroquímico/industrial protagonizado com muito vigor, exercido regionalmente pelas lojas agropecuárias, assessorado pela pesquisa e extensão estatal, explorado pelo mercado de hortifrutigranjeiros e cada vez mais exercido por grandes produtores rurais por meio de “meeiros”. Esses “enfrentamentos” e a

força popular que se construíam foram a raiz das reações conservadoras para a desarticulação desse movimento político antes que se consolidasse a condição de autonomia do processo de organização popular.

### ***2.3. A presença de instituições do Estado da agricultura em Santa Catarina, avanços e contradições***

Outro fator histórico objetivo que contribuiu enormemente para a construção da metodologia do SPDH foi a existência de uma série de instituições voltadas à agricultura, criadas e mantidas pelo Estado de Santa Catarina, remanescentes do modelo que havia implementado a revolução conservadora do processo produtivo, denominada de Revolução Verde.

Santa Catarina foi um dos estados brasileiros onde se implantou de forma completa o modelo sugerido pelo governo dos Estados Unidos da América (USA) e pela Fundação Rockefeller nos idos dos anos 1950-60. Para revolucionar o modelo produtivo e tecnológico da agricultura brasileira, sem recorrer à reforma agrária, essas instituições, aliadas ao bloco burguês-militar-latifundiário no poder no país, sugeriram a implementação de uma série de instituições voltadas à realização de uma reforma modernizadora, porém, de matiz conservador, ou seja, que não afetaria as relações de poder no meio rural brasileiro. O domínio histórico exercido pelo latifúndio no país, não conseguia assegurar, contudo, respostas às demandas de crescimento da produção agrícola em vistas de sustentar o fornecimento de alimentação, mão de obra e matérias-primas baratas para as indústrias, ao passo que também gerava poucos excedentes exportáveis, necessários à alavancagem de recursos em moeda forte, para fomentar a industrialização do país.

Foram implantadas, a partir de 1956, inicialmente em forma de parcerias público-privadas, organizações como o Escritório Técnico de Agricultura (ETA) que juntavam crédito rural subsidiado com assistência técnica, educativa e social para as famílias de pequenos agricultores

(no formato do sistema brasileiro de Associações de Crédito e Assistência Rural – ABCAR). Em Santa Catarina foram criadas posteriormente entidades como a ACARESC (1957), a ACAR-PESC (1968) o Instituto CEPA (1975), a CIDASC (1979) e o IASC (1981), todas entidades públicas voltadas para o fomento da modernização produtiva do meio rural catarinense. Em paralelo foi criada uma estrutura de pesquisa voltada à geração de tecnologias: Sistema EMBRAPA, nacional e EMPASC<sup>1</sup> (1975).

Contraditoriamente, no interior destas estruturas públicas estatais, há grupos de extensionistas e alguns pesquisadores articulados aos movimentos e organizações dos trabalhadores, que no momento da crise da tomaticultura convencional, nos anos 1990, participaram do processo político-organizativo desenvolvido na região de Caçador.

Esse compromisso abriu espaço no interior da Epagri para discutir, dialogar e experimentar a construção do SPDH, sendo que, posteriormente, esse salto metodológico empreendido fosse assumido institucionalmente como uma estratégia técnico-científica própria para enfrentamento aos limites do modelo produtivo da revolução verde, porém, sem avançar na crítica política ao mesmo modelo.

### ***2.4. A trajetória da agroecologia***

O surgimento de questionamentos ao modelo tecnológico da Revolução Verde já começam a surgir nos anos 1960, inicialmente com vozes isoladas se manifestando no cenário internacional (CARSON, 1962). No Brasil um movimento de resistência começa a se fortalecer ao final dos anos 1970 com a campanha pela criação da Lei dos Agrotóxicos e no que se irá constituir como o movimento pela Agricultura Alternativa, que nos anos 1980 realiza quatro encontros nacionais multitudinários (EBAAS), gerando uma força social e tecnológica importante, ainda que embrionária, pela agroecologia (LUZZI, 2008).

<sup>1</sup> Em 1991 é realizada a fusão dos vários órgãos da Secretaria de Agricultura, criando-se a EPAGRI. A respeito da fusão recomenda-se a leitura de SANTOS (2001).



Os anos 1990 e início de 2000 se caracterizam pela consolidação do movimento Agroecológico, tendo nisso influência das obras de Miguel Altieri e Stephen Gliessmann, que contribuíram para a difusão de uma perspectiva científica de enfrentamento ao modelo cartesiano da Revolução Verde, ainda dominante nas escolas de Agroecologia. No Brasil essa tendência ganha força com a criação de Redes Regionais (Ecovida e outras), entidades nacionais como a Articulação Nacional de Agroecologia (ANA) com perfil de movimento social e a Associação Brasileira de Agroecologia (ABA) de caráter mais científico e a assunção, pelos governos progressistas de políticas de estímulo à agroecologia – ainda que absolutamente marginais frente ao volume de recursos e prioridade dadas ao agronegócio capitalista.

A agroecologia no Brasil avançou muito desde o início do Movimento pela Agricultura Alternativa da década de 1980, tanto nas iniciativas de produção e organização, na construção do conhecimento envolvendo crescentemente a academia, e também ganhou espaço nas políticas públicas. Contudo, questiona-se, ainda segue avançando? Há uma massificação crescente das experiências? As metodologias e estratégias estão suficientemente adequadas ao momento? Quais são os limites e as contradições que entram seu desenvolvimento?

As discussões e construções metodológicas e estratégicas para transição agroecológica somam inúmeras experiências e elaborações em grande diversidade de situações. É difícil fazer uma análise crítica que alcance essa amplitude de condições. Vale considerar também que milhares de famílias camponesas ainda praticam uma agricultura independente e integrada ao meio ambiente, que se enquadram numa condição tradicional, bastante próxima de uma possibilidade agroecológica, como base da sua “condição camponesa” (PLOEG, 2008).

Deve-se considerar a correlação de forças desfavorável nos territórios, na disputa de projetos e até mesmo nas condições materiais concretas que se consegue construir, tanto no desenvolvimento das forças produtivas como nas condições de acesso a mercados. E, ainda, o movimento agroecológico apesar de ser também

um movimento em si, perpassa o movimento popular e, assim, fragiliza-se na mesma medida da fragilização deste movimento, ou das lutas com perspectiva de transformação societária.

Mas, para um contexto atual que nos coloca diante do desafio da resistência e, sobretudo, revisão/re-elaboração estratégica adequada para o enfrentamento a este novo ciclo do capitalismo mundial, ousamos fazer algumas considerações tentando identificar contradições, limites e desafios presentes com mais ou menos intensidade nas diferentes iniciativas de transição agroecológica.

Um dos aspectos mais recentes e relevantes que emerge com a institucionalização da agroecologia é o seu crescente enquadramento no “paradigma do capitalismo agrário”, num ajuste conjuntural às tensões do mercado, no exercício da “certificação orgânica” e até mesmo na execução de políticas públicas quando descoladas da formação e organização popular. É o que se convencionou resumir como o embate orgânico x agroecológico. Evidenciam-se tensões e contradições entre o “econegócio” (selos verdes, nicho de mercado, sobrepreço...), a perspectiva científica (campo de confluência de conhecimentos científicos) e a condição de movimento popular transformador. A superação do paradigma do capitalismo agrário depende de transformações estruturais (meios de produção, regras, normas etc.) pois meros ajustes conjunturais e compensações não criam condições capazes de transformar a realidade com a profundidade e radicalidade exigidas.

Outro aspecto refere-se à dificuldade de massificação, resumindo-se a grupos pequenos, que muitas vezes aparecem como um “corpo estranho” nas comunidades, visto o isolamento a que são submetidos voluntária ou involuntariamente, pela diferença de condições e desafios que vão se construindo, ou até mesmo por questões políticas que envolvem os ativistas do movimento. Há muito tempo se constroem unidades de referência, mas parece faltar algo nessa estratégia, pois o efeito multiplicador é limitado. A idéia da substituição de insumos insiste em se sobrepor à condição de novo enfoque científico sistêmico, holístico e da necessária quebra paradigmática.



Apesar da conclusão de que avançamos muito no campo das ideias, não temos conseguido avançar suficientemente na materialidade necessária para a transição agroecológica no conjunto da agricultura familiar. Evidencia-se a redução e fragilização programática dos processos de formação política, prevalecendo a formação técnica/tecnológica, que é fundamental, mas, isolada, não consegue dar conta dos elementos da totalidade. Pois, a formação técnica leva ao saber fazer, desenvolve habilidades e competências. É um conhecimento necessário para a reprodução material da existência mas, por si, não potencializa o pensamento analítico sobre as contradições da realidade. A formação tecnológica possibilita aprender fazer a produção material e conhecer os princípios que orientam a criação das técnicas num determinado tempo e sociedade. Faz uma abordagem inicial das implicações das técnicas na sociedade de classes: relações econômicas, sociais e políticas, ajuda a entender os modelos.

É a formação política que prepara a classe trabalhadora para a disputa e o exercício do poder. Só existe em processos de luta popular e de classe. Opta pelo polo da luta de classe que se dispõe a transformar, pela raiz, a estrutura da sociedade capitalista. É preciso conhecer como funciona a sociedade, estrutura e conjuntura, como se organiza, seus fundamentos sociológicos e filosóficos, a economia política, conhecer os modos de produção e a evolução das relações sociais de produção.

Outro aspecto importante a considerar nos processos de transição agroecológica é a diversidade de compreensões políticas, de condições estruturais e financeiras, e até mesmo diversidade de aspectos culturais existentes no campo da agricultura familiar/camponesa que desafiam e impõem diferentes tempos e condições em um possível processo mais massivo de transição. Portanto, a proposta que acentua as dicotomias (ou se é agroecológico ou é convencional) e as definições temporais previamente estabelecidas não se aplicam de forma imperativa. Até mesmo a necessária ruptura político-ideológica se dá em diferentes níveis e diferen-

tes tempos, pois as pessoas foram submetidas a diversos processos históricos e são articuladas ou estão relacionadas a sujeitos sociais distintos, muitas vezes com posições contraditórias e até mesmo em campos opostos na disputa ideológica (ainda que não necessariamente na estrutura de classes sociais).

Estas condições se apresentavam no início do SPDH no final da década de 1990. O desafio do contexto naquele momento era muito maior do que aquilo que havíamos acumulado historicamente, tanto nas tecnologias como nas metodologias. Era preciso reinventar o jeito de fazer. Por isso, o princípio da práxis norteou todo o processo de construção do SPDH. O que emergiu, inspirando-se na educação popular, foi uma práxis coletiva, consensuada nas unidades e comunidades de estudo, em que os(as) agricultores(as) tinham lugar central na tomada de decisões sobre o que experimentar, visto inclusive que suas lavouras (e renda), dependiam do sucesso dessas modificações graduais implantadas nos processos produtivos.

A confiança no método potencializou o amplo envolvimento das famílias agricultoras que, impulsionadas pelo contexto, sentiam-se parte neste processo social que se iniciava, mesmo que em diferentes níveis de engajamento, da vanguarda a condições mais passivas, mas em transformação num processo permanente e evolutivo para a situação de “sujeito”, na afirmação crescente do “sujeito coletivo”.

### **3. O exercício da práxis na construção do SPDH: aspectos teórico-metodológicos na transição agroecológica**

Naquele momento histórico identificava-se Caçador como um “foco luminoso”, um ponto avançado do modelo produtivo e tecnológico capitalista de tomaticultura e, historicamente, se constituiu como polo do conservadorismo regional, dominado por um neocoronelismo, com trajetória de violência e dominação econômica que remontam à Guerra do Contestado. Eram evidentes as relações de medo e subserviência.

Contrariamente a essa situação social, o modelo produtivo adotado no cultivo de tomates dentro do modelo agroquímico destacava-se entre as melhores produtividades do país. Foi por muito tempo considerado um caso de sucesso do modelo produtivista convencional do agronegócio.

Diante da grave crise resultante desse modelo, na segunda metade dos anos 1980, além da luta pela resistência, sobrevivência e continuidade da agricultura familiar, era consenso a necessidade de se transformar o modelo. Para pensar numa saída era possível contar com os acúmulos históricos da agroecologia, mas era preciso ir muito além. Assim, a pesquisa se antecipa em alguns aspectos técnico-científicos, envolvendo a identificação da taxa diária de absorção de nutrientes (TDA), já buscando a saúde da planta, com trabalhos utilizando a calda bordalesa e plantas de cobertura do solo.

Porém, a discussão não se limitava à dimensão técnica, pois estava na pauta a sobrevivência da agricultura familiar; da produção de alimentos saudáveis e a transformação das relações capitalistas de dominação e exploração. Estava na pauta também a discussão da saúde das famílias agricultoras e do meio ambiente. Muitos questionamentos se faziam presentes:

- Como envolver todas as famílias num processo de transição?
- Como não as frustrar com resultados pouco satisfatórios?
- Como dar conta da amplitude de dimensões colocadas nesta pauta?
- Como desenvolver as forças produtivas e transformar as relações sociais no processo produtivo?
- Como organizar esse movimento e transformá-lo em processo social popular?

Havia alguns acúmulos, mas pareciam insuficientes e, ainda, como exercê-los nesse contexto desafiador que se apresentava? Estava-se sempre perguntando, com o cuidado de não se afirmar nada que não tivesse experimentado, e sempre analisado coletivamente. A ideia era a de ir formando as pessoas no processo, conforme a metodologia da educação popular. Não se seguia regras, perguntava-se muito. Faziam-se acordos (contratos) políticos, no sentido de que não eram pensados para ter validade legal mas, sim, algo como um acordo entre as partes, que deveria ser honrado por companheiros e companheiras de caminhada (Figura 1).

Os princípios eram dados pela educação popular, pois precisava ser de um outro jeito, resolver os problemas concretos para superar a crise, mas também ir contribuindo para um projeto maior. Tratava-se de um projeto materializado em condições ou contexto específico, mas que precisava se estender (prolongar) e servir para toda a sociedade. Era preciso afirmar uma identidade de projeto, definir sua posição e forma de relação na sociedade, fortalecer o poder popular buscando a transformação da sociedade e assumir, na prática, um projeto de vida diferente (Figura 1).



**Figura 1.** As Lavouras de Estudo, a organização e articulação do Movimento do SPDH.

A articulação que se dava nas lavouras de estudo, envolvendo as comunidades, estendia o diálogo para um olhar mais amplo sobre a realidade da agricultura familiar, gerava crescente cumplicidade em ações coletivas e ia afirmando as relações, como um primeiro estágio na construção de uma “identidade de Projeto”. O SPDH dialoga bem com o(a) agricultor(a), que compreende e se entusiasma com o processo da construção coletiva do conhecimento. Mas também dialoga com o técnico-científico (extensio-nista) e com o científico-acadêmico (pesquisadores e professores), tem uma perspectiva holística e dialoga nas comunidades (lavouras de estudo) e na sociedade (território) (Figura 1).

À medida que o processo avançava, os saltos foram se tornando evidentes e, surpreendentemente, superando os resultados produtivos e financeiros obtidos anteriormente com a produção convencional. O método da **práxis** mostrou-se uma fortaleza para avançar de forma a articular aspectos complexos da realidade, comumente ignorados ou devidamente descartados dos experimentos cartesianos, e também para articular saberes técnico-científicos (em constante desafio e evolução) com os saberes populares, os critérios de validação e de observação dos camponeses.

#### 4. Aspectos teórico-metodológicos sobre a transição agroecológica

Os processos de transição são históricos, seja no sentido de que evoluem a partir de condições prévias concretas (portanto irrepetíveis em outros contextos), seja porque envolvem transformações ao longo do tempo. Envolvem crises fundantes, que promovem a abertura dos agentes sociais para outras visões e questionamentos. A ocorrência de crises e a percepção das contradições emergentes são centrais para esse método. Momento em que aparecem as fraturas e que surgem questionamentos ao modelo, onde então se permitem avanços – algo como as crises paradigmáticas, no sentido atribuído por Kuhn (2006). Nesse momento, o acúmulo construído desafia a uma “refundação da base teórica” para

qualificação e ampliação da efetividade da transição agroecológica.

Processos de transição de modelo implicam que se pense em continuidades e persistência, em processos longos, de vários anos, talvez décadas de estudos, reflexões, experimentações e aprendizados coletivos. Ou seja, apenas com ciclos longos de transição é que se pode avançar na aproximação da compreensão da totalidade dos fenômenos (socioeconômicos-biológicos-sistêmicos), ainda mais em processos socioeconômicos e tecnológicos complexos, como foi o caso do cultivo do tomate.

Adicionalmente, os processos de transição são contextualizados. Há leis gerais do desenvolvimento de plantas, por exemplo, assim como de processos sociais e econômicos. Mas a interação concreta em condições reais deve ser o ponto inicial de reflexão-ação, afinal:

- a) são seres humanos específicos, com seus conhecimentos e trajetórias próprios;
- b) situados em determinados momentos históricos de sua jornada coletiva;
- c) envolvidos em processos econômicos e sociais complexos e interconectados, muitas vezes em escalas mundiais;
- d) em condições ecológicas e edafoclimáticas diferenciadas de outras situações etc. Não podem ser tratados genericamente e/ou numa perspectiva a-histórica (fora da história).

A experiência do SPDH se apresenta como uma referência inovadora em algumas dimensões limitantes centrais na transição agroecológica. Contribui para avançar no método de condução dos processos (com o papel central das lavouras e comunidades de estudo); no diálogo com segmentos sociais inicialmente avessos e até mesmo refratários à agroecologia, na promoção de um diálogo fértil, horizontal e integrador entre agricultores, técnicos e cientistas. Isso tudo tem conduzido à massificação dos processos de transição, feito só alcançado em poucas situações, no país.

Uma das lições do mesmo foi ter conseguido dialogar com todas as famílias agricultoras, mesmo as que não se colocavam na perspectiva

agroecológica, ou com os que não podiam ser vistos junto com um movimento assumidamente político de contestação social, como foi o processo em sua primeira fase.

Desde o início, ainda em Caçador, buscou-se construir coletivamente o desvelamento do movimento do real, tendo como foco o processo de produção e circulação econômica do tomate, as tecnologias empregadas e os seus fundamentos científicos. Portanto, se trabalhou também no desvelamento das Relações Sociais de Produção e, portanto, de exploração e dominação na sociedade, expressas na subalternidade das organizações camponesas e dos camponeses mesmos, frente aos bancos, às empresas agroquímicas, ao poder do capital, materializado em figuras como os gerentes de banco ou os comerciantes atravessadores.

Ao mesmo tempo que promoveu transformações nas forças produtivas, o SPDH contribuiu para a ruptura e a superação paradigmática com relação a vários aspectos científicos da transição agroecológica, seja na compreensão da importância em se focar na saúde das plantas e nas interações planta-solo-biocenose, que na prática resultaram em maiores produtividades, com diminuição drástica e eliminação crescente do uso de agrotóxicos. A busca pela saúde de plantas e a compreensão científica da necessidade nutricional ao longo do ciclo vegetativo, levaram ao questionamento a respeito do uso de adubos sintéticos prontamente solúveis, até então considerados restritos e até mesmo não recomendados no cultivo agroecológico.

Estabeleceu-se um novo entendimento da relação dos minerais com a planta e desafiaram-se algumas compreensões e normas da produção orgânica, que se tem, ainda hoje, como verdades absolutas. O exemplo central nesse aspecto diz respeito ao uso de adubos sintéticos prontamente solúveis. O estudo dos processos de produção levou à descoberta da Taxa de absorção diária de nutrientes minerais e sua disponibilização em doses precisas, frente à necessidade real das plantas, sugerindo não só uma perda mínima no ambiente mas, sobretudo, estabelecendo um equilíbrio nutricional adequado ao momento fisiológico da planta.

Isso se deu num processo gradativo, de diálogo e experimentação, respeitando os meios e cautelas dos agricultores que apostavam suas lavouras e suas vidas nas experimentações realizadas em condições reais de produção a campo. A cumplicidade, os acordos politicamente construídos, o respeito dos técnicos à decisão coletiva dos agricultores, seja quanto ao ritmo dos avanços, seja quanto ao que se deveria experimentar primeiro, nos momentos em que os mesmos se descobriam pesquisadores, com observações precisas e até mesmo identificando aspectos que os técnicos demorariam muito tempo para descobrir. Essa cumplicidade, essa identidade de um projeto coletivo enraizou-se e trouxe frutos, representados pela redução nos custos de produção, exercendo uma interação positiva no meio ambiente e aumentando a qualidade biológica dos alimentos produzidos.

Também ocorreu um processo interessante de diálogo fertilizador, propiciado pela metodologia da práxis, em que pesquisas cartesianas também foram integradas ao processo (em laboratórios ou em campos experimentais das unidades de pesquisa), contribuindo para a compreensão de aspectos específicos do sistema em transição. Obviamente, o que unificava esses elementos era a práxis mediada das lavouras de estudo, as visitas programadas dos técnicos e pesquisadores, os momentos de debate e aprofundamento sobre temas muitas vezes de fronteira, onde nunca se havia trilhado ainda.

Compreendeu-se que um dos equívocos centrais do modelo convencional é a superadubação das lavouras no início do ciclo produtivo. Esse excesso resulta em desperdício de nutrientes no solo mas, também, e principalmente, na criação de plantas doentes que, necessariamente, precisarão de pulverizações químicas para sobreviver e produzir. Plantas que não se alimentem em demasia, mas também não ficam com fome, nos momentos decisivos de seu desenvolvimento, são mais saudáveis. Esta é uma condição muito difícil de se perceber, nesse nível de equilíbrio e detalhe, nos cultivos agroecológicos, pois a solubilização dos compostos orgânicos é muito dinâmica e difícil de ser controlada, podendo facilmente proporcionar perdas e



excessos mas, também, carências cruciais para o desenvolvimento saudável da planta. Aqui o problema já não é mais a solubilidade dos minerais. Também houve avanços na compreensão da interação entre crescimento, absorção mineral e fatores abióticos e os sinais contidos no corpo da planta, possibilitando que os ajustes finos na adubação promovam sua saúde. No diálogo sobre os resultados obtidos e os fundamentos para isso, muitos cientistas da área foram surpreendidos pela nova abordagem representada pelo sistema e pelo seu potencial científico e tecnológico.

Com o SPDH, portanto, avançou-se além de certos limites atuais da transição agroecológica. Adotou-se inúmeras práticas inovadoras, mas se efetivou também saltos no domínio científico do porquê vários elementos funcionam ou não na produção agroecológica.

## 5. O SPDH como tecnologia social

Ainda na primeira parte deste relato, construiu-se a ideia de que o SPDH possuiu desde o início um conteúdo fortemente comprometido com a classe dos camponeses especializados. Assumiu-se, no processo, um compromisso explícito pela superação dos limites tecnológicos em conjunto com um processo de empoderamento das pessoas, numa jornada pela autonomia e emancipação como seres humanos plenos. Na sequência do processo, houve uma ruptura política impactando na continuidade da construção do SPDH regional, motivada pelas interações que o processo havia provocado com as diversas dimensões do poder local em Caçador.

Essa experiência repressiva, vivenciada no processo de construção do método, conduziu a outra fase de sua evolução, que ocorreu no Alto Vale do Rio Itajaí e tem seu centro na comunidade de Ribeirão Klauberg, em Ituporanga, onde os agricultores familiares possuíam condições culturais, históricas e financeiras distintas dos de Caçador. Ao longo de seis anos discutem e praticam o SPDH dando ênfase no processo tecnológico da promover saúde em plantas, reduzindo em mais de 80% o uso de agroquímico e o custo de produção e ambiental. Nesse curto período da

**práxis** houve aprofundamento nas relações dentro e entre famílias, nas categorias de cooperação, solidariedade e confiança em oposição ao individualismo e competição. Porém, os avanços foram menores em relação à autonomia e empoderamento, ou seja, houve um enxugamento da politização implícita no desenvolvimento metodológico do SPDH. Mesmo com esses avanços menores permitidos pelas condições históricas e culturais das famílias do Ribeirão Klauberg e sua situação financeira estável, podem-se situá-los no circuito da construção da hegemonia como classe ao visualizar e superar, em parte, o entendimento sobre a dominação e exploração, possibilitado pelos aspectos técnico-científicos do método.

Há de se considerar que esse recuo, ao dar ênfase menor nas relações sociais de produção, de espoliação e exploração, de cooperação e competição, de organização em vista do mercado, da compreensão das contradições históricas, com que se defrontavam agricultores e técnicos, também limitou a construção de estratégias político-organizativas que apontassem para que os agricultores envolvidos pudessem se apropriar de forma mais ampla dos ganhos de produtividade e de qualidade obtidos no processo – ou, dito de outro modo, do valor gerado no processo de trabalho.

Esses elementos todos remetem à discussão conceitual no campo das tecnologias sociais, uma vez que toda tecnologia:

"implica em si mesma, a partir das condições em que é gerada, em um condicionamento, ou ao menos em certas restrições de ordem política. Toda tecnologia incorpora a política, por pressupor escolhas em sua concepção e desenvolvimento, consequentemente os resultados dessas escolhas afetam de maneira diferente, sujeitos sociais distintos." (CHRISTOFFOLI, 2019)

O movimento da tecnologia social considera que as tecnologias “demarcam posições e condutas dos atores; condicionam estruturas de distribuição social; custos de produção, acesso a bens e serviços; geram problemas sociais e ambientais; facilitam ou dificultam sua resolução” (THOMAS, 2009 p. 2). Essa condição remete à

ideia de que nos movemos imersos em sistemas sociotécnicos: “as tecnologias são construções sociais tanto como as sociedades são construções tecnológicas” (THOMAS, *idem*). Logo, a construção tecnológica implica, sim, em desnudar relações de poder na sociedade, sob pena de as ocultar, como se neutras fossem.

Como tecnologia social, o SPDH acumulou entre outros, nos seguintes elementos:

- a) aplicação do método da Práxis via Lavou-  
ras de Estudo/Propriedades de Estudo/  
Comunidades de Estudo;
- b) processos de evolução gradual, consen-  
suada com os agricultores, no processo  
de pesquisa e desenvolvimento tecnológi-  
co;
- c) afirmação de um “contrato” entre técnicos  
x famílias no desenvolvimento do método  
e das tecnologias;
- d) interação horizontal entre técnicos e agri-  
cultores com papéis diferenciados, mas  
não necessariamente hierarquizados;
- e) interação entre pesquisadores-professo-  
res-extensionistas.

Seguindo, portanto, na análise do SPDH, entende-se que a segunda fase de construção do método (pós-Caçador) pode ser caracterizada de outra maneira, diferentemente da primeira. Essa fase – que compreendemos como reduzida à perspectiva holística e não mais da totalidade do real – ainda possibilitou avanços significativos, mostrando o potencial universal do método desenvolvido. Passou-se a trabalhar não apenas com o tomate e moranga, mas com outras culturas como a cebola, batata-salsa, chuchu, alho, brássicas (couve, repolho, brócolis) e outras culturas.

Essa perspectiva holística foi capaz de abordar um conjunto de elementos da realidade, que influenciam no processo produtivo; contudo, não possibilitou o salto compreensivo capaz de municiar os participantes de elementos de análise e ferramentas de ação na esfera da luta social e econômica, de forma explícita e, portanto, mais contundente e efetiva.

Entretanto, mesmo em Ituporanga, já na segunda fase do processo de construção do método,

mesmo diante do recuo metodológico necessário em relação ao desvelamento das relações de poder existentes na agricultura e na sociedade, observou-se que começaram a “pipocar” – dentre as 27 famílias inicialmente acompanhadas e nas comunidades de estudo – questionamentos, ainda que incipientes sobre as injustas relações de produção. Também emergiram relações – inéditas entre aqueles agricultores – de cooperação, de troca de saberes, de abertura para dialogar acerca do processo, entre os envolvidos e também com as diversas caravanas de agricultores e técnicos visitantes dessa experiência.

Tais elementos nos fazem refletir até que ponto processos mediados pela práxis, como foi o da gestação do SPDH em seus vários momentos, remetem, por si só à ocorrência de saltos, em termos de consciência, numa perspectiva desalienadora dos envolvidos. Ainda que esses momentos sejam lampejos descolados da realidade opressora, em que muitas vezes os mesmos sujeitos estejam imersos em relações alienantes com outros agricultores ou seus próprios familiares.

Contudo, devido aos limites já apontados, o método não conseguiu se inserir amplamente dentro do movimento da agroecologia, nem tampouco do movimento das tecnologias sociais, permanecendo a certa distância do que se veio construindo em nível nacional. Em certa medida, os avanços teórico-metodológicos e científicos alcançados pelo SPDH, com a sua fragilização enquanto movimento político, deixaram de dialogar e contribuir para o movimento agroecológico mais amplo.

O entendimento do porquê desse aspecto necessitaria ser melhor aprofundado. Talvez, em parte, isso tenha se dado pelas mudanças na perspectiva política da tecnologia gerada e, em parte, pela condução institucionalizada do método no interior da Epagri e das universidades parceiras (CAV-UDESC e UFSC) a partir da segunda fase de construção do método. De outro lado, em alguns aspectos devido uma certa ideologia populista presente no movimento agroecológico, onde uma militância avessa às interações com o saber gerado nas universidades e institutos científicos de agricultura (identificados com o modelo dominante do agronegócio) bloqueiam parcerias proíficas.



## 6. Conclusões e recomendações de pesquisa/desenvolvimento

Apesar dos acúmulos históricos na construção científica, estratégica e metodológica da agroecologia, em função da condição do exercício dialético na materialidade dos diferentes tempos/espacos, no momento, diante de “novo ciclo” do capitalismo mundial, somos desafiados a sustentação e resistência estratégica da proposta, mas, sobretudo, desafiados a uma reelaboração estratégica e requalificação e/ou criação de novos instrumentos e ferramentas, pois as perguntas-chave seguem nos desafiando:

- como desenvolver a transição massiva de agricultores para a agroecologia?
- como responder aos desafios da produtividade dos cultivos em transição?
- como articular processos de construção coletivo, assegurando concomitantemente os aspectos popular e científico, cartesiano e dialético, do conhecimento, como momentos de uma práxis coletiva?
- como articular, mas também superar, a aplicação da ciência cartesiana ao processo de construção da transição agroecológica (Totalidade x Holismo)?
- como reagir diante do novo momento de ofensiva do capital na América Latina e no Brasil, em especial frente à apropriação dos bens da natureza (e também da produção orgânica)? Quais estratégias adotar? O atual momento das nossas organizações dá conta? Quais são as novas ferramentas necessárias?
- como repensar a apropriação e uso dos meios de produção, desenvolver forças produtivas adequadas e sustentáveis, e estabelecer novas relações sociais? Queremos só resistir e sobreviver, ou queremos construir um novo modo de produção?

Diante dessas inquietações quanto à efetividade na transição agroecológica, e dado o

contexto recente no país, muitos militantes e educadores populares se desafiam a revisitar a história da construção da agroecologia, com a perspectiva da qualificação/refundação teórica alicerçada em reflexões baseadas no método do Materialismo Dialético Histórico.

No olhar às experiências concretas, evidencia-se a contribuição do SPDH em diversas dimensões. Para muitos, o SPDH se apresenta apenas como um processo normal de desenvolvimento científico. Para nós, representa ao mesmo tempo teoria, método e novas relações, por isso sinaliza novos paradigmas com perspectiva revolucionária.

### 6.1. SPDH e o centro luminoso

O método SPDH foi desenvolvido em interação estreita com alguns pontos do “centro luminoso” da produção capitalista de hortaliças no sul do país. E deu conta disso. Mas precisa de adaptações em especial para situações produtivas não tão avançadas como essas (ex. situações em que as lavouras não são irrigadas<sup>2</sup>, em que as terras não são mecanizáveis, entre outros).

Marx já chamava a atenção, metodologicamente, de que ao se estudar um fenômeno, deve-se necessariamente estudar o locus onde o mesmo estivesse em seu processo mais avançado, com o desenvolvimento pleno de suas potencialidades, mas, também, de suas contradições. O SPDH involuntariamente fez isso, não por escolha metodológica prévia, mas pelas condições em que o método historicamente se desenvolveu.

### 6.2. Relação SPDH e ciência cartesiana

O SPDH desenvolveu uma relação de interação com a ciência cartesiana. Não a rechaçou, nem a estigmatizou, mas foi além

<sup>2</sup> Essa questão é problemática porque já se sabe para algumas culturas o período vegetativo exato em que a falta de água resulta, inevitavelmente, em comprometimento da produtividade do cultivo agroecológico.

dela, buscando a superação dos limites metodológicos do cartesianismo. Os achados dessa ciência não foram negados ou deixados de lado. Inclusive, em vários momentos buscou-se aprofundar estudos e pesquisas utilizando-se de seu ferramental metodológico e dialogando com seus acúmulos, para melhor compreensão dos processos.

Contudo, o inverso não seria verdadeiro. O SPDH não teria se desenvolvido caso não tivesse articulado um processo complexo e colaborativo, um conjunto de relações sociotécnicas e científicas, numa perspectiva dialógica e de busca da compreensão da totalidade dos fenômenos.

### **6.3. SPDH como práxis construtiva de tecnologias sociais agroecológicas**

O SPDH propõe um salto metodológico (derivado do conceito de **práxis**, conscientemente empregado desde o início do processo), que foi a adoção das lavouras de Estudo. Note-se que não são unidades experimentais ou demonstrativas. São lavouras de estudo desenvolvidas conjuntamente entre agricultores, técnicos de campo e cientistas, que buscavam coletivamente e de forma complexa e interativa compreender e avançar no domínio dos processos produtivos de hortaliças, numa perspectiva de superação gradual de gargalos, a partir de um diálogo e experimentação compartilhados.

### **6.4. SPDH e os limites institucionais do Estado burguês**

O recuo tático no método, derivado dos enfrentamentos do processo histórico de construção do SPDH, reduziu a perspectiva de totalidade das relações de produção, num primeiro momento, até a adoção de uma perspectiva holística, mais restrita aos aspectos técnico-científicos e produtivos, excluindo o

estudo e o questionamento das relações sociais de produção (RSP), que englobam e condicionam a produção agrícola e a vida em sociedade.

Tal recuo, já descrito, foi motivado por revezes políticos no movimento de construção do SPDH que resultaram no recuo da ONG Cepagri e na censura política e restrição de espaço aos pesquisadores envolvidos no processo. Isso significou uma espécie de amputação na perspectiva da totalidade, agora tolhida pelos constrangimentos da institucionalidade burguesa, que governa os institutos públicos agrícolas no nosso país. O método seguiu avançando, contudo, restringindo sua esfera de atuação a aspectos técnico-científicos.

### **6.5. SPDH e sua apropriação pelo capital**

Neste contexto coloca-se uma possibilidade histórica concreta, que seria a apropriação do SPDH pelo capital e suas instituições, de forma a esvaziar seu forte conteúdo político e metodológico. Portanto, seu potencial emancipatório. Esse processo já vem acontecendo no âmbito de tecnologias produtivas da agricultura orgânica, assumida pela vertente do “capitalismo verde” que busca o lucro em produtos mais amigáveis ao ambiente.

Por isso, entende-se que o SPDH está novamente em disputa. Uma disputa em que os movimentos sociais e agroecológicos devem necessariamente se apropriar e continuar avançando na senda aberta pela construção desse método revolucionário de desenvolvimento de tecnologias sociais agroecológicas, que ao mesmo tempo em que resolve problemas produtivos concretos dos agricultores, promove o desvelamento das relações sociais de produção opressoras e de exploração existentes na sociedade.

## Bibliografia

- CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1969.
- CEPIS-CEPAGRI. **Formação Básica Multiplicadora**. Cadernos de Formação, Caçador: CEPIS/CEPAGRI, 1996.
- CRISTOFFOLI, P.I. Tecnologias sociais. In: **Dicionário de Agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2019.
- DUARTE, V. **Planejamento estratégico da Assessoria**: contexto, momentos marcantes, contribuições e perfil institucional da Assessoria. Documentos Assessoria: Francisco Beltrão, 2014.
- FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; KURTZ, C.; MAFRA, A. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**: O cultivo da cebola. Florianópolis, SC: Epagri, 2018. 78 p. (Epagri. Boletim Didático, 146).
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 8.ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.
- KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.
- LUZZI, N. O debate agroecológico brasileiro: uma discussão a partir dos EBAA's e da experiência do PTA/FASE. In: **Anais do 32. Encontro Anual da ANPOCS**. Caxambu: ANPOCS, 2008. acesso: <http://anpocs.com/index.php/encontros/papers/32-encontro-anual-da-anpocs/gt-27/gt-41-2/2730-nilzaluZZi-o-debate/file>.
- MARX, K. **A Ideologia alemã**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Grundrisse: Manuscritos econômicos de 1857-1858**. Esboços da crítica da economia política. São Paulo: Boitempo, Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2011.
- PLOEG, J. D. **Camponeses e Impérios Alimentares**. Porto Alegre: Edufrgs, 2008.
- SANTOS, L. W. A fusão pesquisa agrícola-extensão rural em Santa Catarina. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: UFSC, 2001.
- THOMAS, H. Tecnologias para la inclusión social y políticas públicas en América Latina. 2009? In: <http://www.redtisa.org/Heman-Thomas-Tecnologias-para-la-inclusion-social-y-politicas-publicas-en-America-Latina.pdf>. Ult acesso em out 2018.



# SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: PRINCÍPIOS DE TRANSIÇÃO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO ECOLÓGICOS E REDESENHO DE PROPRIEDADES FAMILIARES

*Clara Ines Nicholls*

*Miguel Ángel Altieri*

*Luiz Vazquez*

*Bárbara Santos Ventura*

*Guilherme Wilbert Ferreira*

*Jucinei José Comin*

## 1. Introdução

A agricultura moderna, ao disseminar o pacote advindo da revolução verde, alterou o desenho dos ecossistemas com o objetivo de estabelecer a produção agrícola, transformando as paisagens complexas em sistemas altamente simplificados, ao ponto de serem estrutural e funcionalmente muito diferentes dos ecossistemas naturais. Quanto mais intensamente essas comunidades são simplificadas, mais frequentes e graves são os desequilíbrios ecológicos dos sistemas de cultivo simplificados (ALTIERI & NICHOLLS, 2004).

A monocultura não é social, econômica e ecologicamente desejável, pois os sistemas produtivos com essa base comprometem a biodiversidade, utilizam recursos de forma ineficiente, são altamente dependentes da energia, impõem uma importante pegada ecológica, são suscetíveis a surtos de pragas e doenças, e também são vulneráveis às variações climáticas (THIESSEN MARTENS *et al.*, 2015). Outro fato é o de que o uso indiscriminado de agrotóxicos e adubos altamente solúveis, em escala mundial, pouco contribuiu para a redução de

ataque de pragas e incidência de doenças e de plantas espontâneas. Ao contrário, aumentou a resistência prejudicando ainda mais as interações benéficas que poderiam ocorrer (MA *et al.*, 2017).

Muitos pesquisadores têm sugerido estratégias para quebrar a simplificação da monocultura e favorecer a diversidade e também a heterogeneidade da paisagem, sendo este o caminho mais viável para aumentar a produtividade, sustentabilidade e resiliência dos agroecossistemas (ALTIERI, 1995; DE SCHUTTER, 2010) (Figura 1). Esta recomendação se justifica com base em observações e experimentos os quais evidenciam que: (a) quando os agroecossistemas são simplificados, as principais espécies funcionais são eliminadas, mudando o equilíbrio do sistema de um estado funcional desejado para um menos desejado, afetando a capacidade do agroecossistema de responder às mudanças e fornecer serviços ecossistêmicos; (b) quanto maior for a diversidade vegetal dentro dos agroecossistemas, maior será a capacidade do mesmo em



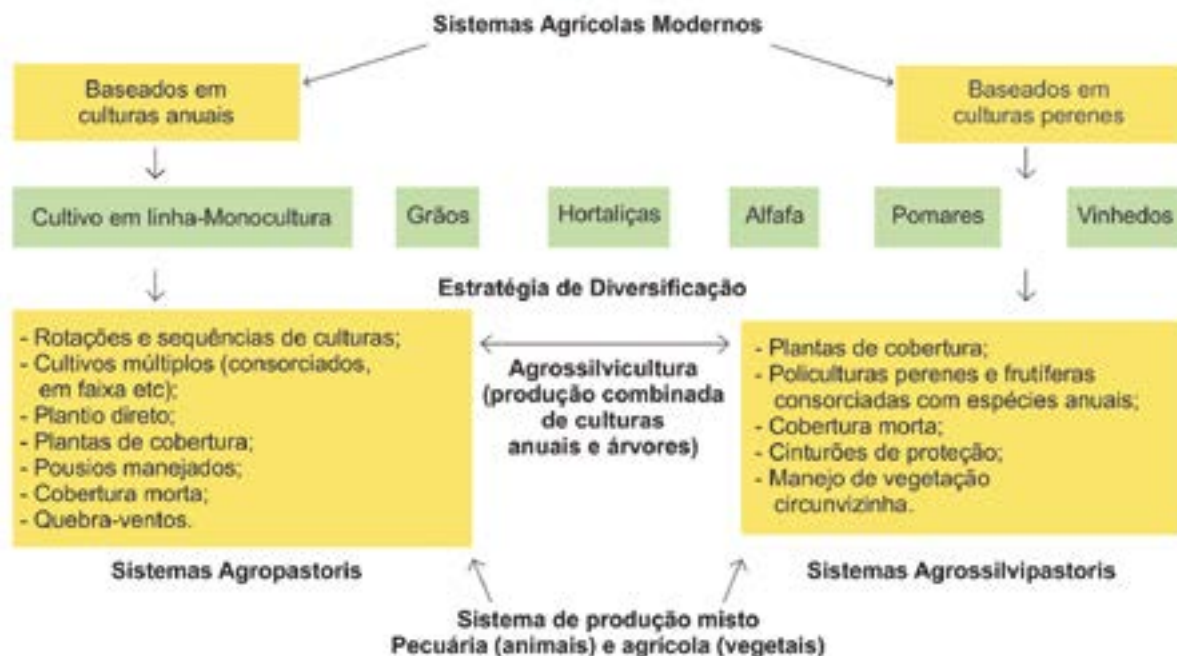


**Figura 1.** Estratégia de transição da agricultura industrial para outra com base ecológica passa pelo aumento da diversidade de cultivos e criações com componente arbóreo.

regular pragas e doenças, bem como de se adaptar a padrões de mudança climática (FOLKE, 2006).

A melhora nos agroecossistemas diversificados já foi demonstrada em diversas pesquisas. O SPDH tem no seu eixo técnico-científico a promoção de saúde das plantas, buscando diminuir os estresses, nutrindo as plantas de acordo com as taxas diárias de absorção de nutrientes (TDA), ajustadas às condições climáticas, reservas nutricionais do solo, aparência das plantas (sinais), e a produção mínima de  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca por meio do plano de rotação de culturas e criações manejadas sob Pastoreio Racional Voisin (PRV) (Figura 2).



**Figura 2.** No processo de transição preconizado no SPDH tem-se utilizado a rotação de cultura, de adubos verdes e de animais manejados no PRV, para atingir o mínimo de  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca. Nesta lavoura de estudo, com dois anos de condução no SPDH, em uma rotação com aveia-preta (*Avena strigosa*), no inverno, manejada com rolo-faca, seguido pelo plantio das mudas de pimentão (*Capsicum annuum*) e couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), tem-se a necessidade de aumentar a diversidade de plantas, evoluindo para o sistema de plantio direto no verde. Em alguns planos de rotação incluem-se adubos verdes de verão e de inverno, atingindo mais de  $20 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca.



Com o uso de plantas de cobertura, solteiras ou consorciadas, e o seu acamamento com uso de rolo-faca, promove-se a (re)ciclagem de nutrientes do agroecossistema (OLIVEIRA *et al.*, 2016), além de promover a proteção física da superfície do solo, prevenir a erosão e favorecer a formação de agregados (JORDÁN *et al.*, 2010; LOSS *et al.*, 2015, 2017). Ainda, com a adoção do SPDH, é possível obter aumento e estabilização da produção ao longo dos anos (ALVARENGA *et al.*, 2001; ALTIERI & NICHOLLS, 2012), diversificação da produção (FAYAD & MONDARO, 2004) e favorecimento dos processos hídricos (BALWINDER-SINGH *et al.*, 2011; GAVA *et al.*, 2013; SIDIRAS & ROTH, 1987; SHARRAT *et al.*, 2006; BLANCO-CANQUI & LAL, 2007, 2009; PANACHUKI *et al.*, 2011). Os benefícios promovidos pelo SPDH começam a aparecer à medida que os agricultores iniciam a transição e, principalmente, com a diminuição da necessidade de adubos altamente solúveis e agrotóxicos. No entanto, há necessidade de algumas mudanças sistêmicas, sendo que novos sistemas agrícolas redesenhados não emergirão simplesmente da implantação de um conjunto de práticas (rotações de culturas, compostagem, cultivo de cobertura etc.), mas, sim, da aplicação de princípios já bem definidos, que incluem desde a tomada de decisão consciente do agricultor em adotar o SPDH, passando pelo aumento da biodiversidade acima e abaixo do solo, para acumular matéria orgânica (MO) e atingir razoável nível de interação entre solo e planta e componentes bióticos, até a valorização da qualidade de vida dos agricultores e a promoção de saúde em plantas.

Porém, é imenso o desafio de alinhar sistemas agrícolas com princípios que transitam no âmbito dos eixos técnico-científico e político-pedagógico do SPDH, especialmente diante do atual contexto de desenvolvimento agrícola em que a especialização, a produtividade em curto prazo e a eficiência econômica são priorizados e os sistemas agroecológicos se mantêm em desigualdade de subsídios e políticas públicas em relação aos modelos convencionais de produção agrícola (SAMBUICHI *et al.*, 2017).

## 2. A transição de sistemas agrícolas

A recuperação dos agroecossistemas alienados na monocultura, simplificados e com diferentes níveis de degradação, exige um processo de transição de alto nível para atingir sistemas diversificados com entradas externas mais baixas (LAMINE & BELLON, 2009).

Na Figura 3 é apresentada a cronologia simplificada da evolução da complexidade de diferentes sistemas de cultivo, com destaque para o SPDH. A partir da década de 50, o sistema de cultivo predominante era diversificado, utilizava a tração animal, a prática da adubação verde, em especial com leguminosas, e da adubação orgânica. Com a disponibilidade de máquinas agrícolas, para realizar o preparo do solo na década de 60, o que também facilitou o controle de plantas espontâneas, o Sistema de Cultivo com Preparo Convencional (SPC) se consolidou. Em seguida, resgatou-se a adubação verde e esta foi incorporada ao SPC, mas se utilizava agroquímicos e excessivo revolvimento do solo. Na busca por sanar os problemas ocasionados pelo SPC, surgiu nos anos 70, no Sul do Brasil, o Plantio Direto na Palha (PDP). O sistema se pautava nas tecnologias industriais de controle químico de plantas espontâneas, no mínimo revolvimento do solo e preconizava a produção de mínimas quantidades de matéria seca pelo cultivo de adubos verdes, tendo na base o princípio “limitado à conservação do solo”. Em seguida, na década de 80, surge o Sistema Plantio Direto (SPD), com mínimo revolvimento e cobertura permanente do solo com adubos verdes e rotação de culturas, o que alguns profissionais chamam de “Agricultura conservacionista”. Mas, o SPD permanece dependente do uso de adubos altamente solúveis e agrotóxicos, principalmente de herbicidas, para o manejo das culturas de cobertura e controle das plantas espontâneas.

A partir desse quadro, surge na década de 90 o SPDH, com uma proposta de ruptura a essa visão de agricultura (Figura 3), tendo como princípio básico a construção coletiva da transição da agricultura convencional para a agricultura de base agroecológica.

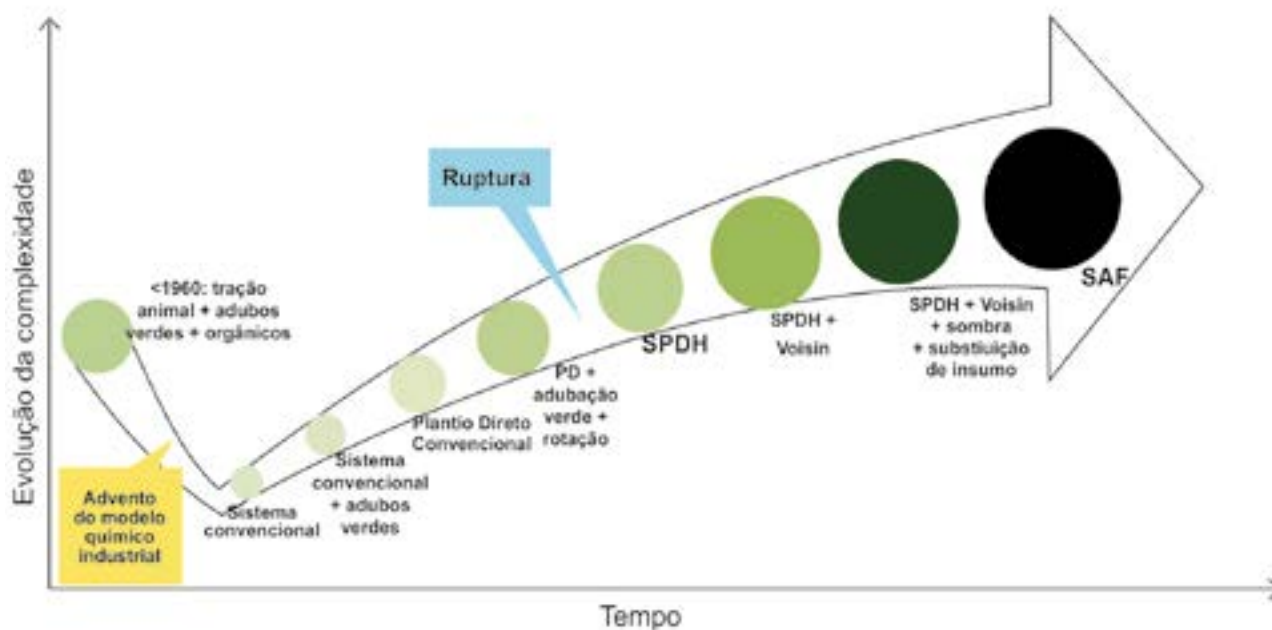


**Figura 3.** Evolução da complexidade no sistema de produção. O tamanho do círculo representa a complexidade de componentes e interações que ocorrem entre eles em cada sistema produtivo. O gradiente de cor representa o equilíbrio entre as interações (quanto mais escuro mais equilibrado).

Na busca para aumentar a complexidade do sistema, propõem-se os seguintes passos de transição no SPDH:

1. Preparo do solo restrito à linha de plantio e aumento da eficiência do uso de insumos, em especial, relacionado com a nutrição das plantas de acordo com a TDA das culturas agrícolas, associada à redução de estresses abióticos e bióticos, o que por consequência aumenta o conforto para as plantas e conduz à redução, e até a eliminação do uso de adubos altamente solúveis e agrotóxicos.
2. Uso de compostos orgânicos combinados com microrganismos promotores de crescimento e benéficos à saúde da planta e da produção animal.
3. Redesenho dos sistemas produtivos, com diversificação por meio de planejamento de rotação de culturas comerciais, adubos verdes, e animais manejados pelo Pastoreio Racional Voisin (PRV), evoluindo para a introdução do componente arbóreo (Figura 4).
4. O estágio mais avançado do redesenho da propriedade e apontado como referência

para os praticantes do SPDH é a produção por sistemas agroflorestais (SAFs), recuperação de florestas e a construção de corredores ecológicos.

Gliessman (2010) argumenta que substituição de insumos não é suficiente para enfrentar os desafios da agricultura moderna e, por isso, é importante insistir para que os sistemas agrícolas sejam redesenhados com base em um conjunto de relações ecológicas, que levam à transformação da estrutura e função dos agroecossistemas, incentivando não só as interações ecológicas que geram fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes, armazenamento de água, regulação de pragas e doenças, mas também promovam a polinização e outros serviços essenciais do ecossistema (ALTIERI, 2002).

O custo associado com mão de obra e investimentos para estabelecer a infraestrutura ecológica da propriedade (cercas vivas, rotação de culturas, *habitats* de insetos etc.) durante a fase de redesenho, tende a ser alto nos primeiros três a cinco anos. A partir do momento em que a rotação e outras práticas conservacionistas como culturas de cobertura, policulturas, bordas de campo etc., começam a prestar



**Figura 4.** Lavoura de estudo com 8 anos de manejo no SPDH, atualmente com consórcio de adubos verdes de inverno, composta por ervilhaca (*Vicia sativa*), aveia-preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*). No verão, os adubos verdes espontâneos dominam a lavoura, sendo manejadas com roçadeira. Ambiente que atingiu o plantio direto no verde por aumentar a biodiversidade com solo coberto permanentemente.

serviços ecológicos à propriedade, os processos de ciclagem de nutrientes, regulação de pragas etc., entram em movimento, a necessidade de insumos externos é reduzida e, portanto, os custos de manutenção começam a diminuir à medida que a biodiversidade funcional da propriedade promove funções ecológicas.

O SPDH como estratégia de transição de sistemas simplificados para sistemas complexos promove melhoria nos atributos biológicos, químicos e físicos do solo e da produtividade das culturas, aumenta as interações no redesenho e estabilidade das culturas diante de estresses abióticos (VARGAS, 2012; SOUZA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017; MULLER JÚNIOR, 2017).

Um experimento de longa duração em SPDH de cebola, realizado na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, traz exemplos de promoção na melhoria dos atributos no solo e produtividade influenciados pela diversidade vegetal, cultivada ou espontânea, durante o processo de transição de uma área em que

o ecossistema natural foi transformado em um agroecossistema com histórico de cultivo de cebola em Sistema de Preparo Convencional (SPC), por aproximadamente 20 anos, até 1996. Em seguida, ocorreu aumento da complexidade do desenho em que se adotou o Sistema de cultivo mínimo com rotação de culturas e plantas de cobertura, ainda mantendo o uso de agroquímicos e revolvimento do solo, permanecendo assim de 1996 a 2009. A partir de então, ocorre mais um avanço na evolução da complexidade e inicia o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). Em 2010, um ano após o início do manejo com a total eliminação do uso de agroquímicos e com uso de

diferentes plantas de cobertura, bem como manutenção de plantas espontâneas durante o inverno, já foi possível verificar a ciclagem de nutriente pela manutenção nos teores de MO, Ca e Mg ( $40 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $8,0 \text{ Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $3,0 \text{ Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente) e aumento de mais de 50% nos teores de P e K, passando de  $26,6$  para  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  e de  $145$  para  $400 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente. Em 2013, cinco anos após o início da transição, ocorre certa estabilização dos atributos químicos do solo e um favorecimento na humificação e proteção da matéria orgânica nos agregados, em que o carbono retido na fração mais estável é maior no SPDH, quando comparado ao SPC (58% e 46% do COT retido na humina, respectivamente) superando inclusive a mata (36% do COT retido na humina) (DOS SANTOS, 2016). Após 8 anos de transição, além das melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo fica evidente os reflexos positivos na produtividade da cebola. Após 1, 5 e 8 anos houve aumento de 10 para  $17 \text{ Mg ha}^{-1}$ , chegando próximo a  $24 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente (SOUZA, 2017).



### 3. Estabilidade do rendimento das culturas em meio à variação climática

Os cultivos consorciados têm se popularizado entre os pequenos agricultores, sobretudo aqueles de países em desenvolvimento, pois estes percebem que a prática proporciona rendimentos mais estáveis do que aqueles da monocultura, permitindo-lhes produzir várias culturas ao mesmo tempo, minimizando os riscos (HORWITH, 1985). Pelos dados de vários experimentos com consórcio de sorgo (*Sorghum bicolor*)/guandu (*Cajanus cajan*) verifica-se que, para um determinado evento climático extremo (seca, geada etc.) a monocultura de guandu poderia ter quebra de produção na proporção de um ano em cinco, a monocultura de sorgo de um ano em oito, mas o consórcio de ambas as espécies apresentaria uma quebra na proporção de apenas um ano em trinta e seis (WILLEY, 1979).

Muitos pesquisadores relataram que os consórcios apresentam rendimentos mais estáveis e menores declínios de produtividade durante uma seca do que as monoculturas. Por exemplo, Natarajan & Willey (1996) submeteram os consórcios de sorgo e amendoim (*Arachis hypogaea*), milheto (*Pennisetum glaucum*) e amendoim, e sorgo e milheto ao estresse hídrico e verificaram que todos os consórcios apresentaram maiores rendimentos em níveis de disponibilidade de umidade, variando de 297 a 584 mm de água aplicada durante a estação de crescimento. A taxa de sobre rendimento aumentou com o estresse hídrico, de modo que as diferenças de produtividade entre monoculturas e consórcios tornaram-se mais acentuadas à medida que o estresse hídrico aumentou. Uma possível explicação para as observações do estudo acima é de que os consórcios tendem a ter níveis mais elevados de Matéria Orgânica do Solo (MOS) (MARRIOTT & WANDER, 2006), o que por sua vez aumenta a capacidade de retenção de umidade do solo, levando à maior disponibilidade de água para as plantas, o que influencia positivamente a resistência das plantas às condições de seca (WEIL & MAGDOFF, 2004; LIU *et al.*, 2007). Hudson (1994) mostrou que, quando o teor de MOS aumentou de 0,5 para 3%, a água do solo disponível para as plantas dobrou.

Muitos sistemas de consórcio também melhoram a eficiência do uso da água em comparação à monocultura. Na China, a eficiência do uso da água em um sistema de consórcio de batata foi 13,5% maior do que na monocultura (MALEZIEUX, 2012).

Não só a cobertura viva e morta fornece proteção do solo, mas também o extenso e diversificado sistema radicular dos cultivos consorciados estabiliza o solo, criando uma rede complexa no seu perfil (REGANOLD, 1995).

### 4. Relações entre fertilidade do solo e incidência de pragas e doenças

Embora as estratégias de diversificação de culturas sob a forma de rotações de espécies múltiplas, plantas de cobertura, agrofloresta e consórcio de culturas sejam fundamentais no processo de transição, quando complementadas por aplicações frequentes de materiais orgânicos (resíduos de culturas, dejetos de animais e compostos orgânicos), geram efeitos evidentes sobre a saúde das plantas, a qualidade do solo e a produtividade. Essas conexões ocultas foram completamente perdidas por entomologistas e outros pesquisadores agrícolas que explicaram surtos de pragas em agroecossistemas apenas como consequência da ausência de inimigos naturais ou desenvolvimento de resistência a inseticidas por pragas ou surtos de pragas secundárias devido a interrupções promovidas por inseticidas (ALTIERI *et al.*, 2012). Os cientistas ocidentais têm sido amplamente criticados pelo desconhecimento da teoria da trofobiose criada pelo cientista francês Francis Chaboussou que, em 1967, já alegava que os problemas de pragas estavam ligados aos desequilíbrios nutricionais das plantas cultivadas e à destruição da atividade biológica do solo. Ele explicou que a aplicação de fertilizantes nitrogenados em excesso, que são altamente solúveis, aumenta as quantidades de nitrogênio (N) em nível celular (amônia e aminoácidos), a uma taxa mais rápida do que as plantas podem sintetizá-los em proteínas. Desse modo, a redução da síntese de proteínas leva ao acúmulo temporário de N livre, açúcares e aminoácidos solúveis nas folhas, sendo estas

substâncias necessárias para a reprodução de alguns insetos e patógenos das culturas agrícolas. Chaboussou postulou que as pragas e doenças crescem e se multiplicam mais rápido quando as plantas contêm nutrientes livres solúveis provenientes da inibição da síntese proteica. Ele também acreditava que um solo com vida microbiana equilibrada era fundamental para a absorção de micronutrientes pelas plantas. Isso é importante, pois, a deficiência de micronutrientes também pode causar a redução da síntese proteica, que por sua vez leva à acumulação de nutrientes livres, necessários para a reprodução e multiplicação de pragas e doenças (CHABOUSSOU, 2004).

## 5. Conclusão

Um princípio ecológico-chave que deve ser aplicado desde o início do processo de transição de sistemas produtivos convencionais é a diversificação do agroecossistema. Com isso serão adicionados componentes regenerativos, como o aumento da biodiversidade do agroecossistema pelo uso de consórcio de plantas, culturas agrícolas e árvores em sistemas agroflorestais, animais e árvores em sistemas silvopastoris, plantas de cobertura leguminosas solteiras ou em rotações etc. Uma comunidade de organismos em um agroecossistema torna-se mais complexa quando a biodiversidade é aumentada, levando a mais interações entre artrópodes e microrganismos que fazem parte de redes alimentares, tanto acima como abaixo do solo. À medida que a diversidade aumenta, também aumentam as oportunidades de convivência e interações benéficas entre espécies que beneficiam a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Diversos sistemas proporcionam redes alimentares complexas, que implicam em mais conexões potenciais entre plantas, insetos e microrganismos, criando caminhos alternativos para o fluxo de energia e matéria. Por esta razão, uma comunidade mais complexa exibe menos flutuações no número de organismos indesejáveis e produção mais estável. Ao aumentar a diversidade funcional, um dos principais objetivos do processo de transição é alcançado: o

fortalecimento das funções ecológicas dentro do agroecossistema, permitindo que os agricultores eliminem gradualmente os insumos externos e sintéticos, dependendo, assim, das funções dos ecossistemas.

A integridade de um agroecossistema em processo de transição depende da sinergia entre a diversidade de plantas e a comunidade microbiana do solo, a fim de otimizar a decomposição dos resíduos orgânicos e o incremento da matéria orgânica. Solos com alto teor de matéria orgânica e atividade biológica exibem redes alimentares complexas, povoadas por microrganismos benéficos que diminuem a incidência de pragas e doenças. Pode-se argumentar que agroecossistemas diversificados nos quais a ciclagem de nutriente é mediada pelas redes alimentares do solo possuem maior estabilidade ecológica, assim como maior resiliência a perturbações externas. Portanto, o gerenciamento deve ser orientado a fim de aumentar a capacidade de uma cultura agrícola resistir a pragas e doenças pela manipulação das propriedades biológicas associadas a uma infraestrutura vegetativa que irá abrigar inimigos naturais de pragas, bem como insetos polinizadores. A melhora das interações ecológicas positivas por meio da integração das práticas de manejo de solo e pragas constitui um caminho robusto e sustentável para otimizar a função e a produtividade do agroecossistema.

Fundamentar o processo de transição em práticas específicas tende a abordar isoladamente os componentes, com foco na otimização de um único componente (fertilidade do solo, nutrição de plantas, crescimento de culturas etc.), deixando de explorar propriedades que emergem por meio da interação dos vários componentes agrícolas. A substituição de insumos torna-se principalmente reativa movendo os esforços para resolver problemas à medida que eles surgem, melhorando sintomas ao invés de abordar as causas. Muitos pesquisadores consideram os problemas das pragas e doenças ou a deficiência nutricional como um sintoma de falha de um processo ecológico (controle biológico ou ciclagem de nutrientes) e, portanto, tentam descobrir as causas de tal desequilíbrio. A agricultura de base agroecológica, ao invés de se concentrar em

um componente particular do agroecossistema, enfatiza a inter-relação de todos os componentes do agroecossistema e a dinâmica complexa dos processos. Ela transcende o uso de insumos alternativos para o desenvolvimento de agroecossistemas integrados, portanto, sem depender de insumos externos à propriedade agrícola. A

ênfase é o desenho de agroecossistemas complexos em que os sinergismos entre componentes biológicos substituem os insumos pela promoção de processos, que por meio de uma gestão adequada, os agricultores patrocinam naturalmente a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas dos seus sistemas agrícolas.

## Bibliografia

ALTIERI, M. A. Agroecology: The science of sustainable agriculture. **Agroforestry Systems**. v.35, p.111-115, 1995.

ALTIERI, M.A. Agroecological principles and strategies for sustainable agriculture. In: UPHOFF, N.T. **Agroecological innovations: Increasing food production with participatory development**. Earth scan publications Ltd, London, 2002. p 40-46.

ALTIERI, M.A; NICHOLLS, C.I. **Biodiversity and pest management in agroecosystems** (2nd ed.). Binghamton, New York: The Harworth Press. 2004. p. 248.

ALTIERI, M.A; NICHOLLS, C.I. Agroecology Scaling up for food sovereignty and resiliency. **Sustainable Agriculture Reviews**, v.11, p.1-29, 2012.

ALTIERI, M.A; PONTI, L; NICHOLLS, C.I. Soil fertility, biodiversity and pest management. In: GURR, G.M. *et al.* **Biodiversity and insect pests: Key issues for sustainable management**. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2012.

ALVARENGA, R.C. ; CABEZAS, W.A.L. ; CRUZ, J.C. ; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

BALWINDER-SINGH, E.P.L.; EBERBACH, P.L.; HUMPHREYS, E.; KUKAL, S.S. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India. **Agricultural Water Management**, v.98, p.1847-1855, 2011.

BLANCO-CANQUI, H; LAL, R. Impacts of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**. v.71, p.1166-1173, 2007.

BLANCO-CANQUI, H; LAL, R. Crop Residue Removal Impacts on Soil Productivity and Environmental Quality. **Plant Science**. v.38, n.3, p.139-163, 2009.

CHABOUSSOU, F. Healthy crops: **A new agricultural revolution**. Jon Carpenter Publishing, Oxford, England. 2004. p.244.

DE SCHUTTER, O. **Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food**. United Nations Righth Council Assembly. 2010.

DOS SANTOS, L.H. Frações orgânicas e atributos químicos em agregados do solo sob Sistema de Plantio Direto e convencional de Cebola. 2016. 87f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. (Org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças: o cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC**, em 101 respostas dos agricultores. Florianópolis: Epagri, 2004. 54 p. (Epagri. Boletim Didático, 57).

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social ecological systems analyses. **Global Environmental Change**. v.16, p.253-267, 2006.

GAVA, R.; DE FREITAS, P.S.L.; DE FARIA, R.T.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A. Soil water evaporation under densities of coverage with vegetable residue. **Engenharia Agrícola**. v.33, p.89-98, 2013.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: The ecology of sustainable food systems**. (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton, London, New York. 2010. 408p.

HORWITH, B. A role for intercropping in modern agriculture. **Biological Science**. v.35, p.286-291, 1985.



- HUDSON, B. Soil organic matter and available water capacity. **Journal Soil Water Conservation**. V.49, p.189-194, 1994.
- JORDÁN, A.; ZAVALA, L.M.; GIL, J.. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. **Catena**, v.81, p.77-85, 2010.
- LAMINE, C; BELLON, S. Conversion to organic farming: A multidimensional research object at the crossroads of agricultural and social sciences. A review. **Agro-nomy for Sustainable Development**. v.29, p.97-112, 2009.
- LIU, B.; TU, C.; HU, S.; GUMPERTZ, M.; RISTAINO, J.B. Effect of organic, sustainable, and conventional management strategies in grower fields on soil physical, chemical, and biological factors and the incidence of Southern blight. **Applied Soil Ecology**. v.37, p.202-214, 2007.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 39, p. 1212-1224, 2015.
- LOSS, A.; SANTOS JUNIOR, E.; SCHMITZ, D.; DA VEIGA, M.; KURTZ, C.; COMIN, J.J. Atributos físicos do solo sob sistemas de plantio direto e preparo convencional em cultivo de cebola. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**. v.11, p. 105-113, 2017.
- MA, H.K.; PINEDA, A.; VAN DER WURFF, A.W.G.; RA-AIJMAKERS, C.; BEZEMER, T.M. Plant Soil Feedback Effects on Growth, Defense and Susceptibility to a Soil-Borne Disease in a Cut Flower Crop: Species and Functional Group Effects. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p.21-27, 2017.
- MALEZIEUX, E. Designing cropping systems from nature. **Agronomy for Sustainable Development**. v.32, p.15-29, 2012.
- MARRIOTT, E.E; WANDER, M.M. Total and labile soil organic matter inorganic and conventional farming systems. **Soil Science Society American Journal**. v.70, p.950-959, 2006.
- MULLER JUNIOR, V. Sistema de Plantio Direto Agroecológico de Cebola e Emissão de Gases de efeito Estufa. 2017. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- NATARAJAN, M; WILLEY, R.W. The effects of water stress on yields advantages of intercropping systems. **Field Crops Research**, v.13, p.117-131, 1996.
- OLIVEIRA, R.A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L.C.; KURTZ, C.; MULLER JUNIOR, V.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B.S.; SOUZA, M.; COMIN, J.J. Decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura e seus efeitos em atributos químicos do solo e produtividade da cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.40, p.1-17, 2016.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T.A.; DE OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Soil and water loss and water infiltration in red latosol under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.1777-1786, 2011.
- REGANOLD, J.P. Soil quality and profitability of bio-dynamic and conventional farming systems: a review. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.10, p.36-46, 1995.
- SAMBUICHI, R.H.R.; SPINDOLA, P.A.C.; MATTOS, L.M.; AVILA, M.L.; MOURA, I.F.; SILVA, A.P.M. Análise da construção da política nacional de agroecologia e Produção Orgânica no Brasil, texto para discussão. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2017. 65p. (Texto para discussão, n.2305).
- SANTOS, L.H.; CANON, L.; VENTURA, B.S.; FERREIRA, G.W.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; LOVATO, P.E.; LOSS, A.. Chemical Properties in Macroaggregates of a Humic Dystrudept Cultivated with Onion under No-Till and Conventional Tillage Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.41, p.1-13. 2017.
- SHARRATT, B.; ZHANG, M.; SPARROW, S. Twenty years of conservation tillage research in subarctic Alaska. **Soil & Tillage Research**. v.91, p.82-88, 2006.
- SIDIRAS, N; ROTH, C.H. Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and a rainfall simulator under different surface conditions on an Oxisol. **Soil & Tillage Research**. v.9, p.161-168, 1987.
- SOUZA, M.; COMIN, J.J.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MULLER JUNIOR, V.; VENTURA, B.S.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura,

produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**. v.43, n.1, p.21-27, 2013.

SOUZA, Monique. Desempenho agrônômico e estudo fitoquímico de plantas de cobertura em sistema de plantio direto agroecológico de cebola. 2017. 210f. Tese (Doutorado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

THIESSEN MARTENS, J.R.; ENTZ, M.H.; WONNECK, M.D. Review: Redesigning Canadian prairie cropping systems for profitability, sustainability, and resilience. **Canadian Journal Plant Science**. v.95, p.1049-1072, 2015.

VARGAS, Mónica María Machado. Atributos químicos e biológicos do solo e rendimento da cebola em siste-

ma de plantio direto após cultivo com diferentes plantas de cobertura de inverno. 2012. 37f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

WEIL, R.R; MAGDOFF, F. Significance of soil organic matter to soil quality and health. In: MAGDOFF, F; Weil, R.R (Eds.) **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2004. p.1-42.

WILLEY, R.W. Intercropping – its importance and its research needs Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v.32, p.1-10, 1979.

# Promoção da saúde do solo

4. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças em sucessão agroflorestal: recuperação produtiva de diversos benefícios socioeconômicos e ambientais

5. Conceito de fertilidade do solo em SPDH

6. Conceitos, métodos de avaliação participativa e o SPDH como promotor de qualidade do solo

7. Como o uso de adubos orgânicos poder ser uma alternativa no SPDH?



# SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS EM SUCESSÃO AGROFLORESTAL: RECUPERAÇÃO PRODUTIVA DE DIVERSOS BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS

*Ilyas Siddique  
Álvaro Monteiro  
João Aquino  
Marinice Teleginski*

## 1. Ecologia a serviço da produção

A palavra ecologia é popularmente entendida como a conservação do meio ambiente e dificilmente é ligada a aumentos de produção, porém, basta observar uma área agrícola recentemente abandonada para verificar o quão vigorosa é a regeneração natural a partir da ocupação da área por plantas espontâneas herbáceas, arbustivas e arbóreas (posteriormente), que produzem grandes quantidades de biomassa servindo de cobertura para o solo. Nesse processo, o aumento na fertilidade do solo pode ser acelerado dependendo das interações entre as diversas espécies de plantas, animais e microorganismos, o que resulta do efeito de pousio. Essa eficiência de uso do solo em áreas em processo de regeneração natural pode ser reproduzida e acelerada em áreas agrícolas, realçando os processos mais desejáveis da regeneração de forma mais fácil de manejar, pela sucessão agroflorestal<sup>1</sup>.

Para “imitar” o processo de regeneração natural em áreas agrícolas é preciso utilizar técnicas que promovam a sucessão agroflorestal em policultivos, por isso é importante escolher cuidadosamente as plantas e planejar a forma como

elas serão distribuídas na área, a fim de promover a ocupação de todos os estratos do dossel de modo complementar, e aumentar a eficiência de uso do solo, dos recursos naturais e a biodiversidade no agroecossistema.<sup>2</sup> Essa técnica de ocupação do dossel em diversos estratos é típica dos sistemas agroflorestais (SAFs) ou agroflorestas, que são sistemas agrícolas, em que espécies arbóreas são manejadas em associação com espécies herbáceas, arbustivas e/ou forrageiras num determinado arranjo temporal e, espacialmente, em uma mesma área ou unidade de manejo.

Cultivar diferentes plantas que se complementam em uma mesma área diminui as perdas de produtividade devidos a doenças, insetos ou outras ‘pragas’ que se alimentam das culturas. Tal regulação da saúde do cultivo funciona quando o consórcio de culturas promove condições para inimigos ou competidores naturais dos insetos ou microorganismos causadores de perdas, desde que o manejo propicie um microclima adequado para cada cultura.

Em sistemas agroflorestais, assim como em uma área em plena regeneração de floresta,

<sup>1</sup> Sucessão agroflorestal é o processo dinâmico, organizado, adaptável, de diferenciação dos estratos ao longo do desenvolvimento do SAF a partir do início do plantio.

<sup>2</sup> Agroecossistemas são ecossistemas domesticados que incluem as lavouras ou roças e seu entorno influenciado pela agricultura, assim como as pessoas que interferem na agricultura.

ocorre um incremento constante na fertilidade do solo, devido não só a quantidade de biomassa produzida, mas também em função da diversidade de biomassa incorporada ao solo e à vida alimentada nesse processo. Essa deposição de biomassa é acelerada por podas constantes que fazem com que as plantas que compõem a agrofloresta mantenham um alto ritmo de produção de biomassa. Ao contrário do que acontece na regeneração natural, em que a biomassa das plantas só entra em contato com o solo depois que as plantas senescem e tombam, em sistemas agroflorestais a biomassa é cortada e depositada no solo, sempre antes da planta diminuir o seu ritmo de crescimento.

Nem todas as plantas cultivadas no SAF são escolhidas para fins econômicos diretos. Também são incluídas espécies que têm a função de melhorar o microclima do SAF ou mesmo plantas que têm apenas a função de produzir biomassa que ao ser incorporada ao solo favorece o aumento de fertilidade em função da sua constante decomposição. Um exemplo de manejo com o intuito de estabelecer microclima é a poda drástica durante o inverno, que favorece a entrada de luz

no interior do SAF. Já as podas mais leves durante o verão favorecem o sombreamento no interior do SAF.

Consortiar hortaliças com plantas de hábitos de crescimento tão diferentes, como arbustos e até mesmo árvores (Figura 1), pode parecer uma ideia ousada, principalmente em função do sombreamento que pode ser prejudicial para o desenvolvimento das hortaliças. Contudo, é possível organizar as plantas de modo a fazer com que as hortaliças com maior exigência por radiação solar sejam plantadas logo após a aplicação de podas drásticas, ou mesmo após o corte raso das espécies arbóreas para a incorporação de biomassa ao solo. Caso o SAF seja voltado apenas para a produção de hortaliças pode-se utilizar ciclos curtos de produção, a fim de permitir a constante entrada de luz no interior do SAF.

Portanto, incorporar os princípios e práticas agroflorestais ao SPDH tem potencial para torná-lo mais eficiente, produtivo e sustentável em função da aplicação de técnicas de manejo pautadas pela ecologia. Neste sentido, a sucessão agroflorestal representa um empurrão na transição agroecológica da horticultura para uma



**Figura 1.** Sistema Agroflorestal (SAF) com canteiros de hortaliças intercaladas entre linhas perenes para adubação verde, inicialmente dominadas por bananeiras e árvores tolerantes a podas drásticas dos galhos laterais que criam uma sombra filtrada e um microclima ameno para as hortaliças durante o verão. Sítio Florbela. Florianópolis/SC.



produção rentável e diversificada, pouco dependente de insumos externos, resiliente a impactos climáticos e biológicos. No que segue, pretendemos dialogar entre conhecimentos científicos da ecologia e conhecimentos práticos de agricultores e educadores agroflorestais para organizar critérios para o planejamento da produção de hortaliças em sucessão agroflorestal.

## 2. SAFs como uso racional dos recursos naturais

### 2.1. Evidências científicas e práticas da conservação pelo uso agroflorestal

Em monocultivos dependentes de uso intensivo de agrotóxicos, adubos sintéticos e energia fóssil, ocorrem drásticas perdas de biodiversidade que comprometem o funcionamento dos ecossistemas, geram problemas socioeconômicos e, em longo prazo, diminuem a capacidade produtiva do agroecossistema. Os ganhos de produtividade na agricultura convencional frequentemente não compensam os prejuízos econômicos decorrentes da degradação dos recursos naturais (POWER, 2010). Por outro lado, SAFs têm potencial para conservar uma proporção significativa da biodiversidade dentro do agroecossistema (BHAGWAT *et al.*, 2008), sequestrar carbono no solo e na vegetação (LAGANIERE *et al.*, 2010), mitigar a lixiviação de nutrientes (LEHMANN & SCHROTH, 2003) e erosão do solo via cobertura morta e viva (STEENBOCK *et al.*, 2013), entre diversos outros serviços ecossistêmicos de regulação (BALVANERA *et al.*, 2006).

A diversidade de espécies vegetais em SAF mantém diversas funções produtivas diretas (ISELL *et al.*, 2011), realça sinergias entre serviços ecossistêmicos de provisão e de regulação (SIDDIQUE *et al.*, 2007; TSCHARNTKE *et al.*, 2011) e estimula a produtividade de biomassa devido ao princípio de complementaridade (CARDINALE *et al.*, 2007). Esse estímulo se traduz em maiores 'serviços ecossistêmicos de provisão', incluindo o conjunto de alimentos, materiais para construção, combustíveis, medi-

cinais, entre outros produtos obtidos de SAFs (SCHULER, 2017). Indiretamente, a diversificação também promove benefícios econômicos pela exclusão competitiva de plantas espontâneas invasoras (PICASSO *et al.*, 2008), pela retenção e reciclagem de nutrientes (SCHROTH *et al.*, 2001), pela melhora das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SILESHI *et al.*, 2008), pelo estímulo de inimigos naturais de pragas e doenças (EKSTRÖM & EKBOM, 2011; LICHTENBERG *et al.*, 2017), entre outros benefícios indiretos (LETOURNEAU *et al.*, 2011). Por isso, a ocupação da paisagem rural por SAFs garante o fornecimento simultâneo de diversos benefícios socioambientais, além de ter potencial para a adaptação do agroecossistema às mudanças climáticas (ISELL *et al.*, 2011; LIN, 2011; CARDINALE *et al.*, 2012).

Uma abordagem que aperfeiçoa as sinergias entre alta diversidade, plantio adensado e cortes frequentes, enquanto simplifica e organiza ergonomicamente o manejo, foi a agricultura sintrópica<sup>3</sup>, cunhada por Ernst Götsch (MATSUMURA, 2016; PASINI, 2017). A alta produtividade e relativa facilidade de adoção permitiu que a agricultura sintrópica seja atualmente multiplicada, adaptada por centenas de educadores agroflorestais especialmente no Brasil e crescentemente em outras partes do mundo. Projetos como 'Agroflorestar' e 'Flora' têm ajudado centenas de famílias de agricultores em condições socioeconômicas precárias a adaptar, aprimorar e ensinar para outros as práticas da agrofloresta sintrópica altamente produtiva e biodiversa em poucos anos (NETO *et al.*, 2016). Experiências desse tipo de produção agroflorestal 'nova' e também de práticas tradicionais de cultivo agroflorestal no Sul do Brasil têm sido sistematizadas pela Rede de Sistemas Agroflorestais Agroecológicos do Sul do Brasil (Rede SAFAS)<sup>4</sup>, desenvolvendo ferramentas e estruturas de comunicação e articulação para socializar mais amplamente essas experiências bem sucedidas (PARRA *et al.*, 2018).

<sup>3</sup> Definição e explicações breves: LIFEINSYNTROPY.ORG/PT

<sup>4</sup> Cartilhas, vídeos, banners, bancos de dados, artigos, contatos etc. da Rede SAFAS: LEAP.UFSC.BR/SAFAS

## 2.2. Manejo da diversidade funcional

A diversidade de espécies é importante porque diferentes espécies cumprem diferentes funções, complementando-se e adaptando-se a diferentes nichos ecológicos<sup>5</sup>, ou seja, o que importa é a combinação de atributos funcionais<sup>6</sup> das espécies manejadas no agroecossistema. Por exemplo, a altura máxima das plantas quando adultas, a composição bioquímica dos seus tecidos, a densidade específica do caule e a tolerância à sombra, são atributos intensamente estudados na ecologia funcional. Além disso, atributos relacionados ao manejo como capacidade de rebrote após a poda, concentração de compostos nutricionais ou tóxicos para animais e humanos, também são muito importantes, pois estão fortemente relacionados com a viabilidade do manejo do SAF.

A utilização de espécies de plantas com diferentes atributos funcionais é muito importante para favorecer o aumento da diversidade funcional<sup>7</sup>. Isso acontece porque em uma monocultura, ou mesmo em consórcios com atributos funcionais parecidos, as plantas são forçadas a competir intensamente por recursos. À medida que consorciamos plantas com atributos diferentes, as culturas ocupam nichos ecológicos diferentes e o espaço é ocupado de modo mais eficiente, o nível de competição diminui apesar da alta densidade total. Pode-se organizar o SAF distribuindo as plantas em grupos funcionais, que representam bem os nichos ecologicamente importantes, pois a interação entre os diferentes grupos funcionais possibilita o estabelecimento de relações de complementariedade em detrimento das relações de competição.

Os agricultores agroflorestais usam classificações de grupos funcionais, de forma prática e sem recorrer a conceitos estritamente científicos,

aproveitando a complementariedade para garantir a recuperação produtiva de agroecossistemas (NETO *et al.*, 2016). Por exemplo, a escolha de alguns grupos funcionais importantes como gramináceas e leguminosas em consórcio pode ser suficiente para aumentar o sequestro de carbono e a retenção de nitrogênio no solo, duas funções produtivas e ambientais-chave (FORNARA & TILMAN, 2008). Na produção agroflorestal de hortaliças, as culturas são distribuídas no SAF em função da sua demanda por luz, pela duração do seu ciclo de produção e pelo tempo que demora até atingir a sua altura produtiva. Essas três características podem servir de critério para agrupar as plantas em grupos funcionais.

A demanda por luz pode ser classificada em emergente (não tolera sombra), alta (tolera em torno de 20% de sombra), média (tolera em torno de 40% de sombra) e baixa (tolera em torno de 60% de sombra). Essa diferença de demanda por luz é um dos critérios utilizados para se estabelecer a posição que cada grupo funcional ocupará no dossel, ou seja, a estratificação. Além disso, os grupos funcionais podem apresentar diferentes ritmos de crescimento e ciclos de vida. Por isso, para que eles ocupem o estrato ideal para suprir as suas demandas por luz deve-se levar em consideração a sucessão. Assim, para que essas diferenças de ciclo de vida e velocidade de crescimento não impossibilitem a estratificação do SAF, são feitas podas e cortes de indivíduos sempre que eles já tenham cumprido com a sua função no SAF, ou quando a sua posição no dossel não esteja no estrato correto. Por exemplo, em um consórcio com alface, rúcula e coentro, se o alface for priorizado, a rúcula e o coentro serão colhidos aos 30 dias, evitando o sombreamento do alface que só será colhido aos 45 dias (NETO *et al.*, 2016).

O planejamento de como e quais espécies de árvores serão inseridas no SAF é feito em função da demanda por biomassa e dos estratos que as árvores irão ocupar ao longo do tempo. Espécies arbóreas de rápido crescimento como tucaneira ou pau-viola (*Citharexylum myrianthum*), mutamba (*Guazuma ulmifolia*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) podem ser intercaladas

<sup>5</sup> Nicho ecológico é a posição funcional de um organismo no seu ambiente, incluindo o seu *habitat*, tempo de atividade e recursos que utiliza.

<sup>6</sup> Atributos funcionais são características morfológicas, anatômicas ou bioquímicas dos organismos que influenciam o funcionamento do ecossistema e/ou seu próprio desempenho no ecossistema.

<sup>7</sup> Diversidade Funcional é uma medida de quanto os organismos divergem entre si, em termos de atributos funcionais.

com espécies de crescimento médio e lento, como ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*), jabuticaba (*Plinia cauliflora*), jacatirão-açu (*Miconia cinnamomifolia*) e licurana (*Hieronyma alchorneoides*). Essa combinação de árvores permite que os estratos médio e alto logo sejam ocupados por espécies de rápido crescimento que receberão poda frequente de seus ramos interiores e médios de modo a serem mantidas na sua estratificação. Quando as árvores de rápido crescimento ultrapassam a altura de fácil poda dos galhos laterais é feita a poda apical, geralmente na altura de 4 a 7 m (dependendo da espécie). Os rebrotes, logo abaixo desse corte apical, serão fáceis de podar nos seguintes anos enquanto o fuste principal se desenvolve e aumenta o seu diâmetro. Quando as árvores de mais lento crescimento atingem o estrato emergente, os fustes das espécies de rápido crescimento podem ser colhidos ou mantidos conforme a finalidade de cada espécie.

A presença de plantas com atributos funcionais diversificados em um mesmo espaço contribui para aumentar a complexidade (Figura 2).



**Figura 2.** Poda drástica de árvores e bananeiras viabilizam replantio de hortaliças entre as linhas de árvores. Consórcios estratificados de hortaliças com ciclos de colheita escalonados incrementam a produtividade do SAF em um sistema produtivo que conta com a presença de diversos grupos funcionais. Sítio Florbela. Florianópolis/SC.

Embora a complexidade esteja relacionada com diversos benefícios, como a eficiência no uso de recursos naturais e a resiliência do SAF, do ponto de vista da praticidade do manejo ela pode representar uma dificuldade para a manutenção do SAF. Plantas com atributos diferentes requerem manejos diferentes em épocas diferentes, portanto a complexidade no SAF implica em necessidade de manejo complexo e, por isso, existe um claro “conflito” entre facilidade de manejo e complexidade. Uma possível saída para essa questão é a utilização dos grupos funcionais em um sistema organizado com espécies arbóreas e arbustivas plantadas apenas em linhas, forrageiras somente nas faixas de capim e hortaliças apenas em canteiros. Dessa forma é possível manter o SAF dentro de um dimensionamento, que mantenha a complexidade, sem que o seu manejo se torne inviável.

### 2.3. Utilizar a ecologia como critério para desenhar SAFs

Os SAFs podem ter diversos níveis de diversidade funcional em função do seu desenho e do tipo de manejo adotado pelo agricultor; logo, é preciso estabelecer critérios que favoreçam o aumento da diversidade funcional. A princípio, o agricultor poderia pensar simplesmente em combinar o máximo de espécies em um mesmo plantio, porém, isso não garante um incremento em diversidade funcional, pois poderiam ser plantadas espécies com características muito parecidas, favorecendo muito pouco o aumento da diversidade funcional.

Para desenhar o SAF é preciso levar em consideração os atributos



funcionais das plantas a serem consorciadas, procurando combinar plantas com diferentes atributos funcionais (Figura 3) e ocupar os diferentes estratos de maneira complementar, desde que se leve em consideração o ciclo de vida e o ritmo de crescimento das plantas, ou seja, a sucessão. Na prática as plantas a serem inseridas no SAF são reunidas em função dos seus atributos em grupos funcionais, com a finalidade de aumentar a diversidade funcional em função do número de grupos funcionais. Além disso, o número de indivíduos de cada grupo deve ser pensado de modo a estabelecer uma proporção entre os grupos, evitando-se desequilíbrios na proporção do efeito que cada grupo tem sobre o ambiente.



**Figura 3.** Milho, eucalipto, mandioca, plantas com diferentes atributos funcionais ocupando o mesmo espaço.

Muitas vezes não é possível inserir todos os grupos funcionais presentes no desenho do SAF logo na sua implantação. Por exemplo, grupos funcionais com plantas que precisam de ambiente sombreado e úmido serão inseridos no SAF apenas quando os grupos funcionais com plantas heliófitas estejam estabelecidos, gerando um ambiente sombreado no sub-bosque. Em outros casos, podem existir grupos funcionais com plantas muito exigentes em fertilidade do solo, que não

podem ser supridas no momento de implantação do SAF, sendo necessário esperar um determinado período de tempo para que a incorporação de biomassa no solo promova a reestruturação do solo e o incremento de fertilidade que dará suporte ao estabelecimento de grupos funcionais mais exigentes em fertilidade.

## 2.4. Sucessão agroflorestal

A sucessão agroflorestal é um processo dinâmico e ordenado em que as plantas, em função da expressão dos seus atributos, ocupam e criam

novos nichos ecológicos, formando um dossel com diferentes estratos, em um ciclo de desenvolvimento direcionado pelo manejo aplicado ao SAF. Na medida em que os estádios de desenvolvimento ocorrem, o SAF atinge, novos patamares de complexidade e de diversidade funcional. Pode ocorrer uma visível melhora de eficiência na interceptação da luz em função das diferenças de demanda por luminosidade dos grupos funcionais posicionados em cada estrato do dossel.

Existem diversos modelos agrícolas, que trabalham com sucessão de culturas em diferentes épocas

do ano, porém, em agrofloresta são feitos policultivos com plantas de diversos grupos funcionais ao mesmo tempo, pois a ideia é justamente aumentar a eficiência em função da ocupação do espaço com plantas com diferentes atributos. Assim, as plantas que farão parte de cada policultivo são escolhidas em função das suas características e do tempo do seu ciclo. Por exemplo, uma planta com alta demanda por sol e porte baixo deve ser “encaixada” no SAF de uma forma tal que as plantas

que estão consorciadas com ela, não a sombreiem a ponto de inibir o seu desenvolvimento.

A estratificação (formação do dossel em diferentes estratos) também está intimamente relacionada com a sucessão, uma vez que os estratos a serem formados no dossel estão relacionados com o tipo de desenvolvimento que cada grupo funcional vai expressar, na medida em que o processo de sucessão avança. Como as plantas estão em constante crescimento, todo o sistema é desenhado de modo que a posição de cada grupo funcional seja mantida durante a sucessão, sendo que a poda é fundamental para manter a estratificação de acordo com o desenho do SAF. Assim sendo, o ideal é que a sucessão e a estratificação sejam utilizadas como critérios em conjunto, uma vez que não se poderia levar em consideração, para o desenho do SAF, a altura de uma planta adulta sem se levar em consideração o seu ritmo de crescimento e, ao longo do seu ciclo, essa planta não será prejudicada pelo sombreamento de espécies com crescimento mais rápido.

Cada ciclo de sucessão pode levar poucos meses ou até mesmo décadas, sendo que o tamanho do ciclo é uma variável ajustada aos interesses do agricultor. Quando se decide reiniciar um novo ciclo, tem-se a vantagem de contar com o aporte de biomassa produzida no ciclo anterior; portanto, existe uma tendência de facilidade de implantação de um novo SAF a cada ciclo de manejo. No caso de produção de hortaliças, pode-se utilizar consórcios simplificados (Tabela 1), que podem ser incrementados com novas espécies, na medida em que o agricultor se sente à vontade para lidar com SAFs mais complexos.

**Tabela 1.** Exemplo de plantio consorciado de hortaliças com diversas colheitas distribuídas durante o período de um ano. Após a última colheita pode-se dar início a um novo ciclo de plantio.

| Estrato          | Plantas                       | Dias para colher |
|------------------|-------------------------------|------------------|
| <b>Emergente</b> | milho, quiabo ou girassol     | 80 a 120         |
| <b>Alto</b>      | berinjela ou jiló ou couve    | 90 a 120         |
| <b>Alto</b>      | mandioca ou yacon             | 180 a 360        |
| <b>Médio</b>     | cenoura ou beterraba          | 70 a 120         |
| <b>Médio</b>     | rabanete ou rúcula ou coentro | 25 a 30          |
| <b>Baixo</b>     | gengibre                      | 360              |

Adaptado de (NETO *et al.*, 2016).

## 2.5. Como consorciar árvores com hortaliças para obter um bom resultado?

A diversidade funcional presente no SAF está relacionada com a diversidade de grupos funcionais, por isso é fundamental ter grupos com plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas. Essa combinação, quando bem manejada, favorece a eficiência do SAF na utilização de recursos naturais e promove a diversificação da biomassa produzida, incrementando a fertilidade do solo. Além disso, a ciclagem de nutrientes torna-se mais eficiente em função da diversidade de estruturas radiculares presentes no solo, uma vez que reduz a perda de nutrientes.

Embora o SAF apresente diversas vantagens para o agricultor e para o meio ambiente, o seu manejo é sempre um desafio, devido ao seu grau de complexidade. É preciso ter muita clareza sobre qual a função de cada planta dentro do SAF e priorizar o desenvolvimento daquelas que são de maior interesse econômico. Quando o interesse do agricultor é produzir hortaliças, todas as outras plantas do SAF têm a função de produzir biomassa e criar um microclima favorável para o desenvolvimento das hortaliças.

No caso de plantio de árvores junto a canteiros de hortaliças, o espaçamento entre linhas é de cerca de quatro a sete metros, sendo que a distância entre plantas pode variar em

função da espécie escolhida. As árvores recebem a poda apical quando estão com aproximadamente seis metros e os seus rebrotes são podados a cada seis meses. Essa prática mantém a entrada de luz no estrato mais baixo, onde estão inseridas as hortaliças, e ajuda na manutenção da biomassa na cobertura do solo (Figuras 4, 5 e 6).





**Figura 4.** Plantio sucessional de hortaliças com foco em produção de rúcula, alface roxa, repolho roxo e batata yacon (no centro) e espécies arbóreas (nas laterais) 30 dias após a implantação.



**Figura 5.** Mesmo SAF mostrado na Figura 3, dez meses após a implantação. Observa-se na imagem a batata yacon no ponto de colheita e as espécies arbóreas no ponto de poda.





**Figura 6.** Mesmo SAF da Figura 5, quatorze meses após a implantação do SAF, no centro da imagem plantio de hortaliças estabelecido após a poda e incorporação de biomassa das espécies arbóreas.

Árvores como garapuvu (*Schizolobium parahyba*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), grandiuva (*Trema micrantha*) e licurana (*Hyeronima alchorneoides*) são exemplos de espécies que podem ser usadas nas linhas entre os canteiros. O espaço entre as árvores pode ser aproveitado para o plantio de bananeiras, feijão guandu (*Cajanus cajan*) ou outras espécies com porte médio que irão enriquecer a biomassa juntamente com o capim produzido em faixas (discutido mais adiante). A biomassa produzida pela poda das espécies arbóreas, pelo corte das bananeiras e por arbustos juntamente com a biomassa produzida nas faixas de capins, faz com que o SAF tenha uma biomassa altamente diversificada, com materiais com diferentes teores de lignina e diferentes ritmos de decomposição. O volume de biomassa produzida mantém o solo coberto permanentemente e favorece a manutenção constante de nichos ecológicos, mantendo a biodiversidade de micro e mesofauna.

## 2.6. Faixas de capim para adubação

Plantar faixas de capim associadas à horticultura pode parecer controverso, porque muitas espécies comumente utilizadas nas faixas de capim podem tornar-se plantas espontâneas indesejadas nos canteiros com hortaliças. Contudo, manter faixas de capim junto aos canteiros, facilita toda a logística de corte e transporte da biomassa em uma única operação de manejo, tornando a manutenção da cobertura no solo viável e eficiente.

As faixas de capim são inseridas no SAF no momento da sua implantação, justamente pela sua capacidade de produção de biomassa que favorece um rápido incremento na fertilidade do solo nos primeiros meses após a sua implantação. Como as plantas utilizadas na faixa de capim são heliófilas, o agricultor pode optar por eliminar as faixas de capim sombreando-as na medida em que a sucessão avança. Também é

possível manter as faixas de capim no SAF indefinidamente (Figura 7), bastando favorecer entrada de luz na parte inferior do dossel, utilizando-se podas frequentes nas plantas de hábito arbustivo e arbóreo. O corte da faixa de capim deve ser feito, preferencialmente, quando as plantas estão no estágio vegetativo que precede o início da sua fase reprodutiva. Essa prática tem o duplo propósito de evitar a disseminação de sementes no SAF e também manter o ritmo de produção de biomassa em função do corte que sempre é realizado antes que a planta entre em fase de senescência.

As plantas, que fazem parte da faixa de capim, são o principal fator determinante da composição da biomassa que será incorporada no solo, por isso a combinação de plantas deve ser pensada de modo a manter uma determinada proporção entre leguminosa e gramíneas. Caso a biomassa seja muito pobre em nitrogênio o desenvolvimento vegetativo das plantas pode ser afetado causando perdas na produção, porém em casos que a biomassa é muito rica em nitrogênio a sua decomposição ocorre rapidamente e o solo fica desprotegido e suscetível à erosão.

As espécies escolhidas devem apresentar bom desenvolvimento em relação ao clima e ao solo da propriedade, além disso deve-se ter cuidado ao utilizar plantas com fácil propagação vegetativa como *Pennisetum purpureum* e *Tithonia diversifolia* que podem se estabelecer nos canteiros a partir da biomassa depositada. Algumas plantas que têm sido usadas com sucesso em faixas de capim são o capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. *Tanzânia*), capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) que no inverno do Sul do Brasil se consorciavam bem com as ervilhacas (*Vicia Sativa* cv. *V. Pillosa*).

### 3. Manejo do SAF para o conforto da hortaliça

As plantas apresentam respostas fisiológicas aos estímulos do ambiente, portanto, desenhar o SAF de modo a favorecer o desenvolvimento da planta com estímulos que tornem o ambiente mais confortável para a mesma é uma estratégia fundamental para aumentar a eficiência do SAF (GLIESSMAN, 2000). As modificações na umida-



**Figura 7.** A faixa de capim como mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) entre linhas arbóreas jovens (no fundo) pode ser roçado até 5 vezes por ano e adubar as linhas de árvores ou hortaliças próximas enquanto as árvores ainda não produzem suficiente biomassa. Sítio Florbela. Florianópolis/SC.



de, temperatura e luminosidade do SAF, que ocorrem em função do manejo e planejamento do agricultor, são de grande importância para a criação de um microclima que favoreça a produção, equilíbrio e resiliência do sistema de produção.

### 3.1. Umidade

A ocorrência de chuvas é um fator de extrema importância, tanto na agricultura em monocultivos como para a agrofloresta, uma vez que o agricultor não tem o poder de mudar diretamente a quantidade e a distribuição da chuva. O manejo adotado num pequeno estabelecimento agrícola provavelmente não influencia significativamente a precipitação de chuvas da região. Porém, a umidade, através do microclima, pode ser fortemente influenciada pelo sistema de manejo adotado. Por esse motivo, o desenho utilizado para o SAF deve ser capaz de influenciar a umidade de modo a favorecer o desenvolvimento das plantas. Pode-se ter um sistema de podas que permita maior entrada de luz no SAF durante a estação chuvosa e maior sombreamento durante a estação mais seca, mantendo a umidade média próxima do ideal durante o ano todo.

A estratificação é uma característica do dossel do SAF, que ajuda a interceptar a chuva, diminuindo o impacto direto das gotas d'água no solo. Além disso, a biomassa depositada no solo também tem o importante papel de fazer com que a água entre em contato com o solo lentamente, preservando a estrutura dos agregados do solo.

### 3.2. Temperatura

A velocidade de crescimento e desenvolvimento das plantas e outros organismos aumenta com a temperatura até um ponto ótimo diferente para cada espécie, acima do qual o excesso de calor prejudica o crescimento e a saúde. Por isso, no desenho do SAF deve-se levar em consideração as exigências térmicas das culturas e também a possibilidade de alterar a temperatura através do microclima. Na medida em que as plantas crescem e ocupam novos estratos do SAF, a temperatura,

no interior do sistema de cultivo, apresenta uma diminuição da variação térmica em relação ao campo aberto. Em florestas e SAFs com múltiplos estratos, a menor variação da temperatura ocorre próximo à palhada, a qual amortece ainda mais a variação térmica na superfície do solo. Evitar que o solo aqueça muito ou esfrie excessivamente ajuda promover maior saúde da biota do solo e dos cultivos. No entanto, alguns processos fisiológicos de maturação de frutas requerem uma amplitude térmica no dossel. Nestas situações também é indicada a poda seletiva ou drástica de partes do dossel.

### 3.3. Luz

A demanda por luz de uma planta ou de um determinado grupo funcional é uma das principais características a ser levada em consideração ao se desenhar um SAF. Isso acontece porque a competição por luz costuma ser acirrada em ecossistemas de clima tropical e subtropical. Já em SAFs instalados nesse mesmo tipo de clima o agricultor pode interferir no sistema de forma a diminuir a competição por luz e aumentar a complementariedade entre as plantas que compõem o sistema.

As plantas apresentam diferentes características em relação à forma como se adaptam a oferta de luz, plantas com rota fotossintética C4 (p.ex. cana de açúcar, milho) estão adaptadas a ambientes com abundância de luz, já plantas com rota fotossintética C3 (p.ex. feijão, crotalária) costumam apresentar maior tolerância ao sombreamento. O agricultor pode usar combinações de plantas com diferentes adaptações à oferta de luminosidade, fazendo com que as plantas mais adaptadas em ambientes com alta luminosidade ocupem posições mais altas no dossel e plantas com adaptação a ambientes com menor oferta de luz fiquem posicionadas na parte inferior do dossel – de acordo com o princípio-chave da estratificação em SAFs (Figura 8). Outra estratégia útil é a poda drástica das espécies que foram inseridas com objetivos de adubação no SAF, especialmente daquelas que têm alta capacidade de rebrote, pois permitir a entrada de luz no interior do sistema também é importante para prevenir doenças pela evaporação de umidade excessiva.



**Figura 8.** A sombra migra rapidamente entre canteiros de hortaliças durante o dia porque apenas a ponta da copa das árvores dominantes é poupada nas podas drásticas (eucaliptos na superior direita e margem esquerda). Fustes podados ou desbastados são picados e encostados diretamente no solo mineral sobre caminhos (centro-esquerda da foto). Semeadura direta de outras espécies arbóreas tolerantes à poda como paineira (*Chorisia speciosa*, na margem esquerda) na linha das árvores perpetua a adubação verde lenhosa para além da colheita de fustes dos eucaliptos. Sítio Florbela. Florianópolis/SC.

### 3.4. Vento

O vento é um fator que exige cuidado no planejamento de agroflorestas, pois além de causar danos físicos às plantas, como perda de flores queda de frutos ou mesmo o rompimento de galhos, pode ter um efeito enorme na temperatura e umidade no interior do SAF, prejudicando a manutenção do microclima. É necessário observar a direção dos ventos predominantes e plantar quebra-ventos de modo a diminuir a velocidade dos ventos antes que atinjam as culturas mais sensíveis no interior do mesmo.

Os quebra-ventos também podem ser utilizados como corredores verdes, aumentando a conectividade da paisagem rural com os remanescentes florestais, servindo como abrigo para a biodiversidade e, muitas vezes, como refúgio para insetos predadores de ‘pragas’ de cultivos. Em médio prazo, é possível utilizar as áreas de

quebra-vento para produção de madeira ou varas de bambu, ótimas plantas para diminuir a velocidade do vento.

## 4. Benefícios dos SAFs

A vantagem central da produção de hortaliças em sucessão agroflorestal é o potencial de aproveitar simultaneamente três conjuntos de contribuições:

1. O rápido retorno financeiro que aumenta com o tempo;
2. A recuperação e manutenção do funcionamento do ecossistema e do seu potencial produtivo;
3. Benefícios sociais, culturais, econômicos e ambientais indiretos.

As demandas conflitantes (*tradeoffs*) aparentes entre a viabilidade financeira, integridade ambiental e o bem-estar social podem ser amenizadas ou superadas com o aprimoramento das experiências com planejamento, manejo, beneficiamento, comercialização e aproveitamento cultural da biodiversidade.

### 4.1. Rentabilidade financeira

O potencial para rápido retorno financeiro é frequentemente citado como uma das motivações iniciais para agricultores optarem pelo cultivo agroflorestal. Frequentemente a atenção dos próprios agricultores agroflorestais para o sustento alimentar de qualidade, a conservação da água e do ambiente ganha força como motivação (POUBEL, 2006). A experiência de abundância e diversidade de alimentos agroflorestais disponí-

veis para consumo e partilha tende a estimular a diversificação alimentar na escala da família e da comunidade. Este processo reforça a curiosidade, aprendizagem e resgate cultural de conhecimentos alimentares populares e evolução cultural da sociobiodiversidade associada às agroflorestas (PARRA, 2018).

Retornos financeiros podem ser adiantados e aumentados com um aprimoramento da ocupação produtiva de nichos ecológicos durante a sucessão agroflorestal na medida em que seja aumentada a produtividade total de biomassa e/ou a proporção economicamente aproveitável dessa biomassa. O planejamento de agroflorestas sucessionais é voltado para aumentar ambas pela alta densidade de plantio em delineamentos substitutivos. De modo simplificado, isto significa que hortaliças maiores ou de ciclo mais longo são plantadas nas densidades recomendadas para monoculturas (p.ex. yacon de 12 meses, Figura 5). Nos espaços, que ficam vazios durante a primeira metade do ciclo da cultura, são plantadas nos mesmos canteiros, adicionalmente, culturas de ciclo médio que são colhidas antes de competir com as culturas de ciclo longo (p.ex. manjerição de 4-10 meses). Nas laterais das linhas de hortaliças de ciclo longo, nos mesmos canteiros são plantadas adicionalmente hortaliças de 4 meses (p.ex. brássicas como repolho, Figura 4). Nos espaços que ainda ficarão sem cobertura viva nos primeiros 2-3 meses são plantadas hortaliças que alcançam seu ponto de colheita nesse período (p.ex. alface americana ou acelga). Os pequenos espaços vazios no início nos mesmos canteiros são preenchidos com hortaliças colhidas em até 45 dias (p.ex. rúcula, rabanete ou coentro). Por colheitas escalonadas, horticultores agroflorestais têm alcançado entre 150% e 400% de aproveitamento econômico de um canteiro se comparado a um monocultivo, usando a mesma quantidade de adubo e irrigação no mesmo espaço (NETO *et al.*, 2016).

O conjunto dessas safras no primeiro ciclo de um mesmo canteiro frequentemente já pagam os custos de insumos e mão de obra da implantação não somente deste canteiro mas também de canteiros adjacentes que contém linhas de árvores adubadeiras e frutíferas

(HOFFMANN, 2013). Nos seguintes ciclos de hortaliças vão diminuindo os custos com adubos externos e ganhando proporção a produção de adubos verdes perenes nessas linhas adubadeiras. Paralelamente entram em produção econômica as primeiras frutíferas nas mesmas linhas arbóreas (p.ex. banana, amora, pitaiá, figo, urucum, limão etc.). Nos seguintes anos as primeiras árvores madeiráveis de rápido crescimento podem ser colhidas, embora a sua implantação já tenha sido paga pelo primeiro ciclo de hortaliças. Desta forma os investimentos recuperados no primeiro ciclo de hortaliças rendem até às seguintes safras de hortaliças, aromáticas, frutíferas e madeiras mais lucrativas.

#### **4.2. Recuperação do funcionamento do ecossistema**

A alta produtividade econômica dos consórcios agroflorestais de hortaliças é acompanhada por uma intensa produção simultânea de biomassa e as frequentes podas que contribuem com quantidades grandes de matéria morta. Depois de 1-2 anos esta supera a produção de serapilheira e renovação de biomassa radicular em florestas secundárias da mesma idade. Ambas as fontes de carbono orgânico promovem uma intensa atividade biológica no solo e acúmulo de carbono na cobertura morta e no solo (STEENBOCK *et al.*, 2013). A alta produtividade de biomassa é possibilitada não somente pelo plantio adensado e frequentes podas, mas principalmente pela ocupação otimizada de nichos em alturas, graus de sombreamento e fases de desenvolvimento das culturas, de modo a otimizar a interceptação da luz (EWEL & MAZZARINO, 2008). A consequente sintonia maior entre liberação de nutrientes pela decomposição e reabsorção pelas raízes e biota do solo aumenta a retenção e taxas de ciclagem de nutrientes, disponíveis para culturas vegetais que ocupam o seu nicho (EWEL & BIGELOW, 2011; LOVELOCK & EWEL, 2005).

A alta diversidade funcional em agroflorestas sucessionais também promove *habitats* e



recursos alimentícios variados para uma ampla rede trófica de predadores que atuam no controle biológico de populações de insetos podendo, potencialmente, se tornar ‘pragas’. Portanto, a alta biodiversidade favorece um equilíbrio dinâmico que atua na regulação de ‘pragas’ e ‘doenças’ além de atuar na manutenção das populações de polinizadores e dando suporte a sanidade na produção de hortaliças (GROENEVELD *et al.*, 2010; RATNADASS *et al.*, 2012).

### 4.3. Benefícios diretos e indiretos de SAFs

As agroflorestas têm alta flexibilidade de escolha de culturas e mudanças ao longo do tempo, arranjos espaciais, de acordo com a disponibilidade de conhecimentos adequados, material para plantio, preferência dos agricultores e outras condições do contexto local. São os agricultores que assimilam e aprofundam esses conhecimentos para viabilizar o planejamento e condução atendendo assim às necessidades de cada família ou comunidade. Esse conhecimento das famílias agricultoras promove uma valorização da atividade agrícola na sociedade. Diversos agricultores agroflorestais têm atuado como educadores populares que também ensinam os seus conhecimentos aprofundados para pesquisadores e técnicos de várias profissões. Esse papel profissional intelectualmente estimulante dos agricultores agroflorestais já começou a fortalecer a autoestima das famílias agricultoras e incentivar não somente filhos de agricultores a permanecerem no campo, mas também jovens urbanos a migrar para o campo e se dedicar à agricultura agroflorestal.

Associadas à diversificação funcional, as operações de trabalho agroflorestal são variadas, uma quebra fundamental com o trabalho monótono, degradante e dependente das grandes empresas de insumos agroquímicos e de comercialização. A decrescente dependência de insumos e energia externas ao longo da sucessão agroflorestal promove a autonomia econômica das famílias agricultoras e das suas comunidades.

Os benefícios sociais, culturais, econômicos e ambientais se reforçam mutuamente e

se intensificam com o tempo na medida que os resultados dos benefícios obtidos refletem nas tomadas de decisões. Neste sentido, as agroflorestas sucessionais podem ser utilizadas como processos de recuperação produtiva e emancipadora de uma sociedade, porém, várias barreiras e gargalos dificultam o início do processo.

## 5. Desafios

### 5.1. Conhecimento inicial

A multiplicação da horticultura agroflorestal depende, no primeiro momento, de conhecimento tanto dos princípios agroflorestais quanto dos atributos ou grupos funcionais práticos das espécies. Em diferentes contextos socioculturais um destes tipos de conhecimento são insuficientemente disponíveis para iniciar uma transição à horticultura agroflorestal.

Para superar o gargalo do conhecimento dos princípios, um ou poucos cursos de curta duração têm potencial para iniciar o processo de aprendizagem na prática, desde que pautadas pela educação popular. Nesta, os participantes assumem um papel ativo na aplicação dos princípios, tanto nos aspectos teóricos como práticos, em pequenos grupos de estudo e trabalho em mutirão para planejar e implementar projetos de produção agroflorestal aplicáveis a situações-problema reais (ALMEIDA *et al.*, 2002).

O segundo gargalo de conhecimento de atributos funcionais práticos pode ser superado com um resgate e diálogo de saberes entre conhecimentos tradicionais e praticantes da horticultura agroflorestal – âmbitos desconectados em muitas regiões (SIDDIQUE *et al.*, 2017). Bancos de dados de fácil acesso aberto sobre atributos funcionais práticos podem ajudar a socializar este tipo de conhecimento numa escala espacial e temporal maior, desde que adequadamente contextualizado. Vinculado a esse conhecimento tradicional da ecologia aplicada e da utilização de diversas espécies é outro gargalo – o acesso ao material para multiplicação dessas espécies.

## 5.2. Mão de obra

A necessidade maior e mais complexa de mão de obra na produção agroflorestal provavelmente é o gargalo mais frequentemente levantado. Além de envolver uma maior frequência e complexidade do planejamento e execução das operações de trabalho agroflorestal, a maioria das máquinas agrícolas e florestais não são úteis para o manejo agroflorestal do jeito que foram projetadas para monocultivos. Portanto, a mecanização das operações de manejo agroflorestal requer investimento de tempo e criatividade muito maior do que a horticultura convencional. Ainda com a ingenuidade de agricultores e técnicos agroflorestais, o máximo grau de mecanização possível usando as máquinas disponíveis e acessíveis no mercado é menor do que na horticultura convencional, mas algumas experiências bem sucedidas de mecanização na horticultura agroflorestal nas escalas pequena, média e grande apontam caminhos e desafios a serem priorizados em projetos futuros (NETO *et al.*, 2016) (Figura 9).

Uma solução frequentemente implementada na horticultura agroflorestal é adaptar as dimensões dos canteiros de hortaliças e de capim para adubação àquelas máquinas de mais fácil acesso. Dependendo do contexto socioeconômico isso pode envolver um tratorito de custo relativamente baixo ou máquinas emprestadas ou compartilhadas entre conhecidos ou via organizações. Já existem desenhos de plantio que otimizam o transporte de mini tratores entre as linhas de árvores. Esse gargalo pode ser superado pela articulação política reivindicando interesses e perspectivas de agricultores agroflorestais a partir de

organizações sociais a fim de obter infraestruturas compartilhadas e fortalecimento de unidades de beneficiamento dos produtos agroflorestais para distribuição e comercialização. Faltam pesquisas sobre processos e maquinários que facilitem o manejo das agroflorestas e também sobre insumos agroecológicos para substituir os agrotóxicos e adubos químicos. O desenvolvimento de técnicas e ferramentas para o manejo como também o aprimoramento da legislação ambiental, pode impulsionar a expansão de SAFs.

Considerando a alta produtividade potencial e os custos reduzidos de insumos externos, o gargalo de mão de obra pode ser transformado em solução para emprego rural e peri-urbano. Na medida que os agricultores agroflorestais ganham experiência no manejo agroflorestal, gastam cada vez menos tempo e esforço para cumprir o mesmo serviço.

## 5.3. Comercialização da produção diversificada

Outro ponto que dificulta aos agricultores agroflorestais é o desincentivo para a comercialização de alimentos sazonais da região, pois



**Figura 9.** Produção de hortaliças em sucessão agroflorestal em escala comercial. Sítio Semente/DF: [www.sitiosemente.com](http://www.sitiosemente.com).

as grandes redes de recebimento de alimentos (supermercados, lojas gourmetizadas etc) exigem abastecimento contínuo e em quantidade das mesmas frutas e verduras, independente da época de produção na região. Circuitos curtos de comercialização compatíveis com alta diversidade de alimentos, como Comunidade Sustenta Agricultura (CSA) já tem facilitado ganhos significativos de escala e multiplicação da horticultura agroflorestal, p.ex. no assentamento Mário Lago em Ribeirão Preto, SP (NETO *et al.*, 2016). A dificuldade de acesso a mercados, a desestruturação nos últimos anos de programas de compras institucionais e os entraves burocráticos para regularização dos produtos são barreiras encontradas.

Agricultores agroflorestais frequentemente relatam como funcionários dos bancos rejeitaram os seus projetos de produção diversificada, mesmo que tenha alta viabilidade financeira, pelo baixo gasto com insumos e alta produtividade da sucessão agroflorestal. Portanto, também há necessidade de políticas que financiem sistemas diversificados e diretrizes que orientem funcionários a entenderem e autorizarem projetos produtivos diversificados que dispensam insumos convencionais.

## 6. Conclusões e Perspectivas

A multiplicação recente da horticultura agroflorestal demonstra a sua eficiência em produzir renda e outros benefícios socioeconômicos,

culturais e ambientais. Utilizar a ecologia a favor da produção, considerando os aspectos que podem influenciar o desenvolvimento do SAF, tais como manejo, escolha das espécies, umidade, temperatura, luz, dentre outros, determinam a resposta que esse sistema pode oferecer. Ainda persistem desafios como a escolha de combinações de espécies de acordo com as suas características de grupos e diversidade funcionais, bem como a mão de obra inicial e o beneficiamento e escoamento de uma diversidade de produtos para os mercados. A troca de experiências práticas e divulgação de sistematizações em escalas local até internacional tem ajudado a superar esses desafios, e encorajado cada vez mais pessoas a se inserirem nesse sistema de cultivo. O desenvolvimento de equipamentos adaptados às necessidades da horticultura agroflorestal vem acontecendo gradativamente, especialmente para pequenas escalas. Neste momento de entusiasmo efervescente da juventude para se dedicar a agricultura agroflorestal é urgente ampliar as oportunidades. Desde iniciativas de economia solidária e consumo consciente regionais até políticas públicas municipal, estadual e federal podem apoiar a infraestrutura física, comunitária e institucional da produção, do beneficiamento e da distribuição de alimentos agroflorestais. Com estes apoios da comunidade e das instituições a horticultura agroflorestal tem potencial para sustentar dignamente milhares de novas famílias na agricultura e, ao mesmo tempo, reverter a degradação ambiental.

## Bibliografia

ALMEIDA, D. *et al.* **Manual do Educador Agroflorestal**. Universidade Federal do Acre, Parque Zoobotânico Arboreto. Rio Branco. 2002. 136p.

BALVANERA, P.; PFISTERER, A.B.; BUCHMANN, N.; HE, J.S.; NAKASHIZUKA, T.; RAFFAELLI, D.; SCHMID, B. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. **Ecology Letters**, v. 9, n. 10, p. 1146–1156, out. 2006.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K.J.; BIRKS, H.J.; WHITTAKER, R.J.. Agroforestry: a refuge for tropical biodi-

versity? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 5, n. 23, p. 261–267, 2008.

CARDINALE, B. J.; WRIGHT, J.P.; CADOTTE, M.W.; CARROLL, I.T.; HECTOR, A.; SRIVASTAVA, D.S.; LOREAU, M.; WEIS, J.J.. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 46, p. 18123–18128, nov. 2007.

CARDINALE, B. J.; DUFFY, J.E.; GONZALEZ, A.; HOOVER, D.U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.

- MACE, G.M.; TILMAN, D.; WARDLE, D.A.; KINZIG, A.P.; DAILY, G.C.; LOREAU, M.; GRACE, J.B.; LARINGAUDE-RIE, A.; SRIVASTAVA, D.S.; NAEEM, S. **Biodiversity loss and its impact on humanity**. *Nature*, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 2012.
- EKSTRÖM, G.; EKBOM, B. Pest control in agro-ecosystems: An ecological approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 30, n. 1–2, p. 74–94, 2011.
- EWEL, J.J.; BIGELOW, S.W. Tree species identity and interactions with neighbors determine nutrient leaching in model tropical forests. **Oecologia**, v. 167, n. 4, p. 1127–1140, 2011.
- EWEL, J.J.; MAZZARINO, M.J. Competition from below for light and nutrients shifts productivity among tropical species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 48, p. 18836–41, 2008.
- FORNARA, D.A.; TILMAN, D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 2, p. 314–322, 2008.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processo ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: URGs, p. 653, 2000.
- GROENEVELD, J. H.; TSCHARNTKE, T.; MOSER, G.; CLOUGH, Y. Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 12, n. 3, p. 183–191, ago. 2010.
- HOFFMANN, M.R.M. Sistemas agroflorestais para agricultura familiar: Análise econômica. 2013. 140p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- ISBELL, F.; CALCAGNO, V.; HECTOR, A.; CONNOLLY, J.; HARPOLE, W.S.; REICH, P.B.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHMID, B.; TILMAN, D.; VAN RUIJVEN, J.; WEIGELT, A.; WILSEY, B.J.; ZAVALA, E.S.; LOREAU, M. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. **Nature**, v. 477, n. 7363, p. 199–202, 2011.
- LAGANIÈRE, J.; ANGERS, D.A.; PARÉ, D. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: A meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 16, n. 1, p. 439–453, 2010.
- LEHMANN, J.; SCHROTH, G. Nutrient leaching. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. L. (Eds.). **Trees, crops and soil fertility concepts and research methods**. USA: CAB Internacional, 2003. p. 151–166.
- LETOURNEAU, D. K.; ARMBRECHT, I.; RIVERA, B.S.; LERMA, J.M.; CARMONA, E.J.; DAZA, M.C.; ESCOBAR, S.; GALINDO, V.; GUTIÉRREZ, C.; LÓPEZ, S.D.; MEJÍA, J.L.; RANGEL, A.M.A.; RANGEL, J.H.; RIVERA, L.; SAAVEDRA, C.A.; TORRES, A.M.; TRUJILLO, A.R. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. **Ecological Applications**, v. 21, p. 9–21, 2011.
- LICHTENBERG, E. M.; *et al.* A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. **Global Change Biology**, v. 23, 2017.
- LIN, B.B. Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. **Bioscience**, v. 61, n. 3, p. 183–193, 2011.
- LOVELOCK, C.E.; EWEL, J.J. Links between tree species, symbiotic fungal diversity and ecosystem functioning in simplified tropical ecosystems. **New Phytologist**, v. 167, n. 1, p. 219–228, 16 mar. 2005.
- MATSUMURA, E.S. A agricultura convencional e a agricultura sintrópica: uma discussão inicial. 2016. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Engenharia ambiental) – Universidade Estadual Paulista Rio Claro, SP.
- NETO, N.E.C.; MESSERSCHMIDT, N.M.; STEENBOCK, W.; MONNERAT, P.F. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**: Gerando praxis agroflorestal em rede. Barra do Turvo, SP, Brasil: Cooperafloresta, 2016. 91p.
- PARRA, V.J.; SCHULER, H.; SIMÕES-RAMOS, G.A.; CASAGRANDE, A.; MAGNANTI, N.; SANTOS, K.L.; DIONÍSIO, A.C.; SIMINSKI, A.; JONER, F.; SIDDIQUE, I. Metodologias de comunicação para o Diálogo de Saberes: ações transformadoras no âmbito da rede de sistemas agroflorestais agroecológicos do Sul – Rede SAFAS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.13, n. ESP, p.128-141, 2018.
- PARRA, V.J. Rede de Sistemas Agroflorestais Agroecológicos do Sul do Brasil – Rede SAFAS: Fatores que afetam o desenvolvimento agroflorestal. 2018. 127p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.



PASINI, F. DOS S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: História, fundamentos e seu nicho no universo da agricultura sustentável.** Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

PICASSO, V.D.; BRUMMER, C.; LIEBMAN, M.; DIXON, P.M. Crop species diversity affects productivity and weed suppression in perennial polycultures under two management strategies. **Crop Science**, v. 48, n. 1, p. 331–342, 2008.

POUBEL, R. DE O. Hábitos alimentares, nutrição e sustentabilidade: Agroflorestas Sucessionais como estratégia na Agricultura Familiar. 2006. 142p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

POWER, A.G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, v. 365, n. 1554, p. 2959–2971, 2010.

RATNADASS, A. et al. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p.273–303, 2011.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J.; RODRIGUES, M.R.L. Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 85–102, 2001.

SCHULER, H. Agroflorestas: Sistemas de cultivo inspirados na natureza. In: SIDDIQUE, I.; DIONÍSIO, A. C.; SIMÕES-RAMOS, G. A. (Eds.). **Rede SAFAS: Cons-**

truindo conhecimentos sobre Agrofloresta em Rede. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 21–29.

SIDDIQUE, I.; GUTJAHN, C.; SENEVIRATNE, G.; BRECKLING, B.; RANWALA, S.W.; ALEXANDER, I.J. Changes in soil chemistry associated with the establishment of forest gardens on eroded, acidified grassland soils in Sri Lanka. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, n. 1, p. 163–170, 2007.

SIDDIQUE, I.; DIONÍSIO, A. C.; SIMÕES-RAMOS, G. A. **Rede SAFAS: Construindo conhecimentos sobre agroflorestas em rede.** Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. v. 3. 94p.

SILESHI, G.; AKINNIFESI, F.K.; AJAYI, O.C.; PLACE, F. Meta-analysis of maize yield response to woody and herbaceous legumes in sub-Saharan Africa. **Plant and Soil**, v. 307, n. 1–2, p. 1–19, 2008.

STEENBOCK, W.; SILVA, L.C.; SILVA, R.O.; RODRIGUES, A.S.; PEREZ-CASSARINO, J.; FONINI, R. **Agrofloresta, Ecologia e Sociedade.** Curitiba, PR: Kairós, 2013. 422p.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; BHAGWAT, S.A.; BUCHORI, D.; FAUST, H.; HERTEL, D.; HOLSCHER, D.; JUHRBANDT, J.; KESSLER, M.; PERFECTO, I.; SCHERBER, C.; SCHROTH, G.; VELDKAMP, E.; WANGER, T. C. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – A review. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 3, p. 619–629, 2011.



## CONCEITO DE FERTILIDADE DO SOLO EM SPDH

*Fábio Satoshi Higashikawa*

*Claudinei Kurtz*

*Gustavo Brunetto*

*Luciano Colpo Gatiboni*

*Cledimar Rogério Lourenzi*

### 1. Introdução

O conceito de fertilidade em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) difere dos conceitos vistos tradicionalmente na literatura, pois desde o manejo da produção de mudas à colheita visa à “saúde de planta” com a produção ótima e não a produção máxima que pode ser obtida pela cultura. Logicamente, muitos conceitos da fertilidade do solo estão presentes no SPDH, no entanto, não preenchem as lacunas do manejo do solo, da adubação e da nutrição de plantas para o cultivo sustentável de plantas saudáveis no complexo SPDH. Este sistema, como abordado em outros capítulos, consiste da rotação de diferentes hortaliças, outras culturas econômicas e plantas de cobertura em diferentes condições de clima e de solo. No SPDH, todo o sistema deve ser considerado para que a produção seja a mais saudável para o ambiente, para o ser humano e para a própria planta. O leitor deve levar em consideração que no SPDH, no momento atual, há muito mais perguntas do que respostas. Por isso, ao longo do texto o leitor observará a presença de quadros com questionamentos, relatos observados em campo e a necessidade de avanços em determinados conceitos para o manejo adequado do SPDH. É comum considerar o bem-estar dos animais nos criadouros, de modo que, analogamente, podemos considerar também o bem-estar das plantas que nós simplesmente chamamos de “saúde de planta”.

### 2. Critérios de predição de calagem e adubação em SPDH

#### 2.1. Calagem

A acidificação do solo, detectada pela análise de solo, ocorre quando há substituição das bases catiônicas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) por  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^{+}$  que são cátions ácidos (FURTINI NETO *et al.*, 2001). O solo, em condições ácidas, pode apresentar teores tóxicos de íons  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  para as plantas, além de afetar a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana (SOUSA *et al.*, 2007). Assim, a prática da calagem em solos ácidos é importante para o manejo da fertilidade do solo, pois visa proporcionar condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Os calcários ou rochas calcárias moídas são os corretivos mais utilizados na neutralização da acidez do solo no Brasil (RAIJ *et al.*, 1997). Os fatores que influenciam na eficiência dos corretivos são (SOUSA *et al.*, 2007): teor de neutralizantes ( $\text{OH}^{-}$  ou  $\text{HCO}_3^{-}$ ), granulometria, composição cristalina e o teor de magnésio. Os calcários agrícolas utilizados para correção de acidez devem apresentar ao menos 67% de poder de neutralização (PN), a soma de %  $\text{CaO}$  e %  $\text{MgO}$  deve ser no mínimo de 38% e o poder relativo de neutralização total (PRNT) deve ser de pelo menos 45% (BRASIL, 2006). Comumente, os calcários são classificados de acordo com os teores de  $\text{MgO}$  (SOUSA *et al.*, 2007) em calcíticos (menos de 5%), magnesianos (5 a 12%) e dolomíticos (mais de 12%).

No Brasil, não há consenso do melhor método para definir a quantidade de calcário a ser aplicado ao solo, cabendo ao técnico a definição do critério para a recomendação. Desse modo, o cálculo da necessidade de calagem pode ser baseado nos seguintes métodos (SOUSA *et al.*, 2007): da curva de incubação com  $\text{CaCO}_3$ ; da neutralização da acidez trocável; da solução-tampão SMP, do pH e do teor de matéria orgânica do solo, da neutralização da acidez trocável e elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis e da saturação por bases. Para solos arenosos e/ou pobres em matéria orgânica (baixo poder tampão) o índice SMP pode subestimar as doses de calcário necessárias para elevar o pH até o valor desejado. Nesses casos é indicado utilizar equações polinomiais que consideram o teor de matéria orgânica e de alumínio trocável para a definição da dose de calcário (CQFS-RS/SC, 2016).

Nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, a definição da necessidade de aplicação de calcário é de acordo com a sensibilidade à acidez da cultura, do nível de acidez do solo e, em alguns casos, também depende do sistema de produção que pode ser o convencional ou o sistema de plantio direto consolidado (CQFS-RS/SC, 2016). Nesses Estados, as culturas são agrupadas de acordo com o pH do solo mais adequado para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, de modo que, para a maioria das culturas, o pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de referência é 6,0. No entanto, para solos em boas condições de manejo a exemplo do SPDH, na ausência de  $\text{Al}^{3+}$  obtido a partir de pH 5,5, já se observam condições adequadas para o pleno desenvolvimento e produção das plantas. A definição das doses de calcário para solos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que vão receber o corretivo pela primeira vez, deve ser feita pelo índice SMP. Para as reaplicações de calcário, outros métodos podem ser utilizados para a definição da dose. No entanto, os técnicos devem fazer o acompanhamento das lavouras dos agricultores para que não ocorra supercalagem nas áreas de cultivo (Quadro 1).

Para o cultivo da maioria das hortaliças no SPDH o pH de referência e o desejado é 6,0,

de modo que a tomada de decisão para a reaplicação superficial de calcário, em sistema consolidado, é quando o pH em água for menor que 5,5 (na camada 0 a 10 cm), pois nessa condição o  $\text{Al}^{3+}$  reaparece no solo (CQFS-RS/SC, 2016). Em sistemas com rotação de culturas em que há espécies com diferentes sensibilidades à acidez, a calagem deve ser feita em função da cultura com maior potencial de retorno econômico (CFSEMG, 1999).

Na correção da acidez antes da implantação do SPDH, recomenda-se que o calcário seja incorporado em profundidade ( $\geq 20$  cm), pois novas aplicações após a instalação do sistema são feitas superficialmente (CQFS-RS/SC, 2016). Nessa fase de implantação, o ideal é utilizar calcário com reatividade das partículas (RE) de 60% para que o efeito residual seja maior, pois por princípio do sistema, o solo não será mais revolvido (LOPES *et al.*, 2004).

Ao se considerar que as plantas quando novas são mais sensíveis a acidez e aliada ao fato da baixa solubilidade dos calcários comuns, recomenda-se fazer a aplicação do calcário a lanço em área total, de 3 a 6 meses antes do plantio (FURTINI NETO *et al.*, 2001; LOPES & GUILHERME, 2000). Durante a calagem é importante assegurar a uniformidade de distribuição e, ao mesmo tempo, que o solo não deve estar em condições de seca ou excesso de umidade, para que a eficiência do corretivo não seja reduzida (LOPES & GUILHERME, 2000).

Mesmo com todos os avanços da pesquisa para predição da calagem ainda persistem algumas lacunas quando se trata da complexidade do SPDH (Quadro 2).

## 2.2. Adubação

A amostragem de solo deve ser feita criteriosamente, pois uma pequena porção de terra representará áreas muito maiores e um erro cometido durante a amostragem não poderá ser corrigido posteriormente (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Assim, a avaliação da fertilidade do solo inicia-se na amostragem de solo que deve ser representativa. Nos sistemas de plantio direto,

**Quadro 1.** Exemplos de área onde a calagem foi feita seguindo critérios técnicos e de área onde ocorreu supercalagem.

| nº de amostra | Ref               | Área (ha) | Mat. Org. | % Argila m/v | pH-Água 1:1 | Índice SMP | P mg/dm <sup>3</sup> | K mg/dm <sup>3</sup> | M.O. % | Al Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> | Ca Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> | Mg Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |
|---------------|-------------------|-----------|-----------|--------------|-------------|------------|----------------------|----------------------|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 35227         | Exp. N fundos     | --        |           | 39           | 5,9         | 5,7        | 24,6                 | 126,0                | 3,5    | 0,0                                   | 6,5                                   | 2,5                                   |
| 35228         | Sd. Palha Direita | --        |           | 39           | 6,0         | 5,8        | 33,6                 | 104,0                | 3,5    | 0,0                                   | 6,9                                   | 2,3                                   |

| nº de amostra | Ref               | Mat. Org. | H+Al Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> | CTC pH7.0 Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> | % de Saturação na CTC |       | Soma Bases S | Relações |       |      |
|---------------|-------------------|-----------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-------|--------------|----------|-------|------|
|               |                   |           |                                         |                                              | Al                    | V     |              | Ca/Mg    | Ca/K  | Mg/K |
| 35227         | Exp. N fundos     |           | 6,2                                     | 15,49                                        | 0,00                  | 60,00 | 9,29         | 2,59     | 20,08 | 7,76 |
| 35228         | Sd. Palha Direita |           | 5,2                                     | 14,65                                        | 0,00                  | 64,49 | 9,45         | 2,99     | 25,87 | 8,65 |



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.  
Gerência Regional de Ituporanga  
Estação Experimental de Ituporanga  
Laboratório de Análises de Solo

26/8/2009 10:12:17

Laudo Nº 3970

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Produtor: [REDACTED]      | Remetente: Escritório Local da Epagri |
| Localidade: Rio da Várzea | Empresa: EPAGRI                       |
| Município: Anitápolis     | Município:                            |

| RESULTADO DA ANÁLISE BÁSICA |            |               |            |     |             |                          |     |     |               |
|-----------------------------|------------|---------------|------------|-----|-------------|--------------------------|-----|-----|---------------|
| Amostra                     | pH<br>Água | Índice<br>SMP | P          | K   | M.O.<br>(%) | Al                       | Ca  | Mg  | Argila<br>(%) |
|                             |            |               | (mg / dm³) |     |             | (Cmol <sub>c</sub> /dm³) |     |     |               |
| 5610                        | 6,8        | 6,9           | 480,0      | 540 | 4,0         | 0,0                      | 5,8 | 3,5 | 15            |
|                             |            |               |            |     |             |                          |     |     |               |
|                             |            |               |            |     |             |                          |     |     |               |
|                             |            |               |            |     |             |                          |     |     |               |

| Amostra | Acidez Potencial H+Al (Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Relações |      |      | Soma de Bases S (Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | CTC pH (7,0) (Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Saturação Al (%) | Saturação de Bases V (%) |
|---------|-------------------------------------------------------------|----------|------|------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|--------------------------|
|         |                                                             | Ca/Mg    | Ca/K | Mg/K |                                                       |                                                    |                  |                          |
| 5610    | 1,6                                                         | 1,66     | 4,20 | 2,53 | 10,68                                                 | 12,2                                               | 0,0              | 87,3                     |
|         |                                                             |          |      |      |                                                       |                                                    |                  |                          |
|         |                                                             |          |      |      |                                                       |                                                    |                  |                          |
|         |                                                             |          |      |      |                                                       |                                                    |                  |                          |

| MICRONUTRIENTES |                         |                       |                       |                       | RESULTADOS DE OUTRAS ANÁLISES |  |  |  |  |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--|--|--|--|
| Amostra         | Fe (g/dm <sup>3</sup> ) | Zn                    | Cu                    | Mn                    | Amostra                       |  |  |  |  |
|                 |                         | (mg/dm <sup>3</sup> ) | (mg/dm <sup>3</sup> ) | (mg/dm <sup>3</sup> ) |                               |  |  |  |  |
|                 |                         |                       |                       |                       |                               |  |  |  |  |

com o tempo de cultivo, a variabilidade horizontal dos parâmetros da fertilidade do solo ocorre, principalmente, em função das aplicações em linha ou superficial de fertilizantes e corretivos sem posterior revolvimento do solo. Em geral,

a maior variabilidade horizontal acontece para P e K (OLIVEIRA *et al.*, 2002). No sentido vertical a variação é devida à aplicação superficial de corretivos e fertilizantes e, especialmente, à presença de resíduos de plantas depositados

## Quadro 2. Qual o melhor método de predição da necessidade de calagem no SPDH?

No SPDH, o pH de referência deve permanecer como 6,0 ou poderia se trabalhar com faixas menores como 5,5?

Como explicar o ótimo desenvolvimento, rendimento e qualidade da produção em pH 5,2 em SPDH mesmo de culturas sensíveis ao Al como a cebola?

sobre o solo, bem como à decomposição de raízes no interior do solo, que incrementam o conteúdo de carbono orgânico total e, por consequência, de matéria orgânica especialmente nas camadas mais superficiais do solo (ANGHINONI, 2007; CQFS-RS/SC, 2004).

Os trados normalmente utilizados para a coleta de amostras de solo são: trado de rosca, trado calador, trado holandês, trado caneca, pá de corte e trado fatiador. Para a coleta de amostras de solo em sistemas de plantio direto não

se recomenda o uso do trado de rosca e do trado holandês, uma vez que estes equipamentos resultam na perda de parte da camada superficial do solo, onde os teores de matéria orgânica e de nutrientes tendem a ser mais elevados (CQFS-RS/SC, 2016). Em SPDH, diferentemente do sistema plantio direto convencional, a camada de solo amostrada é de 0 – 10 cm e de 10 – 20 cm desde a implantação do sistema, para corrigir e monitorar problemas que possam ocorrer principalmente na camada 10 – 20 cm (Quadro 3). Os nutrientes normalmente analisados nas análises de rotina dos laboratórios de solos de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul são o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio. No entanto, ao se considerar o plantio de brássicas e liliáceas é recomendável analisar e monitorar o teor de enxofre no solo, devido à maior exigência desse nutriente por essas hortaliças.

Por outro lado, a análise de tecido é um importante complemento da análise de solo para diagnosticar de modo eficiente o estado nutricional da planta. E também pode ser um subsídio para o acompanhamento, a avaliação e auxílio nos ajustes dos programas de adubação (CFSEMG, 1999), por exemplo, de um novo cultivar. A análise de tecido é importante para o N e

**Quadro 3.** Exemplo de análise de solo coletada de forma estratificada de 0-10 cm (amostra 14643), de 10-20 cm (amostra 14644) onde não ocorreu correção do pH e há presença de alumínio na camada 10-20 cm.

|                                  |            |               |                         |     |             |                                       |     |     |               |
|----------------------------------|------------|---------------|-------------------------|-----|-------------|---------------------------------------|-----|-----|---------------|
| Produtor: [REDACTED]             |            |               | Remetente: O mesmo      |     |             |                                       |     |     |               |
| Localidade: Lageado Águas Negras |            |               | Empresa:                |     |             |                                       |     |     |               |
| Município: Ituporanga            |            |               | Município: Ituporanga   |     |             |                                       |     |     |               |
| RESULTADO DA ANÁLISE BÁSICA      |            |               |                         |     |             |                                       |     |     |               |
| Amostra                          | pH<br>Água | Índice<br>SMP | P                       | K   | M.O.<br>(%) | Al                                    | Ca  | Mg  | Argila<br>(%) |
|                                  |            |               | (mg / dm <sup>3</sup> ) |     |             | (Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) |     |     |               |
| 14643                            | 6,5        | 6,5           | 38,0                    | 164 | 2,2         | 0,0                                   | 5,0 | 2,5 | 21            |
| 14644                            | 5,2        | 5,6           | 11,0                    | 104 | 1,8         | 1,5                                   | 3,0 | 1,7 | 29            |
| 14645                            | 5,6        | 5,9           | 10,0                    | 102 | 2,7         | 0,0                                   | 5,0 | 3,0 | 34            |
| 14646                            | 6,2        | 6,4           | 27,0                    | 206 | 2,8         | 0,0                                   | 5,0 | 3,2 | 24            |
|                                  |            |               |                         |     |             |                                       |     |     |               |

|         |                                                                      |          |       |       |                                                             |                                                          |                        |                                   |
|---------|----------------------------------------------------------------------|----------|-------|-------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Amostra | Acidez<br>Potencial<br>H-Al<br>(Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Relações |       |       | Soma de Bases<br>S<br>(Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | CTC<br>pH (7,0)<br>(Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Saturação<br>Al<br>(%) | Saturação<br>de Bases<br>V<br>(%) |
|         |                                                                      | Ca/Mg    | Ca/K  | Mg/K  |                                                             |                                                          |                        |                                   |
| 14643   | 2,5                                                                  | 1,97     | 11,92 | 6,06  | 7,96                                                        | 10,4                                                     | 0,0                    | 76,4                              |
| 14644   | 6,9                                                                  | 1,76     | 11,28 | 6,39  | 4,97                                                        | 11,9                                                     | 23,2                   | 41,8                              |
| 14645   | 4,9                                                                  | 1,67     | 19,17 | 11,50 | 8,26                                                        | 13,2                                                     | 0,0                    | 62,8                              |
| 14646   | 2,8                                                                  | 1,56     | 9,49  | 6,07  | 8,73                                                        | 11,5                                                     | 0,0                    | 76,0                              |
|         |                                                                      |          |       |       |                                                             |                                                          |                        |                                   |



para os micronutrientes para os quais a análise de solo e os valores de referência para interpretar os teores no solo não estão bem consolidados (CFSEMG, 1999; FAQUIN, 2002). A folha é o órgão da planta onde ocorre a maior parte dos processos metabólicos e, por isso, normalmente, representa o estado nutricional da planta (FAQUIN, 2002).

A premissa da diagnose foliar é que existe dentro de certos limites a relação direta entre o suprimento de nutrientes via fertilizante, os teores desses elementos nos tecidos e a produção da cultura (CFSEMG, 1999; FAQUIN, 2002; RAIJ, 2011). No entanto, na prática essas relações não são tão simples, pois vários fatores afetam a absorção de nutrientes e, consequentemente, os teores desses elementos nas folhas (RAIJ, 2011). Além disso, como há variação dos teores de nutrientes entre cultivares, os valores contidos nas tabelas dos manuais de recomendação de adubação e calagem de cada região ou estado devem ser considerados apenas como subsídios, para identificação de problemas nutricionais (RAIJ *et al.*, 1997).

Para que a utilização da diagnose foliar seja bem sucedida é necessário cumprir criteriosamente três etapas (CFSEMG, 1999): 1ª) Normatização da amostragem para o preparo das amostras para a análise química do material coletado; 2ª) Obtenção de padrões de referências para comparação; 3ª) Interpretação dos resultados obtidos. Como ocorre na análise de solo, a etapa de amostragem na diagnose foliar é a fase que requer mais cuidados por apresentar uma grande possibilidade de erro e, consequentemente, comprometer o diagnóstico. Portanto, a amostragem deve seguir rigorosamente as recomendações padronizadas da literatura.

As folhas a serem coletadas devem estar livres de resíduos, ataque de pragas e doenças, não podem estar secas, nem ser de idades diferentes. Deve-se evitar amostrar plantas próximas a estradas e não amostrar quando nos dias antecedentes for feita adubação no solo ou foliar, aplicação de defensivos ou ocorrer chuvas intensas (CANTARUTTI *et al.*, 2007; CQFS-RS/SC, 2004; FAQUIN, 2002). Todos os fatores citados anteriormente podem interferir nos teores dos elementos no tecido foliar e comprometer o diagnóstico do estado nutricional.

Em relação a hortaliças, o número de amostras, a época de coleta e tipo de tecido a ser coletado depende da cultura (CANTARUTTI *et al.*, 2007; CFSEMG, 1999; FAQUIN, 2002; MALAVOLTA, 2006; CQFS-RS/SC, 2016). No entanto, há várias espécies cujos critérios para coleta de amostras precisam ser definidos, assim como, as hortaliças que já possuem recomendações de amostragem precisam ser ajustadas para atender o SPDH (Quadro 4).

#### **Quadro 4. Necessidade de desenvolver métodos/critérios para diagnose do estado nutricional e amostragem de tecido para o SPDH**

Atualmente, as avaliações das hortaliças no SPDH são feitas mediante observações por produtores ou técnicos experientes que analisam os “sinais de plantas”. Esses sinais são reflexos do manejo do sistema de produção como, por exemplo, o excesso de aplicação de nitrogênio em brócolis, que deixam as folhas verdes escuras e azuladas. A pesquisa necessita desenvolver técnicas, de preferência não destrutivas, que indiquem com confiabilidade os sinais das plantas. Nesse caso, podendo ser o desenvolvimento de aparelhos ou equipamentos portáteis para a avaliação das plantas e que sejam de preferência desenvolvidos parâmetros específicos para cada espécie.

A análise foliar é uma ferramenta que auxilia nas interpretações dos efeitos das adubações anteriormente realizadas e ainda permite que o técnico consiga distinguir os sintomas provocados por patógenos daqueles resultantes do manejo inadequado da nutrição das plantas (TRANI, 2016). Após a coleta, alguns procedimentos são indicados para o preparo, armazena-



mento e envio das amostras de plantas (CANTARUTTI *et al.*, 2007; CQFS-RS/SC, 2016; FAQUIN, 2002): escolher laboratórios que participam de programas de controle de qualidade para execução das análises; lavar as amostras com água limpa e remover o excesso de água; caso o tempo de chegada das amostras seja superior a dois dias, deve-se fazer uma pré-secagem do material ao sol; as amostras devem ser colocadas em sacos de papel novos ou embalagens fornecidas pelos laboratórios com identificação das amostras; no caso de solicitar a análise de boro as amostras devem ser colocadas em sacos de papel encerado, pois o papel comum pode contaminar essas amostras com boro. Nos laboratórios, antes da realização das análises, as amostras devem ser secas em estufa com circulação de ar forçada de 65 a 70°C até a amostra atingir peso constante, e depois serem moídas em moinhos em peneira 1 mm. A realização de limpeza do moinho entre as amostras evita contaminação (FAQUIN, 2002). Após a determinação dos teores de nutrientes a interpretação dos dados pode ser feita pelo uso de vários métodos disponíveis. Basicamente, para a interpretação, há dois grupos de métodos (CANTARUTTI *et al.*, 2007): o estático (nível crítico, faixa de suficiência, fertigramas e desvio do percentual ótimo) quando há comparação entre o teor da amostra e os valores padrões determinados pela pesquisa; e o dinâmico (sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e diagnose da composição nutricional (CND)) quando se utiliza a relação de dois ou mais nutrientes para avaliação da nutrição da planta. No Brasil, o método mais utilizado tradicionalmente para interpretação dos teores de nutrientes é o da faixa de suficiência (ALMEIDA *et al.*, 2010). Em relação ao SPDH, como se trata de um sistema mais complexo onde há mais contribuição das plantas de cobertura e do solo na nutrição de plantas, surgem muitas dúvidas acerca dos métodos para avaliação nutricional (Quadro 5).

As práticas de adubação estão diretamente interligadas ao manejo de nutrientes e, conseqüentemente, ao manejo da nutrição de plantas. Essas práticas são combinações de fontes de nutrientes (tipos de fertilizantes), dose de fertilizante, época e local de aplicação que estão

### **Quadro 5. Qual a melhor forma de avaliar a nutrição de plantas no SPDH?**

Com relação à faixa de suficiência, o que significa para o SPDH quando os nutrientes se encontram abaixo ou acima da referida faixa para a saúde de plantas?

É necessário o desenvolvimento de faixas diferenciais para o SPDH? Se sim, como deve ser desenvolvido?

Dentre os métodos existentes, qual deles melhor representa a nutrição no SPDH?

É necessário desenvolver um novo método para avaliar a nutrição de plantas no SPDH por meio da pesquisa?

associadas à dinâmica de nutrição de uma determinada cultura (IPNI, 2013). Basicamente a fonte é definida pelos seguintes aspectos (FURTINI NETO *et al.*, 2001): existência de outro nutriente; solubilidade em água que deve ser alta no caso de fertirrigação; facilidade de estocagem, manipulação e aplicação; se acidifica ou não o solo, homogeneidade na distribuição; forma química do nutriente no fertilizante; presença de elementos danosos ao sistema solo-planta-homem; acessibilidade no mercado e custo. A fonte pode ser de origem mineral, orgânica, organomineral e na forma sólida ou líquida.

Para definir as quantidades de fertilizantes que serão aplicadas, normalmente os técnicos e os agricultores recorrem aos manuais estaduais ou regionais de recomendação de adubação. Deve-se priorizar uma recomendação equilibrada, onde todos os nutrientes estejam em quantidades suficientes para o pleno crescimento e desenvolvimento da cultura. O grau da dependência da planta pelos nutrientes, fornecidos pela adubação, vai depender se os nutrientes no solo estão acima ou abaixo dos respectivos teores críticos (ou níveis críticos). A resposta de adubação pela

cultura será maior ou menor se o teor de nutriente estiver abaixo ou acima do teor crítico respectivamente. Dessa forma, de acordo com os teores dos nutrientes no solo, as seguintes adubações são recomendadas (CERETTA *et al.*, 2007; CQ-FS-RS/SC, 2004): de correção quando os teores estão abaixo dos teores críticos; de manutenção quando os teores no solo são altos e de reposição quando os teores são muito altos e a adubação é feita para repor os nutrientes que são exportados pelas culturas. Essas recomendações gerais encontradas na literatura visam a produtividade das culturas e, em hortaliças, outros fatores também devem ser considerados (Quadro 6).

**Quadro 6. As recomendações de adubação em SPDH, além da fertilidade do solo, devem também considerar a qualidade do produto**

Atualmente, nas adubações das hortaliças, não é correlacionado o fornecimento de nutrientes com a cor, o aroma, o sabor das partes comestíveis e conservação pós-colheita.

O consumidor tem dado preferência a hortaliças de bom aspecto visual, porém, menores. Pode-se citar o caso das brássicas, onde os consumidores têm preferido peças que caibam em pequenas bandejas.

Em razão desse perfil de consumo atrelado à complexidade do SPDH, é necessária a definição de novas classes de fertilidade do solo, específicas para cada hortaliça, em função da qualidade das partes comestíveis que são definidas pelo tamanho, cor, aroma, sabor e conservação pós-colheita.

A época de aplicação envolve a sincronização dos nutrientes no solo com a absorção

de nutrientes pela planta, o operacional de maquinários e a tomada de decisões do produtor. Geralmente, os nutrientes poucos móveis como o P são aplicados no plantio e o de maiores mobilidades como o N são aplicados parte no plantio e o restante em cobertura (HIGASHIKAWA & KURTZ, 2016).

O local de aplicação do fertilizante é definido pela forma ou pelo modo de aplicação desse insumo que para culturas anuais é na linha de plantio ou a lanço em área total. O local que os nutrientes vão estar para serem absorvidos pelas plantas dependerá dos seguintes fatores (CERETTA *et al.*, 2007; FURTINI NETO *et al.*, 2001; IPNI, 2013): teor de nutriente no solo; o nutriente e a quantidade a ser aplicado; tipo de fertilizante; dinâmica do nutriente no solo quanto a sua disponibilidade e mobilidade; sistema de produção; equipamentos disponíveis; características do solo; histórico da fertilidade da área e local de crescimento das raízes. Em relação à adubação a lanço, a restrição a essa prática é maior quando se aumenta a declividade da área e quanto menor for a cobertura do solo com resíduos culturais, pois nessas condições há maiores predisposições de perdas do fertilizante por influência das chuvas (CERETTA *et al.*, 2007).

### **3. Matéria orgânica e dinâmica de nutrientes em solos sob SPDH**

O manejo da fertilidade do solo no SPDH é diferenciado do Preparo Convencional (PC), uma vez que neste, a camada arável do solo (0-20 cm) é revolvida mecanicamente, homogeneizando o solo a cada cultivo. No SPDH, os resíduos das culturas são mantidos na superfície, o que, aliado às aplicações superficiais de corretivos e fertilizantes, contribui para a formação de um gradiente de concentração no perfil, diferindo a fertilidade do solo na camada superficial (0-10 cm) da subsuperficial (10-20 cm), principalmente em relação a fósforo, potássio, pH e matéria orgânica (CIOTTA *et al.*, 2002).

### 3.1. Acúmulo e frações de matéria orgânica

A matéria orgânica do solo (MOS) é a soma de todas as substâncias do solo que contém carbono orgânico (SCHNITZER, 1991). No manejo da fertilidade do solo é considerada como MOS a fração não-vivente que são a matéria orgânica leve ou particulada e o húmus, incluindo as substâncias húmicas e não-húmicas (SILVA & MENDONÇA, 2007). Nesse sentido, a MOS é composta por resíduos de animais e de plantas em fase de decomposição (POTAFOS, 1998) e, portanto, as raízes vivas não são consideradas como constituintes da MOS (PRIMAVESI, 2002).

Em solos agrícolas, o teor de matéria orgânica pode variar de 1 a 5% na camada superficial (SCHNITZER, 1991). Um solo com boas condições físicas para o crescimento de plantas (Figura 1) pode apresentar uma composição volumétrica média de 50% de poros e de 50% de partículas sólidas dos quais a MOS pode variar de 2 a 5% (NOVAIS & MELLO, 2007). Apesar da MOS representar uma pequena fração do solo ela é extremamente importante em sistemas de produção agrícola pela sua influência nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA *et al.*, 2012). Assim, vários processos do solo são influenciados pela matéria orgânica, tais como (FURTINI NETO *et al.*, 2001; POTAFOS, 1998; SILVA *et al.*, 2012): ciclagem de nutrientes; quelação de micronutrientes e de cátions tóxicos como o  $Al^{3+}$ ; aumento da capacidade de troca de cátions; estruturação do solo (agregação, aeração e infiltração de água); aumento da capacidade de retenção de água; aumento do poder tampão; fonte de energia e de nutrientes para as ati-

dades microbiológicas (decomposição e mineralização) e desenvolvimento de plantas.

O teor de matéria orgânica no solo é determinado pelo equilíbrio entre as taxas de adição (deposição de carbono (C)) e de perdas de C (BRADY & WEIL, 2013; FURTINI NETO *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2012). Consequentemente, para interromper ou reverter as perdas de C, os sistemas de produção agrícola devem adotar práticas de manejo que visem a maior adição ou condições para manutenção do C no solo (BRADY & WEIL, 2013). Com o intuito de preservar a MOS, várias técnicas de manejo podem ser combinadas nos sistemas de produção dentre as quais pode-se citar (BRADY & WEIL, 2013; POTAFOS, 1998): conservação do solo e da água; adubação verde; adubação orgânica (resíduos e compostos orgânicos); rotação e consorciação de culturas; aumento da produção de fitomassa; retorno de resíduos de culturas ao solo; preservação de coberturas mortas em superfície e adoção de sistemas de manejo que promovam o mínimo revolvimento do solo, como o SPDH. O manejo do solo nesses sistemas conservacionistas deve ser feito de maneira que a taxa de produção de biomassa vegetal seja superior à taxa de decomposição dos resíduos pela biomassa

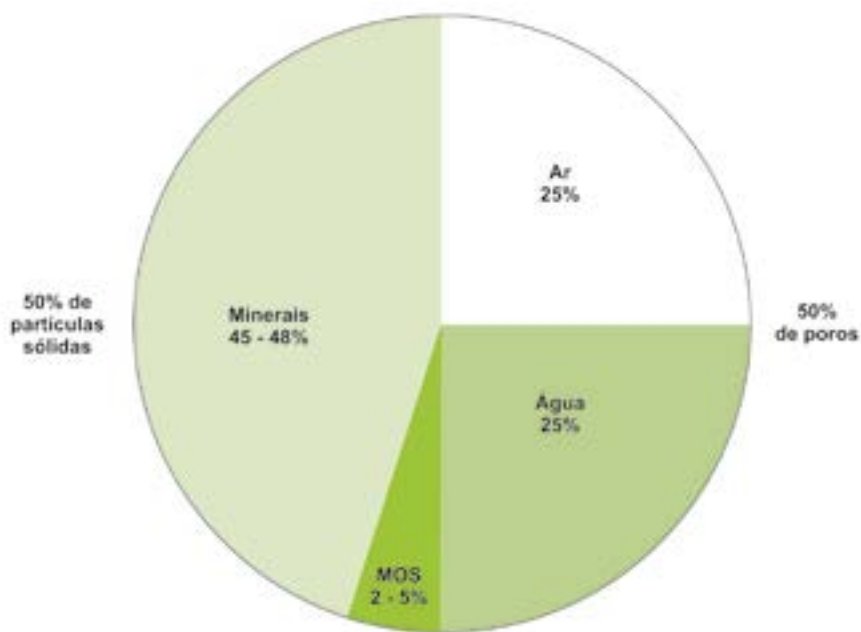


**Figura 1.** Composição volumétrica média de um solo com boas condições físicas para o crescimento de plantas. Fonte: Adaptado de Novais & Mello (2007).

microbiana, promovendo incrementos nos teores e estoques de MOS (ERNANI, 2016).

Nos sistemas de plantio direto há um aumento gradativo do teor de MOS em função do não revolvimento do solo, manutenção dos resíduos das plantas de cobertura na superfície, redução da taxa de decomposição, rotação de culturas e controle de erosão (OLIVEIRA *et al.*, 2002). No Brasil, as taxas de acúmulo de MO em cada região depende das culturas utilizadas nas rotações, da quantidade de fitomassa produzida, da temperatura e umidade do solo e das práticas de adubação e calagem (ANGHINONI, 2007). O aumento gradual do teor de MO, com o passar do tempo de adoção do sistema, principalmente na camada superficial (0 a 10 cm) implica também mudanças graduais do pH a toxicidade do Al e a dinâmica de nutrientes (LOPES *et al.*, 2004).

No cultivo de hortaliças, a adoção do sistema plantio direto proporciona aumento da agregação e, conseqüentemente, maior proteção do C no solo. Nesse sentido, Loss *et al.* (2015) avaliaram a agregação e os teores de carbono orgânico total (COT) em solo manejado sob SPDH e com o uso de diferentes plantas de cobertura comparativamente a um solo manejado sob Sistema de Preparo Convencional (SPC). Os autores observaram maiores índices de agregação e teores de carbono orgânico total (COT) no solo manejado sob SPDH, evidenciando que a adoção de práticas de manejo conservacionistas melhora a qualidade do solo. Além disso, Loss *et al.* (2017) também observaram que o SPDH com uso de plantas de cobertura proporcionou aumento da porosidade total do solo e da umidade volumétrica, em comparação ao SPC, evidenciando aumento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo, quando da adoção de sistemas conservacionistas. Nesse mesmo experimento, Santos *et al.* (2017) avaliaram os atributos químicos em macroagregados e observaram que o SPDH proporcionou incrementos nos teores de COT, pH, Ca, Mg e K, o que reflete em aumento da fertilidade do solo, quando da adoção de sistemas conservacionistas que proporcionem maior proteção do C adicionado ao solo pela deposição de resíduos

vegetais. Em ambos os estudos os autores salientam que, no SPDH, os atributos avaliados se equipararam ou estiveram próximos aos valores observados para uma área de mata avaliada como referência.

No entanto, no SPDH, para promover aumentos nos teores de MOS e melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, é necessária uma produção mínima anual de biomassa vegetal de 10 toneladas por hectare. Mas quanto maior a produção de biomassa vegetal e adições de outros compostos orgânicos (esterços, compostos, resíduos vegetais e animais) mais rapidamente será o incremento da MOS e recuperação dos demais atributos do solo.

### 3.2. Dinâmica de formas de P

Entre as hortaliças, as culturas mais exigentes em P são o alho, a beterraba, a cenoura e a batata (CQFS-RS/SC, 2016). A agricultura brasileira é altamente dependente da importação de fertilizantes contendo P inorgânico para a produção das culturas (WITHERS *et al.*, 2018). Além disso, apesar do P ser um macronutriente exigido em menores quantidades pelas plantas, é frequentemente o nutriente aplicado em maiores quantidades nas adubações feitas no Brasil (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Isso se deve ao fato de que a maior parte do P aplicado via adubação ser adsorvido pelo solo e, conseqüentemente, ser menos disponível às plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2002), principalmente nos solos com baixos teores do nutriente. Em razão dessa forte interação do elemento com os constituintes do solo, especialmente com os oxihidróxidos de ferro e alumínio, há baixa concentração de P na solução do solo em relação aos outros macronutrientes, com concentrações de  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$  em solos de baixa fertilidade (BRADY & WEIL, 2013), situando-se em valores próximos de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  em solos de alta fertilidade da região Sul do Brasil (RHEINHEIMER, 2000). Além disso, essa baixa disponibilidade de P na solução é devido à elevada tendência de remoção de P da solução quando este elemento é adsorvido em óxidos de Fe e Al e também quando o P precipita



com Al, Fe e Ca (FURTINI NETO *et al.*, 2001). As raízes absorvem o P da solução do solo na forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$  (solos alcalinos) e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (solos ácidos) (BRADY & WEIL, 2013). Cerca de 15 a 70% do teor de P no solo, que varia de 500 a 2500 kg  $\text{ha}^{-1}$ , encontra-se na forma fortemente adsorvida ou inorgânica insolúvel e o restante existe na forma de P orgânico (WHITE, 2009). As formas de P do solo são classificadas de acordo com a disponibilidade para as plantas e podem ser lábil, quando disponível, e não-lábil, que é a forma indisponível, e também considera-se a categoria intermediária denominada de moderadamente lábil (SANTOS *et al.*, 2008). Com relação ao P orgânico, a mineralização biológica disponibiliza este nutriente para a planta e ocorre quando a relação C:P é menor que 200 e quando a relação é maior que 300 o P fica temporariamente imobilizado pelos microrganismos decompositores (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Contudo, nem sempre a relação C:P é um bom parâmetro, pois microrganismos e algumas plantas conseguem mineralizar fósforo de formas orgânicas por meio da extrusão de enzimas fosfatases, às quais retiram P sem necessidade de decomposição do carbono. Quando isso ocorre, a relação C:P não é seguida, ocorrendo mineralização do P mesmo acima de valores de 300:1 (McGILL & COLE, 1981).

A dinâmica do P em sistemas de plantio direto difere do convencional nos seguintes pontos (ANGHINONI, 2007): o não revolvimento do solo diminui as reações de adsorção do P pela redução do contato entre o íon fosfato e os colóides do solo; a decomposição dos resíduos vegetais e das raízes mantidos na superfície do solo produzem formas orgânicas de P que são menos suscetíveis a adsorção e, portanto, mais móveis no solo. A mineralização do P orgânico e a resultante liberação de fosfato para a solução do solo ocorre pela desfosforilação dos compostos orgânicos fosfatados, por meio da atuação das fosfatases que são enzimas produzidas por raízes de plantas e por microrganismos (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Em sistemas com aporte adequado de MO, as substâncias húmicas competem com os íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  por sítios

de adsorção contribuindo para a menor fixação do P e formam complexos do tipo fosfohumatos que são menos estáveis e assim aumentam o P-lábil no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Contudo, é importante ressaltar que muitos trabalhos foram realizados em solos brasileiros e mostram que na região Sul do país, devido ao clima subtropical, se o sistema plantio direto promover o acúmulo de matéria orgânica, as formas orgânicas de P não participam da disponibilidade de P para as plantas, sendo apenas uma forma de acumulação no solo. O uso do P orgânico só se torna efetivo em caso de revolvimento do solo ou quando cessa a adubação e o fósforo inorgânico lábil é consumido (GATIBONI *et al.*, 2013, 2007). Por outro lado, em ambientes tropicais, a maior taxa de decomposição da matéria orgânica faz com que P provido de formas orgânicas recicle mais rapidamente no sistema.

De maneira geral, a resposta das culturas à adição de fósforo em SPD tem sido relativamente pequena e as doses baixas desse nutriente, como pode ser verificado no Quadro 7 para culturas de grãos. Isso, provavelmente, pode ser devido ao fato de se atingir rapidamente o teor crítico das culturas, à ineficiência do método Mehlich-1 em detectar a disponibilidade das formas orgânicas de fósforo no solo e à dificuldade de interpretação do nível de resposta a esse nutriente em uma rotação ou sequência de culturas (SÁ, 1999; 2004). As vantagens do sistema plantio direto em relação ao convencional quanto à disponibilidade desse nutriente se devem, inicialmente, à eliminação da erosão e, posteriormente, ao maior teor de água (mecanismo de difusão), à menor adsorção pelo solo (não exposição a novos sítios), à descida desse nutriente no perfil do solo, à sua reciclagem, à complexação do alumínio por compostos orgânicos e à melhoria da fertilidade do solo como um todo, obtida com o tempo de cultivo no sistema (ANGHINONI, 2009).

Em trabalho de pesquisa realizado por Camargo (2011) com sistemas de rotação de culturas com a cultura da cebola, observaram-se significativos incrementos nos teores de



**Quadro 7.** Respostas das culturas à adição de fósforo em SPD.

| Sá (1999)                     |                                 |                     |                         | Kochhann (1991)               |                         |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Solos <sup>(1)</sup>            | Anos <sup>(2)</sup> | Culturas <sup>(3)</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Culturas <sup>(4)</sup> |
| kg ha <sup>-1</sup>           | ----- Mg ha <sup>-1</sup> ----- |                     |                         | kg ha <sup>-1</sup>           | Mg ha <sup>-1</sup>     |
| 0                             | 7,30                            | 6,54                | 11,87                   | 0                             | 13,74                   |
| 30                            | 8,00                            | 7,41                | 12,86                   | 20                            | 14,45                   |
| 60                            | 8,12                            | 7,47                | 13,00                   | 40                            | 15,16                   |
| 90                            | 8,07                            | 7,70                | 12,96                   | 80                            | 15,87                   |
| 120                           | 7,75                            | 7,57                | 16,60                   | -                             | -                       |

<sup>(1)</sup> Rendimento médio de milho em três Latossolos argilosos, um Latossolo arenoso, dois Cambissolos arenosos e um Rubrozém argiloso do Estado do Paraná; <sup>(2)</sup> Rendimento médio de milho em três anos de avaliação em Latossolo Vermelho-amarelo do Estado do Paraná; <sup>(3)</sup> Rendimento acumulado de milho, trigo e soja em Latossolo Vermelho-argiloso do Paraná; <sup>(4)</sup> Rendimento acumulado de quatro cultivos de soja e um de milho em Latossolo Vermelho-argiloso do Estado do Rio Grande do Sul.

**Fonte:** Anghinoni, 2009.

COT, N, P e K nas camadas de 0-5 e 0-10 cm no SPDH, mesmo com a adoção da adubação de reposição (CQFS-RS/SC, 2004) comparado ao sistema convencional com elevadas doses de fertilizantes. Os teores de P observados após 4 anos de cultivo nas camadas superficiais foram 5 vezes o teor crítico. Estes resultados evidenciam a necessidade de redução significativa das doses de P bem como de outros nutrientes como N e K no SPDH.

Já a resposta das culturas a diferentes modos de aplicação de adubos fosfatados no SPD, depende da interação de fatores relacionados ao adubo (dose e solubilidade), à cultura (espaçamento entre linhas e taxa de crescimento, cinética de absorção e distribuição do sistema radicular) e às características do solo (químicas e físicas, em função do manejo) que afetam o suprimento de fósforo às plantas (ANGHINONI, 2004). Em solos com teor de fósforo alto, o efeito da localização passa a ser menos importante, pois o crescimento das plantas é determinado pelo suprimento do nutriente pelo solo, e a adubação tem o objetivo de manter o nível do mesmo no solo. No entanto, mesmo em solos com teor de fósforo na faixa “Alto” ou “Muito alto”, é recomendável aplicar uma pequena quantidade na linha de semeadura, que favorece o estabelecimento da cultura e propicia rendimento mais elevado (ANGHINONI, 2007).

### 3.3. Dinâmica de N, S e K

#### 3.3.1. Nitrogênio

O N normalmente é o nutriente mais exigido pelas plantas e, por isso, o mais limitante no desenvolvimento, na produtividade e na produção de biomassa da maioria das culturas (FAQUIN, 2005; LOPES *et al.*, 2004). Aproximadamente 98% do N no solo está na forma orgânica e apenas 2% em forma mineral (MALAVOLTA, 2006). A maior parte dos compostos orgânicos nitrogenados do solo estão na forma de aminoácidos, de monômeros de proteínas e de açúcares aminados (CAMARGO *et al.*, 2008). O N gasoso, que também é uma fonte para as leguminosas pela fixação simbiótica de N, representa 78% da atmosfera terrestre (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A dinâmica do N é complexa devido às várias transformações mediadas por microrganismos, grande mobilidade no perfil do solo e suscetibilidade a perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, além das adubações nitrogenadas apresentarem baixo efeito residual (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Além disso, soma-se a essa complexidade do comportamento do N, a não existência de um método de rotina nos laboratórios de análise de solo, que indica a disponibilidade de N para as plantas, diferente-

mente do que ocorre para a maioria dos outros nutrientes (LOPES *et al.*, 2004). As transformações do N do solo estão associadas aos seguintes processos (MALAVOLTA, 2006): amonificação; nitrificação; mineralização; imobilização; desnitrificação e fixação biológica de N. As formas de N mineral absorvidas pelas plantas são os íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , dessa forma, o N orgânico necessita ser mineralizado para que o N esteja disponível para as plantas (WHITE, 2009).

Em sistemas de plantio direto a disponibilidade de N depende, principalmente, da dinâmica da decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo e da MO (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A velocidade de decomposição ou taxa de mineralização para transformar o N contido nos resíduos vegetais em N mineral é dependente da relação C:N mas também do conteúdo de lignina, celulose, hemicelulose no tecido, dos valores de pH do solo e conteúdo de nutrientes, bem como da temperatura, umidade do solo (LOPES *et al.*, 2004), quantidade do material orgânico presente e aeração (CAMARGO *et al.*, 2008). Quando os resíduos vegetais em decomposição apresentam relação C:N maior que 30, há imobilização temporária de N pela biomassa, no entanto, quando a relação é menor que 20 a mineralização predomina sobre a imobilização e há liberação de N para as plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A maior taxa de mineralização líquida de N ocorre nos resíduos vegetais que apresentam carbono orgânico mais facilmente degradável (MONTEIRO *et al.*, 2002). Nos sistemas em que os resíduos vegetais não são incorporados, a cobertura morta com N imobilizado é um importante reservatório de N para as culturas (ANGHINONI, 2007). No entanto, apesar do plantio consorciado entre leguminosa e gramínea reduzir a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, a liberação da maior parte do N ocorre nos primeiros quinze dias (AITA & GIACOMINI, 2003). Consequentemente, o N liberado pelos resíduos pode ser superior a quantidade de N acumulado pelas culturas devido à baixa demanda por N pelas plantas em fase inicial de desenvolvimento. Para uma maior entrada de N nos sistemas de plantio direto de hortaliças, a adubação verde pode ser feita em pré-cultivo (com roçada

das plantas para plantio direto) e posterior plantio da cultura principal em consórcio com as leguminosas (CASTRO *et al.*, 2004). Na literatura foi observado que esse sistema de plantio direto de hortaliças em consórcio com leguminosas não reduziu a produtividade de inhame (OLIVEIRA *et al.*, 2004) e de berinjela (CASTRO *et al.*, 2005). Em sistema de plantio direto de cebola há maior aporte de N total na camada de 0 a 5 cm do solo quando a mucuna preta (*Mucuna aterrima*) é incluída na rotação de culturas (CAMARGO, 2011). Em relação à mineralização de N dos resíduos de plantas de cobertura solteiras e consorciadas (aveia preta — *Avena strigosa* Schieb, centeio — *Secale cereale* L., nabo forrageiro — *Raphanus sativus* L., aveia preta + nabo forrageiro e centeio + nabo forrageiro) em Cambissolo Húmico com histórico de cultivo de cebola, a disponibilidade de N-mineral no solo na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  é maior do que na forma de  $\text{N-NH}_4^+$  (MARTINS *et al.*, 2014). Estes autores também verificaram que os resíduos do nabo forrageiro e do consórcio centeio + nabo forrageiro apresentaram maior disponibilidade de N e observaram que os resíduos de aveia preta apresentaram uma tendência de liberação mais lenta de N para o solo. No entanto, Oliveira *et al.* (2016) avaliaram os efeitos dos resíduos de plantas de cobertura (plantas espontâneas, aveia preta, centeio, nabo forrageiro, nabo forrageiro + aveia preta e nabo forrageiro + centeio) nas propriedades químicas de um Cambissolo Húmico, no cultivo de cebola, e verificaram que os resíduos de centeio apresentaram liberação mais lenta de N em comparação com os resíduos da aveia preta. Estes autores também observaram que a adição de resíduos de plantas de cobertura no cultivo de cebola incrementou a produção em  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ . De acordo com Koucher *et al.* (2017), a contribuição dos resíduos de nabo forrageiro, aveia preta e nabo forrageiro + aveia preta para a nutrição da cebola com N foi de apenas 4%. Por essa razão, os autores recomendam que a escolha dessas plantas de cobertura seja feita em função dos benefícios físicos e da qualidade biológica do solo proporcionadas por elas no sistema de produção e não pela quantidade de N disponibilizado.

### 3.3.2. Enxofre

Na agricultura, têm-se observado deficiências de S, devido à redução da presença de dióxido de S no ar, ao uso de fertilizantes concentrados sem S e pela maior extração de S pelas culturas de elevado rendimento (BRADY & WEIL, 2013). Atualmente, a deficiência de S é uma realidade para diversas culturas agrícolas no Brasil, com efeito negativo na produtividade e redução na qualidade do produto colhido (VITTI *et al.*, 2015). Algumas culturas, como as brássicas e as liliáceas, apresentam maior exigência em S, de modo que o teor crítico de S é o dobro do que é estabelecido para outras culturas (CQFS-RS/SC, 2016). O S é a fonte do aroma e do sabor de hortaliças como o alho, a cebola e a mostarda devido à formação e à presença do bissulfeto de alila ( $\text{CS}_2$ ) nessas plantas (VITTI *et al.*, 2015).

Os teores de S total na crosta terrestre variam de 0,01 a 0,1% (MALAVOLTA, 2006). A fonte primária de S para as plantas são as rochas ígneas (FAQUIN, 2005), e os sulfetos metálicos (Fe, Pb, Mn, Ni e Cu) são as formas mais comum de S nas rochas (MALAVOLTA, 2006), com destaque para a pirita ( $\text{FeS}_2$ ) (ALVAREZ V. *et al.*, 2007). Além dos minerais do solo, a matéria orgânica e os gases de S na atmosfera também são consideradas como fontes naturais de S que podem ser disponibilizadas para a absorção pelas plantas (BRADY & WEIL, 2013). Nas camadas superficiais do solo, similarmente ao N, o S total está na forma orgânica e a degradação da MOS implica em redução da disponibilidade desses nutrientes para as plantas (FURTINI NETO *et al.*, 2001). O S orgânico deve sofrer mineralização (FAQUIN, 2005) para que as plantas possam absorver o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  da solução do solo (ALVAREZ V. *et al.*, 2007). A mineralização do S orgânico ocorre quando a relação C:S é menor que 200, e a imobilização quando a relação é maior que 400 (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A disponibilidade de S deriva de processos como (ALVAREZ V. *et al.*, 2007): mineralização, imobilização, adsorção, dessorção, lixiviação,

efeitos das raízes das plantas, etc. Os íons  $\text{SO}_4^{2-}$  apresentam tendência de lixiviação, pois são fracamente adsorvidos em sítios carregados positivamente e, além disso, sofrem competição com o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e íons orgânicos (WHITE, 2009). O sulfato e o nitrato, diferentemente do fosfato, apresentam tendência de lixiviação devido à seguinte predileção de adsorção de ânions pelo solo:  $\text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- \approx \text{Cl}^-$  (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Além dessa competição pelos mesmos sítios de adsorção, pelo fato dos solos receberem mais fertilizantes fosfatados e por não ter revolvimento de solo, a tendência do sulfato é migrar para camadas subsuperficiais aumentando o teor de S em relação à camada superficial nos sistemas de plantio direto (LOPES *et al.*, 2004). Isso pode ocasionar menor disponibilidade de S nas etapas iniciais dos sistemas de plantio direto, devido à elevação da relação C:S. No entanto, com o passar do tempo da adoção do sistema, há reciclagem do S da MO e dos resíduos vegetais de forma que se atinge o teor crítico desse nutriente na camada superficial do solo (ANGHINONI, 2007). A utilização de plantas de cobertura ou adubos verdes nos sistemas conservacionistas atenuam a lixiviação de S e outros nutrientes, propiciando a preservação desses elementos essenciais na camada de solo utilizadas pelas raízes das culturas (SILVA *et al.*, 2014). Com relação à liberação de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) da palhada de milho (*Pennisetum glaucum*) ceifada no início de florescimento, o S apresentou depois do K, o menor tempo de meia vida indicando uma tendência de rápida liberação após o corte (CARPIM *et al.*, 2008). Na literatura, observa-se que a dinâmica de liberação de S dos resíduos vegetais das plantas de cobertura é pouco estudada se comparada aos demais macronutrientes.

### 3.3.3. Potássio

O K pode ser encontrado na solução do solo, na forma trocável, onde está adsorvido as suas partículas reativas, na forma não trocável e na estrutura de minerais. As culturas

mais exigentes em K são aquelas produtoras de amido, açúcar e fibras (FAQUIN, 2005). Dentre as hortaliças, as culturas mais exigentes em K são o alho, a beterraba, a cenoura, a mandioquinha-salsa, o tomateiro, a batata e a batata-doce (CQFS-RS/SC, 2016). Na agricultura brasileira, depois do P, o K é o nutriente mais consumido como fertilizante (FAQUIN, 2005; RAIJ, 2011). Além disso, mais de 90% do fertilizante potássico consumido no Brasil é importado (IPNI, 2018). Ao contrário do N, P e S, o comportamento do K, encontrado na solução do solo como K<sup>+</sup>, é influenciado por processos de trocas catiônicas e de intemperismo (BRADY & WEIL, 2013), pois, o K não está estruturalmente ligado a nenhum composto orgânico (ERNANI *et al.*, 2007) e, por essa razão, o K é prontamente liberado ao solo, na forma iônica, após transformações físicas na matriz dos resíduos vegetais (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os feldspatos e as micas são os minerais primários potássicos mais importantes (RAIJ, 2011) e podem representar de 90 a 98% do teor total de K no solo (MALAVOLTA, 2006). O K é suscetível a perdas por lixiviação, no entanto, em menor intensidade que o N (BRADY & WEIL, 2013). A lixiviação de K é mais expressiva quanto maior a presença de nitrato, cloreto e sulfato na solução do solo que acompanham o K na descida pelo perfil do solo (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Entretanto, nos sistemas de plantio direto, devido à ciclagem proporcionada por plantas de cobertura e ao aumento da CTC do solo, da elevação do teor de MO e do pH, há redução das perdas de K por lixiviação (ANGHINONI, 2007). As raízes dos adubos verdes atuam em camadas além daquelas exploradas pelas culturas comerciais e absorvem e retornam o K à superfície e, além de reduzir a lixiviação, essas plantas de cobertura são fontes de K após a decomposição de seus resíduos vegetais (SILVA *et al.*, 2014). Giacomini *et al.* (2003), observaram que quase todo o K foi liberado nos primeiros 29 dias durante a decomposição dos resíduos de cultivo solteiro de ervilhaca (*Vicia sativa* L.) do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) e ervilhaca. No entanto de acordo com os autores, o cultivo em consórcio

de aveia preta e ervilhaca apresentou uma taxa de liberação de K mais lenta em relação aos resíduos culturais da ervilhaca cultivada de forma isolada. Dessa forma, a liberação mais lenta de K proporcionado pelo plantio consorciado pode resultar na redução das perdas deste nutriente no solo. Ao se considerar a liberação de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) da palhada de milho o K foi quem apresentou a mineralização mais rápida independentemente do estágio em que as plantas foram cortadas (CARPIM *et al.*, 2008). Oliveira *et al.* (2016) avaliaram os efeitos dos resíduos de plantas de cobertura (plantas espontâneas, aveia preta, centeio, nabo forrageiro, nabo forrageiro + aveia preta e nabo forrageiro + centeio) nas propriedades químicas de um Cambissolo Húmico no cultivo de cebola, e verificaram que os resíduos do centeio se diferenciaram dos demais apresentando uma liberação mais lenta de K ao solo. Esse comportamento está ligado ao fato de que o centeio apresentou o maior tempo de meia vida dos seus resíduos na superfície do solo em relação à cobertura morta de outras plantas avaliadas. A conversão do cultivo convencional para o plantio direto de cebola utilizando plantas de cobertura (aveia preta, centeio, nabo forrageiro, nabo forrageiro (14%) + centeio (86%), nabo forrageiro (14%) + aveia preta (86%)) promoveu o aumento dos teores de K dos macroagregados das camadas 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, após cinco anos (SANTOS *et al.*, 2017).

### 3.4. Dinâmica de micronutrientes

Os micronutrientes Cu, Zn, Mn, B, Fe, Ni, Cl e Mo, com exceção do Fe e do Mn em alguns solos, apresentam concentrações totais no solo normalmente abaixo de 1000 mg kg<sup>-1</sup> (FURTINI NETO *et al.*, 2001; WHITE, 2009). Os micronutrientes podem ser divididos em dois grupos, os catiônicos (Cu, Fe, Mn, Ni e Zn) e os aniônicos (B, Cl e Mo) (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). Embora os micronutrientes sejam exigidos em menores quantidades, eles são tão importantes quanto os macronutrientes para a nutrição das plantas (POTAFOS, 1998). Em função das



pequenas quantidades exigidas pelas plantas, as deficiências de micronutrientes tardam a aparecer nos cultivos em solos considerados férteis (RAIJ, 2011). No Brasil, as deficiências de Zn e B são as que ocorrem com maior frequência (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Em solos arenosos com baixo teor de MO e baixo pH pode ocorrer deficiência de Mo e B, e nos mesmos solos, quando o pH está elevado, Zn, Cu, Fe e Mn podem ser deficientes (CQFS-RS/SC, 2016). As deficiências de micronutrientes e o consequente ganho de importância da adubação com esses elementos, tem ocorrido no Brasil pela utilização de culturas mais produtivas que extraem e exportam mais macro e micronutrientes do solo e pelo uso de fertilizantes concentrados sem micronutrientes (ABREU *et al.*, 2007; LOPES & ABREU, 2000; POTAFOS, 1998). Diferentemente dos macronutrientes, as faixas de suficiência dos micronutrientes, que ficam entre as faixas de deficiência e de toxidez, são estreitas, de modo que as adubações com esses elementos podem ocasionar toxicidade às plantas dependendo da dose utilizada (BRADY & WEIL, 2013).

Os principais fatores que podem afetar a disponibilidade de micronutrientes para as plantas são (DECHEN & NACHTIGALL, 2006): pH do solo, teor de MO, textura do solo, atividade microbiana, drenagem do solo, condições de oxirredução e as condições climáticas. O aumento do pH do solo tende a aumentar a mineralização da MO e diminuir a do Fe, Mn, Zn e Cu (FURTINI NETO *et al.*, 2001). Pode ocorrer redução da disponibilidade de Zn, Cu, Fe, Mn e B, nos primeiros centímetros da superfície do solo, devido à elevação de pH, mesmo em áreas que receberam doses pequenas de calagem de manutenção em áreas de sistemas de plantio direto (LOPES *et al.*, 2004). Nesses casos, os autores não recomendam a aplicação a lanço desses micronutrientes sendo preferencial o uso de fertilizantes NPK contendo esses elementos. Em áreas de sistemas de plantio direto, os compostos da MO podem formar complexos orgânicos com Fe, Mn, Cu e Zn de maneira que os complexos formados com Cu podem ser tão estáveis a ponto de causar deficiência deste nutriente (ABREU *et al.*, 2007). Isso explica o fato

de que, com o passar dos anos da implementação dos sistemas de plantio direto, em função do aumento do teor de MO, pode haver diminuição da disponibilidade de Cu para as culturas (LOPES *et al.*, 2004). No entanto, a complexação ou formação de quelatos de Zn e Cu com ácidos orgânicos de baixo peso molecular aumentam a disponibilidade desses dois micronutrientes (SILVA *et al.*, 2014). Os solos de textura arenosa tendem a ter menor disponibilidade de B, Cu, Mn, Mo e Zn pela maior predisposição de perdas desses nutrientes por lixiviação (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). As reações de oxirredução influenciam principalmente a disponibilidade de Fe e de Mn, de modo que condições muito redutoras aumentam a disponibilidade desses dois micronutrientes, a ponto de poder ocasionar toxidez (ABREU *et al.*, 2007). Quando a condição de redução é provocada por alta umidade pode ocorrer toxidez de Cu, Mo e Zn devido ao aumento da disponibilidade desses micronutrientes (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). No Brasil, tanto para o S como para os micronutrientes, há poucas pesquisas de longa duração sobre a calibração de dados de análise de solo e de análise foliar para estimativas de respostas à adubação (LOPES *et al.*, 2004). Isso cria limitações para os técnicos na tomada de decisão sobre o uso eficiente de micronutrientes no solo (ABREU *et al.*, 2007).

#### 4. Considerações finais

O SPDH é um sistema que envolve diversas hortaliças e diversas plantas de cobertura que podem assumir diferentes combinações. Cada hortaliça e cada adubo verde possuem suas próprias características de manejo, de exigências nutricionais e efeitos no solo e a combinação dessas diferentes plantas em rotação tornam a dinâmica desse sistema de produção complexa e desafiadora. As dinâmicas dos nutrientes no SPDH diferem de uma região para outra devido as diferenças de clima, do solo e, principalmente, pelas características locais no cultivo de determinadas hortaliças e pelo uso de plantas de cobertura mais adaptadas a cada



região para a produção de alimentos. Além da necessidade de aprofundar os estudos sobre as dinâmicas dos nutrientes, sobretudo para aqueles em que há poucas informações, o SPDH também requer estudos multidisciplinares para a geração de conhecimentos e para compreensão de toda a relevância que este sistema de produção pode alcançar.

É necessário o desenvolvimento de novos parâmetros e indicadores de qualidade de ferti-

lidade do solo, de física do solo e especialmente de indicadores biológicos com a finalidade de avaliar o SPDH de forma holística. Para a criação e o desenvolvimento desses novos indicadores considera-se imprescindível a construção conjunta dos conhecimentos envolvendo os técnicos da pesquisa, da extensão rural e os agricultores.

## Bibliografia

ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645–736.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601–612, 2003.

ALMEIDA, T.B.; PUGA, A.P.; CORREIA, M.A.R.; CECÍLIO FILHO, A.B.; PRADO, R.M. Introdução à nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças. In: PRADO, R.M.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A.P. (Eds.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. 1. ed. Jaboticabal: FCAV/CAPEF/FAPESP/FUNDUNESP, 2010. p. 01–07.

ALVAREZ V., V.H.; ROSCOE, R.; HURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. Enxofre. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595–644.

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. eds. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba, POTAFÓS, 2004, p. 537-562

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 929–954.

ANGHINONI, I. Adubação fosfatada e potássica em plantio direto. In: FONTOURA & BAYER. (Eds.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guaruapuava, PR : Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2009. p. 91-110.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Instrução Normativa nº 35, de 4 de julho de 2006. Estabelece normas Sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. **Diário oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, v. 32, n. 132, jul. 2006. Seção 1, p. 1-10.

CAMARGO, E.S. Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para cebola. 2011. 80p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

CAMARGO, F.A.O.; SILVA, L.S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 87–99.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769–850.

- CARPIM, L.K.; ASSIS, R.L.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PIRES, F.R.; PEREIRA, V.C.; GOMES, G.V.; SILVA, A.G. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2813–2819, dez. 2008.
- CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 495–502, 2005.
- CASTRO, C.M.; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 779–785, 2004.
- CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R.F.D.; ALVAREZ V., V.H. ; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 851–872.
- CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação. Viçosa, MG, 1999. (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG).
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1055–1064, 2002.
- CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327–354.
- ERNANI, P.R. **Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes**. 2. ed. Lages: O Autor, 2016.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551–594.
- FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.
- FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, Á.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.
- GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: uso e limitações. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES, B.J.R. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 141–187.
- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 691–699, 2007.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097–1104, 2003.
- HIGASHIKAWA, F.S.; KURTZ, C. Manejo do solo, correção e adubação. In: MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARCuzzo, L.L. (Eds.). **Manual de boas práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC) / Epagri, 2016. p. 49–60.
- IPNI. **4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição de plantas, versão métrica**. 1. ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2013.
- IPNI. Fertilizantes. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132%23evolucao#evolucao>>. Acesso em: 03 ste. 2018.
- KOUCHER, L.P.; BRUNETTO, G.; MÜLLER JÚNIOR, V.; SOUZA, M.; LIMA, A.P.; GIACOMINI, S.J.; COUTO, R.R.; KURTZ, C.; CARRANCA, C.L.V.A.F.; COMIN, J.J. Nitrogen Transfer from Cover Crop Residues to Onion Grown

under Minimum Tillage in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 31 ago. 2017.

LOPES, A.S.; ABREU, C.A. Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo** v 1. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 265–298.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizante e corretivos agrícolas**: aspectos agronômicos. 3. ed. São Paulo, SP: ANDA (Boletim Técnico, 4), 2000.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade. São Paulo, SP: ANDA, 2004.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1212–1224, 2015.

LOSS, A.; JUNIOR, E.D.S.; SCHMITZ, D.; VEIGA, M. DA; KURTZ, C.; COMIN, J.J. Atributos físicos do solo sob sistemas de plantio direto e preparo convencional em cultivo de cebola. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 11, n. 1, p. 105–113, 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, R.P.; COMIN, J.J.; GATIBONI, L.C.; SOARES, C.R.F.; COUTO, R.R.; BRUNETTO, G. Mineralização do nitrogênio de plantas de cobertura, solteiras e consorciadas, depositadas sobre um solo com histórico de cultivo de cebola. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 587–596, 2014.

McGILL, W.B.; COLE, C.V. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. **Geoderma**, v. 26, n. 4, p. 267–286, 1981.

MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; FONSECA, D.M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1092–1102, jun. 2002.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133–204.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo** v 2. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 392–486.

OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R.L.D.; SILVA, V.V.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 638–641, 2004.

OLIVEIRA, R.A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L.C.; KÜRTZ, C.; MÜLLER JÚNIOR, V.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B.S.; SOUZA, M.; COMIN, J.J. Cover Crops Effects on Soil Chemical Properties and Onion Yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–17, 2016.

POTAFOS. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (EDS.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas - SP: IAC, 1997.

RHEINHEIMER, D. S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. 2000. 225p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

SÁ, J.C.M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na**

**Agricultura Brasileira.** Piracicaba, POTAFÓS, 2004. p. 201-222.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Eds.). **Interrelações fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas.** Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras, 1999. p. 267-319.

SANTOS, D.R.; CASSOL, P.C.; KAMINSKI, J.; ANGHINONI, I. Fósforo orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais.** 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 101-111.

SANTOS, L.H.; CANTON, L.; VENTURA, B.S.; FERREIRA, G.W.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; LOVATO, P.E.; LOSS, A. Chemical Properties in Macroaggregates of a Humic Dystrudept Cultivated with Onion under No-Till and Conventional Tillage Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-13, 2017.

SCHNITZER, M. Soil organic matter - the next 75 years. **Soil Science**, v. 1, n. 151, p. 41-58, 1991.

SILVA, E.C.; AMBROSANO, E.J.; SCIVITTARO, W.B.; MURAKA, T.; BUZETTI, S.; CARVALHO, A.M. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Eds.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática.** 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2014. p. 265-305.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FON-

TES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo.** 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de Química do Solo.** 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 61-86.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo.** 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

TRANI, P. E. **Manejo do solo, calagem e adubação de hortaliças.** Piracicaba: Patafós, 2016 (Informações agronômicas, 153).

VITTI, G.C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. **Manejo do enxofre na agricultura.** Piracicaba: Patafós, 2015 (Informações agronômicas, 152).

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural.** 4. ed. São Paulo, SC: Organização Andrei Editora Ltda., 2009. 426p.

WITHERS, P.J.A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T.S.; GUILHERME, L.R.G.; BENITES, V.M.; GATIBONI, L.C.; SOUSA, D.M.G.; NUNES, R.S.; ROSOLEM, C.A.; ANDREOTE, F.D.; OLIVEIRA, A.; COUTINHO, E.L.M.; PAVINATO, P.S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 2537, 2018.





# CONCEITOS, MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PARTICIPATIVA E O SPDH COMO PROMOTOR DE QUALIDADE DO SOLO

*Fabiane Machado Vezzani  
Guilherme Wilbert Ferreira  
Monique Souza  
Jucinei José Comin*

## 1. Introdução

Apresentamos um olhar sobre a Qualidade do Solo, construindo o pensamento desde as primeiras reflexões a respeito do tema até os dias atuais. Nesse percurso, analisamos a evolução do conceito, conceitos subsequentes, propostas de avaliação e a aplicação dessas na prática. Também agregaremos informações de como o SPDH é um promotor de Qualidade do Solo.

## 2. Qualidade do Solo: definição, história e avaliações

Autorregulação da Terra: sistemas vivos e não vivos interagem e coevoluem e, assim, constroem as condições que existem hoje no nosso Planeta. Nós, assim como todos os demais seres, dependemos dessas relações “do todo” para nos mantermos como somos. Esse é o princípio da Teoria de Gaia, proposto por James Lovelock e Lynn Margulis, ainda na década de 60 (LOVELOCK, 1991). Nessa visão sistêmica, a sustentabilidade de tudo o que é vivo na Terra depende das relações com o seu mundo não vivo.

O pensamento sistêmico é antigo. Desde o século 6 a.C., filósofos gregos afirmavam que o mundo era um “kosmos”, estruturado em ordem e harmonia como um organismo vivo, pulsando e

trocando energia. No decorrer da história, a visão de mundo orgânico (visão sistêmica) oscilou com o pensamento mecanicista, em que toda a matéria existente no planeta é resultado da simples combinação de átomos em diferentes proporções, sem o pulso de energia (CAPRA & LUISI, 2014).

Mas foi no fervilhar das reflexões no início da década de 80 do século 20, quando a Organização das Nações Unidas retomou o debate das questões ambientais, criando a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1983, que o tema “sustentabilidade” foi mais fortemente discutido. E associado a ele estava a discussão mais intensa sobre Qualidade do Solo. Menção ao termo foi apresentada no início dos anos 70 por Mause (1971) com uma visão fortemente produtivista.

Após algumas publicações apresentando propostas para definir Qualidade do Solo que representassem as reflexões sobre o tema durante a década de 90, o presidente da Sociedade Americana de Ciência do Solo (SSSA, sigla em inglês) nomeou o Comitê S-581 da SSSA, composto por 14 pessoas (representantes de todas as divisões da SSSA) para criar uma definição para o termo. Um dos objetivos deste Comitê foi realizar uma verificação sobre os princípios que estavam sendo estabelecidos para Qualidade do Solo e que justificasse a comunidade científica abarcar essa

proposta. E, uma vez que o termo foi considerado relevante para o entendimento dos ecossistemas produtivos, o Comitê ficou responsável por identificar atributos do solo úteis para descrever e avaliar a Qualidade do Solo.

Tendo como base os conceitos de Larson & Pierce (1991) e Doran & Parkin (1994), Karlen e colaboradores, em 1997, publicaram o relatório do Comitê S-581 da SSSA. Nele está posto que a “Qualidade do Solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens” (KARLEN *et al.*, 1997).

Qualidade do Solo é entendida, então, como um processo ecológico que atende três pilares: a produtividade, a saúde e a qualidade de todos os componentes do ambiente, como demonstrado na Figura 1.



**Figura 1.** Os três pilares da Qualidade do Solo apresentados em Doran & Parkin (1994). Modificado a partir dos autores.

Na publicação de Karlen *et al.* (1997), aparece a discussão do Comitê S-581 sobre o termo “capacidade”, em que houve propostas de trocar para “habilidade” ou “aptidão”. O debate foi para construir um conceito interdisciplinar que envolvesse valores pessoais, expectativas institucionais ou culturais dos formadores de opinião.

Similar reação ocorreu em resposta ao uso de Qualidade do Solo ou Saúde do Solo. A SSSA considera os termos intercambiáveis. Karlen,

aqui no Brasil, durante a FertBio 2016, apresentou a questão: “Por que Saúde do Solo ao invés de Qualidade do Solo?” e respondeu “Somente coisas ‘vivas’ podem ter saúde. Solo não é um meio de crescimento inorgânico, mas sim um recurso dinâmico em conjunto com bilhões de micróbios que são a base de um elegante ecossistema simbiótico.”<sup>1</sup>. Em resumo, “Qualidade do Solo é a capacidade do solo funcionar” (KARLEN *et al.*, 1997).

Na primeira fase do debate sobre Qualidade do Solo, final década de 80 até os anos 2000, o funcionamento ecossistêmico do solo estava apoiado apenas em quatro funções, fortemente relacionadas às questões produtivas. Três das quatro foram propostas inicialmente por Larson & Pierce (1991):

- 1) Servir como meio para o crescimento das plantas, indicando que é preciso ter suporte físico adequado, porosidade para comportar água e ar nas quantidades satisfatórias para o desenvolvimento das plantas e dos organismos edáficos;
- 2) Regular e compartimentalizar o fluxo de água no ambiente, também demandando que o solo tenha estrutura com boa relação de tamanho de poros que drenem e retenham água e, ao mesmo tempo, permitam espaço poroso suficiente para a vida no solo;
- 3) Atuar como tampão ambiental, que é a capacidade do solo em exercer o papel de filtro e detoxificador de compostos que podem ser prejudiciais ao ambiente. Mas somente com espaço poroso, distribuição adequada de água e a presença de organismos vivos é que esses processos acontecerão;
- 4) Função proposta por Doran & Parkin (1994), que consiste em estocar e promover a ciclagem dos elementos na biosfera. Para isso é preciso favorecer as cargas do solo, oriundas principalmente da matéria orgânica, além de promover a vida no solo, que é a responsável pelas transformações bioquímicas. Só assim o processo de estoque e ciclagem de elementos acontece.

Se analisarmos a linha do tempo em relação ao tema Qualidade do Solo, que está represen-

<sup>1</sup> (disponível para download em <http://www.eventosolos.org.br/fertbio2016/palestrantes/>).



**Figura 2.** Cronologia das discussões em torno do tema Qualidade do Solo.

tada na Figura 2, observamos que as reflexões iniciaram no final dos anos 80 e, no meio dos anos 90, o tema se consolidou com vários marcos históricos. Com base nas discussões iniciais sobre a definição de Qualidade do Solo, houve um movimento entre os cientistas da área pela busca de indicadores ideais que representassem o funcionamento do solo no ecossistema de forma integral e em todas as situações ao redor do planeta (indicador universal de Qualidade do Solo). Esse movimento ocorreu mais intensamente no final dos anos 90 e durou até a década de 2000 (Figura 2), resultando em um número elevado de propostas e procedimentos para avaliar Qualidade do Solo.

Aos poucos, o índice de Karlen & Stott (1994) foi se consolidando em meio a outras propostas de indicadores. Este, partiu da proposta de Doran & Parkin (1994) e consiste em que as funções do solo são selecionadas, considerando o interesse da avaliação, seja para verificar a distribuição de água no solo ou a sua capacidade produtiva, por exemplo. O procedimento inicia com a escolha de indicadores, de preferência que abranjam processos biológicos, físicos e químicos do solo que representem as funções selecionadas. O conjunto de indicadores é chamado Conjunto Mínimo de Dados (MDS, sigla em inglês). A segunda etapa consiste em converter o MDS em Índice de Qualidade do Solo. Para isso, cada indicador é transformado em um escore de 1 a 5, levando em conta intervalos apresentados na

literatura com base na classificação da função, se é do tipo “mais é melhor”, como matéria orgânica do solo; “menos é melhor”, como concentração de alumínio ou compactação; ou “ótimo”, como o pH. O terceiro passo é ponderar e obter o valor final para cada situação (KARLEN *et al.*, 2003).

Na proposta de Karlen e Stott (1994), são escolhidas as funções e atribuídos pesos aos indicadores, dependendo da finalidade da avaliação, aliados a

ferramentas estatísticas. Um procedimento chamado Estrutura de Avaliação do Manejo do Solo – SMAF (sigla em inglês para Soil Management Assessment Framework), descrito por Andrews *et al.* (2004), executa os cálculos para geração de um índice de Qualidade do Solo a partir da interpretação de indicadores biológicos, físicos e químicos da Qualidade do Solo por meio de planilha de cálculo. Hoje, o procedimento conta com 14 atributos de solo. A indicação é que cinco a dez atributos são suficientes para uma avaliação significativa, contanto que sejam relacionados a processos biológicos, físicos e químicos do solo, e a escolha deles deve ficar a cargo da experiência do pesquisador, pois foi desenvolvido com a finalidade de ser altamente adaptável. Aplicações do SMAF no Brasil podem ser estudadas em Lima *et al.* (2013) e Cherubin *et al.* (2017). Na Colômbia e Nicarágua, temos a aplicação apresentada por Velasquez *et al.* (2007) com o nome de GISQ, sigla em inglês para Indicador Geral de Qualidade do Solo, evidenciando a função dos organismos edáficos. Aplicações atuais desse procedimento podem ser estudadas também em Paz-Kagan *et al.* (2014), Liu *et al.* (2015), Nakajima *et al.* (2015), Cherubin *et al.* (2016), Seker *et al.* (2017), Andrea *et al.* (2018).

A análise de estudos ao redor do mundo permite destacar a capacidade dos indicadores biológicos discriminarem melhor as diferenças nas práticas de manejo, pois são os mais sensíveis. Nos parece lógico, pois é a vida no ecossistema a

responsável pelos processos e transformações intimamente relacionados às funções do solo. O solo é resultado de relações direcionadas pela vida. Os trabalhos sobre Qualidade do Solo ao longo da sua história revelam esse olhar.

Na década de 90, Addiscott publicou o trabalho (ADDISCOTT, 1995) que se tornou um clássico, o qual propõe analisar a sustentabilidade do solo por meio da avaliação do sistema solo-planta-organismos-atmosfera. Ressalta-se, aqui, que a discussão sobre Qualidade do Solo sempre esteve associada à sustentabilidade, confirmando a visão do solo de forma sistêmica. A avaliação de Addiscott (1995) consiste em fazer uma “auditoria” (nas palavras dele) de pequenas moléculas produzidas, pois é um indicativo que um sistema estaria degradado se nele predominar pequenas moléculas, *versus* um sistema com predomínio de grandes moléculas.

Essa também foi a linha de pensamento de Coleman, Hendrix e Odum, ecologistas do solo, em 1998, que propuseram avaliar a relação entre o carbono fixado pela fotossíntese e o liberado pela respiração em um sistema solo-planta (COLEMAN *et al.*, 1998). Se a relação for menor que um, o sistema está perturbado; se for igual a um, o sistema está em estado estável; se for maior que um, o sistema está com qualidade.

E a nossa compreensão sistêmica do solo está pautada em que esse recurso é resultado de um todo de componentes e relações. Entendemos o solo como um sistema vivo, em que minerais, plantas e organismos constituem sua estrutura organizada em forma de rede, em que as relações internas dos componentes interagem entre si e conduzem o seu funcionamento.

Como todo sistema vivo, as relações entre os componentes têm vínculo de causa (CAPRA & LUISI, 2014). É por meio da rede de relações que passa o fluxo de energia e matéria e, somente por isso, o solo se mantém organizado da forma que é. Portanto, a estrutura do solo sofre influência dos fluxos de energia e matéria, que são conduzidos pelos compostos orgânicos. Em outras palavras, é a vida pulsante no sistema solo que o faz se constituir como é, degradando ou gerando qualidade. Logo, o manejo desse sistema deve favorecer processos que promovam a vida e a

avaliação da Qualidade do Solo deve ser tal que possa identificar as propriedades resultantes dos processos direcionados pela vida no sistema solo.

A visão integradora de Qualidade do Solo assentada na sustentabilidade ambiental, visando os seres vivos, especialmente os humanos, está diretamente relacionada aos Serviços Ecosistêmicos. Antes de apresentar o conceito de Serviços Ecosistêmicos, contextualizaremos a definição de ecossistema<sup>2</sup>. É por meio dos fluxos de energia e matéria – entre os organismos e o meio – que ocorrem os processos ecológicos, como a ciclagem de nutrientes, a produção de biomassa e a decomposição de resíduos. Esses processos ecológicos geram benefícios para a humanidade. É o que caracteriza os Serviços Ecosistêmicos. Portanto, “Serviços Ecosistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas” (MEA, 2005).

Assumimos, aqui, que Serviços Ecosistêmicos não são sinônimos de Serviços Ambientais. Para nós, estes são os serviços prestados pelos humanos para a manutenção dos ecossistemas e aqueles são serviços prestados pelos ecossistemas para os humanos, ou seja, as direções são inversas.

Os Serviços Ecosistêmicos abrangem quatro categorias:

- 1) Serviços de Suporte: sustentam todos os outros serviços e, por isso, o nome. Nesta categoria estão os serviços de formação do solo, a produção primária e a ciclagem de nutrientes;
- 2) Serviços de Provisão: referem-se ao abastecimento de alimentos, ervas medicinais, princípios ativos, ao fornecimento de madeira e fibras e, também, de água potável, tanto subterrânea como superficial;
- 3) Serviços Reguladores: controlam o clima, as inundações, a qualidade da água, as doenças e a decomposição de resíduos;
- 4) Serviços Culturais: são os benefícios não-materiais que as pessoas obtêm a partir do contato com o ecossistema, incluindo

<sup>2</sup> Conjunto de seres vivos de diferentes espécies que vivem em uma determinada área específica e, que por isso, interagem entre si e com os fatores do meio (ar, água, nutrientes, minerais, temperatura), e essa interação produz fluxos de energia e matéria (REECE *et al.*, 2015).



os serviços de recreação, os estéticos (a beleza natural), e os espirituais em que no encontro com a natureza nos elevamos espiritualmente.

Então, os Serviços Ecosistêmicos ocorrem porque o ecossistema é um conjunto de fatores bióticos e a abióticos nos quais a sua estrutura e o seu funcionamento geram processos ecológicos que resultam no bem-estar humano. O funcionamento do solo, como componente essencial do ecossistema, é a base para que os Serviços Ecosistêmicos ocorram. Nesse contexto, compreender o solo a partir, apenas, das quatro funções inicialmente apresentadas ainda na década de 90 (citadas acima) não é suficiente.

O avanço desse entendimento é o conceito definido por MacBratney *et al.* (2014), de Segurança do Solo que aborda a preocupação com a manutenção e melhoramento do solo para sustentar a produção de alimentos e fibras, contribuir para a energia sustentável, produzir água fresca, participar do clima sustentável, manter a biodiversidade de espécies e ecossistemas e garantir os Serviços Ecosistêmicos (Figura 3).

Segundo os autores, Segurança do Solo é o conceito de desenvolvimento sustentável para o solo: “Conceito mais amplo [que Qualidade do Solo, Saúde do Solo e Proteção do Solo] com dimensões claras para estruturar o valor do solo e como as pessoas interagem com ele.” Nos valem dele porque entendemos um avanço na visão integradora do solo (Figura 2), que propõe uma

maior complexidade, agregando mais aspectos e fatores às suas funções. E mais, a inserção da relação das pessoas com o ecossistema.

Para MacBratney *et al.* (2014), o solo possui sete funções:

- 1) produção de biomassa;
- 2) armazenamento, filtragem e transformação de nutrientes, substâncias e água;
- 3) reserva de biodiversidade;
- 4) ambiente físico e cultural;
- 5) fonte de matérias-primas;
- 6) reserva de carbono;
- 7) arquivo de patrimônio histórico e cultural.

É por meio das sete funções que a Segurança do Solo está ancorada a seis desafios globais da sociedade, a saber: segurança alimentar, segurança da água, segurança energética, desaceleração das mudanças climáticas, proteção da biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos.

Nesse momento da história sobre Qualidade do Solo, conduzindo para entendimentos mais amplos da relevância do solo para a vida dos seres no planeta, como é a Segurança do Solo, nos questionamos como avaliar as suas múltiplas funções, uma vez que já não é apenas um “recurso” que serve para a produção de alimentos – solo é um “bem” e tem funções ambientais essenciais para o cumprimento dos Serviços Ecosistêmicos e demais desafios globais identificados por MacBratney *et al.* (2014).

Partindo, então, do conceito multidimensional do solo, todas as dimensões precisam ser consideradas simultaneamente, a fim de obter uma avaliação robusta sobre sua condição e capacidade funcional podendo assim “estruturar o valor do solo e como as pessoas interagem com ele” (MACBRATNEY *et al.*, 2014).



**Figura 3.** Representação livre do conceito de Segurança do Solo proposto por MacBratney *et al.* (2014).

### 3. Metodologias participativas de avaliação da Qualidade do Solo

Com base no que foi apresentado anteriormente, percebe-se que as avaliações da Qualidade do Solo, considerando a sua inserção no ecossistema, precisam ir além de informações e ferramentas para o planejamento e gerenciamento de atividades, índices de produtividades, custos de



produção, análises físicas e químicas do solo e de tecidos vegetais (FERREIRA *et al.*, 2009). Tais análises são pontuais e podem levar a tomada de decisões sem a realização de um diagnóstico mais amplo do sistema produtivo, com vistas à sustentabilidade da unidade de produção e atendimento aos Serviços Ecossistêmicos do solo.

Por outro lado, mesmo diante do contexto atual sobre a relevância das funções ecossistêmicas do solo para a vida no planeta, avaliações da Qualidade do Solo, mesmo que não consigam englobar essa complexidade, mas que permitam a inclusão dos agricultores de forma participativa, apontarão suas realidades e necessidades locais, bem como os indicadores pertinentes (ADEYOLANU & OGUNKUNLE, 2016; SOUZA *et al.*, 2016; CHERUBIN *et al.*, 2017), tornando o caminho mais apropriado para se chegar a avaliações integradoras do solo.

Realizar o processo de reflexão e debate sobre a qualidade e recuperação do solo com a participação dos principais sujeitos envolvidos, contribui no processo de transformação social e ambiental dos agroecossistemas. A partir do método de avaliação participativa da Qualidade do Solo, o próprio agricultor se questiona quanto à forma de produção, ao uso do solo, ao reflexo de suas ações para que o solo cumpra adequadamente suas funções e para o seu próprio bem-estar.

Ao utilizar indicadores podemos verificar, em propriedades agrícolas, em diferentes sistemas de produção, os efeitos negativos ou positivos das práticas de manejo na sustentabilidade dos agroecossistemas. Além disso, suas variáveis podem ser avaliadas repetidamente, o que vem a ser muito importante para monitorar solos durante o sistema de cultivo, ou ainda, durante o processo de transição agroecológica, em que diferentes práticas de manejo são introduzidas ao longo do tempo.

Existem algumas metodologias participativas desenvolvidas para a avaliação e monitoramento do desempenho dos sistemas de produção com uma abordagem interdisciplinar, como por exemplo o MESMIS, idealizado no México, em 1994, por um grupo multidisciplinar e multi-institucional (MASERA *et al.*, 2000). Verona (2008) ao avaliar a sustentabilidade agrícola de diferentes agroecossistemas de base familiar e em transição

agroecológica, utilizando a metodologia MESMIS, construiu sete indicadores de sustentabilidade que foram mensurados por meio de entrevistas semiestruturadas, questionários, observações de campo e análises laboratoriais. Com o uso desse método e de técnicas qualitativas e quantitativas, o autor avaliou os agroecossistemas em uma forma integrada, partindo da concepção de sustentabilidade identificada com as famílias agricultoras e com base nas referências teóricas que fundamentaram o estudo.

Em áreas de cultivo de café (*Coffea sp.*), na Costa Rica, Altieri e Nicholls (2002) observaram que a avaliação participativa da Qualidade do Solo também poderia ser aplicável em vários agroecossistemas e em uma série de contextos geográficos e socioeconômicos, de acordo com os sistemas de cultivo. Segundo os autores, é possível avaliar de forma comparativa ou relativa diferentes sistemas com diferentes estados de gestão e/ou transição, permitindo que os agricultores identifiquem os sistemas mais “saúdáveis” e, a partir dessas informações, implementem práticas específicas que otimizem os processos desejados nas plantações de café. Dessa maneira, os agricultores se tornam os principais condutores do processo de avaliação de seus sistemas de produção e também agentes atuantes em todas as intervenções para a melhoria do processo produtivo, que buscarão juntamente com os técnicos, o melhor aproveitamento dos recursos e necessidades locais (MACHADO & VIDAL, 2006).

Nos sistemas de cultivo em transição para o agroecológico, como o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), Comin *et al.* (2016), com base no trabalho de Altieri e Nicholls (2002) e de Gautronneau e Manichon (1987), propuseram um Guia Prático para avaliação participativa da Qualidade do Solo.

### **3.1. Guia Prático para avaliação participativa da Qualidade do Solo com base em Comin et al. (2016)**

Pelo método Guia Prático para avaliação participativa da Qualidade do Solo baseado em Comin *et al.* (2016), é possível identificar e ca-

racterizar a campo, juntamente com os agricultores, técnicos, estudantes ou pesquisadores, indicadores de solo associados ao perfil cultural. Como reportado em Vezzani & Mielniczuk (2009), compilando a proposta de vários autores, deve-se buscar o uso de indicadores que integrem as propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que representem processos relevantes para as funções do solo e que sejam sensíveis a mudanças decorrentes das práticas de manejo. Também é desejável que os indicadores sejam de fácil uso pelos agricultores e técnicos, permitindo a sua adequada análise e interpretação.

Uma vez escolhidos os indicadores de Qualidade do Solo e definido como os mesmos serão avaliados, atribuem-se notas aos indicadores em uma escala que pode variar de 1 a 10 ou de 1 a 5. No caso do intervalo de 1 a 10, a nota 1 será atribuída à pior condição para aquele indicador, ou seja, no cenário indesejável, a nota 5 será atribuída a uma condição minimamente aceitável e a nota 10 será dada àquela condição desejável, ou seja, à situação ideal, semelhante a uma área de vegetação nativa. Evidentemente, notas intermediárias podem ser atribuídas aos indicadores.

Para facilitar a atribuição de notas aos indicadores, recomenda-se usar cenários de referência, como por exemplo, uma mata nativa situada sobre o mesmo tipo de solo e topografia e, preferencialmente, em área adjacente ao sistema a ser avaliado, para garantir a mesma condição climática. Após a atribuição das notas aos indicadores, os resultados (média aritmética de diferentes avaliadores) são plotados em gráficos do tipo radar ou teia (Figura 4). Estes recursos permitem aos agricultores uma fácil visualização do estado da Qualidade do Solo, pois os valores mais

próximos do lado externo do gráfico representam o sistema que mais se aproxima da condição ideal.

A identificação dos indicadores e das características que representam um solo com qualidade, pela percepção dos agricultores de forma participativa, ocorrerá por meio de encontros e práticas de capacitação para desenvolver o processo metodológico em conjunto. Dessa forma, os agricultores passam a ter autonomia para aplicarem a avaliação e fazer parte da tomada de decisões em relação às futuras práticas de manejo que posteriormente serão adotadas. A ideia de avaliar os sistemas agrícolas quanto à Qualidade do Solo, utilizando propostas metodológicas de avaliação participativa com os agricultores também pode auxiliar no processo de conversão de sistemas agrícolas convencionais, para o sistema de manejo agroecológico (VERONA, 2008; COMIN *et al.*, 2016).

Neste caso, os agricultores que estão passando por um processo de transição e aprendizado nos sistemas de cultivo, conseguem observar por meio dos indicadores e da avaliação, quais ações devem ser realizadas para que os mesmos alcancem a produtividade desejada de

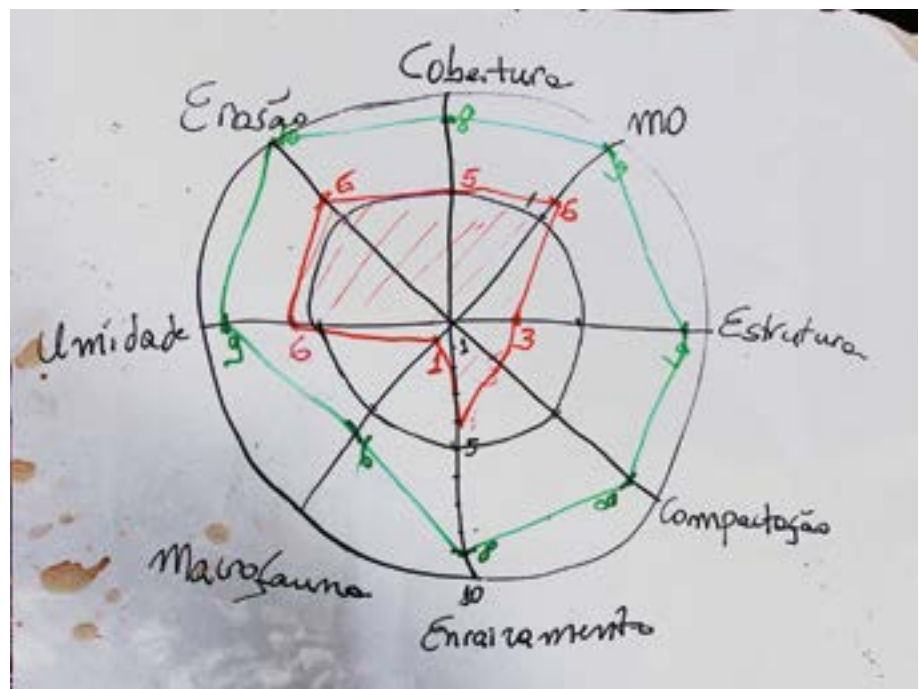


**Figura 4.** Exemplo de gráfico tipo teia confeccionado em campo após a avaliação da Qualidade do Solo. Em verde, avaliação de mata em estágio sucessional secundário com interferência antrópica e, em vermelho, gleba em pousio anteriormente cultivada por longos anos com hortaliças. MO = matéria orgânica.

forma sustentável. Por conta das notas atribuídas, é possível pensar em quais práticas de manejo sustentável. Por conta das notas atribuídas, é possível pensar em quais práticas de manejo serão adotadas durante a transição, e em qual cronologia, tais como: a eliminação de agrotóxicos ou da maioria destes, aumento da proteção do solo e da diversidade de plantas pelo uso de culturas de cobertura, convívio com plantas espontâneas e redução na necessidade de insumos externos como fertilizantes e combustíveis, além de fatores

sociais (menor intensidade de trabalho e qualidade do produto e da vida dos agricultores).

A seguir, a título de exemplo, apresentamos um conjunto de indicadores passíveis de serem utilizados para a avaliação da Qualidade do Solo (Quadro 1). A avaliação participativa da Qualidade do Solo pressupõe a escolha de indicadores com base no conhecimento dos participantes e tais indicadores devem ser adaptados à realidade local e adequados para atender aos objetivos previamente definidos.

**Quadro 1.** Exemplo de indicadores de Qualidade do Solo com os respectivos valores (mínimo, médio e máximo) e características de avaliação. A abreviação de cada indicador está apresentada entre parênteses.

| Indicadores                                                | Valor | Características                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cor, odor e teor de matéria orgânica (Matéria orgânica)    | 1     | Coloração mais clara, odor desagradável, teor muito baixo de matéria orgânica.                                                      |
|                                                            | 5     | Coloração mais escura, sem odor marcante, pouca matéria orgânica.                                                                   |
|                                                            | 10    | Coloração escura, odor de terra de mata, muita matéria orgânica.                                                                    |
| Profundidade do solo explorada pelas raízes (Enraizamento) | 1     | Volume de solo explorado não ultrapassa 10 cm.                                                                                      |
|                                                            | 5     | Volume de solo explorado entre 10 e 20 cm.                                                                                          |
|                                                            | 10    | Volume de solo explorado superior a 40 cm.                                                                                          |
| Estrutura do Solo (Estrutura)                              | 1     | Solo poeirento, sem a presença de agregados visíveis.                                                                               |
|                                                            | 5     | Solo com poucos agregados visíveis que se rompem com leve pressão.                                                                  |
|                                                            | 10    | Solo com muitos agregados que mantém a forma após leve pressão.                                                                     |
| Compactação e Infiltração (Compactação)                    | 1     | Camada muito compactada, apresentando elevada resistência à penetração da ponta da faca e com pouca ou nenhuma infiltração de água. |
|                                                            | 5     | Camada compactada, apresentando média resistência à penetração da ponta da faca e com infiltração lenta de água.                    |
|                                                            | 10    | Sem presença de camada compactada, a ponta da faca penetra facilmente no solo e com infiltração rápida de água.                     |
| Erosão (Erosão)                                            | 1     | Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão.                                                                               |
|                                                            | 5     | Erosão pouco visível (laminar), o escorrimento não cria sulcos.                                                                     |
|                                                            | 10    | Sem sinais visíveis de erosão.                                                                                                      |
| Retenção de umidade (Umidade)                              | 1     | Solo seca rápido.                                                                                                                   |
|                                                            | 5     | Baixa capacidade de retenção de umidade durante estiagem prolongada.                                                                |
|                                                            | 10    | Alta capacidade de retenção de umidade mesmo durante estiagem prolongada.                                                           |
| Atividade biológica (Macrofauna)                           | 1     | Sem sinais da presença de minhocas e/ou artrópodes.                                                                                 |
|                                                            | 5     | Presença de algumas minhocas e/ou artrópodes.                                                                                       |
|                                                            | 10    | Abundância de minhocas e/ou artrópodes.                                                                                             |
| Estado dos restos vegetais e cobertura do solo (Palhada)   | 1     | Pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição.                                                                               |
|                                                            | 5     | Fina camada de palhada, cobertura do solo inferior a 50%.                                                                           |
|                                                            | 10    | Espessa camada de palhada, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição, cobertura do solo superior a 90%.                |

Alguns indicadores, como a compactação e a infiltração de água, foram agrupados no exemplo apresentado no Quadro 1, porém estes podem ser avaliados em separado. Para avaliar o indicador infiltração de água pode-se introduzir no solo um tubo de PVC, cortado em bisel em uma das extremidades, com 20 a 30 cm de comprimento e 10 a 15 cm de diâmetro e, logo após, despeja-se no interior do tubo um volume de água conhecido. Em seguida, marca-se o tempo que a água levará para infiltrar completamente.

Para o teor de matéria orgânica associado à atividade microbiológica, acrescenta-se certa quantidade de água oxigenada (peróxido de hidrogênio a 10%) em um recipiente transparente com alguns gramas de solo e observa-se a intensidade e a duração da efervescência. Ocorrendo pouca ou quase nenhuma efervescência e com curta duração, a atividade biológica e o teor de matéria orgânica podem ser considerados baixos. Por outro lado, uma efervescência abundante e duradoura indica um solo com elevada atividade biológica e teor de matéria orgânica.

### 3.1.1. Passos para realizar a avaliação pelo Guia Prático para avaliação participativa da Qualidade do Solo

- Primeiramente, deve-se identificar a estação de trabalho, isto é, o local que represente as condições gerais do sistema a ser avaliado. No local escolhido, abrir uma trincheira em que será analisado o perfil cultural do solo.
- A trincheira deve ser cavada perpendicular ao sentido da sementeira e ao deslocamento dos implementos.

Recomenda-se que, a partir da trincheira, se possa observar ao menos uma linha da passagem das rodas das máquinas. A luminosidade não deve interferir na interpretação visual do perfil e o solo retirado da trincheira deve ficar depositado no lado oposto ao da face em que será feita a avaliação. Deve-se delimitar uma zona de segurança em frente à face de observação, a fim de preservar as características originais do perfil (Figura 5).

- Com o uso de uma faca, realizar limpeza na parede do escavado para desfazer os traços da ferramenta usada para abrir a trincheira. A limpeza do perfil deve ser feita de cima para baixo, da esquerda para a direita. Com o perfil limpo, procede-se à avaliação dos indicadores de Qualidade do Solo associados ao perfil cultural e, em seguida, se caracterizam indicadores fora do perfil como erosão e estados dos restos culturais e cobertura do solo (Figura 5).
- Cada participante atribui notas aos indicadores e a média das notas é utilizada para confeccionar o gráfico. É importante que



**Figura 5.** Vista de uma trincheira com o ponto de observação perpendicular ao sentido da sementeira e em posição em que a luminosidade não interferirá na interpretação visual do perfil. O solo retirado da trincheira foi disposto fora da zona de segurança, situada em frente à face de observação (área delimitada pelas ferramentas).



as avaliações sejam sempre realizadas pelos mesmos avaliadores, por conta da percepção diferenciada que cada indivíduo tem ao atribuir notas aos indicadores.

- Para confeccionar o gráfico em campo, desenha-se uma circunferência em uma cartolina e divide-se a circunferência em tantas partes quantos sejam os indicadores. No exemplo deste guia, são oito partes. Recomenda-se desenhar uma circunferência no centro do gráfico, referente à nota 5, que representa a condição de Qualidade do Solo minimamente desejável para cada indicador (Figura 4).

Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 são apresentados, respectivamente, quatro cenários que foram avaliados quanto à Qualidade do Solo: fragmento de floresta primária (área de referência) que, no passado, sofreu extração de madeira de forma pontual; gleba manejada sob Pastoreio Racional Voisin (PRV), desde 2010, sem a presença de núcleo de vegetação arbórea; gleba manejada sob PRV, desde 2010, com a presença de núcleo de



**Figura 6.** Perfil de solo sob fragmento de floresta primária (área de referência) que teve extração de madeira de forma pontual.



**Figura 7.** Perfil de solo sob Pastoreio Racional Voisin desde 2010 sem a presença de núcleo de vegetação arbórea.



**Figura 8.** Perfil de solo sob Pastoreio Racional Voisin com a presença de núcleo de vegetação arbórea.





**Figura 9.** Perfil de solo sob pomar de uva e amora, e cultivo de feijão e hortaliças nas entrelinhas sob plantio direto.

vegetação arbórea implantado em 2012; gleba com pomar de uva (*Vitis labrusca*), implantado em 2006, e de amora (*Morus nigra*) em 2017.

Osnúcleosdevegetaçãoarbóreacontinham, em média, 8 plantas de juçara (*Euterpe edulis*), 4 bracatingas (*Mimosa scabrella*), 1 inga (*Inga edulis*), 1 canela amarela (*Nectandra lanceolata*), 1 tucaneira (*Cytharexylum myrianthum*), 1 anigo vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). A avaliação da Qualidade do Solo nesta área foi realizada na borda do núcleo de vegetação arbórea. As áreas sob PRV são pastoreadas por 2 dias com carga animal de 25 cabritos e ficam em período de repouso de 40 dias. As espécies forrageiras presentes nas áreas sob PRV são hermathria (*Hemarthria altíssima*), missioneira gigante (*Axonopus Compressus*), *Panicum maximum* cv *aruana*, amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*).

Antes da implantação do PRV, as áreas foram cultivadas por 20 anos com as culturas de fumo e mandioca, sob preparo convencional do solo ficando 18 anos em pousio. A área do pomar foi cultivada por 20 anos com as culturas de fumo e mandioca sob preparo convencional do solo, em seguida ficou 13 anos em pousio e, desde 2006, está sob manejo agroecológico com o uso das plantas de cobertura ervilhaca (*Vicia sativa*) e azevém (*Lolium multiflorum*). No verão, foi cultivado

feijão (*Phaseolus vulgaris*) e hortaliças nas entrelinhas das frutíferas sob plantio direto com capina ou roçada das plantas de cobertura.

O solo nas glebas é classificado como Cambissolo Háplico (Figuras 6, 7, 8 e 9) que apresenta perfis medianamente profundos a profundos, cores brunadas e, neste caso de estudo, em posição de relevo ondulado a forte ondulado. Esta classe de solo ocorre em todo o Estado de Santa Catarina, sendo a mais representativa, com  $\pm 40\%$ . Para não confundir com a classe dos Latossolos, os Cambissolos têm perfil com presença e até abundância de materiais ainda não intemperizados ou, mesmo, pedregosidade associada a solos menos profundos.

A avaliação da Qualidade do Solo foi efetuada por sete pós-graduandos e está apresentada na Figura 10. Para a avaliação, foram escolhidos os indicadores matéria orgânica, profundidade de raízes, estrutura do solo, compactação, erosão e atividade biológica, pois o grupo de avaliadores entendeu serem os indicadores mais pertinentes para a avaliação dos cenários em questão. Verifica-se que os manejos do solo com PRV com núcleo de vegetação arbórea e PRV a pleno sol, propiciaram valores dos indicadores de Qualidade do Solo, profundidade de raízes, estrutura do solo, compactação e erosão muito semelhantes àqueles da área de floresta

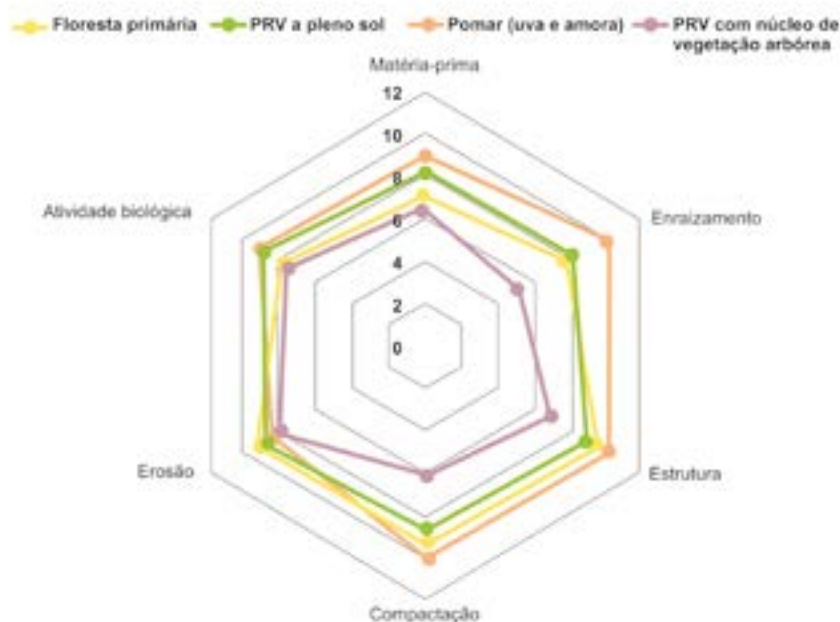


**Figura 10.** Diagrama de avaliação da Qualidade do Solo em área sob floresta primária, PRV a pleno sol, Pastoreio Racional Voisin com núcleo de vegetação arbórea e pomar de uva e amora, cultivo de feijão e hortaliças sob plantio direto.

primária. Já os valores dos indicadores atividade biológica e matéria orgânica da área sob PRV com núcleo de vegetação arbórea diferenciaram-se daqueles da área sob PRV a pleno sol e se aproximaram dos valores da floresta primária. Bigardi (2016) verificou que a presença do componente arbóreo em pastagens contribuiu para o aumento dos teores de carbono orgânico do solo, dos teores de nutrientes, melhoria da retenção e da sua disponibilidade para as plantas, por conta do aumento da soma de bases e capacidade de troca de cátions do solo. O componente arbóreo em pastagens também favorece o aumento da densidade e equidade da macrofauna no solo sob a copa das árvores, em especial no inverno, em comparação à pastagem em monocultivo (SILVA, 2015).

Por outro lado, a área com pomar e cultivo de feijão e hortaliças apresentou os menores valores para os indicadores matéria orgânica, profundidade de raízes, estrutura do solo e compactação. Apenas o valor do indicador erosão se aproximou das áreas sob PRV e o indicador atividade biológica se igualou àquele da área sob PRV a pleno sol.

Assim, percebe-se que nos cenários avaliados, o uso do PRV acelerou o processo de

recuperação da Qualidade do Solo, enquanto o uso de frutíferas e plantio direto de feijão e hortaliças foi mais lento em recuperar a Qualidade do Solo, utilizando o sistema floresta primária como referência. Destaca-se ainda que, entre todos os perfis avaliados, aquele da área de pomar (Figura 9) é o mais didático para mostrar e discutir com as famílias de agricultores e/ou agentes de assistência técnica e extensão rural e/ou estudantes sobre os efeitos negativos do preparo convencional do solo no passado. No cenário em que o manejo recuperou menos

a Qualidade do Solo, tem-se mudança abrupta de coloração mais escura para cores mais brnhas entre os 15 a 20 cm nesse perfil, o que já não é mais perceptível nas áreas sob PRV (Figuras 7 e 8).

#### 4. O que a avaliação da Qualidade do Solo reflete no sistema de plantio direto de hortaliças?

O SPDH prevê, em seu eixo técnico-científico, a promoção da saúde da planta, orientada pela minimização dos estresses nutricionais, de salinidade, de disponibilidade de água, de temperatura, de luminosidade, de pH, entre outros; a rotação de culturas e de plantas de cobertura e adubos verdes, sejam cultivados ou espontâneos; a rotação com animais manejados no sistema de Pastoreio Racional Voisin; a adição de matéria seca superior a 10 toneladas por hectare anual por meio dos planos de consorciação e/ou rotação de culturas; o revolvimento do solo restrito às linhas ou berços de semeadura e plantio; o manejo dos adubos verdes espontâneos sem prejudicar a produção da cultura econômica, evoluindo para o plantio direto no verde (consorciação



das espécies cultivadas com outras plantas ainda vivas).

Portanto, o SPDH contribui para que o solo cumpra as suas funções na natureza (LARSON & PIERCE, 1991; DORAN & PARKIN, 1994; MACBRATNEY *et al.*, 2014). Isto porque o solo como sistema vivo, depende da qualidade e quantidade de compostos orgânicos contribui para a construção da estrutura do solo e as práticas de manejo propostas no SPDH contribuem para que sistema solo atinja a vida.

Por meio dos planos de rotação, do cultivo diversificado de plantas e/ou o manejo das plantas espontâneas, o SPDH contribui para incrementar os teores de matéria orgânica do solo e, consequentemente, para a melhoria da estrutura do solo. Essa melhora se dá, principalmente, pela formação de bioporos do crescimento e posterior decomposição das raízes das plantas, além da estabilização dos agregados do solo (OADES, 1993). Os macroagregados são formados e estabilizados pelo emaranhamento físico de raízes e hifas de fungos, incluindo os fungos micorrízicos arbusculares e a deposição de polissacarídeos proveniente de mucilagens de origem microbiana e vegetal (TISDALL & OADES, 1982; GUPTA

& GERMIDA, 1988; OADES 1993; TIVET *et al.*, 2013). Na Figura 11, é possível observar a presença abundante de macroagregados e distribuição uniforme de raízes em solo, com cultivo de cana de açúcar, por cinco anos, sem revolvimento.

Em sistemas como o SPDH têm-se propriedades como: resistência do solo à erosão (PANACHUKI *et al.*, 2011; LOSS *et al.*, 2017); maior infiltração e retenção de água no solo (SIDIRAS & ROTH, 1987; BLANCO-CANQUI & LAL 2007, 2009; PANACHUKI *et al.*, 2011; BALWINDER-SINGH *et al.*, 2011; GAVA *et al.*, 2013); aumento dos teores de matéria orgânica e nutrientes; maior capacidade de troca de cátions; complexação de compostos orgânicos e inorgânicos (SOUZA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018), e estímulo ao crescimento da vida no solo – micro e macrobiota (GATIBONI *et al.*, 2009; LIU *et al.*, 2016). De maneira oposta, em um sistema de produção agrícola pouco diversificado que fornece pequena quantidade de compostos orgânicos, a exemplo do Sistema de Preparo Convencional (SPC), predominarão os microagregados.



**Figura 11.** Perfil de solo cultivado com cana de açúcar conduzida em SPDH por 5 anos. Observa-se a preponderância de macroagregados na camada de 0-10 cm e distribuição uniforme de raízes no perfil.

Nesse sistema, devido às constantes operações de preparo do solo (aração, gradagens, escarificação e/ou subsolagem), os macroagregados são quebrados, liberando os microagregados e aumentando as perdas de solo e nutrientes (LOSS *et al.*, 2015, 2017; SANTOS *et al.*, 2017, 2018). As consequências desse sistema são: compactação do solo, suscetibilidade à erosão; diminuição dos teores de carbono e nutrientes;

contaminação de águas superficiais e subterrâneas; emissão de gás carbônico para a atmosfera e diminuição da biota do solo. Os efeitos do preparo convencional do solo podem ser observados na Figura 12, em que se nota a inexistência de agregados no perfil do solo, com a formação de grandes torrões compactados e uma distribuição de raízes desuniforme, concentrada na camada de 0 a 10 cm.



**Figura 12.** Perfil do solo após sucessivos cultivos de hortaliças com preparo excessivo do solo. Nota-se a presença de grandes torrões compactados na camada de 0 a 20-25 cm, inexistência de macroagregados e distribuição desuniforme e superficial de raízes de plantas espontâneas.

### 5. Relação do SPDH com produtividade, qualidade ambiental e Serviços Ecossistêmicos

A agricultura conservacionista baseia-se em três princípios básicos: perturbação mínima do solo, manutenção da cobertura do solo e uso de rotação de culturas (FAO, 2015). O SPDH além de incorporar os preceitos da agricultura conservacionista, agrega como meta a promoção da saúde da planta por meio do “conforto” para as plantas, buscando eliminar, sempre que possível, todos os tipos de estresse (p.ex., térmico, hídrico, nutricional etc.). As melhorias nos atributos biológicos, físicos e químicos do solo afetam positivamente

a saúde dos cultivos, permitindo manter e/ou aumentar a produtividade das culturas agrícolas. Estas, por sua vez, ajudam na melhoria dos atributos do solo.

No SPDH, ao se propor a eliminação de herbicidas para o manejo das culturas de cobertura e das plantas espontâneas, contribui-se para um dos primeiros passos da transição de sistemas de cultivos convencionais para sistemas agroecológicos. A semeadura ou o plantio de mudas das culturas agrícolas de interesse agrônômico, sob uma espessa camada de resíduos de matéria vegetal de plantas de cobertura de inverno ou de verão, logo após o seu esmagamento pelo rolo-faca, promove vantagem competitiva à cultura agrícola em relação às plantas espontâneas durante a fase de estabelecimento do cultivo propiciando atingir níveis



de rendimento agronomicamente adequados (FAYAD, 2004; ALTIERI *et al.*, 2012). Também permite inibir e/ou adiar a germinação das sementes de plantas espontâneas (VOLL *et al.*, 2001).

O SPDH presta Serviços Ecossistêmicos nas suas quatro categorias. Nos serviços de suporte, atende à ciclagem de nutrientes, quando utiliza as práticas de rotação de culturas e plantas de cobertura, permitindo que os nutrientes sejam transferidos de uma cultura para outra e, consequentemente, sejam mantidos no sistema produtivo. As condições criadas com essas práticas contribuem para o Serviço Ecossistêmico de formação do solo, pois atuam nos fatores de formação de organismos vivos e clima, pela disponibilidade de alimento, temperatura e fluxo de água. Além disso essas práticas promovem a conservação do solo. Em relação aos serviços de provisão, a adoção do SPDH tem potencial para aumentar a produção ao longo dos anos. O aumento da infiltração de água no solo (SIDIRAS & ROTH, 1987; SHARRAT *et al.*, 2006; BLANCO-CANQUI & LAL 2007, 2009; PANACHUKI *et al.*, 2011), a diminuição do escoamento superficial e a redução da evapotranspiração (BALWINDER-SINGH *et al.*, 2011; GAVA *et al.*, 2013) auxiliam na produção de água potável superficial e subterrânea.

Temos nos serviços de regulação, a diminuição da desagregação do solo (MANNERING & MEYER, 1963), a partir da proteção da superfície pelos resíduos de cobertura vegetal. Nessa condição, o solo constrói ou mantém estrutura adequada para suportar cargas elevadas de precipitação, favorecendo o fluxo de água em velocidade e magnitude que não cause deslocamentos de massas de solo e assoreamento de rios. Neste sentido, atende ao serviço de regulação de inundações.

Ainda, temos no SPDH a prestação de serviços culturais, que englobam os benefícios não-materiais em que as pessoas obtêm a partir do contato com o ecossistema. Ao adotar o SPDH e iniciar os passos para a transição do seu sistema de produção, o agricultor iniciará o redesenho da propriedade, de modo que as paisagens serão transformadas. Sai-se de um ambiente fragmentado e simplificado e transita-se para um ambiente diversificado e mais complexo, com diferentes ambientes integradores, como

corredores ecológicos, bosques e rios, lavouras, poteiros e construções. Ainda, considerando que um dos objetivos do SPDH é a diminuição até eliminação do uso de agrotóxicos e adubos altamente solúveis, o agricultor produzirá alimentos com maior qualidade, proporcionando maior saúde e bem-estar para todos os envolvidos no sistema de produção e consumo.

## 6. Considerações finais

A abordagem apresentada nesse capítulo, incluindo a contextualização histórica, conceitos e metodologias de avaliação da Qualidade do Solo, por meio de índices complexos e participativos, procurou auxiliar o leitor em relação à tomada de decisões sobre o manejo do recurso solo. A Qualidade do Solo nos agroecossistemas envolve o intercâmbio de conhecimentos e experiências e, por meio da construção conjunta de ferramentas que auxiliem na sua avaliação, é possível diagnosticar previamente os processos de degradação do solo, preveni-lo e recuperá-lo. Pensando em saúde de solo e de plantas, conclui-se que é necessário avaliar e monitorar essas mudanças no solo, induzidas por práticas de manejo e uso da terra, pois isso é essencial para identificar estratégias com menor impacto ambiental, a fim de alcançar sistemas agrícolas mais sustentáveis e servir de base para que os Serviços Ecossistêmicos ocorram. A proposta de identificar e classificar indicadores qualitativos locais de Qualidade do Solo gera uma abordagem sistêmica do solo, em que é mais importante identificar como se obtém a Qualidade do Solo do que identificar atributos para medi-la.

Sistemas de manejo do solo como o SPDH, que promovem o conforto da planta, a adição de plantas de cobertura e adubos verdes em rotação de culturas e o revolvimento restrito às linhas de plantio, promovem a estabilidade das culturas agrícolas e a Qualidade do Solo. Dessa maneira, o SPDH vem como uma forma de iniciar o processo de transição do sistema de produção convencional para o de base agroecológica e propiciar a estabilidade socio-ecológica, na qual o solo irá exercer suas funções e cumprir seus Serviços Ecossistêmicos que, por sua vez, refletirá sobre os indicadores da Qualidade do Solo.



## Bibliografia

- ADDISCOTT, T.M. Entropy and sustainability. **European Journal Soil Science**, v. 46, p. 161-168, 1995.
- ADEYOLANU, O.D.; OGUNKUNLE, A.O. Comparison of qualitative and quantitative approaches to soil quality assessment for agricultural purposes in South-western Nigeria. **Cogent Food & Agriculture**, p. 1-10, 2016.
- ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, n. 64, p. 17-24, 2002.
- ALTIERI, M.A.; LANA, M.A.; BITTENCOURT, H.V.H.; VENTURI, M.; KIELING, A.S.; COMIN, J.J.; LOVATO, P.E. Aumento do rendimento dos cultivos através da supressão de plantas espontâneas em sistema de plantio direto orgânico em Santa Catarina, Brasil. **Agroecologia**, v. 7, p. 63-71, 2012.
- ANDREA, F.; BINIB, C.; AMADUCCI, S. Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. **Applied Soil Ecology**, n. 123, p. 693-698, 2018.
- ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L.; CAMBARDELA, C.A. The Soil Management Assessment Framework: a quantitative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal**, n. 68, p. 1945-1962, 2004.
- BALWINDER-SINGH, E.P.L.; EBERBACH, P.L.; HUMPHREYS, E.; KUKAL, S.S. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 1847-1855, 2011.
- BIGARDI, L.R. Árvores na pastagem melhoram a qualidade do solo e de forragens. 2016. 61p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.
- BLANCO-CANQUI, H; LAL, R. Impacts of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, p. 1166-1173, 2007.
- BLANCO-CANQUI, H; LAL, R. Crop Residue Removal Impacts on Soil Productivity and Environmental Quality. **Plant Science**, v. 38, n. 3, p. 139-163, 2009.
- CAPRA, F.; LUISI, P.L. **A visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas**. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 2014. 616p.
- CHERUBIN, M.R.; KARLEN, D.L.; FRANCO, A.L.C.; CERRI, C.A.E.P.C.; TORMENA, C.A.; CERRI, C.C. A. Soil Management Assessment Framework (SMAF) Evaluation of Brazilian Sugarcane Expansion on Soil Quality. **Soil Science Society of America Journal**, v. 80, p. 215-226, 2016.
- CHERUBIN, M.R.; TORMENA, C.A.; KARLEN, D.L. Soil Quality Evaluation Using the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in Brazilian Oxisols with Contrasting Texture. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 41, 2017.
- COLEMAN, D.C.; HENDRIX, P.F.; ODUM, E.P. **Ecosystem health: An overview**. In: HUANG, P.M., ed. Soil chemistry and ecosystem health. Madison, SSSA, 1998. p.1-20. (Special, 52)
- COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; KURTZ, C.; MAFRA, A. L.; CURMI, P. **Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. Epagri. 16p. 2016.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.1-20. (Special, 35)
- FAO (2015) Conservation agriculture. <<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>>. Accessed em 24 abril 2018.
- FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. (Org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças: o cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC, em 101 respostas dos agricultores**. Florianópolis: Epagri, 2004. 54 p. (Epagri. Boletim Didático, 57).
- FERREIRA, J.M.L.; LIMA, P.C. de; LOVATO, P.E.; MOURA, W. de M. Sistema de avaliação participativo de aspectos ambientais e produtivos em Agroecossistemas

com cafeeiros. **Informe Agropecuário**, v. 30, n. 252, p. 68-79, 2009.

GATIBONI, L.C.; COIMBRA, J.L.M.; WILDNER, L.P.; DENARDIN, R.B.N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.

GAUTRONNEAU, Y.; MANICHON, H. **Guide methodique du profil cultural**. INA-PG. 1987, 62p.

GAVA, R.; DE FREITAS, P.S.L.; DE FARIA, R.T.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J.A. Soil water evaporation under densities of coverage with vegetable residue. **Engenharia Agrícola**. v.33, p.89-98, 2013.

GUPTA, V.V.S.R.; GERMIDA, J.J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classed as affected by cultivation. **Soil Biol. Biochem.**, v. 20, p. 777-786. 1988

KARLEN, D.; DITZLER, C.A.; ANDREWS, S.S. Soil quality: why and how? **Geoderma** v. 114, p. 145-156, 2003.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society American Journal**, v. 61, p. 4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., (Eds). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.53-72.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., (Eds). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.37-51.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, v.2: Technical papers. Bangkok, Thailand: International Board for Research and Management, 1991. **IBSRAM Proceedings** n.12(2) p.175- 203.

LIMA, A.C.R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M.R. HOOGMED, W.B.; de GOEDE, R.G.M. A functional evaluation

of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology** n.64, p.194-200, 2013.

LIU, Z.; ZHOU, W.; LI, S.; HE, P.; LIANG, G.; LV, J.; JIN, H. Assessing soil quality of gleyed paddy soils with different productivities in subtropical China. **Catena**, n.133, p.293-302, 2015.

LIU, T.; CHEN, X.; HU, F.; RAN, W.; SHEN, Q.; LI, H.; WHALEN, J. K. Carbon-rich organic fertilizers to increase soil biodiversity: evidence from a meta-analysis of nematode communities. **Agric Ecosyst Environ** v. 232, p. 199-207. 2016.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1212-1224, 2015.

LOSS, A.; SCHMITZ, D.; S. J., E.; KURTZ, C.; DA VEIGA, M.; COMIN, J. J. Atributos físicos do solo sob sistemas de plantio direto e preparo convencional em cultivo de cebola. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 11, p. 105-113, 2017.

LOVELOCK, J. **As eras de Gaia: a biografia da nossa Terra viva**. Aparecida, SP: Editora Santuário, 1991. 235p.

MACHADO, C.T.T.; VIDAL, M.C. **Avaliação Participativa do Manejo de Agroecossistemas e Capacitação em Agroecologia Utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 42p. (Documentos, 173).

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. **The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion**. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 27, n. 1, p. 84-86, 1963.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. México: Mundi-Prensa, 2000.

MAUSEL, P.W. Soil quality in Illinois-an example of a soils geography resource analysis. **The Professional Geographer**, v. 23, p. 127-136, 1971.

McBRATNEY, A.; FIELD, D.J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203-213, 2014.

- MEA. Millenium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington. Disponível: <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso: 18 mar. 2018.
- NAKAJIMA, T.; LAL, R.; JIANG, S. Soil quality index of a crosby silt loam in central Ohio. **Soil & Tillage Research**, n. 146, p. 323–328, 2015.
- OADES, J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v. 56, p. 377–400, 1993.
- OLIVEIRA, R.A.; TIECHER, T.; PICCIN, R.; SOMAVILLA, L.M.; COMIN, J.J.; LOSS, A.; LOURENZI, C.R.; BRUNETTO, G. Release of Phosphorus Forms from Cover Crop Residues in Agroecological No-Till Onion Production. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.
- OLIVEIRA, R.A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L. C.; KURTZ, C.; MULLER JUNIOR, V.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B.S.; SOUZA, M.; COMIN, J.J. Cover Crops Effects on Soil Chemical Properties and Onion Yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v. 40, p. 01-17, 2016.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T.A.; DE OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Soil and water loss and water infiltration in red latosol under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777–1786, 2011.
- PAZ-KAGAN, T.; SHACHAK, M.; ZAADY, E.; KARNIELI, A. A spectral soil quality index (SSQI) for characterizing soil function in areas of changed land use. **Geoderma**, n. 230–231, p.171–184, 2014.
- REECE, J.B.; URRY, L.A.; CAIN, M.L.; WASSERMAN, S.A.; JACKSON, R. B.; MINORSKY, P.V.; CAMPBELL, N.A. **Bio-logia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2015. 1442p.
- SANTOS, L.H.; LOSS, A.; CANTON, L.; VENTURA, B.S.; FERREIRA, G.W.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J. Chemical Properties in Macroaggregates of a Humic Dystrudept Cultivated with Onion under No-Till and Conventional Tillage Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-13, 2017.
- SANTOS, L. H.; LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; SOUZA, M.; GONZATTO, R.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Total nitrogen and humic substances in aggregates of soils with onion crops under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, v. 12, p. 166-174, 2018.
- SEKER, C.; ÖZAYTEKIN, H.H.; NEGIS, H.; GÜMÜS, I.; DEDEOGLU, M.; ATMACA, E.; KARACA, Ü. Assessment of soil quality index for wheat and sugar beet cropping systems on an entisol in Central Anatolia. **Environ. Monit. Assess**, v. 189: p. 135, 2017.
- SHARRATT, B.; ZHANG, M.; SPARROW, S. Twenty years of conservation tillage research in subarctic Alaska. **Soil & Tillage Research**. v.91, p.82-88, 2006.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and a rainfall simulator under different surface conditions on an Oxisol. **Soil & Tillage Research**. v.9, p.161-168, 1987.
- SILVA, D. J. S. da. Indicadores de qualidade do solo na região da campanha do Rio Grande do Sul, sob sistemas de pastoreio Contínuo e Voisin. 2015. 116p. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2015.
- SOUZA, H.A.; FARIAS, J.L.S.; FERNANDES, F.E.P.; GUEDES, F.L.; POMPEU, R.C.F.F.; ROUWS, J. R.C. Avaliação participativa de indicadores de solo e sanidade de cultivos em sistemas de produção na Comunidade Pé de Serra Cedro, no semiárido brasileiro. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 1, n. 3: p. 206-215, 2016.
- SOUZA, M.; COMIN, J.J.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MÜLLER JÚNIOR, V.; VENTURA, B.S.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural** (UFSC. Impresso), v. 43, p. 21-27, 2013.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **J. Soil Sci.**, v. 62, p. 141–163. 1982.
- TIVET, F.; SÁ, J.C. M.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; BORSZOWSKI, P.R.; SANTOS, J.B.; FARIAS, A.; HARTMAN, D.C.; NADOLNY JUNIOR, M.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.126, p.203- 218, 2013.
- VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p. 3066–3080, 2007.

agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul. 2008. 193p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre Qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.743-755, 2009.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRICHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. **Planta daninha**, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2001.





## COMO O USO DE ADUBOS ORGÂNICOS PODE SER UMA ALTERNATIVA NO SPDH?

Rafael Ricardo Cantú

Alexandre Visconti

Euclides Schallenger

Rafael Gustavo Ferreira Morales

Cledimar Rogério Lourenzi

### 1. Introdução

O uso de adubos orgânicos na agricultura é uma prática milenar que apresenta grande destaque em regiões onde a atividade agropecuária é intensa, como é o caso do Estado de Santa Catarina. Dentre os resíduos orgânicos mais utilizados em Santa Catarina, destacam-se os dejetos líquidos de suínos, dejetos líquidos de bovinos e cama de aves. O estado é o maior produtor de suínos do Brasil, com 26,8% da produção nacional, o segundo maior produtor de frangos, com 15,4% da produção nacional (EMBRAPA, 2018a), além de ser responsável por 9,6% da produção nacional de leite (EMBRAPA, 2018b). Essas atividades geram volumes consideráveis de dejetos que necessitam de destino adequado para diminuir o potencial poluente, sendo o uso como fontes orgânicas de nutrientes em culturas uma das principais alternativas adotadas pelos produtores.

Nos últimos anos também tem ganhado destaque o uso de compostos orgânicos, produzidos com os mais diversos resíduos oriundos de atividades agropecuárias e também industriais. Em Santa Catarina há grande preocupação em relação aos resíduos gerados pelo setor agroindustrial, pois dezenas de toneladas desses materiais são destinadas diariamente a aterros sanitários e muitas vezes depositadas

em locais irregulares. Essa atitude, além de causar poluição ao ambiente, desperdiça materiais ricos em nutrientes e com elevado potencial de serem transformados em fertilizantes.

Os dejetos de animais são aplicados ao solo na forma *in natura* após passarem por um processo de estabilização em esterqueiras anaeróbicas, no caso dos dejetos líquidos (suínos e bovinos), ou em pilhas ao ar livre, no caso dos dejetos sólidos (cama de aves). Já o composto orgânico de resíduos agroindustriais necessita passar pelo processo de compostagem, o qual elimina significativamente os agentes patogênicos, desenvolve uma decomposição aeróbica, reduzindo a emissão de metano e gás sulfídrico, que contribuem para o efeito estufa e o mau cheiro. Além disso, o processo de compostagem melhora as características agronômicas dos resíduos. Isso porque, o composto se devidamente elaborado, concentra e disponibiliza facilmente o nitrogênio (N) e os demais nutrientes.

A produção de composto orgânico e sua utilização como fonte de nutrientes para as culturas, especialmente hortaliças, vem crescendo de maneira acelerada em Santa Catarina (SCHALLENBERGER *et al.*, 2008; CANTÚ *et al.*, 2016). Além dos compostos orgânicos, a utilização de biofertilizantes a base de resíduos que,

semelhante à compostagem, promovem a reciclagem dos nutrientes, vem sendo empregada nos cultivos de hortaliças (BETTIOL *et al.*, 2004; VISCONTI *et al.* 2017). A utilização desses fertilizantes nos cultivos pode ser de forma exclusiva, especialmente quando o objetivo é a produção orgânica, ou combinada com fertilizantes minerais em fertirrigação.

No entanto, os resíduos orgânicos apresentam composição variada em relação à concentração de nutrientes, o que dificulta o estabelecimento e recomendação de doses balanceadas em relação à necessidade nutricional das culturas (CQFS-RS/SC, 2016). Dessa forma, busca-se no presente capítulo apresentar os principais efeitos do uso de adubos orgânicos na produtividade das culturas e nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Além disso, busca-se discutir alguns aspectos de uma das principais lacunas do uso de adubos orgânicos no SPDH, que é a recomendação de adubação orgânica.

## 2. Adubação orgânica e produtividade de culturas

Na região Sul do Brasil, inúmeros trabalhos de literatura mostram efeitos positivos do uso de adubos orgânicos na produtividade de grãos e matéria seca das mais variadas culturas. Nesse sentido, Lourenzi *et al.* (2014) avaliaram o efeito de doses crescentes de dejetos líquidos de suínos (0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) na produtividade de grãos de milho e feijão preto cultivados em Sistema Plantio Direto (SPD). Os autores observaram maiores produtividades de grãos de milho com o uso da maior dose de dejetos. No entanto, para o feijoeiro a maior produtividade foi observada com a dose de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos, evidenciando que a exigência nutricional das culturas é um dos principais fatores que devem ser levados em consideração na definição das doses de adubos orgânicos.

Além dos dejetos de suínos, trabalhos avaliando diferentes fontes orgânicas de nutrientes também demonstram a eficiência dessas fontes em aumentar a produtividade das culturas, como observado por Lourenzi *et al.* (2017). Esses auto-

res obtiveram maiores produtividades de grãos de milho com a aplicação de dejetos líquidos (suínos e bovinos), comparativamente a aplicação de cama sobreposta de suínos e adubação mineral, em experimento conduzido sob SPD. Resultados semelhantes foram obtidos por Scherer (2011) em estudo avaliando diferentes fontes de adubos orgânicos na produtividade de grãos de milho e feijão cultivados sob SPD. Esses autores observaram maior produtividade de grãos de milho com o uso de dejetos líquidos de suínos. No entanto, as fontes sólidas (esterco de aves, esterco de suínos com cama sobreposta, composto orgânico de esterco de suínos e composto orgânico de esterco de bovinos) apresentaram melhores resultados na produtividade de grãos de feijão.

Além do uso isolado, as fontes orgânicas podem ser combinadas com fertilizantes minerais buscando melhor eficiência na absorção dos nutrientes pelas plantas. Em trabalho avaliando a aplicação de dejetos líquidos de suínos e esterco de peru, isolados e combinados com aplicação de N (ureia) em cobertura, Ciano *et al.* (2014) observaram incremento na produtividade de grãos de milho e feijão quando do uso de adubação mineral em complementação à adubação orgânica.

No SPDH, devido à complexidade do sistema, o fornecimento de nutrientes deve ser feito em taxas adequadas ao desenvolvimento das plantas e nos momentos de maior demanda pelas mesmas, visando a promoção de saúde de plantas. Dessa forma, muitas vezes os adubos orgânicos disponíveis não apresentam em sua composição concentrações balanceadas de nutrientes que atendam a demanda das plantas. Nessas situações, o uso combinado de adubos orgânicos e minerais apresenta-se como uma alternativa.

Outra possibilidade é o uso de compostos orgânicos elaborados com resíduos previamente selecionados para conferir ao composto algumas características desejadas, como a proporção de nutrientes mais adequada as culturas. Esses insumos proporcionam uma liberação mais lenta dos nutrientes, possibilitando um melhor sincronismo com as taxas de absorção pelas plantas, resultando uma melhora na 'saúde' do agrossistema e aumento da produtividade (SCHALLENBERGER *et al.*, 2015; CANTÚ, 2015).

Os estudos sobre a utilização de composto orgânico em SPDH mostram resultados excelentes na avaliação da produtividade das culturas, dentre os quais destaca-se o trabalho conduzido na Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Santa Catarina. Nesse trabalho, utilizando um experimento conduzido por 10 anos, foi avaliado o uso de adubação com composto orgânico em SPDH, em Sistema de Preparo Convencional (SPC) do solo e adubação mineral em SPC. Dentre os principais resultados obtidos, destacam-se a produtividades acima das médias da região nos cultivos de pepinos para picles ( $110 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), repolho ( $74 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 1) e espigas de milho verde ( $54,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Esses resultados demonstram que é possível obter elevadas produções de hortaliças, até acima das obtidas no sistema convencional de produção, e ainda melhorar a qualidade do solo e a saúde das plantas (SCHALLENBERGER *et al.*, 2011). Outros estudos conduzidos pela Universidade Federal de Santa Catarina e pela Epagri em Ituporanga (SC) também encontraram resultados positivos com o uso exclusivo de fertilizante orgânico em SPDH agroecológico de cebola, atingindo produtividades satisfatórias para a cultura (SOUZA *et al.*, 2013; LOSS *et al.* 2015).

No âmbito nacional, trabalhos desenvolvidos com uso de composto orgânico em SPDH encontraram resultados positivos na produtividade de

hortaliças com uso de composto orgânico, como é o caso do trabalho de Tavella *et al.* (2010), que observaram incrementos lineares (de até  $6,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) na produção de coentro (*Coriandrum sativum L.*) com doses crescentes de composto aplicado. Já Araújo Neto *et al.* (2010), constataram que a massa seca da parte aérea da cebolinha



**Figura 1.** Início do cultivo de repolho em SPDH adubado com composto orgânico (a); final do cultivo de repolho em SPDH adubado com composto orgânico (b) (Epagri EEI, 2018).



(*Allium fistulosum*) aumentou linearmente devido ao efeito residual da adubação com composto orgânico em plantio direto. Além disso, a adubação com composto orgânico aumentou a produtividade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em plantio direto e promoveu o incremento de matéria orgânica no solo (SOLINO *et al.*, 2010). Utilizando a adubação orgânica suplementar em cobertura, no cultivo da berinjela (*Solanum melongena*) cultivada em plantio direto, com doses de nitrogênio de 391 kg ha<sup>-1</sup>, foi obtido produtividade de 50,6 Mg ha<sup>-1</sup>, que é o dobro da média nacional (CASTRO *et al.*, 2005).

Esses resultados apresentados demonstram o potencial fertilizante dos adubos orgânicos, refletido em produtividade das culturas. Entretanto, é preciso ter cuidado no uso de adubos orgânicos, pois a aplicação de doses excessivas ou com adição de quantidades desbalanceadas de nutrientes em relação à exigência nutricional das culturas, pode ocasionar acúmulo excessivo de nutrientes no solo. Como consequência, isso pode ocasionar um desbalanço nutricional nas plantas e, consequentemente, afetar a saúde das plantas, um dos princípios básicos do SPDH.

### 3. Adubação orgânica e atributos químicos, físicos e biológicos do solo

O uso de adubos orgânicos, como já demonstrado anteriormente, proporciona resultados positivos na produtividade das culturas, mas também pode alterar atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Essas alterações podem ser benéficas, como o aumento dos valores de pH e redução dos teores de saturação por Al, especialmente em solos com maiores níveis de acidez (CERETTA *et al.*, 2003; ADELI *et al.*, 2008). Em trabalho desenvolvido após 19 aplicações de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos em Argissolo Vermelho sob SPD, em Santa Maria (RS), Lourenzi *et al.* (2011) observaram aumento dos valores de pH do solo, até 8 cm de profundidade, e redução dos teores de saturação por Al, até 20 cm de profundidade.

Os adubos orgânicos também podem aumentar a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions (CTC), a saturação por bases e os teores de carbono orgânico total (COT) no solo (ADELI *et al.*, 2008; SCHERER *et al.*, 2010). Em trabalho avaliando os atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob SPD, em Chapecó (SC), com uso de diferentes doses de composto orgânico elaborado com dejetos líquidos de suínos e maravalha, conforme Scherer *et al.* (2009), Lourenzi *et al.* (2016) observaram incrementos nos teores de P, K, Cu, Zn, Ca, Mg, CTC, saturação por bases e matéria orgânica do solo, sendo os efeitos mais acentuados observados nas maiores doses do composto orgânico.

Além dos atributos químicos, o uso de adubação orgânica também promove melhorias nos atributos físicos do solo, como observado por Comin *et al.* (2013) em trabalho avaliando o uso de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos em Argissolo Vermelho sob SPD, em Braço do Norte (SC), após 10 anos de condução do experimento. Os autores observaram incrementos na agregação do solo, na estabilidade de agregados e na porosidade, além de redução da resistência à penetração e da densidade do solo, especialmente com o uso de cama sobreposta de suínos. No mesmo experimento, Londoño *et al.* (2011) avaliaram a biomassa microbiana, a respiração basal e o quociente metabólico, e observaram que o uso da cama sobreposta de suínos aumentou a biomassa microbiana e a respiração basal, indicando maior atividade microbiana no solo, influenciada pelo adubo orgânico.

Apesar dos adubos orgânicos proporcionarem inúmeros benefícios nos atributos do solo, conforme relatado anteriormente, as alterações promovidas podem não ser benéficas, especialmente para o ambiente. Isso ocorre quando há aplicação de quantidades de nutrientes acima da demanda das plantas, causando acúmulo excessivo desses elementos no solo, como observado por Lourenzi *et al.* (2013). Esses autores, ao avaliarem os efeitos de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos no acúmulo de nutrientes em um Argissolo Vermelho, após 19 aplicações dos dejetos, observaram que os teores de P disponível no solo apresentavam-se

muito acima daqueles preconizados pela CQFS-RS/SC (2016) como adequados para a nutrição das plantas. Além do P, outros elementos também podem acumular no solo após sucessivas aplicações de adubos orgânicos, como o Cu e Zn (GIROTTTO *et al.*, 2010; MATTIAS *et al.*, 2010), e potencializar as transferências desses elementos para mananciais hídricos, por escoamento superficial e/ou percolação (CERETTA *et al.*, 2010; GIROTTTO *et al.*, 2013; LOURENZI *et al.*, 2015), causando contaminação ambiental.

Os impactos ambientais causados pelo uso de adubos orgânicos não se restringem somente ao solo e aos mananciais hídricos, atingindo também a atmosfera por meio da volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), como observado por Basso *et al.* (2004). Esses autores avaliaram a aplicação de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos em Argissolo Vermelho sob SPD e verificaram que a maior volatilização de  $\text{NH}_3$  ocorreu nas maiores doses aplicadas, especialmente nas avaliações realizadas logo após a aplicação dos dejetos. Além disso, o uso de adubos orgânicos também pode aumentar a emissão de gases de efeito estufa, como o  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , como observado por Gonzato *et al.* (2013). Esses autores avaliaram a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  em Argissolo Vermelho sob SPD com uso de DLS ( $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), palha de aveia ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ) e DLS+palha de aveia e observaram que a combinação de DLS+palha de aveia favoreceu as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ . Dessa forma, como no SPDH é preconizado o uso de plantas de cobertura, adicionando palhada ao solo, a adubação orgânica pode potencializar a emissão de gases de efeito estufa se não realizada de forma correta.

Esses resultados andam na contramão do que é preconizado no SPDH, ou seja, evidenciam que o uso de adubos orgânicos de forma indiscriminada e sem o uso de critérios adequados para o estabelecimento das doses a serem aplicadas, potencializa os problemas ambientais. Já no SPDH, recomenda-se a aplicação de nutrientes em quantidades suficientes e no momento certo para atender a demanda das plantas, mantendo a fertilidade do solo em níveis adequados e promovendo a saúde de plantas. Dessa forma, o uso de adubos orgânicos em SPDH deve seguir critérios que atendam aos princípios do sistema em questão.

#### 4. Recomendação de adubação orgânica em SPDH

Conforme destacado anteriormente, o uso de adubos orgânicos pode promover maior produtividade das culturas e trazer melhorias aos atributos químicos físicos e biológicos do solo. No entanto, também pode ser um potencial poluente e causar danos ambientais, devido ao acúmulo excessivo de nutrientes no solo e posterior transferência de nutrientes para mananciais hídricos, além da emissão de gases de efeito estufa. Dessa forma, uma das principais questões relacionadas ao uso de adubação orgânica no SPDH está destacada no Quadro 1.

##### **Quadro 1. Considerando a complexidade do SPDH, como realizar a recomendação de adubação orgânica com vistas a atender a demanda das culturas e promover a saúde de plantas?**

1° passo: seguir as recomendações estabelecidas para as hortaliças que constam no “Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina”;  
2° passo: escolher a fonte de adubo orgânico adequada e definir o momento certo para as aplicações;  
3° passo: observar os sinais das plantas, como a arquitetura, a coloração das folhas, os sintomas de deficiência e de excesso de nutrientes e, se necessário, realizar ajustes nas doses e nas épocas de aplicação.

A recomendação de adubação para as hortaliças, estabelecida pela CQFS-RS/SC (2016), prevê o fornecimento de nutrientes em doses parceladas com o intuito de atender a taxa diária de ab-

sorção (TDA) das plantas. Para uma correta recomendação de adubação devem ser consideradas a análise do solo, a composição química da fonte de nutrientes (mineral ou orgânica) e a necessidade nutricional da cultura, associadas ao conhecimento do histórico das adubações já realizadas na área. Com isso é possível estabelecer as quantidades de nutrientes a serem aplicadas para a cultura de interesse, com a garantia de aumento de produtividade agrícola, sem prejudicar o ambiente. Por outro lado, se a recomendação não for realizada corretamente haverá o risco de redução da produtividade, quando as doses aplicadas estiverem abaixo da necessidade das culturas, ou possíveis efeitos de contaminação do solo e da água, quando as doses aplicadas forem excessivas (CORRÊA *et al.* 2011; CANTÚ *et al.* 2017).

Para a recomendação de adubação orgânica de resíduos sólido, a CQFS-RS/SC (2016) utiliza a seguinte equação:  $A = QD / ((B/100) \times (C/100) \times D)$ , onde: A é a dose do composto a ser aplicado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); QD é a quantidade demandada do nutriente pela cultura; B é a matéria seca do adubo orgânico (%); C é a concentração do nutriente na matéria seca do adubo orgânico (%); D é o índice de eficiência de cada nutriente no adubo orgânico.

Quando a adubação orgânica for realizada com fontes líquidas, a CQFS-RS/SC (2016) utiliza a seguinte equação:  $A = QD / (C \times D)$  onde: A é a dose do adubo orgânico a ser aplicado ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ); QD é a quantidade demandada do nutriente pela cultura; C é a concentração do nutriente no adubo orgânico ( $\text{kg m}^{-3}$ ); D é o índice de eficiência de cada nutriente no adubo orgânico.

Independente da fonte utilizada, líquida ou sólida, recomenda-se que a dose do adubo orgânico a ser utilizada seja estabelecida considerando o primeiro nutriente (N, P ou K) a ter a sua recomendação atingida, sendo que os demais devem ser supridos via adubação mineral (CQFS-RS/SC, 2016). Dessa forma, nenhum dos nutrientes será aplicado em quantidades superiores à demanda das plantas, reduzindo a probabilidade de toxidez as plantas e também de contaminação ambiental pelo acúmulo excessivo de nutrientes no solo. Além disso, os adubos orgânicos normalmente são aplicados antes do plantio das culturas, deixando em aberto uma importante questão do SPDH, apresentada no Quadro 2.

## **Quadro 2. Como estabelecer doses de adubos orgânicos para atender a recomendação de adubação e ao mesmo tempo atender a TDA das plantas em SPDH?**

Considerando as fontes tradicionais de adubos orgânicos encontrados nas propriedades rurais, como os esterco de animais, isso é IMPOSSÍVEL.

### **Qual a alternativa para o SPDH nesses casos?**

Uma das principais alternativas para esses casos, até o momento, é a combinação de adubos orgânicos com fertilizantes minerais.

Mas é POSSÍVEL atender a TDA dos cultivos com o uso de compostos orgânicos estratégicos, que apresentem taxas de liberação de nutrientes em consonância com a absorção das plantas. Além disso, a associação com biofertilizantes, com composições nutricionais adequadas a demanda dos cultivos, pode auxiliar ainda mais o atendimento da TDA das plantas.

Os adubos orgânicos comumente utilizados pelos horticultores são os esterco de animais, os quais apresentam quantidades significativas de nutrientes prontamente disponíveis às plantas no momento da aplicação desses adubos ao solo. Dessa forma, considerando que as aplicações de adubos orgânicos normalmente são realizadas antes do plantio das hortaliças e que a demanda por nutrientes nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas é pequena, podem ocorrer perdas de nutrientes, especialmente nitrogênio, pode afetar a TDA das plantas em estádios de desenvolvimento mais avançados e, conseqüentemente, de maior demanda nutricional.

Para atender a TDA das hortaliças e utilizar adubos orgânicos como fontes de nutrientes em SPDH, uma das principais alternativas encontradas até o momento é o uso combinado de adubos orgânicos e fertilizantes minerais. Essa possibilidade permite aplicar doses de adubos orgânicos no plantio com o intuito de fornecer a recomendação de N ou K para o plantio (aquele que atingir primeiro a recomendação) sendo a complementação do N ou K (aquele não suprido na adubação orgânica) e o P realizada com fertilizantes minerais. As demais adubações de cobertura para N e K devem ser realizadas com fertilizantes minerais conforme recomendação da CQFS-RS/SC (2016).

Essa alternativa, no entanto, foge a um dos objetivos do SPDH, previamente estabelecido, que seria a substituição total dos fertilizantes minerais altamente solúveis pela adubação orgânica. Nesse caso, surge outra questão que necessita de atenção para quem trabalha com SPDH, conforme Quadro 3.

**Quadro 3. O que é mais importante: utilizar somente adubos orgânicos ou promover a saúde de plantas?**

Em se pensando o SPDH na sua essência, a resposta seria “OS DOIS”. No entanto, a transição agroecológica prevê primeiro a promoção da saúde de plantas, uma vez que boa parte das áreas cultivadas com hortaliças em Santa Catarina apresentam elevados teores de alguns nutrientes, como o P e K, e o uso de adubos orgânicos continuaria a adicionar esses nutrientes no sistema de produção. Dessa forma, o uso de fertilizantes minerais para fornecer somente os nutrientes necessários, como o N, ainda é a principal alternativa para promover a saúde de plantas nesses casos.

## **5. É possível utilizar somente adubos orgânicos em SPDH?**

Essa é uma importante questão que vem sendo debatida nos últimos anos por quem discute e pratica o SPDH. Mesmo que a resposta para essa questão ainda seja uma incógnita, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de criar alternativas de adubos orgânicos para serem utilizados em SPDH. Entretanto, os resultados são preliminares e obtidos em poucas condições de solo e clima, necessitando de mais estudos em outros locais para a obtenção de respostas mais conclusivas.

Dentre os trabalhos desenvolvidos destaca-se a produção de compostos orgânicos com resíduos agroindustriais, onde é possível obter compostos orgânicos com diferentes proporções de nutrientes podendo atender à exigência de diferentes culturas. Além disso, é possível a obtenção de um produto com mineralização mais rápida ou mais lenta, a qual pode ser ajustada pela proporção e composição dos materiais adicionados na compostagem, bem como pela duração do processo, sendo que quanto mais longo, maior será o grau de humificação do composto. De acordo com Schallenger *et al.* (2011), é possível utilizar esses compostos orgânicos, levando em conta sua composição e disponibilidade de nutrientes, e atender as demandas das culturas (Quadro 4), como aquelas estabelecidas pela CQFS-RS/SC (2016). É importante destacar que os compostos orgânicos devem ser isentos de contaminações químicas e microbiológicas, sendo que os dejetos de animais que não receberam tratamento, são proibidos para o uso em hortaliças.

Esses compostos orgânicos podem ser aplicados em dose única no início do cultivo, aplicados e incorporados na linha de plantio ou sem incorporação, ou ainda, pontualmente no local de implantação da muda. No período de entressafra, no cultivo de plantas de cobertura, o composto deve ser aplicado em área total (SHALLENBERGER *et al.*, 2016), visando



#### **Quadro 4. Como é possível realizar a adubação dos cultivos com uso exclusivo de adubos orgânicos?**

A utilização de compostos orgânicos estáveis, com elevado grau de humificação, de composição nutricional e liberação dos nutrientes que atenda a demanda das culturas, podem ser aplicados em dose única na implantação do cultivo de SPDH. Compostos orgânicos industriais com diferentes características nutricionais, cuja oferta vem crescendo aceleradamente, também podem ser utilizados desde que sua composição e taxas de liberação de nutrientes atendam minimamente a demanda das plantas, sem causar acúmulos de nutrientes no solo. Além disso, os biofertilizantes apropriadamente elaborados e com composição nutricional adequada as demandas das culturas, podem ser utilizados em cobertura visando suprir as deficiências dos compostos orgânicos aplicados no momento do plantio.

uniformizar a fertilidade do solo em toda a área. Sobre a possibilidade de realizar a adubação com compostos em doses únicas no início do plantio, é possível inferir, segundo diversos autores (CANNELAS *et al.*, 2006; ROSA *et al.*, 2009; BALDOTTO & BALDOTTO, 2014), que as substâncias húmicas constituintes desses fertilizantes possuem a capacidade de regular a disponibilidade e a absorção dos nutrientes pelas plantas. Esses autores salientam que as substâncias húmicas atuam nas ATPases das plantas, na biomassa microbiana e na interface sólido/solução do solo, entre outros aspectos, proporcionando o desenvolvimento equilibrado dos cultivos.

A adubação exclusiva com composto orgânico requer alguns cuidados que se não observados podem comprometer a produção e o agrossistema, pois a mineralização dos nutrientes presentes no composto varia de acordo com o material orgânico utilizado para a elaboração do mesmo (BERNAL *et al.*, 2009). Esse aspecto pode levar ao excesso ou a deficiência de nutrientes das plantas, principalmente de N, causando impactos negativos à produção e ao ambiente (SCHALLENBERGER *et al.*, 2015; CANTÚ, 2015). Outro aspecto importante a ser observado é que os compostos orgânicos disponíveis para a adubação das lavouras apresentam, na maioria das vezes, nutrientes em concentrações e relações que não atendem diretamente a demanda das culturas. Quando se busca atender o nutriente mais demandado pela planta, normalmente o N, muitas vezes resulta na aplicação de outros nutrientes, como P e K, em dose superior ou inferior à demanda. Esse aspecto pode ocasionar problemas de ordem econômica, ambiental, fisiológica e química às plantas e ao solo. Tais riscos costumam ocorrer com o emprego de adubos orgânicos que normalmente apresentam teores de P e K superiores às demandas das hortaliças, como os compostos produzidos com cama de frangos, que apresenta, aproximadamente, 3,8% de N, 4,0% de  $P_2O_5$  e 3,5% de  $K_2O$ .

A utilização de compostos com composições diferenciadas pode ser uma alternativa para melhorar a disponibilidade dos nutrientes de acordo com a demanda das hortaliças. Segundo Schallenger *et al.* (2015) é possível obter compostos orgânicos com concentração e relação diferenciada de nutrientes por meio da compostagem de diferentes materiais, procurando atender a demanda das plantas e do solo. Destacam-se os exemplos dos compostos elaborados com crotalária, feijão de porco e resíduos de soja, que apresentam teores de N até quatro vezes maiores do os teores de P e K (SCHALLENBERGER *et al.*, 2015; CANTÚ *et al.*, 2018), permitindo uma adubação mais equilibrada dos cultivos.

Entretanto, mesmo que se produzam adubos orgânicos buscando atender as necessidades dos cultivos, sem causar o acúmulo excessivo de alguns nutrientes no solo, é difícil ajustar as doses desses adubos para atender exatamente a demanda nutricional das plantas. Dessa forma, como já salientado anteriormente, é possível propor a sua associação com outros fertilizantes, sendo possível atender com o uso do adubo orgânico o nutriente menos demandado, e o restante com aplicações em cobertura de fertilizantes minerais ou biofertilizantes, conforme recomendado pela CQFS-RS/SC (2016). Considerando que para a maioria das hortaliças o nutriente menos demandado é o P, é possível atender esse nutriente com o composto orgânico utilizando o cálculo apresentado anteriormente, e o restante do N e K que faltar pode ser complementado em cobertura com fertilizantes minerais como nitrato de potássio, ureia, entre outros. O uso de adubação organomineral resulta em diversas vantagens para o cultivo, solo e ambiente (PARÉ *et al.*, 2010). É importante destacar que as aplicações em cobertura devem, sempre que possível, serem realizadas considerando a TDA e os sinais da planta, conforme descritos por Fayad *et al.* (2016) para importantes grupos de hortaliças.

A utilização exclusiva de biofertilizantes em cobertura ou como complementação ao composto orgânico aplicado no plantio, deve ser realizada de acordo com a disponibilidade dos nutrientes, a demanda e os sinais das plantas (CQFS-RS/SC, 2016; FAYAD *et al.*, 2016). É importante destacar que a disponibilidade dos nutrientes no biofertilizante é superior à dos fertilizantes orgânicos sólidos, contudo podem variar de acordo com o material utilizado (CQFS-RS/SC, 2016). O uso de biofertilizantes pode proporcionar uma grande economia de mão de obra, por meio de sua facilidade de aplicação, que pode ser por sistema de gotejamento conforme o desenvolvimento das plantas. Contudo, deve-se ficar atento à filtragem do insumo, para evitar o comprometimento do

sistema de irrigação e o desenvolvimento das plantas.

É importante destacar que a utilização de compostos orgânicos, biofertilizantes, a associação de ambos, combinados ou não com fertilizantes sintéticos, são fundamentais para a evolução da produção em SPDH. Além disso, a utilização desses materiais, associados ou não com fertilizantes sintéticos, reduz os impactos ambientais negativos, tais como a contaminação dos mananciais pela lixiviação de nitratos e fósforo, mitigando também as emissões de gases de efeito estufa e a volatilização de amônia (CANTÚ *et al.*, 2017).

## 6. Considerações finais

A adubação orgânica é uma excelente opção como fonte de nutrientes em SPDH, no entanto, o seu uso deve ser realizado de forma controlada e utilizando critérios técnicos. O uso de compostos e biofertilizantes em SPDH possui um importante potencial para o aprimoramento desse sistema, promovendo a sua sustentabilidade ambiental e econômica. Atualmente, vem crescendo a disponibilidade de compostos industriais, possibilitando ainda mais seu uso em SPDH. Por outro lado, há necessidade de ampliar os estudos sobre a temática em diferentes regiões, para verificar o potencial de uso desses fertilizantes em distintas condições edafoclimáticas. Além disso, é necessário avançar em estudos sobre os distintos compostos e biofertilizantes produzidos, buscando conhecer mais profundamente as taxas de disponibilidade dos nutrientes e efeitos residuais. Ainda, são imprescindíveis estudos para qualificar os compostos orgânicos na sua natureza física, tal como extrusões ou peletizações, e química, por meio da mistura no pelet de nutrientes oriundos de fertilizantes minerais sintéticos e ou naturais.

## Bibliografia

- ADELI, A.; BOLSTER, C.H.; ROWE, D.E.; MCLAUGHLIN, M.R.; BRINK, G.E. Effect of long-term swine effluent application on selected soil properties. **Soil Science**, v.173, p.223-235, 2008.
- ARAUJO NETO, S.E. Plantio direto de cebolinha sobre cobertura vegetal com efeito residual da aplicação de composto orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1206-1209, 2010.
- BALDOTTO, M.A.; BALDOTTO, L.E.B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v.61, p.856-881, 2014.
- BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review: **Bioresour- ce Technology**, v.100, p. 5444-5453, 2009.
- BASSO, C.J., CERETTA, C.A., PAVINATO, P.S., SILVEIRA, M.J., Perdas de nitrogênio de dejetos líquido de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, v.34, p.1773-1778, 2004.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Métodos alternativos usados com sucesso no Brasil para o controle de doenças de plantas. In: STADNICK, M.J.; TALAMINI, V. (Eds). **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis-SC: CCA/UFSC, 2004. p. 143-157.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review: **Biore- source Technology**, v. 100, p. 5444-5453, 2009.
- CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Efeitos fisiológicos de substâncias húmicas: o estímulo às H<sup>+</sup> - ATPases. In: FERNANDES, MS. pp 175 - 200. In: **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006.
- CANTÚ, R.R. Acidificação de dejetos de suínos em compostagem automatizada: emissões gasosas de nitrogênio e resposta da alfaca à aplicação do composto no solo. Tese (Doutorado). PPGCS / Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- CANTÚ, R.R.; SCHALLERBERGER, E.; MORALES, R.G.F.; HARO, M.M.; VISCONTI, A. Dinâmica da temperatura na compostagem de resíduos da indústria do palmito, Revista Brasileira de Agroecologia: In: **Cadernos de agroecologia**, v.11, 2016.
- CANTÚ, R.R.; AITA, C.; DONEDA, A.; GIACOMINI, D.A.; DESSBESELL, A.; ARENHARDT, M.; BASTIANI, G.G.; PUJOL, S.B.; ROCHETE, F.; CHANTIGNY, M.H.; GIACO- MINI, S. Alternatives to regular urea for abating N losses in lettuce production under sub-tropical climate. **Biology and Fertility of Soils**, v.53. p.589-599, 2017
- CANTÚ, R.R.; SCHALLENBERGER, E.; MORALES, R. G.F.; HARO, M.M.; VISCONTI, A.; VALE, M.L.C. Compos- tagem automatizada de grãos residuais do Porto de São Francisco do Sul – SC. **Anais: XII Reunião Sul Bra- sileira de Ciência do Solo**, Xanxerê, 2018.
- CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CAR- VALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suple- mentação com esterco de aves na produção orgâni- ca de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.495-502, 2005.
- CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pas- tagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38:729-735, 2003.
- CERETTA, C.A.; GIROTTTO, E.; LOURENZI, C.R.; TREN- TIN, G.; VIEIRA, R.C.B.; BRUNETTO, G. Nutrient trans- fer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.139, p.689-699, 2010.
- CIANCIO, N.R.; CERETTA, C.A.; LOURENZI, C.R.; FER- REIRA, P.A.A.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; GIROTTTO, E.; BRUNETTO, G. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.912-922, 2014.
- COMIN, J.J.; LOSS, A.; DA VEIGA, M.; GUARDINI, R.; SCHMITT, D.E.; VICTORIA DE OLIVEIRA, P.A.; FILHO, P.B.; COUTO, R.R.; BENEDET, L.; MÜLLER JÚNIOR, V.; BRUNETTO, G. Physical properties and organic car- bon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Re- search**, v.51, p.459-470, 2013.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de calagem e de adubação**

**para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2016, 375p.

CORRÊA JC, NICOLOSO RS, MENEZES JFS & BENITES VM (2011) **Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais.** Concórdia, Embrapa suínos e aves. 55p. (Comunicado Técnico, 486).

EMBRAPA – Embrapa Suínos e Aves. Estatísticas/Desempenho da produção, 2018a. <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em 18/03/2019.

EMBRAPA – **Anuário leite 2018:** Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. 2018b. 116p.

FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; BERTOL, I. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH):** O cultivo das brásicas. Florianópolis: Epagri, 2016. 87p.

GIROTTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.955-965, 2010.

GIROTTTO, E.; CERETTA, C.A.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; TRENTIN, G.; BASSO, C.J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.95, p.115-131, 2013

GONZATTO, R.; MIOLA, E.C.C.; DONEDA, A.; PUJOL, S.B.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. **Ciência Rural**, v.43, p.1590-1596, 2013.

LONDONO, D.M.M. Respostas da comunidade microbiana do solo a sucessivas aplicações de ureia e dejetos suínos em solo sob plantio direto. Dissertação (mestrado). PPGA / Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; DE OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e

agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 1212-1224, 2015.

LOURENZI, C.L.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; TRENTIN, G.; GIROTTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1827-1836, 2011.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; GIROTTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; BRUNETTO, G. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.157-167, 2013.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; GIROTTTO, E.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P.A.A. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.949-958, 2014.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; LORENSINI, F.; CANCIAN, A.; STEFANELLO, L.; GIROTTTO, E.; VIEIRA, R.C.B.; FERREIRA, P.A.A.; BRUNETTO, G. **Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications.** Environmental, Monitoring and Assessment, p.187-209, 2015.

LOURENZI, C.R.; SCHERER, E.E.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P.A.A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.233-242, 2016.

LOURENZI, C.R.; LOSS, A.; COMIN, J.J.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G. Resíduos orgânicos de animais e a produtividade em SPD. **A Granja**. v.818, p.65-67. 2017.

MATTIAS, J.L.; CERETTA, C.A.; NESI, C.N.; GIROTTTO, E.; TRENTIN, E.E.; LOURENZI, C.R.; VIEIRA, R.C.B. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1445-1454, 2010.

PARÉ, MC; ALLAIRE, SE; PARENT, L; KHIARI, L. Variation in the physical properties of organo-mineral fer-



tilisers with proportion of solid pig slurry compost. **Biosystems Engineering**, v.106, p.243-249, 2010.

ROSA, C.M.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PINTO, L.F.S.; OLIVEIRA, E.S.; LEAL, O.A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.959-967, 2009.

SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J.A.; MAUCH, C.R.; TERNES, M.; PEGORARO, R.A. Comportamento de plantas de tomateiros no sistema orgânico de produção em abrigos de cultivo com telas antiinsetos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.7, p.23-29, 2008.

SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J.A.; MAUCH, C.R.; TERNES, M.; STUKER, H.; PEGORARO, R.A. Viabilização de sistema orgânico de produção de tomate por meio de abrigos de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.17, p.25-31, 2011.

SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J.A.; CANTU, R.R. Avaliação da concentração e da relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-primas. **Agropecuária Catarinense**, v.28, p.78-82, 2015.

SCHALLENBERGER, E.; CANTÚ, R.R.; MORALES, R.G.F.; HARO, M.M.; HEINZEN, J. Método e Dose de Adubação de Hortaliças com Composto Orgânico em Sistema Orgânico de Produção. **Cadernos de Agroecologia**, v.11, 2016.

SCHERER, E.E.; CORTINA, N.; MASSOTTI, Z.; PANDOLFO, C.M. **Avaliações agronômica e econômica de uma plataforma de compostagem e do composto**

**produzido**. Florianópolis: Epagri (Boletim técnico, 150), 2009. 49p.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. & MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1375-1383, 2010.

SCHERER, E.E. Efeitos de fontes de esterco e composto orgânico na produção de milho e feijão no sistema orgânico sob plantio direto. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.24, p.74-78, 2011.

SOLINO, A.J.S.; FERREIRA, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; NEGREIRO, J.R.S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, v.23, p.18-24, 2010.

SOUZA, M.; COMIN, J.J.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTOI, G.; MÜLLER JÚNIOR, V.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, p.21-27, 2013.

TAVELLA, L. B. et al. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Rev. Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 41, n p.614-618, 2010.

VISCONTI, A.; CANTÚ, R.R.; DE HARO, M.M.; MORALES, R.G.F.; SCHALLENBERGER, E. Indução de supressividade a *Sclerotium rolfsii* em alface com biofertilizantes formulados com resíduos marinhos. **Tropical Plant Pathology**, p.388, 2017.

# Promoção da saúde de planta

8. Fisiologia da produção e nutrição de plantas

9. A planta como sistema de informação ecológica

10. Rizosfera e as reações que ocorrem em seu entorno



# FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Jamil Abdalla Fayad  
Darlan Rodrigo Marchesi  
Samira Jamil Fayad

## 1. Introdução

Neste capítulo será relacionada a demanda de nutrientes ao crescimento e desenvolvimento da planta e os fatores que influenciam na sua produtividade e saúde. O aprofundamento do tema pode ser encontrado em diversas literaturas, sendo este capítulo baseado principalmente nos resultados dos trabalhos científicos desenvolvidos em SPDH nas Estações Experimentais da Epagri em Caçador e Ituporanga, nas Lavouras de Estudos (LE) e nas revisões bibliográficas em Horst Marschner, *Mineral Nutrition of Higher Plants*; Emanuel Epstein & Arnold Bloom, *Nutrição Mineral de Plantas*; Manlio Silvestre Fernandes, *Nutrição Mineral de Plantas*; Lincoln Taiz & Eduardo Zeiger, *Fisiologia Vegetal* e Walter Larscher, *Ecofisiologia vegetal*.

Ao sair do meio aquático para habitar o terrestre, por volta de 430 milhões de anos atrás, as plantas desenvolveram adaptações ao novo ambiente, modificando tanto o sistema radicular quanto a parte aérea afim de possibilitar a mineração de nutrientes, a absorção de água na nova matriz sólida e melhorar a eficiência fotossintética. Assim, aprimorando sua vocação de organismo autotrófico que produz a base alimentar da humanidade e dos animais, da macro e microbiota, incluindo a formação dos atuais solos e sua matéria orgânica. Neste período da evolução da vida na terra, a planta aumentou sua eficiência produtiva ao trocar sua liberdade de locomoção, fixando-se, ao desenvolver seu sistema radicular, mas

garantindo aos outros seres vivos sua liberdade de andar, voar e rastejar no ambiente. Este altruísmo e cooperação são partes integrantes da natureza e fortemente arraigadas nas comunidades integradas de plantas, biota, animais e homens.

Esse novo organismo é composto, de forma simplificada, por duas partes com funções específicas que habitam ambientes distintos: a parte aérea que desenvolveu as folhas como órgão dedicado ao processo fotossintético, onde a captura da luz solar e  $\text{CO}_2$  irá produzir energia química na forma de ATP e NADPH e armazenar em cadeias carbônicas de alta energia; e as raízes, que se desenvolvem no solo com a função primária de minerar nutrientes e absorver água. A comunicação e a troca de água e nutrientes entre as raízes e a parte aérea é realizada por uma rede de vasos que compõem o sistema vascular da planta. Isso possibilita o intercâmbio de compostos carbônicos energéticos e de metabólitos essenciais ao crescimento e desenvolvimento. Esta troca tende a obedecer um equilíbrio funcional onde aproximadamente 40% dos compostos carbônicos produzidos na fotossíntese chegam às raízes com a função de manutenção e crescimento radicular; absorção de íons; metabolismo; produção de exsudatos e associação com a biota na rizosfera. Já grande parte da água e nutrientes que chegam à parte aérea são absorvidos pelas raízes, porém, cada parte especializada tende a



abastecer-se primariamente com sua produção, para depois enviar a quantidade necessária a outra parte específica da planta.

A importância deste equilíbrio é significativa quando se dá ênfase somente à produtividade ou, por outro lado, à produtividade aliada à saúde da planta. Como? Obviamente quanto menor gasto de energia com o sistema radicular mais fotoassimilado sobrar para compor o órgão de interesse alimentar e, consequentemente, haverá aumento da produtividade das colheitas. Nesse aspecto reside um dos alicerces da agricultura industrial, que gera práticas como a adubação e irrigação localizada para promover a concentração do sistema radicular nesta pequena área com nutriente e água (como exemplo, uma planta de alface pode abastecer de água e nutrientes toda a planta com somente 12% do seu sistema radicular). De forma oposta, este equilíbrio deve levar em conta um sistema radicular mais extenso e profundo, elevando o potencial de absorção de água e nutrientes: condição que atenderá os eventos de altas taxas de crescimento e absorção de água e nutrientes, necessários a planta quando suas taxas de crescimento atingirem picos que exigem sua máxima capacidade para consolidação de alta produtividade e formação de tecidos íntegros. São nestes eventos que se faz necessário compatibilizar elementos de temperatura, radiação solar e de sinais de planta com a necessidade nutricional. Aqui se faz valer aquelas práticas que promovem o conforto da planta, principalmente ao minimizar o estresse ocasionado pelo excesso ou escassez de água, nutriente mineral, temperatura, salinidade, luz solar e disponibilidade de  $O_2$  a nível radicular. Estas são algumas das ênfases deste capítulo.

## 2. A fotossíntese

A conversão da energia solar em energia química de compostos orgânicos é um processo complexo em que a produtividade quântica fotossintética é influenciada por diversos fatores, como os ambientais, principalmente água, nutrientes, temperatura e luz solar, e características morfofisiológicas das espécies. O impacto destes fatores ambientais e dos mecanismos de fixação de carbono sobre a fotossíntese é de interesse agrônômico a medida que interfere na produtividade e na saúde dos cultivos.

Normalmente, a matéria fresca é composta em aproximadamente 93% de água e 7% de matéria organomineral, sendo esta constituída em mais de 90% por compostos orgânicos e o restante de minerais. A produção básica destes compostos orgânicos está fundamentada no processo fotossintético, que envolve as fases fotoquímica e bioquímica culminando com a assimilação de compostos de carbono, associada a absorção de nutrientes e água (Figura 1). No SPDH, a dinâmica dos processos fotossintéticos



**Figura 1.** A planta realizando o processo fotossintético, onde participam de forma integrada agentes bióticos e abióticos, para produzir cadeias carbônicas de alta energia.

e de absorção de água e nutrientes é compreendida como um dos eixos fundamentais para a formação de tecidos íntegros, que por sua vez promovem a saúde em plantas.

O processo fotossintético possui duas fases: a fase ou reações fotoquímicas e a fase ou reações de carboxilação. Ambas são dependentes da radiação. A fase fotoquímica ocorre nas membranas do tilacoide no cloroplasto, enquanto a fase de carboxilação ocorre no estroma do cloroplasto. Apesar destas reações ocorrerem em ambientes celulares distintos, elas são integradas e associadas aos fatores ambientais relacionados a disponibilidade de  $\text{CO}_2$ , água, nutrientes e radiação solar. Assim, de forma simplificada, a fase das reações luminosas produzirão ATP e NADPH que serão usados na fase das reações de carboxilação para assimilação e acumulação de cadeias carbônicas de alta energia (Figura 2).

Veja bem, estes processos fotossintéticos ocorrem no cloroplasto das células do mesófilo foliar. Esta organela tem características únicas, ou seja, é específica de organismos fotossintetizantes, contém material genético próprio e é composta de uma membrana chamada tilacoide que separa ambientes distintos, o estroma e o lúmen, essencial para a síntese de ATP.

Nas células do mesófilo foliar há riqueza de clorofilas do tipo “a” e “b”, pigmentos que têm picos de absorção de luz na faixa do azul ao vermelho. Além de clorofila, há outros pigmentos como os carotenoides (carotenos e xantofilas) com pico de absorção de luz na faixa do laranja. Carotenoides são acessórios na absorção de luz cujo papel principal é evitar a fotoinibição por excesso de luz e aceitar energia da clorofila *triplet* no lugar do  $\text{O}_2$ , minimizando, assim, o estresse causado pelo excesso de radiação luminosa.

Reação luminosa – produz  $\text{O}_2$ , ATP e NADPH.

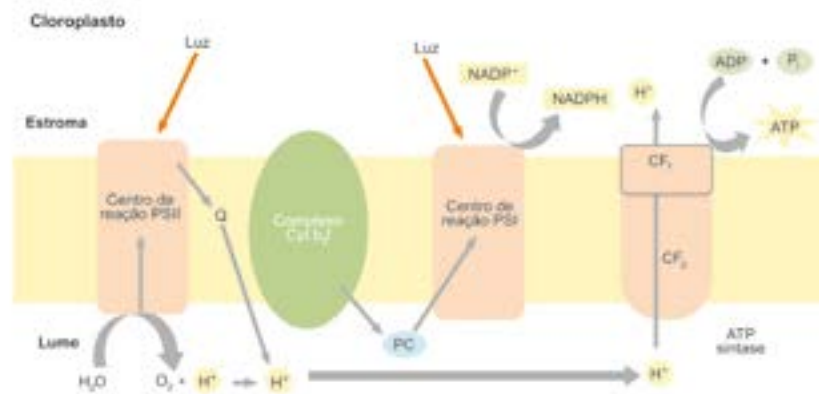


**Figura 2.** Fase ou reações fotoquímicas da fotossíntese: Fótons da radiação luminosa são captados nos complexos antenas das clorofilas e excitam os centros de reação P680 do fotossistema II e P700 fotossistema I. Elétrons são liberados a partir da  $\text{H}_2\text{O}$  e passam por transportadores até resultar na produção de ATP e NADPH. Os principais complexos de proteínas são o fotossistema II e I, complexo do citocromo  $b_6f$  e a ATP sintase.

Desde o recebimento do fóton luminoso pelas clorofilas até a formação de compostos energéticos há a participação de nutrientes minerais como Mg, Fe, Mn, Cl, P, Zn, Cu, S e N que compõem o complexo. O fóton capturado pelas clorofilas é transferido por ressonância, processo que possui elevada eficiência quântica entre as moléculas de clorofila que formam o complexo antena e conduzem até o centro de reação dos fotossistemas II e I, localizados nas membranas do tilacoide e acompanhadas por conjunto de proteínas de transferência dos elétrons.

A fotólise da água ocorre na presença do Cl e Mn, sendo que a água libera oxigênio ( $\text{O}_2$ ), próton ( $\text{H}^+$ ) e elétron ( $e^-$ ). A partir desse momento, um notável e complexo mecanismo de transferência fará a condução do elétron do fotossistema II até o fotossistema I para que ocorra a sua acepção final e a formação de um composto de elevada energia, o NADPH. Simultaneamente, um segundo composto de elevada energia, o ATP, é formado no lúmen do cloroplasto, sendo que um próton proveniente da hidrólise da água e outro vindo do estroma constituirão um gradiente eletroquímico distinto entre o estroma e lúmen, necessário para funcionamento da ATPsintase – este é um processo

de fotofosforilação acoplada à transferência de elétrons. Já a passagem de prótons de volta para o estroma pela ATP sintase gera ATP a partir de ADP e Pi, e limitações destes podem paralisar o transporte de elétrons. Dessa forma, condições ambientais estressantes que reduzam o consumo de ATP ocasionam problemas na produtividade e na saúde da planta. Outras condições estressantes presentes no ambiente agrícola são aquelas relacionadas à escassez e excesso de nutrientes, temperatura abaixo e acima da faixa adequada e a falta e excesso de água.

Os nutrientes possuem papéis-chave na planta, sua falta ou excesso ocasionarão estresses nutricionais, comprometendo o desenvolvimento saudável da planta. Eles exercem funções de oxirredução, são componentes de compostos orgânicos, participam no armazenamento de energia, na osmorregulação, nas reações de transferência de elétrons e nas estruturas vegetais, como cofator enzimático. Por exemplo, enquanto o N e S participam da formação dos complexos proteicos II e I, o Fe, S e Cu participam do complexo de transferência de elétrons da plastoquinona, citocromo e ferredoxina. Já na formação final do ATP e NADPH há participação do Mg, Cu, Zn, P e Fe. Assim podemos inferir que na escassez de qualquer um destes minerais haverá diminuição na taxa fotossintética da fase luminosa comprometendo a fase escura da fotossíntese, quando ocorre a fixação de carbono. Logo, aspectos ambientais relacionados a radiação solar, temperatura, água e nutrientes exercem grande influência no balanço fotossintético. Assim, a definição do período mais adequado ao cultivo resulta em plantas com melhor rendimento e saúde, visto que posicionam cultivos em momentos favoráveis.

Acoplada à fase luminosa, há fase escura da fotossíntese, conhecida como Ciclo de Calvin-Benson, onde ocorre a redução do  $\text{CO}_2$  a carboidratos, com o consumo de ATP e NADPH. O primeiro produto estável formado possui três carbonos, conhecido como triose, que será utilizado na formação de cadeias carbônicas de alta energia. Esse ciclo é composto por três etapas: de carboxilação, redução e regeneração da RuBP, que consome duas moléculas de NADPH e três

de ATP para cada  $\text{CO}_2$  fixado. A enzima Rubisco é chave nesse processo, sendo que evolutivamente realiza reações de carboxilação (fixação de C) ou oxigenação (fixação de  $\text{O}_2$ ) aos esqueletos de carbono.

O armazenamento de energia na forma de carbono ocorre principalmente como sacarose e amido. A sacarose é a principal forma transportável de carbono entre células fonte (local de produção de fotoassimilados) e células dreno (local de consumo ou armazenamento de fotoassimilados) e condições que geram acúmulo deste açúcar indicam redução da capacidade de consumo dos drenos. Já a síntese de amido ocorre sob condições em que a taxa fotossintética excede a exportação de sacarose. Isso ocorre em duas condições: quando há excesso de radiação luminosa, especialmente a partir do meio dia, e redução de dreno. Neste caso a inibição da síntese da sacarose gera o acúmulo de amido para permitir que o processo fotossintético seja mantido. Esse amido é quebrado durante a noite e convertido a sacarose no citossol para exportação, ou consumido no processo de glicólise para formação de outros compostos ou para produção de energia (respiração).

Os carboidratos produzidos na fotossíntese são utilizados no suprimento de esqueletos de carbono para reações biossintéticas e para o armazenamento de energia, a qual é liberada durante a quebra dos carboidratos no processo de respiração via ATP. A respiração envolve a glicólise, o ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de elétrons. O ciclo de Krebs também é importante por produzir os ácidos orgânicos, em especial  $\alpha$ -cetoglutarato, esqueleto de carbono utilizado na assimilação de nitrogênio. Na cadeia transportadora de elétrons, semelhante ao que ocorre na fotossíntese, os elétrons acumulados na forma de NADH e  $\text{FADH}_2$  são transferidos até o complexo que origina a redução do oxigênio, formando água ao mesmo tempo que ocorre transferência de prótons para a matriz mitocondrial, originando um gradiente de potencial eletroquímico necessário para o funcionamento da enzima ATPsintase, cujo acoplamento do ADP ao Pi resulta na formação de ATP. Cerca de mais da metade da produtividade fotossintética diária das plantas pode passar

pela respiração, sendo determinada por fatores como a idade do tecido, concentração de oxigênio e temperatura. Em situações de estresses, principalmente de temperatura e água, a respiração terá que transformar fotoassimilados em mais ATP, ou seja, gastar mais energia para reparar danos.

Acoplado ao metabolismo primário está o secundário, cujas rotas metabólicas têm a habilidade de sintetizar moléculas fundamentais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Os minerais serão incorporados a estes compostos orgânicos para formar açúcares, amidos, aminoácidos, aldeídos, ácidos, enzimas, hormônios, proteínas, celuloses, entre outros, que formarão tecidos e substâncias básicas para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

### 3. As relações fonte-dreno

A atividade fotossintética e respiratória condiciona a produção de fitomassa e a capacidade de dreno das plantas. Da mesma forma, em sentido contrário, a condição de consumo e uso de fotoassimilados modula a função fonte. O maior crescimento e formação de biomassa fotossintetizante (fonte), ampliam a área de captação de luz e favorecem a atividade fotossintética. Essa maior capacidade produtiva de substratos é utilizada para a produção de nova biomassa (dreno). Assim, o balanço de acúmulo energético e a adequação com o consumo são realizados de forma dinâmica e periódica pelas plantas. Como exemplo, a maior produção de açúcares estimula a diferenciação celular para ampliar o número de sementes e frutos, sendo que estes órgãos consumidores, por sua vez, demandam maior atividade fotossintética.

Diferentes órgãos das plantas funcionam como dreno ou fonte de acordo com determinadas condições de desenvolvimento do vegetal. Há conversões de dreno em fonte e vice-versa, por exemplo, como em folhas que na fase inicial de crescimento atuam como drenos e quando atingem cerca de 2/3 do seu tamanho final passam a atuar positivamente na assimilação de

carbono, sendo fontes. O mesmo ocorre com órgãos acumuladores de reservas como sementes e raízes tuberosas.

Além de transportar fotoassimilados, pelo floema também circulam água, compostos nitrogenados reduzidos, fitohormônios, minerais, proteínas, RNAs. O movimento é bidirecional, porém, dentro de cada vaso individualmente é unidirecional, sendo modulável ao longo do tempo, de acordo com o desenvolvimento dos órgãos e posicionamento das fontes e drenos.

O carregamento do floema utiliza mecanismo simporte, onde a sacarose acompanhada do próton é transportada do apoplasto para o interior da célula companheira. Nesse processo, há gasto de energia na forma de ATP, utilizado para manter o gradiente eletroquímico. As conexões que formam o "*continuum celular*", conhecido como plasmodesmos, realizam a transferência dos açúcares para o elemento de tubo crivado. Com isso, o potencial osmótico gerado pela sacarose depositada no floema torna-se mais negativo, originando movimento da água do xilema para o floema. Essa pressão osmótica criada entre a porção do floema que se localiza mais próxima da fonte em relação ao dreno é a força motriz necessária para o transporte passivo da região do floema.

Para que o descarregamento do floema ocorra é necessário que seja mantido um gradiente de concentração. O consumo rápido de sacarose pelas células dreno, utilizando os compostos transportados no crescimento, produção de amido, respiração e metabolismo secundário geram um gradiente de concentração para que haja o rápido descarregamento do floema. Quanto maior a diferença de pressão existente entre as regiões do floema próximas ao dreno e à fonte, mais rápido o fluxo de descarregamento. Toda vez que há algum distúrbio nesse mecanismo de descarregamento os efeitos são percebidos e se verificam quedas nas taxas fotossintéticas e de respiração. Estes distúrbios podem ser ocasionados pela retirada de porções da planta que estejam funcionando como



drenos fortes, determinam menor divisão celular e crescimento, como o déficit hídrico.

A ocorrência de estresses comumente está associada ao menor consumo de carboidratos no dreno, como a redução de crescimento, que reduz a velocidade de transporte no floema. É importante que essa velocidade no floema ocorra de forma intensa, visto que a diminuição resulta em acúmulo de sacarose em células-fonte, sinalizando uma inibição por resposta da fase bioquímica da fotossíntese. O acúmulo de açúcares fosfatados intermediários diminui o teor de Pi livre e sinaliza para a planta como se houvesse deficiência de P, visto muitas vezes pelo arroxamento de tecidos pelo acúmulo de antocianinas na tentativa de proteger o aparato fotossintético do excesso de radiação.

De certa forma a rota de compostos que tramitam da fonte para o dreno segue regras de proximidade dos órgãos, grau de desenvolvimento, presença e abundância de conexões vasculares e flexibilidade na modificação de rotas. Assim, normalmente um dreno é suprido de fotoassimilados pelas fontes próximas, apesar de ser possível o transporte entre órgãos distantes. Exemplificando, folhas apicais suprem as gemas apicais vegetativas e as folhas basais suprem principalmente as raízes. Porém, estas relações fonte-dreno da planta têm flexibilidade e são continuamente modificadas com o desenvolvimento.

Esse é um conceito aplicado ao SPDH, visto que para maximizar rendimentos e obter indivíduos saudáveis busca-se continuamente formar tecidos íntegros. Dessa forma, minimizar a retranslocação de nutrientes, principalmente nitrogênio de folhas mais maduras (fontes), porém, bem iluminadas e posicionadas na planta, para as folhas mais novas (drenos fortes) pode colaborar para o objetivo de promover saúde em plantas. Esse princípio é aplicado tanto em plantas herbáceas com ciclo anual, quanto em plantas lenhosas, cuja menor retranslocação no ciclo anterior pode promover melhor brotação no ciclo vegetativo seguinte.

#### **4. Ambiente natural de cultivo e condições estressantes**

Há um balanço entre a produção de energia química na forma de ATP e NADPH e seu consumo na assimilação do CO<sub>2</sub>, no ciclo de Calvin-Benson. Este equilíbrio ocorre com a absorção do fóton de luz pelas antenas dos complexos PSII e PSI, onde energia na forma de elétrons percorre os dois sistemas gerando uma quantidade de energia química que é consumida pela capacidade da planta em formar cadeias carbônicas, conhecidas como triose. A produção de elétrons em excesso formará radicais livres na forma de espécies tóxicas de oxigênio, como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e <sup>1</sup>O<sub>2</sub>, que causarão danos, destruindo o PSII e exigindo contínuo reparo ao sistema, com alto custo energético. Tal evento, conhecido por fotoinibição, torna-se mais severo quando associado a outros estresses como o nutricional, salino, hídrico e temperatura. Geralmente na condição de campo as plantas sofrem estresses múltiplos principalmente por eventos que prejudicam o balanço hídrico e, como consequência, o fechamento de estômatos que reduz a entrada de CO<sub>2</sub> para abastecer o ciclo da triose, diminuindo o consumo de ATP e NADPH. Com o baixo consumo desta energia, há o acúmulo de elétrons e, consequentemente, a formação de mais radicais livres.

Nos cultivos das hortaliças é comum os estresses nutricionais ocorrerem pelo elevado pH e excesso de alguns nutrientes no solo, como o K e o H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, fatores estes que indisponibilizam e dificultam a absorção de outros nutrientes como o Ca, Mg, Cu, Mn e Zn. O uso de altas quantidades de adubo químico e esterco de ave e suíno na linha de plantio das mudas também ocasionam a salinização temporária e o excesso de alguns nutrientes, como N, P, K e microelementos como Zn e Cu. Situações que colaboram, por um lado, com crescimento rápido da planta pela disponibilidade farta de N, P e K e, por outro lado, a absorção menor de outros nutrientes como Ca, B, Zn, Cu, Mg, Mn e Fe. Estes quadros de estresse nutricional colaboram com a formação de tecidos incompletos, flácidos e podem prejudicar a produtividade e a saúde da planta.



Os quadros de desconfortos para a planta, conhecidos como estresse, dificultam as expressões das suas potencialidades com saúde, uma vez que esta depende da minimização das condições estressantes, ou seja, de proporcionar conforto a ela. É importante salientarmos que alguns estresses podem ser benéficos, como o hídrico e o de luminosidade às mudas antes do plantio ou o hídrico logo após o “pegamento” da muda no campo. Alguns sintomas destes estresses podem ocasionar confusão na interpretação da expressão sintomatológica.

## 5. Alguns aspectos da absorção de nutrientes minerais

A eficiência na obtenção de todos os elementos minerais essenciais do solo pela planta depende das raízes receberem fotoassimilados da parte aérea para serem convertidos em ATP nas mitocôndrias das células do sistema radicular, pelo processo respiratório. A absorção de nutrientes é um processo “morro acima”, isto é, com gasto de energia, uma vez que esse sai do meio menos concentrado para o mais concentrado, contra um gradiente de potencial eletroquímico. Esta energia é consumida pela ATPase que é uma bomba extrusora de prótons que atravessa a membrana plasmática para criar um diferencial de potencial hidrogênio iônico entre o interior celular e seu exterior, o apoplasto. Este potencial de membrana pressiona o fluxo do  $H^+$  para dentro da célula conjuntamente com um nutriente mineral por meio das diversas proteínas transportadoras contidas na membrana. Esta condição primária de potencial de membrana é a energia propulsora para a entrada dos minerais da solução do solo para o citossol que é um ambiente de maior concentração. A bomba iônica de extrusão de prótons é o mecanismo central no processo de nutrição mineral de plantas e vale lembrar que este evento é dependente da presença de oxigênio em nível radicular para efetivar a respiração. Portanto, a maior velocidade de difusão do  $O_2$  pela matriz sólida depende da estrutura grumosa do solo desde sua superfície para garantir todo o potencial celular de absorção, primordialmente

nos eventos de maior taxa fotossintética, de crescimento e, conseqüentemente, de maiores taxas de absorção de nutrientes.

Outra situação que pode levar à falta de alguns nutrientes em nível celular é aquela ocasionada pela alta concentração de um nutriente no solo, impondo maior proximidade física frente à proteína transportadora em relação aos demais elementos que ficam diluídos, modificando a proporcionalidade entre elementos e diminuindo a probabilidade de serem absorvidos. Um exemplo clássico nos cultivos de hortaliças no sistema convencional é a alta concentração de potássio no solo ocasionado pela excessiva adubação com dejetos orgânicos e químicos que dificultam, principalmente, a absorção de cálcio e magnésio. Este excesso de elemento com carga positiva faz com que a planta absorva íon negativo numa tentativa de realizar o “equilíbrio elétrico” ou “neutralidade de carga”, que nada mais é que tentar absorver a mesma quantidade de cargas negativas e positivas. Este exemplo de excesso de potássio no solo apresenta duplo problema: um ao receber esta carga positiva em detrimento de outras cargas positivas como do cálcio e magnésio e, outro, ocasionado pela sua imposição física sobre a proteína transportadora, dificultando a aproximação de outros nutrientes. Veja só, neste exemplo, a falta de  $Ca^{2+}$  provoca o fundo preto nos frutos do tomateiro e melancia, quadro que pode ser ainda mais prejudicial ao realizar adubação de N na forma amoniacal ( $NH_4^+$ ). Neste caso a opção é adubar com N na forma nítrica ( $NO_3^-$ ) para equilíbrio de carga e facilitar a absorção de cálcio e magnésio. É comum que o excesso de potássio ocasione sintomas de deficiência de magnésio nas folhas mais velhas dos vegetais, fato mais frequente de ser observado no cultivo do tomateiro. Entre outros exemplos de relações entre nutrientes podemos citar o excesso de P e a sobre calagem. Nesta condição o P se liga, principalmente, com o Zn, Cu, Fe e Mn, formando compostos inaproveitáveis, semelhante ao que ocorre na sobre calagem, normalmente na camada até 10 cm, que faz “desaparecer” alguns nutrientes na forma de compostos indisponíveis para a planta, como o Zn, Cu, Fe, Mn e P.

## 6. Dinâmica de crescimento e acúmulo de nutrientes

A dinâmica de acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes ao longo do ciclo cultural e sua partição entre os diversos órgãos da planta está relacionada à fotossíntese, sendo a água, os nutrientes, a energia solar, a temperatura e o sistema de cultivo alguns dos fatores abióticos que mais influem nesta dinâmica. Foram realizados experimentos com a finalidade de conhecer a dinâmica de crescimento e de absorção de nutrientes do tomateiro, brócolis, chuchu, moranga híbrida, pimentão, cebola, mandioquinha-salsa e morango. Serão apresentados os resultados dos trabalhos com o tomateiro na perspectiva de compreender esta dinâmica que se repete com as muitas outras hortaliças. Foram realizados três experimentos sendo o primeiro com a cv. Sta Clara, de hábito de crescimento indeterminado; o segundo com o EF50 de crescimento determinado (Fayad *et al.*, 2002) e, por último, com a cv. Carmem de hábito indeterminado. Os dois primeiros foram cultivados no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na safra de 1997, e o último na EECaçador, na safra de 1999. Este último experimento foi conduzido no sistema de plantio direto, verticalizado, no espaçamento de 1,5 x 0,5 m, fertirrigado por gotejo e produziu o total de 547 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca, chegando a obter a taxa máxima de 7,6 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> aos 74 dias após plantio (DAP). A distribuição da biomassa total, aos 120 DAP, foi de 23% para folhas, 9% para caule, 3% para cacho floral e 65% para frutos. No segundo experimento, com o cv. EF50, que foi conduzido em abrigo com cobertura plástica, verticalizado e fertirrigado por gotejo, produziu 398 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca aos 135 DAP, sendo distribuídos 25% nas folhas, 5% no caule, 2% nos cachos e 68% nos frutos. Já o primeiro experimento foi conduzido em cerca cruzada e irrigado por sulco, produziu o total de 406 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca, com 33% na folha, 14% no caule, 2% nos cachos florais e 51% nos frutos. É possível inferir que a

planta do Sta clara é mais vigorosa, com mais folha e caule que as demais, porém, o EF50 e o Carmem alocaram maior percentual do total de matéria seca nos frutos, de 68% e 65%, respectivamente. As taxas diárias de acúmulo de matéria seca (G) do tomateiro cv. Carmem iniciou com 0,7 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> chegando à primeira semana com 5,8 g planta<sup>-1</sup> e G de 0,94 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, no início da frutificação aos 45 DAP com 99,4 g planta<sup>-1</sup> e G de 4,6 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> e atingindo o máximo aos 74 DAP com 288 g planta<sup>-1</sup> e G de 7,6 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, baixando para o ganho diário por planta com 5,1 g no início da segunda colheita de frutos e o mínimo de 2,5 g dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> no final do ciclo da planta aos 120 DAP.

Com estes resultados podem-se definir três fases de intensidade de taxa de crescimento ao longo do ciclo cultural, sendo a primeira até o início da frutificação, aproximadamente aos 40 DAP, quando a planta apresenta taxas diárias de acúmulo menores, passando por período de intenso acúmulo dos 45 a aproximadamente 100 DAP, sendo que ao final deste período vai até a primeira, podendo chegar a segunda colheita de frutos, seguido pela tendência de diminuição dos acúmulo diários de biomassa até a última colheita, aos 120 DAP (Figura 3).

A estabilização do crescimento dos órgãos da planta, assim como a colheita de frutos, diminuiu a força do dreno, com consequente diminuição no incremento de biomassa e nutrientes, alterando o padrão das taxas de absorção (LAMBERS *et al.*, 1989). Ao mesmo tempo a planta apresentou uma dinâmica de acúmulo de nutrientes semelhante a da matéria seca, como é o caso do nitrogênio que acumulou na primeira semana 177 mg planta<sup>-1</sup> e apresentou no sétimo dia de idade taxa diária de absorção (TDA) de 29 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, aos 45 DAP o conteúdo de 2798 g planta<sup>-1</sup> e TDA de 122 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> e aos 74 DAP de 7593 g planta<sup>-1</sup> e TDA de 189 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>. Neste evento podemos observar correlação positiva entre acúmulo de matéria seca e absorção do nitrogênio e para todos os outros nove nutrientes determinados neste trabalho seguiu-se o mesmo padrão,

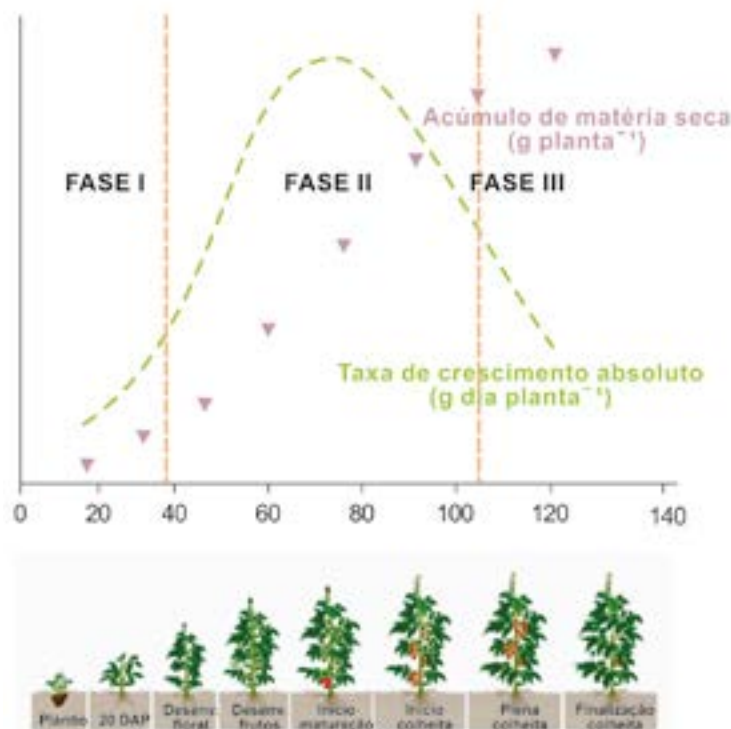


**Figura 3.** Fases de crescimento e desenvolvimento do tomateiro ao longo do ciclo cultural.

**Quadro 1.** Consumo de nutrientes e produção de matéria seca em relação ao conteúdo total ao longo do ciclo da cultura do tomateiro, cv. Carmem (1999).

| Nutrientes e Matéria Seca (%) |      |     |      |      |     |     |      |      |     |      |     |
|-------------------------------|------|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|
| Dias                          | MS   | N   | P    | K    | Ca  | Mg  | Fe   | Mn   | Zn  | Cu   | B   |
| 7                             | 1,1  | 4,4 | 4,1  | 3,3  | 4,1 | 5,6 | 7,2  | 3,4  | 5,3 | 1,4  | 4,0 |
| 14                            | 1,5  | 1,7 | 1,8  | 1,6  | 1,4 | 1,9 | 1,6  | 1,8  | 1,8 | 0,7  | 1,5 |
| 21                            | 2,1  | 2,2 | 2,5  | 2,3  | 1,9 | 2,5 | 2,0  | 2,6  | 2,3 | 1,0  | 2,2 |
| 28                            | 2,8  | 2,9 | 3,5  | 3,2  | 2,5 | 3,2 | 2,4  | 3,7  | 3,0 | 1,5  | 2,8 |
| 35                            | 3,8  | 3,9 | 4,7  | 4,5  | 3,3 | 4,1 | 2,9  | 5,2  | 3,8 | 2,1  | 3,6 |
| 42                            | 4,9  | 4,9 | 6,0  | 6,0  | 4,2 | 5,1 | 3,4  | 6,9  | 4,8 | 3,0  | 5,1 |
| 49                            | 6,2  | 6,0 | 7,5  | 7,7  | 5,2 | 6,1 | 4,0  | 8,7  | 5,8 | 4,1  | 6,2 |
| 56                            | 7,5  | 7,3 | 8,8  | 9,2  | 6,3 | 7,2 | 4,7  | 10,2 | 6,8 | 5,6  | 7,3 |
| 63                            | 8,8  | 8,2 | 9,7  | 10,3 | 7,4 | 8,0 | 5,4  | 11,0 | 7,7 | 7,2  | 7,6 |
| 70                            | 9,6  | 9,0 | 10,0 | 10,6 | 8,3 | 8,6 | 6,2  | 10,8 | 8,4 | 8,9  | 8,2 |
| 77                            | 10,0 | 9,3 | 9,6  | 10,1 | 8,9 | 8,7 | 6,9  | 9,7  | 8,8 | 10,3 | 9,1 |
| 84                            | 9,7  | 9,0 | 8,6  | 8,9  | 9,2 | 8,5 | 7,6  | 8,0  | 8,7 | 11,1 | 9,3 |
| 91                            | 8,9  | 8,3 | 7,2  | 7,3  | 9,0 | 7,9 | 8,3  | 6,2  | 8,3 | 11,1 | 9,4 |
| 98                            | 7,7  | 7,3 | 5,7  | 5,6  | 8,4 | 7,0 | 8,8  | 4,6  | 7,5 | 10,2 | 8,5 |
| 105                           | 6,3  | 6,2 | 4,4  | 4,2  | 7,5 | 6,0 | 9,1  | 3,2  | 6,5 | 8,8  | 6,1 |
| 112                           | 5,0  | 5,0 | 3,3  | 3,0  | 6,4 | 5,0 | 9,2  | 2,2  | 5,5 | 7,1  | 4,8 |
| 120                           | 4,3  | 4,4 | 2,7  | 2,3  | 6,0 | 4,5 | 10,4 | 1,7  | 5,1 | 5,2  | 4,3 |

como pode ser observado no Quadro 1 e na Figura 4, onde os resultados quantitativos são transformados em percentual do total produzido e absorvido. Como exemplo podemos observar a 11ª semana após o plantio, onde concentram-se as maiores taxas de produção de matéria seca e de absorção dos dez nutrientes determinados, em que encontramos uma proximidade nos valores percentuais entre MS de 10%, 9,3% do N, 9,6% do P, 10,1% do K, 8,9% do Ca, 8,7% do Mg, 6,9% do Fe, 9,7% do Mn, 8,8% do Zn, 10,3% do Cu e 9,1% do B, padrão que se repete em todas as outras semanas.

Ao verificar os resultados contidos nas Figuras 5 e 6, respectivamente da moranga híbrida e da cebola, identificamos semelhança na dinâmica de acúmulo e das taxas de matéria seca e de nutrientes pelo tomateiro, apresentados no

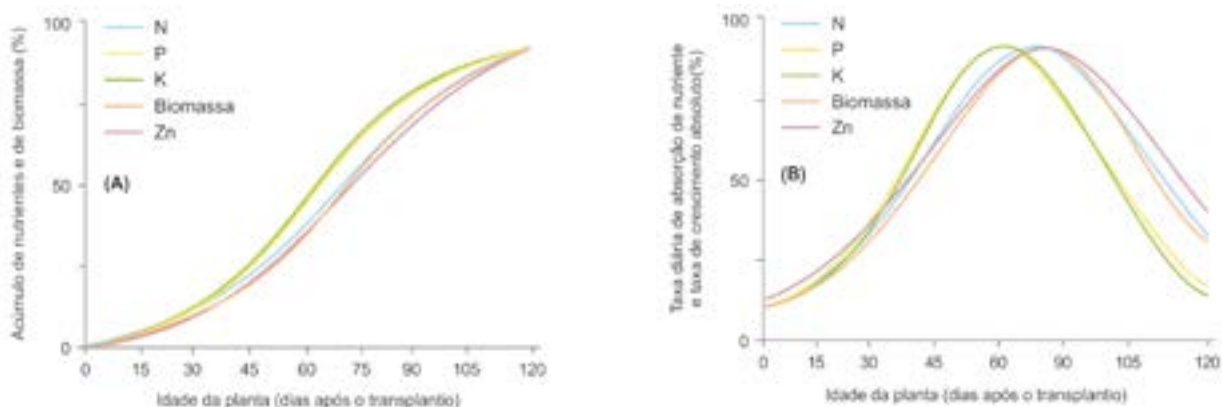


**Figura 4.** Acúmulo de nutriente e biomassa (a) e Taxa Diária de Absorção de Nutrientes pelo tomateiro e de crescimento absoluto (G) (b), cv. Carmem, EECaçador, 1999.

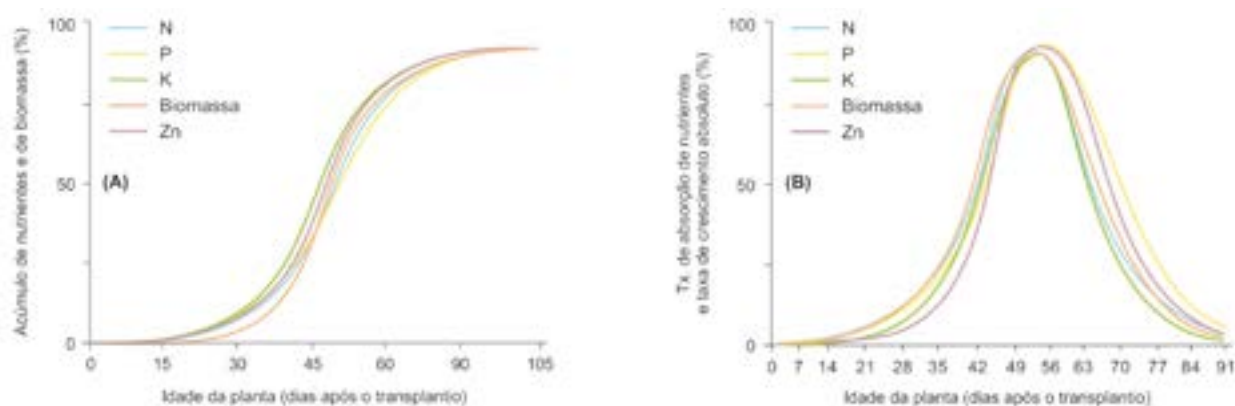


**Figura 5.** Acúmulo de nutriente e biomassa (a) e Taxa Diária de Absorção de Nutrientes e de crescimento absoluto (b), Moranga Híbrida Tetsukabuto, EECaçador, 1999.

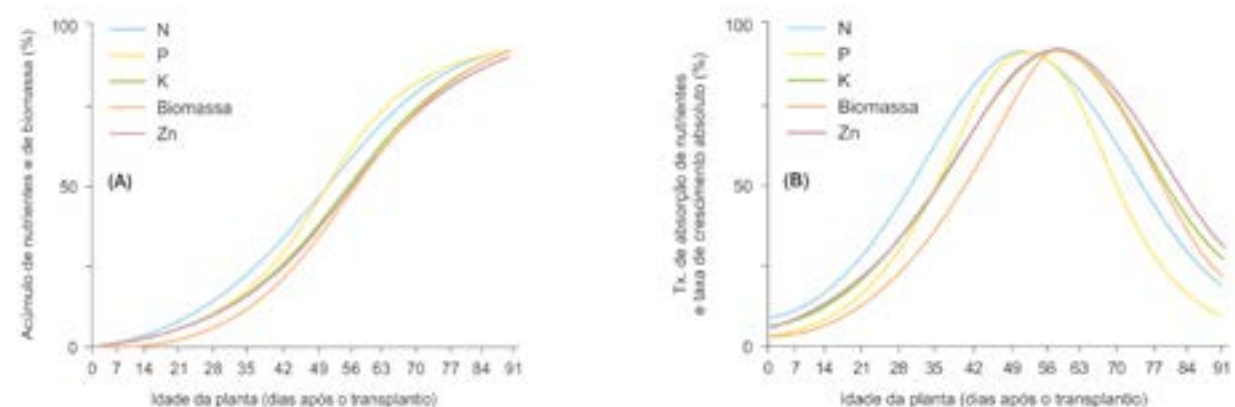


**Figura 6.** Acúmulo de nutriente e biomassa (a) e Taxa Diária de Absorção de Nutrientes e de crescimento absoluto (b), cebola cv. Crioula, EEItuporanga, 2004.

Quadro 1 e na Figura 4. O raciocínio é que a cada aumento diário de matéria seca é necessário que todos os nutrientes estejam disponíveis para a planta nas devidas quantidades e proporções e “produzir todos os dias tecido inteiro e metabolismo pleno”. Ao contrário desta necessidade apresentada pela planta,

praticam-se adubações sucessivas e excessivas de N, P e K e adição de Ca e Mg por meio da correção da acidez do solo com calcário dolomítico, somando cinco dos quatorze elementos minerais essenciais conhecidos na atualidade como necessários para promover o “funcionamento da planta”. Ao longo de vários cultivos as

plantas apresentam sintomas de deficiência de elementos minerais, ocasionado pelo pH fora da faixa ideal e pela falta ou excesso de outro nutriente. Práticas que proporcionam retranslocação em massa das folhas mais velhas às regiões de crescimento intenso, enfraquecendo tecidos para entrada de patógenos prejudiciais. A consequência desta forma de pensar e executar adubação tem produzido estresses à planta na forma de sintoma de deficiência e de suscetibilidade a doenças e pragas.

Outra observação contida no Quadro 1 é o período concentrado nas intensas taxas diárias de produção de matéria seca e absorção de nutrientes que têm suas máximas aproximadamente em torno da 11<sup>a</sup> semana. Quanto mais próximo da máxima for o período selecionado, maior será a quantidade de nutriente absorvido e de matéria seca produzida dentro do curto espaço de tempo, significando que é a fase do ciclo cultural de maior intensidade fotossintética e, portanto, de maior exigência de água, nutrientes minerais, temperatura e luz solar. É neste período que a produtividade pode ser aumentada ao minimizar estes fatores estressantes. Pode-se selecionar aleatoriamente o período de 56 aos 98 DAP e aí estará concentrado aproximadamente 62% da produção de matéria seca e 59% do N, 52% do P, 62% do K,

58% do Ca, 56% do Mg, 52% do Fe, 61% do Mn, 56% do Zn, 64% do Cu e 60% do B absorvidos do total ao longo do ciclo cultural do tomate. Portanto, este é um dos períodos que dispensa maior rigor em minimizar os eventos estressantes com luz, água, O<sub>2</sub> radicular, nutrientes e temperatura. Proporcionar conforto às plantas muitas vezes depende de trabalhos anteriores a atual safra, objetivando a maturidade do sistema com rotação de culturas, quantidade de biomassa produzida no plano de rotação, correção da acidez e fertilidade do solo, adição de adubos orgânicos, manejo das plantas e da irrigação, entre outros.

Com a taxa diária de absorção de nutrientes, contida no Quadro 1 e 2, é possível implementar programas de adubação para a cultura do tomateiro, inclusive pela irrigação por gotejamento onde usualmente aplicam-se o N, P, K e B. Em cada realidade é possível construir um programa mais adequado às necessidades das plantas e possibilidades do agricultor, mediante a utilização destes dados complementados com outras análises e conhecimento do histórico da área de plantio. É preciso que o sistema de cultivo contenha todos os nutrientes em quantidades suficientes para satisfazer as taxas de crescimento e, conseqüentemente, as taxas diárias de absorção de nutrientes.

**Quadro 2.** Quantidade de nutrientes absorvidos pela planta e alocados nos frutos ao longo do ciclo da cultura do tomateiro, cv. Carmem (1999).

| Nutriente | Extração pela planta inteira<br>(kg/ha) | Total nos frutos<br>(kg/ha) |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| N         | 324,10                                  | 213,98                      |
| P         | 41,80                                   | 27,96                       |
| K         | 378,10                                  | 268,46                      |
| Ca        | 315,40                                  | 34,88                       |
| Mg        | 52,40                                   | 16,06                       |
| Fe        | 1,18                                    | 0,54                        |
| Mn        | 2,19                                    | 0,17                        |
| Zn        | 0,50                                    | 0,19                        |
| Cu        | 9,43                                    | 0,15                        |
| B         | 0,30                                    | 0,08                        |



## **7. Nutrição da planta com base na taxa de crescimento e absorção de nutriente, ajustada pelos sinais de planta e condições climáticas**

As condições que envolveram os experimentos e as lavouras de estudos que produziram as quantidades de nitrogênio e potássio para as adubações de cobertura jamais se repetirão. Portanto, serão necessários ajustes na quantidade e na época destas recomendações. Primeiramente, vamos fazer estes ajustes considerando que as hortaliças são sensíveis, principalmente, à temperatura e à luminosidade, as quais interferem no seu crescimento, desenvolvimento e absorção de nutrientes. Veja, as taxas de produção de fotoassimilados e de absorção de nutrientes variam diariamente com a interferência destas duas condicionantes climáticas, que podem persistir por vários dias. É neste evento persistente que poderemos aumentar, diminuir e até eliminar a adubação recomendada para o período, com reflexo direto na produção e na saúde da planta. Assim, em períodos com temperaturas ótimas para a fase da cultura, associados a dias de céu limpo, portanto com muita luminosidade, haverá aumento na produção fotossintética e também da transpiração, sendo possível que a planta necessite de mais nutrientes. Por outro lado, diminuindo a fotossíntese, o que pode ocorrer em dias nublados e ainda mais com temperatura abaixo do ótimo, é possível que a planta necessite de menos nutrientes. Por que “é possível”? Há outro elemento a ser incorporado na tomada de decisão em abastecer a demanda de nutrientes pela planta. A planta expressa sinais característicos na parte aérea e radicular, principalmente na a) folha em seu tamanho, forma (ereta ou curva) e cor (intensidade e brilho); b) diferença de intensidade da cor verde entre as folhas maduras e novas; c) sinais de realocação em massa dos nutrientes das folhas baixas (saia da planta) para o dreno principal (fruto, raiz, folha, inflorescência); d) uniformidade e

tamanho das plantas e frutos e e) fase da planta (vegetativo, reprodutivo, quantidade de frutos, entre outros). Agregando os sinais de planta às condições climáticas, a decisão em alterar a adubação de cobertura recomendada na tabela fica assim: a planta apresenta diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas (sinal de planta adubada adequadamente), está florescendo e frutificando (drenos fortes que precisam de nutrientes e fotoassimilados), período ensolarado e temperatura ótima (bom para fotossíntese), indicam que a planta está “bombada”, com sua produção a todo vapor, pedindo o aumento da adubação recomendada. Nestas mesmas condições, porém, a planta não apresenta diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas (provável excesso de adubação), indica que devemos diminuir a adubação recomendada para o período. Noutra condição onde não há diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas, período nublado e temperaturas baixas para o crescimento, diminuimos em mais de 50% ou suprimimos a adubação recomendada para o período. Maiores detalhes são apresentados no Quadro 3.

No caso de interpretação errônea dos sinais da planta e da sua relação com o clima, pode haver diminuição da produtividade por falta de adubação. Caso incorra na repetição do erro em função de adubação deficitária, é provável que ocorra intensa retranslocação de nutrientes das folhas e ramos mais velhos para as folhas novas e frutos (drenos mais fortes). Por outro lado, o excesso de adubação vai ocasionar um crescimento vegetativo rápido, gerando tecidos mal formados (“móles”) e coloração verde exuberante. Ambas as situações, que devem ser evitadas, geram quadros de facilidades para a entrada de organismos prejudiciais e ataque de insetos e, como consequência, o uso de fungicidas, acaricidas e inseticidas. “Lembre-se de que pouco adianta adubar as plantas se não houver uma terra estruturada (“fofa”), construída pela biomassa, sistema radicular e atividade biológica”.

**Quadro 3.** Ajuste da quantidade de adubação de cobertura, principalmente N e K, com base na associação dos sinais da planta, condições climáticas e estoque de nutrientes no solo, para a cultura do tomate.

1.0 - Período com temperatura ótima (20 a 28°C), tempo ensolarado, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas e sem frutos: **MANTER OU AUMENTAR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

1.1 - Repetindo as condições anteriores (1.0), porém com frutos: **AUMENTAR EM 30% A ADUBAÇÃO RECOMENDADA PARA A SEMANA OU DIMINUIR;**

1.2 - Repetindo as condições anteriores (1.1), porém havendo pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DIMINUIR APROXIMADAMENTE 50% A ADUBAÇÃO RECOMENDADA PARA A SEMANA.**

2.0 - Período com temperatura ótima (20 a 28°C), tempo nublado, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas e sem frutos: **DIMINUIR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

2.1 - Repetindo as condições anteriores (2.0), porém com frutos: **MANTER A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

2.2 - Repetindo as condições anteriores (2.1), porém havendo pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **PODE-SE DIMINUIR EM MAIS DE 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA OU DEIXA-SE DE APLICAR A ADUBAÇÃO.**

3.0 - Período com temperatura baixa (16 a 19°C), tempo ensolarado, sem frutos, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas: **DIMINUIR EM 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

3.1 - Repetindo as condições anteriores (3.0), porém com frutos: **MANTER OU DIMINUIR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

3.2 - Repetindo as condições anteriores (3.1), porém com as plantas apresentando pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DIMINUIR EM MAIS DE 50% OU DEIXAR DE APLICAR A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA.**

4.0 - Período com temperaturas baixas (16 a 19°C), tempo nublado, apresenta diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas, sem frutos: **DIMINUIR EM MAIS DE 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA OU DEIXAR DE APLICAR;**

4.1 - Repetindo as condições anteriores (4.0), porém com frutos: **DIMINUIR EM ATÉ 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

4.2 - Repetindo as condições anteriores (4.1), porém com as plantas apresentando pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DEIXAR DE APLICAR A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA.**

## 8. Perspectiva e desafios

Esta caminhada coletiva que passa por prática e investigação sobre a transição da agricultura dependente para outra de base ecológica que promova saúde de planta, tem proporcionado diversos avanços importantes para a agricultura. Porém, ela se encontra na fase inicial, onde a utilização do agroquímico ainda está

presente na maioria dos cultivos das olerícolas. Nas lavouras de estudo com brássicas e cucurbitáceas, mandioquinha-salsa e cebola tem-se eliminado mais de 80% do uso de agroquímicos e no tomate tem-se chegado a mais de 60% com reflexo no custo de produção, ambiental e no aumento da produtividade. Porém, há desafios em eliminar o uso de adubos altamente solúveis, inseticida no tomate, herbicida na cebola, entre outros agroquímicos. Quais caminhos

orientarão os passos seguintes da diminuição à eliminação dos agroquímicos? Substituição de insumos químicos por orgânicos construídos especificamente para atender as demandas diárias de nutrientes da horta e aumentar o conforto do trabalho humano? Fertilizantes que agreguem compostos, organismos e substâncias promotoras de saúde desde aquelas que estimulam crescimento radicular e vegetal, possível de ser utilizado na fertirrigação e no enriquecimento da rizosfera e parte aérea? Passará pela nova composição da parede celular? Por estudos de indutores de resistência e de uma nova

calda bordalesa? Ou será pelo melhoramento genético?

Certamente passarão por diversas frentes que comporão os próximos esforços técnico-científico e popular, orientado pela promoção da saúde da planta. Esses esforços são preparatórios para ingressar com compreensão em sistemas cada vez mais complexos das fases futuras desta caminhada investigativa. Nessas, as tecnologias devem ser de fácil aceitabilidade pela agricultura familiar por sua praticidade e baixo custo.

## Bibliografia

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal-SP: FCAV-UNESP, 1988. 41p.

De KONING, A. N. M. Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regime. **Scientia Horticultural**, 45, 117-127, 1990.

De KONING, A. N. M. Development and dry matter distribution in greenhouse tomato: a quantitative approach. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Netherland, 1994.

EPSTEIN, E., BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas**. Londrina: Editora Planta, 403 p., 2006.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 432 p., 2006.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, mar. 2002.

FAYAD, J. A. Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e estufa. Viçosa, MG: UFV, 1998. 81p. Tese (Mestrado em fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1998.

FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): O cultivo do tomateiro**. Epagri, Boletim Didático 131, 87p., 2016.

FONTES, P. C. R., NAZAR, R. A., CAMPOS, J. P. Produção e rentabilidade da cultura do tomateiro afetada pela fertilização e pelo sistema de condução. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.34, n.194, p.355-365, jun.-ago. 1987.

HARVEY, M., QUILLEY, S., BEYNON, H. **Exploring the tomato**. Transformations of Nature, Society and Economy. Edgar Publishing, Cheltenham, U.K., 304p, 2002.

HEUVELINK, E. **Tomatoes**. CABI Publishing, Londres:2005, 340 p.

LANGTON, F. A., COCKSHULL, K. E. Is stem extension determined by DIF or by absolute day and night temperature? **Scientia Horticulturae** 69, 229-237, 1997.

LARSCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos-SP: Editora RiMa, 531 p., 2000.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 889 p., 1995.

MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. International Potsh Institute, Bern-Swtzerland, 687p., 1987.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 918 p., 2013.

## A PLANTA COMO SISTEMA DE INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

*Jamil Abdalla Fayad*

*Marcelo Zanella*

*Darlan Rodrigo Marchesi*

*Vilmar Müller Jr.*

### 1. A natureza evoluiu do simples para o complexo

O processo de formação da Terra conta com aproximadamente 4,5 bilhões de anos, com o surgimento da vida há 3,7 bilhões de anos. Os primeiros organismos que realizavam fotossíntese de forma rudimentar, conhecidos como cianobactérias, dominaram os meios aquáticos e iniciaram o consumo do CO<sub>2</sub>, dando início à liberação do oxigênio, e levando à formação da camada de ozônio e aos 21% de O<sub>2</sub> na atmosfera. Isso possibilitou a proteção dos seres vivos contra os raios UV e o surgimento de novas formas de vida. Um dos maiores eventos da evolução dos organismos da Terra foi a colonização do ambiente terrestre pelas plantas há 430 milhões de anos, facilitada pela associação das plantas com microorganismos, especialmente fungos. No ambiente terrestre a eficiência fotossintética aumentou e desenvolveram-se os sistemas radiculares e vasculares, levando a formação de florestas altas e densas que no período carbonífero depositaram matéria orgânica na forma de carvão ou petróleo. A partir deste período a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera chegou a cifra de 0,16%, permitindo que outros seres aparecessem e desenvolvessem relações cada vez mais intensas e complexas com os demais organismos num verdadeiro sistema de cooperação e facilitação com trocas de

energia e de materiais como nutrientes minerais, hormônios, enzimas, açúcares, proteínas, amidas, álcool, aldeído, entre outros. A evolução das plantas no meio terrestre chega às angiospermas há 90 milhões de anos para aumentar a biodiversidade e a complexidade nas relações entre vegetais e animais. Sim, nesta evolução encontramos relações de exploração, competição, dominação e individualismo em meio a formas hegemônicas de cooperação, coletivismo e facilitação. No manejo dos sistemas em bases ecológicas, é compreensível utilizar de meios que promovam os organismos simbióticos, facilitadores, cooperadores e promotores da biodiversidade. Assim, o homem integra esta comunidade produtiva de alimentos com a visão altruísta e cooperativa, compondo o conceito contemporâneo de desenvolvimento sustentável ou socioecológico.

Na busca de parte da compreensão desta complexa relação dos vegetais com os fatores ambientais é que os sinais, aparência e arquitetura da planta, colaboram em desvelar as causas das reações dos vegetais aos fatores abióticos. Residindo aí a possibilidade de interferir no manejo dos cultivos de forma rápida e precisa, para evitar e minimizar fatores estressantes com o objetivo de promover o seu conforto, expressão produtiva e saúde.

## 2. Dialogando sob o ponto de vista da transição ecológica

As plantas são organismos que devem continuamente adaptar o seu crescimento e desenvolvimento ao ambiente local, sendo seu desenvolvimento contínuo durante todo o seu ciclo de vida, diferente dos animais que organicamente quase completam seu desenvolvimento na embriogênese. O crescimento e o desenvolvimento vegetal ocorrem com a interferência de fatores internos e externos, sendo que dos internos há predominância dos fitohormônios e do genoma. Por outro lado, uma série de fatores ambientais interferem neste processo como a duração do dia, a radiação solar, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, água e as condições edáficas. Conhecemos pouco sobre seu desenvolvimento em ambiente natural devido à complexidade dos estímulos e da diversidade de reação desses organismos. Estes fatores podem agir isoladamente ou nas suas diversas combinações interferindo no tamanho das folhas e do sistema radicular, na cor da folha, na indução floral, na uniformidade das plantas, no tamanho dos frutos, raízes e tubérculos, no desenho geométrico do corpo da planta, na diferença da tonalidade do verde entre as folhas novas e velhas, planta com folha arqueada ou ereta, no padrão de tamanho de planta e da intensidade da cor verde, na pigmentação verde ou amarelada das folhas mais velhas, entre outros sinais desta interação. Portanto, a planta nos oferece um sistema de leitura que traduz como estes organismos percebem as condições do ambiente e integram informações na forma de sinais, que podem ser interpretados por profissionais experientes com o objetivo de melhorar o manejo cultural e, com isso, colaborar com a promoção da saúde da planta.

No esforço de compreender a complexa relação planta-ambiente e promover a sua saúde é que trataremos sobre as possíveis interpretações dos sinais visuais que compõem o conjunto de instrumentos utilizados para manejar, principalmente, a nutrição mineral e o trato fitotécnico. Tradicionalmente, o sintoma mais amplamente

descrito tem sido a análise visual da deficiência e excesso de nutrientes minerais, dos distúrbios fisiológicos que ocorrem principalmente em flores, frutos e folhas nas diversas culturas, assim como a análise visual da condição edáfica e radicular pelo método do perfil cultural do solo. Podemos encontrar uma farta bibliografia sobre a sintomatologia dos sais minerais faltantes na forma de chaves de identificação geral e particular, como para o tomate, cebola, alho, cucurbitáceas entre outras. O mesmo pode ser encontrado para descrição de sintomas de distúrbios fisiológicos, como a queda de flores em solanáceas e cucurbitáceas, fundo preto em melancia, tomate e moranga cabutiá, e lóculo aberto, ombro amarelo e micro rachadura do fruto do tomate.

A necessidade de nutrientes das hortaliças tem sido determinada com base na taxa diária de absorção de nutrientes (TDA) que fornece sua quantidade e época ao longo do ciclo cultural. Aquelas condições em que foram determinadas a TDA e complementadas com outras experimentações jamais se repetirão, sendo necessário realizar ajustes nos dados da tabela nas suas quantidades e épocas da adubação de cobertura para ser aplicado na nova plantação. O conjunto dos instrumentos utilizados para este ajuste da tabela às novas condições de cultivo são os sinais apresentados pela planta, o estoque dinâmico de nutrientes no solo e as condições climáticas, particularmente a temperatura e radiação solar.

Trataremos, portanto, da reação da planta à ação combinada dos agentes abióticos sobre sua vida diária, no meio em que vive, na forma de sinais que compõem parcela do conjunto sistêmico de informações. Tais estudos estão inseridos no contexto da agricultura familiar e do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) que tem como princípio básico a construção coletiva da transição da agricultura convencional para a agricultura ecológica. Este segmento da agricultura foi capaz de recuperar um ambiente degradado formando uma nova paisagem com bosques, corredores ecológicos, rios, matas ciliares e lavouras (Figura 1), ambiente que conspira com a transição proposta pelo SPDH.





**Figura 1.** Propriedade típica da agricultura familiar conduzida com base nos princípios do SPDH. Ela é cercada por corredores ecológicos, bosques e rios, com lavouras, poteiros e construções. No plano de rotação de culturas tem-se: áreas com couve-flor em fase de plantio, desenvolvimento e colheita, tomate em fase de colheita, áreas com adubos verdes, capineira e pastagem para gado leiteiro e chuchu. Angelina/SC, 2018.

### 3. Ecologia fisiológica das plantas cultivadas

As hortaliças anuais e bianuais cultivadas no campo aberto crescem permanentemente durante todo seu ciclo de vida, com a interferência de uma multiplicidade de agentes abióticos: água, nutrientes, temperatura, radiação solar e ambiente físico-químico do solo, como estrutura, ar, água, pH e salinidade. Estes agentes fora das condições ótimas, em deficiência ou excesso, ocasionam estresses e, conseqüentemente, desvios no padrão de crescimento e desenvolvimento das plantas. Normalmente, os estresses ocorrem de forma múltipla durante o ciclo vital da planta, sendo impossível evitá-los totalmente. Alguns destes estresses podem ser induzidos de forma planejada com o objetivo de aumentar sua rusticidade, porém, nosso foco principal é minimizar ao máximo estas condições, para que a planta resida num local agradável onde possa expressar seu máximo potencial produtivo e com saúde.

Em solos degradados (física, química e biologicamente) não se obtém boas produtividades e

em cada safra aparecem enfermidades, muitas desconhecidas dos agricultores. Nestas condições lançam mão da sobre calagem e adicionam-se grandes quantidades de adubos orgânicos e de adubos sintéticos (altamente solúveis) com o intuito de fornecer nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Muitos campos de produção estão com pH elevado, teores muito altos de P e K, outros com teores muito altos de cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn). Isso tudo contribui para dificultar a absorção de outros elementos, pois o excesso de K interfere na absorção de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Assim como elevadas quantidades de P formam compostos, principalmente,

com o zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn), deixando estes elementos em formas não disponíveis às plantas. Todavia, são essenciais para o funcionamento da fase clara da fotossíntese.

Sistemas de cultivo com essas características facilitam o aparecimento de distúrbios fitopatológicos e entomológicos, fazendo com que os agricultores, para manter índices satisfatórios de produtividade, façam uso de agrotóxicos, o que contribui para o aumento do custo de produção e a contaminação do ambiente, agricultores e dos consumidores. Estes fatos são recorrentes e, de forma equivocada, são apresentados como “normais” em campos de produção de hortaliças, mesmo em campos experimentais. Com os elevados teores de K no solo, comumente fertirrigados com doses crescentes deste nutriente, por exemplo, as plantas de tomate apresentam sintomas visíveis de deficiência de Mg nas folhas baixas, o que facilita a entrada de fungos e bactérias em condições favoráveis a estes agentes. Não raramente, há recomendações técnicas para eliminar essas folhas baixas doentes, revelando a dificuldade em compreender a causa do problema.

As propriedades físicas (ex: textura do solo), químicas (ex: capacidade de troca de íons e teores de matéria orgânica do solo (MOS)), e biológicas, (ex: atividade microbiana no solo), determinam a disponibilidade dos nutrientes às plantas bem como a suscetibilidade dos nutrientes às perdas por escoamento superficial e lixiviação. A textura do solo afeta a disponibilidade de nutrientes como o P (encontrado preferencialmente nas formas de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ ), pois, quanto mais argiloso o solo, maior é a retenção desse elemento as cargas positivas, normalmente associadas a presença de óxidos de Fe e Al na fração argila. Solos de textura argilosa e com maiores teores de matéria orgânica tendem a apresentar maiores valores de capacidade de troca de cátions (CTC), conferindo-lhe maior capacidade de adsorver (reter) nutrientes como o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , evitando processos de perdas desses elementos. Entretanto, elevados teores de MOS podem aumentar a complexação de alguns micronutrientes como o  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{2+}$ , diminuindo a disponibilidade desses elementos às plantas. Além disso, a presença de MOS aumenta os estoques de nutrientes em formas orgânicas, com destaque para o N, P e enxofre (S), possibilitando maior disponibilidade desses elementos às plantas pela ação dos microorganismos e consequente mineralização da MOS. A presença da MOS, além das funções já citadas, também favorece à estruturação do solo, auxiliando na retenção de água e na velocidade de difusão do oxigênio e, conseqüentemente, interfere na absorção de nutrientes.

O pH é fator essencial na nutrição das plantas dado a sua influência na dinâmica de disponibilidade dos nutrientes no solo. No caso da aplicação de doses excessivas de calcário, fato comum na camada 0 a 10 cm em sistemas convencionais de produção de hortaliças, pode ocorrer a elevação dos valores de pH acima daqueles considerados adequados para o bom desenvolvimento da maioria das hortaliças (pH 5,5 a 6,0). Nesse caso, ocorrem ligações do P com Ca [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] e a maioria dos microelementos metálicos ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , e  $\text{Fe}^{2+}$ ) e boro ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) terão a sua disponibilidade diminuída para as plantas. A elevação do pH do solo promove aumento das cargas negativas pH dependentes associadas aos argilominerais e MOS, aumentando a retenção dos microelementos

metálicos, e também alterando as formas com que esses elementos são encontrados em solução como as formas de hidróxidos [ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  etc.] não absorvidas pelas plantas. Em contrapartida, quando o pH do solo se apresenta em níveis abaixo do ideal para as hortaliças, ocorre aumento das cargas positivas pH dependentes, diminuindo a disponibilidade de elementos aniônicos como o P e aumentando a disponibilidade de elementos tóxicos às plantas como o  $\text{Al}^{3+}$ , o qual é neutralizado quando o pH do solo atinge valores, normalmente, maiores que 5,5.

As plantas acidófilas, como a mandioquinha-salsa e a melancia são as que suportam/toleram ou até necessitam de quantidades relativamente grandes de Mg, Mn, Zn, B, Fe, Cu etc., por outro lado precisam de menor quantidade de Ca para seu metabolismo. As plantas de ambiente de pH neutro são mais tolerantes à deficiência da maior parte dos micronutrientes, precisando de quantidades pequenas, mas são exigentes em macronutrientes. Em pH inadequado às plantas (acima ou abaixo do ideal), nutrientes essenciais podem estar ligados fortemente ou mobilizados totalmente, tornando-se deficientes ou disponibilizados em excesso, respectivamente, sendo que no segundo caso chegando a níveis de toxidez para a planta, o que pode resultar em diminuição considerável do crescimento, influenciando na produtividade e às vezes chegando ao colapso da cultura. Devemos descartar a ideia de que os micronutrientes são menos importantes que os macronutrientes, o que os diferencia é a quantidade absorvida. O N, P, K, Mg, Ca e S são tão essenciais para a nutrição da planta quanto o B, Mn, Zn, Cu, Fe, Cl e Mo, pois a deficiência de qualquer desses elementos resultará em impactos negativos nas funções vitais da planta. A título de exemplo, o Mo, que é o micronutriente requerido em menor proporção pela planta em relação aos demais, é essencial para a fixação e assimilação do N, sendo que os sintomas de deficiência de Mo são, muitas vezes, confundidos com os de N.

O diagnóstico visual foliar de carência de determinado nutriente e o seu suprimento imediato tem permitido atacar o problema em tempo para evitar a perda total de determinada safra. Porém, quando certo sintoma (sinal) aparece no corpo da planta, denota um problema que já afetou a

produção. As ações visam diminuir os efeitos negativos na sanidade da planta e na produtividade.

### **3.1. Desvendando o sistema de informação das plantas a partir dos sinais**

Propomos expor aqui a embrionária experiência de um conjunto de profissionais que trabalham como pesquisadores, extensionistas, lavoureiros, professores e universitários nestes últimos vinte anos, em lavouras de estudos e experimentos. A ideia é interpretar a reação da planta à ação combinada dos agentes abióticos sobre sua vida diária, no meio em que vive, na forma de sinais, que são padrões de arquitetura e aparência, compondo uma parcela do conjunto sistêmico de informações deste organismo. Em condições ótimas de crescimento e desenvolvimento, as plantas expressam sinais característicos de saúde. Considerando que nas condições naturais é quase impossível sua vida sem estresse e, conseqüentemente, o paradigma de saúde é algo a ser sempre perseguido. Interpretar esses sinais numa determinada cultura e desenvolver padrões de planta próximo do “ótimo” é o objetivo desta especialização. Dissemos anteriormente que focamos na minimização, ao máximo, das

condições estressantes para que a planta esteja num local que proporcione conforto, expressando seu potencial genético na produtividade e com saúde.

Iniciemos nosso olhar ao atual modo de produção hegemônico em que é comum encontrar lavouras inteiras com plantas de crescimento rápido, haste e broto vigoroso, folhas grandes e arqueadas e com coloração verde escura intensa. Esse conjunto tem constituído o padrão de vigor e produtividade em sistemas de produção convencional. Num olhar mais crítico chegaremos à conclusão que esse padrão pode ser decorrente de uma condição estressante, provavelmente devido a aplicação de altas doses de NPK, esterco na base e em cobertura, estando longe daquele padrão de saúde e, portanto, exigirá vários tratamentos com agrotóxicos.

### **3.2. Sinais (padrões de arquitetura e aparência) das plantas e suas possíveis interpretações**

A seguir apresentamos alguns sinais de respostas da planta do tomateiro frente às condições ambientais. Estes podem ser aplicados a outras espécies (Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8).



**Figura 2.** Formato do corpo de planta: a) planta com formato de pirâmide, indicando elevada adubação de base, seguida de redução gradual nas demais de cobertura; b) planta com formato de cilindro, indicando adubação uniforme ao longo do ciclo, conforme a TDA; c) planta com formato de pirâmide invertida, indicando adubação inicial deficiente, seguida por aumento gradual da adubação de cobertura; d) planta com formato de pirâmide invertida e folhas baixas amareladas, indicando adubação inicial deficiente que persistiu por longo período, que resultou na realocação intensa de nutrientes, seguida por aumento gradativo da adubação de cobertura chegando ao excesso.





**Figura 3.** Equilíbrio dinâmico fonte-dreno: a planta apresenta o corpo em formato cilíndrico com aproximadamente 20% de folhas novas na coloração verde-clara, em relação à coloração verde mais escuro do restante da planta. Observa-se a pequena diferença no tamanho dos frutos entre os cachos, com formato de pirâmide com base estreita. Isto indica o fornecimento de água e nutrientes de forma uniforme segundo as suas necessidades e que a temperatura diurno-noturna esteve próximo ao ótimo. A coloração clara das folhas novas significa adubação sem excesso, e as folhas baixas na cor verde-escura indica a ausência de realocação em massa de nutrientes, mesmo sendo demandada pela grande quantidade de frutos e emissão de novos brotos. Possivelmente, a planta possuía sistema radicular denso e profundo para dar conta das taxas de crescimento e absorção de água e nutrientes.



**Figura 4.** Planta com vários frutos (drenos fortes) e folhas inferiores na coloração verde-clara, próximo ao amarelado e o restante das folhas na cor verde escuro. O corpo tem forma cilíndrica, indicando adubação adequada pela TDA, mas com realocação em massa de nutrientes da parte inferior para os drenos principais. Isto mostra que em um determinado período a adubação foi inferior à demanda. A coloração verde-escura das folhas novas sinaliza a realização da poda apical ou excesso de adubo alocado recentemente.



**Figura 5.** Planta com aproximadamente 80% das folhas com coloração verde mais escura e o restante das folhas com cor verde-clara. Esta quantidade de folhas claras (entre 20 e 25%) é considerada normal. Por que clara? Por serem folhas novas. Porcentual maior que 25% de folhas claras indicam que a nutrição está ficando deficiente. Esta situação é conhecida como “afinamento da planta”. No caso do tomate, podemos inferir que não foi feita a poda apical, pois com esta prática a planta deixa de emitir novos brotos e essas folhas claras começariam a ficar cada vez mais verde-escuras.



**Figura 6.** Seria uma situação ideal com a planta em formato cilíndrico, caso as folhas novas não estivessem na coloração verde-escura, igual ao restante da planta. Isto, em princípio, indica uma adubação em excesso no último período de crescimento da planta. Outra causa possível seria a temperatura abaixo da ótima ou frutificação capaz de mobilizar grande quantidade de nutrientes e fotoassimilados. Estas duas causas ocasionam a diminuição do crescimento vegetativo e com o passar do tempo as folhas vão ficando com a coloração verde mais escura.





**Figura 7.** Os dois primeiros cachos de frutos apresentam grande diferença de tamanho em relação ao terceiro e demais cachos. Isso indica que a planta foi submetida a um período com quantidade de água e nutrientes deficientes ou com temperatura abaixo da ótima.



**Figura 8.** Planta com folhas baixas verde-clara, amarelo e morta. Isso indica realocação em massa de nutrientes das folhas baixas para os frutos, fato ocasionado pela oferta de nutrientes inferior à demanda da planta, em um determinado período do ciclo cultural.

### 3.2.1. Sinais apresentados em fotografias e suas possíveis interpretações

A partir dos padrões de arquitetura e aparência apresentados nos desenhos é possível fazer um paralelo com fotografias de plantas em lavouras de estudos e experimentos, antes de seguirmos no aprimoramento destas interpretações básicas. Estas são fundamentais para momentos mais complexos junto às famílias dos pequenos agricultores, nas lavouras de estudos e experimentos, para estabelecer as causas dos sinais e as próximas ações visando à saúde da planta e à produtividade (Figura 9).

O extensionista-pesquisador em SPDH está comprometido com a construção do sistema junto ao lavoureiro, portanto, a lavoura a ser

visitada é conhecida desde o seu planejamento. Esta condição faz parte dos eixos político-metodológico e técnico-científico do SPDH, em que se preconiza a participação de todos os envolvidos, tendo como um dos objetivos a multiplicação de novos lavoureiros e técnicos nesta arte de cultivar promovendo saúde. A atitude do profissional do campo, ao chegar à lavoura de estudos, é procurar saúde em planta, ao invés de se ater apenas nas “doenças, pragas e inços” que podem ser manejados. A seguir, descreveremos alguns procedimentos importantes para diagnosticar o sistema de cultivo fazendo uso dos sinais das plantas e suas causas:

- Aparência das plantas ao longo da linha de plantio: deve-se observar a cor das folhas baixas, do meio e da ponteira, e as diferenças no tamanho dos frutos. Além da uniformidade das plantas quanto ao



**Figura 9.** Nota-se nesta lavoura em início de ciclo de cultivo a presença de plantas com tamanho, coloração e arquitetura uniforme. Isso indica pouca variação na fertilidade e na correção da acidez. Tem-se indicação de adequado funcionamento do sistema de fertirrigação e nutrição de acordo com a TDA e seus devidos ajustes. As folhas novas verde-claras (20% do total) e o restante com coloração verde-escura estão na proporcionalidade recomendada. Ainda percebe-se a presença de matéria seca (palhada de aveia preta e ervilhaca) suficiente para cobrir a totalidade do solo e retardar o desenvolvimento de plantas espontâneas. A condução verticalizada das plantas tem por objetivo melhorar a circulação de ar e a incidência de raios solares para diminuir o tempo de molhamento da planta e também melhorar a eficiência de possíveis pulverizações (p.ex., calda bordalesa e indutores de resistência).



formato, tamanho, altura e a diferença de cor na planta e entre plantas. Essa observação permite detectar se há manchas de fertilidade no solo, entupimento ou vazamento no equipamento de irrigação, uniformidade de distribuição de água e nutrientes essenciais;

- Quantificar a matéria seca vegetal remanescente das culturas anteriores e manejar as espontâneas, na busca de se obter, no mínimo,  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca;
- Acompanhar a qualidade do solo pela metodologia de avaliação participativa com

indicadores qualitativos (físicos, químicos e biológicos) e análises da fertilidade (análises de rotina);

- Focar a construção do conhecimento com o lavoureiro nas necessidades mais urgentes observadas durante a visita, por isso, deve-se evitar muitas informações que podem atrapalhar o lavoureiro e a condução da lavoura de estudos, considerando que serão realizadas várias visitas e outras atividades de construção de conhecimentos contidas no “contrato de trabalho”.

a) Aparência do sistema (Figuras 10, 11, 12 e 13)

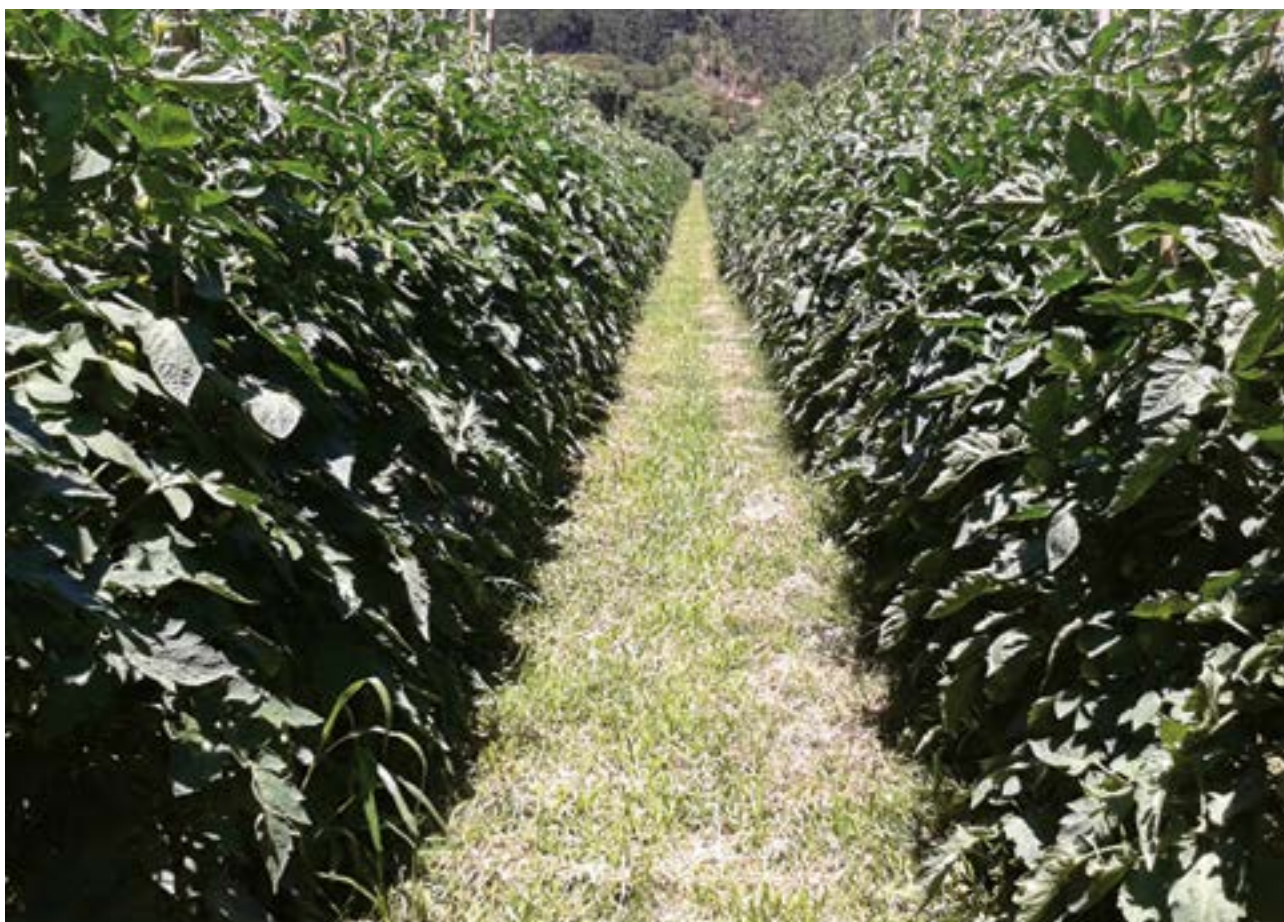


**Figura 10.** Nesta lavoura em fase inicial de colheita, observa-se individualmente e no conjunto das plantas a uniformidade de cor e da parede formada ao longo da linha de plantio. Isto indica pouca variação de fertilidade e da correção da acidez, como também uma distribuição uniforme de água e nutrientes ao longo do ciclo cultural do tomateiro, sem a ocorrência de entupimento de bicos e/ou corte nas mangueiras do equipamento de irrigação. O manejo das plantas espontâneas efetuado com roçadeira permitiu acumular matéria seca e a convivência com a vegetação espontânea, aumentando a diversidade vegetal na lavoura.





**Figura 11.** Destaca-se a presença de plantas verde-escuras e plantas verde-claras. Esta falta de uniformidade pode ser decorrente de grandes manchas de fertilidade no solo, ocasionada por erros na distribuição da adubação de base e/ou na correção da acidez e fertilidade do solo. Também pode ser decorrente de defeito no equipamento de irrigação por conta de bico entupido ou mangueira furada, fato que ocasiona locais com deficiência e outro com excesso de água e nutrientes. A presença da vegetação espontânea – plantio direto no verde – aumento da diversidade vegetal e, consequentemente, da complexidade do sistema e seu equilíbrio dinâmico, acarretam em melhoria da saúde dos cultivos.



**Figura 12.** A saúde das plantas de mandioca-salsa cultivadas em montanhas é obtida por meio da promoção do conforto delas pela minimização dos estresses abióticos; da nutrição com base nas taxas diárias de absorção de nutrientes, adequando-a às condições ambientais, às reservas nutricionais do solo e aos sinais apresentados pela planta; da rotação de culturas e uso de plantas de cobertura; da adição de matéria seca superior a  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e do revolvimento do solo restrito às linhas de plantio com a manutenção dos camalhões ao longo do tempo.





**Figura 13.** Nesta lavoura de estudos de Moranga Híbrida Tetsukabuto em que os lavoureiros estão realizando a polinização manual, verifica-se a uniformidade no tamanho e na cor verde-clara das folhas, inclusive as folhas mais velhas; não se verificando a retranslocação em massa de nutrientes. Isto indica que a adubação de cobertura foi efetuada conforme a TDA e foram realizados os devidos ajustes.

b) Aparência dos frutos e bulbos (Figuras 14 e 15)



**Figura 14.** Observa-se a perfeição na diferença do tamanho dos frutos entre os cachos, que apresentam pequeno gradiente, formando desenho de uma pirâmide de base estreita. As folhas baixas apresentam coloração verde-escura, e portanto sem retranslocação em massa de nutrientes, mesmo com a alta demanda do dreno por conta do elevado número de frutos. Tem-se indicação de que as plantas estão sendo cultivadas seguindo os princípios do SPDH.





**Figura 15.** A uniformidade do tamanho das plantas (a) refletiu na uniformidade do tamanho dos bulbos (b). Observa-se que do início da implantação da lavoura até a colheita, a palhada de aveia preta se manteve, indicando que o manejo das plantas de cobertura foi feito em estágio posterior ao de grão leitoso, propiciando maior durabilidade do material de cobertura do solo.



c) Aparência das folhas (Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23).



**Figura 16.** A uniformidade das plantas de couve-flor, a posição ereta das folhas, a diferença de cor verde entre as folhas novas, maduras e folhas baixas indicam a adubação feita de acordo com a TDA e seus devidos ajustes. Por isso não se percebe retranslocação em massa de nutrientes (ausência de folhas baixas amareladas).



**Figura 17.** Plantas de repolho apresentam diferença de cor verde-clara das folhas novas para o verde-escuro das folhas maduras. O percentual de folhas claras é de aproximadamente 25%, indicando a proximidade da próxima adubação de cobertura. As primeiras folhas do repolho são grandes e crescem junto à superfície do solo, abafando o surgimento e crescimento de plantas espontâneas.





**Figura 18.** A planta de repolho não recebeu a última adubação recomendada, o que é percebido nas folhas novas com cor verde-claras (a). A planta de brócolis que recebeu a última adubação há aproximadamente uma semana apresenta as folhas novas com cor verde-escura, que ao se desenvolverem ficarão com a cor do restante do corpo da planta (b).





**Figura 19.** Planta de couve-flor com folhas grandes, arqueadas, enrugadas, flácidas e com cor verde-escuras, brilhante e intenso. É sinal de que há excesso de adubação, o que pode favorecer o aparecimento de bacteriose e hérnia.



**Figura 20.** Observa-se nas plantas de berinjela em plena frutificação a diferença da cor verde entre folhas maduras e as novas e, nas entrelinhas, o desenvolvimento das plantas espontâneas que indica o momento de realizar a roçada. As folhas baixas verde-escuras indicam a realização de adubação conforme a TDA e com seus devidos ajustes, sem apresentar sinais de realocação em massa de nutrientes das folhas velhas para os frutos e as novas brotações.





**Figura 21.** Moranga Tetsukabuto com folhas novas verde-claras e folhas desenvolvidas verde-escuras, indicando que a adubação de cobertura foi feita com base na TDA (a). Na figura (b) nota-se que as folhas novas e desenvolvidas apresentam cor verde-clara, indicando a adubação de cobertura aquém da demanda da planta. Contudo, há tempo de correção, que se faz urgente, porque as folhas mais velhas ainda estão com cor verde-escura, indicando a ausência de importante realocação nutricional.





**Figura 22.** As folhas novas das plantas de chuchu apresentam coloração verde-clara, enquanto as mais velhas apresentam cor verde-escura e não se observa a presença de folhas amareladas (ausência de retranslocação em massa de nutrientes), apesar da grande quantidade de frutos. É provável a existência de um sistema radicular extenso e profundo, fator determinante para a minimização de estresse por água e nutrientes, mesmo com plantas produzindo mais do que 800 frutos na safra. No SPDH criam-se condições para minimizar estresses de temperatura, circulação de ar e luz solar, contribuindo para o conforto da planta.



**Figura 23.** Vista aérea do chuchuzal conduzido no sistema latada, em que observam-se folhas novas na coloração verde-clara e as folhas desenvolvidas verde-escuras, demonstrando a aplicação da adubação segundo a TDA e seus devidos ajustes.



d) Aparência das raízes (Figuras 24, 25 e 26).



**Figura 24.** As duas plantas de brócolis têm a mesma idade, mas apresentam diferença contrastante de volume e profundidade do sistema radicular. A planta com o maior sistema radicular (a) terá condições de suportar as taxas máximas de crescimento (R) e a TDA que surgirão a partir da emissão do botão floral. Ela também suportará melhor possíveis estresses ambientais.



**Figura 25.** Observa-se ampla profundidade e extensão do sistema radicular da planta de chuchu, indicando a potencialidade de obtenção de alta produtividade de frutos e a capacidade de minimizar estresses hídricos e nutricionais ao longo da safra.





**Figura 26.** As três fileiras centrais da foto (a) são de plantas oriundas de mudas produzidas em bandejas de 128 células, e as plantas situadas à direita (b) são de mudas produzidas em tubetes com 12 cm de profundidade. A produção de mudas em tubete permite manter intacto o sistema radicular pivotante, que após o transplante se desenvolverá em maior profundidade e suportará maior crescimento vegetativo da planta, alimentando-a com água e nutrientes, mesmo com muitos frutos e em condições ambientais estressantes. Portanto, um sinal importante é o “tamanho do sistema radicular”, que deve respeitar uma proporcionalidade com a parte aérea da planta. Percebendo o desequilíbrio entre as duas partes da planta, deve-se fazer um ajuste do tamanho da parte vegetativa conforme o tamanho do sistema radicular pela poda apical, mantendo-se um número de frutos compatíveis com a arquitetura da planta.

#### 4. Deixemos uma conclusão para outro momento

Ao evoluir em seu centro de origem ativamente mecanismos de adaptação e tornando-se capaz de sobreviver longe deste *habitat*, através de sua habilidade na forma de arte, a planta traz ao agroecossistema a complexidade que nos permite transformar em ciência, como também em arte, a evolução do conhecimento para sua compreensão, proporcionando saúde a este organismo fascinante. Por isso, tem-se recorrido a outras disciplinas complementares nesta caminhada investigativa a fim de entender sobre a planta, seu relacionamento com outros organismos e com o ambiente. Os sinais visuais, contidos no corpo da planta, são formas de expressão da sua interação com o meio ambiente e constitui uma das ferramentas para diagnosticar a saúde vegetal.

Tais sinais são parte das informações da planta que colaborarão na interpretação de suas causas. Esse entendimento possibilita ações que promoverão saúde vegetal e, consequentemente, a de todos os outros organismos que dependem desta cadeia alimentar. Portanto, alguns aspectos básicos a serem considerados pelos profissionais que optaram em desenvolver o SPDH:

1. Munidos dos conhecimentos básicos de sinais de plantas e sua relação com possíveis causas, pode-se ir a campo para aperfeiçoá-los permanentemente em lavouras de estudos, encontros técnicos, viagens de estudos e, preferencialmente, com vários outros profissionais;
2. Especializar-se em poucas culturas para evitar superficialidades;
3. Os sinais visuais, que estamos estudando, irão evoluir agregando outros saberes para melhor compreender este organismo

e, assim, sua saúde no SPDH. Porém, é possível que alguns sinais, que hora observamos de forma subjetiva, possam ser validados por outros sistemas. Neste caso, o desafio está em transformar os conhecimentos em tecnologias apropriadas pelas diversas formas da agricultura familiar.

4. Por meio dos sinais pode-se fortalecer ou corrigir as causas com a prática de melhoria das rotações, poda, condução verticalizada, condução em latada e entrada de luz, arranjos espaciais, uso de indutores de resistência e da calda bordalesa 0,3%, entre outras práticas que melhorarão a saúde da plantação no SPDH.

## Bibliografia

EPSTEIN, E; BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral das plantas**. Londrina, PR: Editora Planta, 2006. 401p.

FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH):** O cultivo do tomateiro. Epagri, Boletim Didático, 2016. 131, 87p.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. SBSCS, Viçosa, MG: 2006, 432 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

**MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA**. SBSCS, Porto Alegre, RS: 2004, 400 p.

A leitura dos sinais constitui uma temática de cunho visual, preciso, claro e de aplicabilidade fácil e rápida, exigindo do profissional permanente refundação desta informação e, principalmente, procurar relacioná-la às possíveis causas pelas disciplinas da agronomia, ecologia, física, química e biologia. Portanto, sua especialidade é arte e é ciência, à medida que sua compreensão, sistematização e aplicação, têm colaborado com a diminuição das condições estressantes, aumento da produtividade e, acima de tudo, promovendo a saúde vegetal.

MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. **Marscher's mineral nutrition of higher plants**. 3 rd. ed. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2012, 651p.

MOREIRA, F.M.S., SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, Lavras, MG: Editora UFLA, 2006. 729p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009, 819 p.



## RIZOSFERA E AS REAÇÕES QUE OCORREM NO SEU ENTORNO

*Arcângelo Loss*

*Rogério Gonzatto*

*Stefano Cesco*

*Tanja Mimmo*

*Youry Pii*

*Bárbara Santos Ventura*

*Lucas Dupont Giumbelli*

*Cláudio Roberto Fonseca Souza Soares*

*Betânia de Paula*

*Gustavo Brunetto*

### 1. Introdução

As plantas se desenvolvem em íntima associação com os microrganismos que naturalmente habitam o solo, ambiente este que pode ser considerado o maior reservatório de biodiversidade do planeta. A estreita zona de contato entre as partículas do solo e as raízes é chamada de rizosfera, nela os microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos, principalmente) encontram o primeiro ambiente influenciado pelas plantas que pode ser utilizado para potencializar o seu crescimento e, em contrapartida, contribuir para o crescimento das plantas e melhoria da qualidade do solo.

Essa zona de intensa, dinâmica e complexa interação raiz-solo-microrganismo (Figura 1) foi descrita pela primeira vez em 1904, pelo agrônomo e fisiologista de plantas Lorenz Hiltner, quando definiu a “rizosfera” como a região do solo que é influenciada pelas raízes das plantas por meio da liberação de substâncias químicas e, por consequência, abundante em microrganismos (HARTMANN *et al.*, 2008). A rizosfera pode ser subdividida em três zonas baseadas na sua

proximidade relativa da raiz e, portanto, sob sua influência: a “endorizosfera” que compreende as porções do córtex e endoderme da raiz, onde os íons minerais e os microrganismos residem no espaço apoplástico entre as células, o “rizoplasma”, que corresponde à superfície limítrofe entre a raiz e o solo, incluindo a epiderme da raiz e mucilagens, e a “ectorizosfera” que é a região mais externa da raiz (McNEAR Jr., 2013). É importante considerar que a rizosfera não é um “ambiente” estanque mas, sim, possui tamanho e forma variáveis no tempo e no espaço e apresenta um gradiente de propriedades químicas, físicas e biológicas, dependendo da distância da raiz (HINSINGER *et al.*, 2009; McNEAR Jr., 2013). Segundo Dantas *et al.* (2009), o tipo, a umidade e a composição do solo podem afetar o tamanho e a forma da rizosfera.

A importância da rizosfera reside nos efeitos que as interações, que nela se processam, produzem nas plantas, nos microrganismos e no solo. O efeito mais desejado dessas interações é a promoção do crescimento e a proteção das



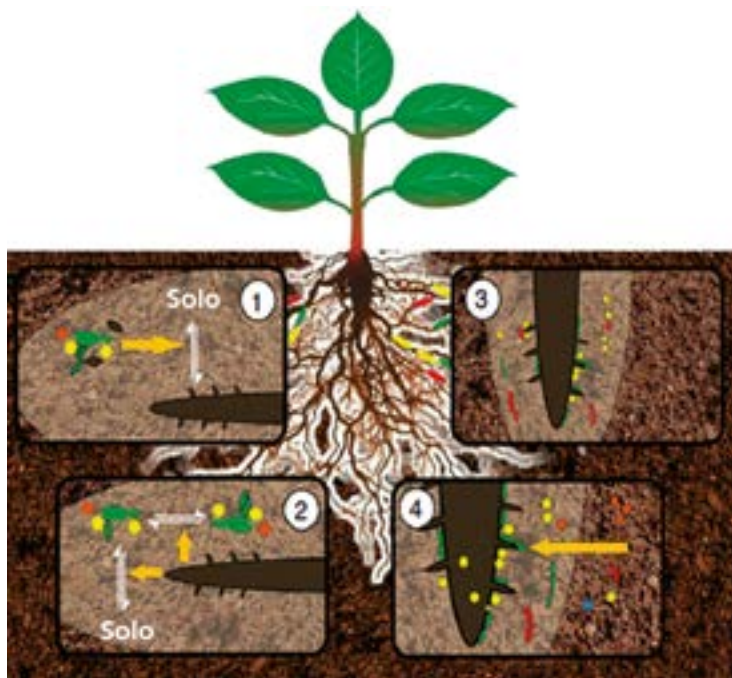


**Figura 1.** Representação esquemática das interações raiz-solo-microrganismos na rizosfera. As setas amarelas representam a influência indireta sobre as interações. Setas brancas representam a interação entre raiz-solo; microrganismo-microrganismo; solo-microrganismo. Círculos e elipses representam os microrganismos e as diferentes cores representam a diversidade taxonômica. 1. Os microrganismos do solo estão ativamente envolvidos nas interações raiz-solo; 2. As raízes mediam as interações microrganismo-microrganismo e solo-microrganismos na rizosfera; 3. A interação direta entre raiz e microrganismos envolve uma extensa rede de comunicação; 4. Visão holística das interações raiz-solo-microrganismos da rizosfera. Fonte: Modificado de ZHANG *et al.* (2017).

plantas contra o ataque de patógenos. Isso só é possível porque os microrganismos presentes na rizosfera não apenas se aproveitam do ambiente criado e das substâncias liberadas pelas raízes mas também produzem diversas moléculas sinalizadoras que ajudam as plantas a tolerar estresses bióticos e abióticos (ZHANG *et al.*, 2017). A rizosfera também é sede de processos que podem afetar as características naturais do solo, como o intemperismo de rochas e a maturação do solo (SUN *et al.*, 2016), a dissolução de minerais insolúveis (Jones *et al.*, 2004), a manutenção da umidade, agregação e a ciclagem de nutrientes (ZHANG *et al.*, 2017). O efeito “priming” da rizosfera não pode ser esquecido, pois o mesmo afeta diretamente o ciclo biogeoquímico do carbono ao aumentar a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo (HUO *et al.*, 2017). A “moeda metabólica”, consumida pelos microrganismos da rizosfera, são compostos orgânicos

produzidos pela fotossíntese nas folhas, translocados num movimento descendente pelo floema e exsudados pelas raízes das plantas. Estima-se que as plantas podem exsudar até 40% dos seus fotoassimilados pelas raízes (BAIS *et al.*, 2006), por isso, há formação de um ambiente rico em nutrientes e fatores de crescimento muito atrativos aos microrganismos do solo. Portanto, é consenso que o solo da rizosfera tem características químicas, físicas e biológicas únicas, bem diferentes do solo mais distante das raízes (ZHANG *et al.*, 2017). Geralmente a rizosfera estende-se cerca de 2 mm ao redor da superfície da raiz (BRADY & WEIL, 2013), embora Lorenz Hiltner, em 1904, considerou uma distância variável de 1 até 3 mm.

A diversidade de microrganismos associados às raízes das plantas na rizosfera é enorme, na ordem de milhares de espécies, podendo ser encontradas mais de  $10^{11}$  células microbianas por grama de raiz e em quantidades normalmente 2 a 10 vezes maiores que no solo como um todo (BERENDSEN *et al.*, 2012; BRADY & WEIL, 2013). Além disso, em função da maior disponibilidade de substrato, o tempo de geração microbiana na rizosfera é menor do que no restante do solo. Por exemplo, espécies como *Pseudomonas sp.* e *Bacillus sp.* tem seu tempo de geração reduzido em 15 e 2,5 vezes, respectivamente, quando na rizosfera (Dantas *et al.*, 2009). Esse fenômeno é conhecido como “efeito rizosférico” (BERENDSEN *et al.*, 2012). Em função disso, Moreira & Siqueira (2006) definem a rizosfera como o “paraíso dos microrganismos” e Jones & Hinsinger (2008) como um dos mais fascinantes “hot spots” de diversidade e atividade microbiana dos solos. Devido a estas

características, as interações entre raiz-microrganismos na rizosfera são muito mais complexas que no solo mais distante das raízes. Segundo Cardoso & Freitas (1992), na rizosfera vários tipos de interações podem ocorrer: desde comensalismo, protocooperação e amensalismo, até as verdadeiras simbioses (mutualística ou parasítica). Apesar disso, tem sido reportado que a maior parte (>80%) dessas interações são positivas e, potencialmente, mutualísticas, ou seja, benéficas para plantas e microrganismos envolvidos (SHI *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços nos estudos sobre a rizosfera, o entendimento da complexidade dos processos que ocorrem nesse ambiente ainda é incipiente. A pesquisa deixa evidências de que plantas (GARBEVA *et al.*, 2008) e microrganismos (BAIS *et al.*, 2002, ZHANG *et al.*, 2011) são capazes de alterar quantitativamente e qualitativamente a composição da rizosfera em função de estímulos a eles impostos. Estas informações mostram a possibilidade de manipular a composição da microbiota para favorecer microrganismos específicos como os promotores de crescimento das plantas, enquanto os patogênicos são suprimidos. Por meio de práticas de manejo, que favoreçam a colonização das raízes por tais grupos de microrganismos, pode-se buscar o aumento no rendimento das culturas, fazer uma agricultura mais sustentável primando pelo uso mais eficiente e sustentável de insumos e do solo. Para viabilidade desse cenário é fundamental que ocorra uma interação simbiótica entre as áreas do conhecimento e os especialistas do tema.

## 2. Comunidades microbianas na rizosfera

A rizosfera possui concentrações elevadas de fontes de carbono facilmente degradáveis devido à rizodeposição. Isso desencadeia um aumento na atividade microbiana nesta zona do solo que pode ser até 50 vezes maior do que no solo não-rizoférico. Assim, complexas relações tróficas se desenvolvem na rizosfera, ligando macro e como bactérias, fungos, nematóides, protozoários, algas e microartrópodes (JEFFERY *et al.*, 2010). A rizosfera abriga uma comunidade microbiana

extremamente complexa qualitativa e quantitativamente e inclui saprófitas, epífitas, endófitas, patógenos e muitos microrganismos vantajosos (AVIS *et al.*, 2008). A carga microbiana rizoférica varia de  $10^{10}$  a  $10^{12}$  por grama de solo, enquanto é geralmente menor que  $10^8$  no solo sem a influência das raízes (FOSTER, 1988).

Praticamente todas as partes das plantas são colonizadas por microrganismos, incluindo bactérias, archaea, fungos, designados coletivamente como o microbioma da planta ou fitomicrobioma. Dependendo da parte da planta que coloniza, o fitomicrobioma é muitas vezes referido como endofítico (microrganismo que habita o interior das partes da planta), epifítico (nas partes aéreas da planta) ou rizoférico (no solo intimamente associado às raízes) (KOWALCHUK *et al.*, 2010; LAKSHMANAN *et al.*, 2014).

Os microrganismos são componentes-chave de qualquer espécie vegetal, muitas vezes atuam de maneira indissociável do hospedeiro, de modo que o microbioma-planta funciona como um metaorganismo ou holobionte (BOSCH e McFALL-NGAI, 2011; VANDENKOOORNHUYSE *et al.*, 2015). A biomassa e a composição do microbioma afetam fortemente as interações entre plantas e seus ambientes (RYAN *et al.*, 2009). A rizosfera abriga uma elevada abundância e atividade bacteriana, não apenas em comparação com outros compartimentos de plantas (SMALLA *et al.*, 2001; KOWALCHUK *et al.*, 2002), mas também quando comparada ao solo adjacente sem influência das raízes. No entanto a diversidade bacteriana na rizosfera é geralmente menor do que no solo não rizoférico (MARILLEY e ARAGNO, 1999) e a composição da comunidade microbiana é muito diferente (PEIFFER *et al.*, 2013), sugerindo um ambiente altamente seletivo. Além disso, a diversidade e a atividade microbiana na endosfera (o *habitat* microbiano dentro dos órgãos da planta acima e abaixo do solo) e na filosfera (superfícies da planta acima do solo) são geralmente mais baixas que na rizosfera, e, desta forma, o foco do presente tópico será, principalmente, a comunidade microbiana rizoférica.

Embora a maioria dos microrganismos rizoféricos (aproximadamente 99%) não seja cultivável, avanços recentes em técnicas bioquímicas e genéticas moleculares para o isolamento de cepas bacterianas não cultiváveis têm permitido

que os cientistas gerem informações sobre as comunidades bacterianas da rizosfera. Estudos de microbiomas rizosféricos revelaram distribuições notavelmente similares de filos microbianos (TURNER *et al.*, 2013; LUNDBERG *et al.*, 2012), enquanto as diferenças entre cultivares de plantas tornam-se aparentes quando se comparam espécies e linhagens microbianas (INCEOGLU *et al.*, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2010).

As bactérias são os microrganismos mais abundantes na rizosfera e, portanto, influenciam as plantas de maneira mais significativa. Até 15% da superfície total da raiz pode ser coberta por uma variedade de cepas bacterianas (VAN LOON, 2007). Os gêneros mais comuns de bactérias relatados na rizosfera são *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Rhizobia*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Mycobacterium*, *Flavobacter*, *Cellulomonas* e *Micrococcus*. As estirpes bacterianas predominantes na rizosfera incluem bactérias Gram-negativas, em forma de bastonete, não esporuladas, pertencentes aos grupos Proteobacteria e Actinobacteria (TEIXEIRA *et al.*, 2010), das quais as *Pseudomonas* são as mais abundantes. Isso pode ser atribuído à eficiência das bactérias Gram-negativas em utilizar os exsudatos radiculares e, portanto, tais bactérias são estimuladas pela rizodeposição, enquanto as bactérias Gram-positivas são bastante inibidas (STEER e HARRIS, 2000). A população de bactérias aeróbicas é relativamente menor devido aos níveis reduzidos de oxigênio na rizosfera, ocasionado pela respiração radicular e microbiana (GARBEVA *et al.* 2004). Bactérias Gram-positivas, bastonetes ou cocos e cepas formadoras de esporos aeróbios como *Bacillus* e *Clostridium* são comparativamente de menor ocorrência, mas várias cepas de *Bacillus* constituem os principais habitantes Gram-positivos da rizosfera (até 95% do total de bacilos Gram-positivos do solo), seguidos por *Arthrobacter* e *Frankia* (BARIUSIO *et al.*, 2008). No entanto, alguns estudos recentes têm relatado que cepas bacterianas Gram-positivas, *Bacillus* em particular são mais numerosas do que as bactérias Gram-negativas em culturas como morango, colza, batata (SMALLA *et al.*, 2001), trigo (JOSHI e BHATT, 2010) e arroz (JOSHI *et al.*, 2011). Isso pode ser atribuído à capacidade do gênero *Bacillus* de formar endósporos e produzir substâncias antimicrobianas que

inibem outros competidores. A distribuição da microbiota entre as diferentes camadas de rizosfera tem sido descrita em termos de colonização de raízes incluindo crescimento microbiano no rizoplane e/ou tecidos radiculares e colonização da rizosfera com crescimento microbiano nas camadas adjacentes do solo sob a influência das raízes (KLOEPPER *et al.*, 1991; KLOEPPER, 1994). Assim, pode-se sumarizar que a rizosfera é uma das zonas ecológicas mais ricas do solo em termos de diversidade bacteriana.

De particular interesse na rizosfera, podem-se citar as rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) que podem representar de 2 a 5% da população de bactérias (ANTOUN e PREVOST, 2005). O termo RPCP foi definido por Kloepper e Schroth (1978) como “as bactérias do solo que colonizam as raízes das plantas por meio da inoculação das sementes e que aumentam o crescimento das plantas”. Com base na sua localização na rizosfera, as RPCPs podem ser classificadas como RPCPs extracelulares (eRPCP) encontradas na rizosfera, no rizoplane ou nos espaços entre as células do córtex da raiz, e RPCPs intracelular (iRPCP), que existem no interior das células da raiz, geralmente em estruturas nodulares especializadas (GRAY e SMITH, 2005).

O número de espécies bacterianas identificadas como RPCPs aumentou substancialmente nas últimas décadas, como resultado dos numerosos estudos sobre uma vasta gama de plantas na busca de ferramentas de agricultura sustentável, bem como os avanços nas técnicas de genética molecular que permitiram avanços na taxonomia bacteriana. A gama de bactérias relatadas para aumentar o crescimento e controlar os patógenos das plantas inclui várias espécies de *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Streptomyces*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Flavobacterium*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhodococcus* e *Serratia*, entre outros (CHEN *et al.*, 2006; AHMAD *et al.* 2008; SOLTANI *et al.*, 2010). Entretanto, as espécies bacterianas predominantes na comunidade de RPCPs que emergiram como os candidatos mais amplamente estudados e com potencial para melhoria do crescimento e saúde das plantas, são *Pseudomonas* e *Bacillus*. A contribuição destas duas RPCPs para o crescimento vegetal inclui a solubilização de fosfatos (CHEN *et al.*, 2006;

VELINENI e BRAHMAPRAKASH, 2011), produção e liberação de fitohormônios, como ácido indolacético e giberelinas (BOTTINI *et al.*, 2004; JANGU e SINDHU, 2011) e biocontrole de fitopatógenos do solo (CAWOY *et al.*, 2011). Nas últimas décadas, foi gerado um grande volume de literatura relatando as atividades dessas duas espécies bacterianas, relativas à promoção do crescimento vegetal e ao biocontrole de fitopatógenos, que reflete o potencial dessas cepas de RPCPs, para serem empregadas como substituintes ao uso de agroquímicos (PRASHAR *et al.*, 2013). Muitas rizobactérias, que promovem o crescimento de plantas, agem de forma antagonica contra fitopatógenos, produzindo antimicrobianos ou interferindo com fatores de virulência (REZZONICO *et al.*, 2005). As Actinobactérias são uma das classes de RPCPs mais abundantes na rizosfera capazes de produzir ampla gama de compostos com propriedades antibacterianas, antifúngicas, antivirais, nematicidas e inseticidas (TURNER *et al.*, 2013). Outras bactérias também atuam como antagonistas de doenças de plantas, incluindo *Pseudomonas fluorescens*, capazes de produzir o composto antifúngico diacetilfloroglucinol (DAPG). A produção de DAPG por *Pseudomonas spp.* também demonstrou capacidade de modular a transcrição em outra RPCP (*Azospirillum brasilense*), aumentando a expressão de genes envolvidos na colonização de raízes de gramíneas e na promoção do crescimento de plantas (COMBES-MEYNET *et al.*, 2011).

Espécies de RPCPs podem também apresentar caráter biofertilizador, uma vez que são capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio, incluindo aquelas de vida livre (como *Azotobacter spp.*) e simbióticas (como *Rhizobium spp.*). Tais espécies bacterianas convertem o nitrogênio atmosférico em uma forma assimilável para a planta simbiótica, reduzindo a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados (FERREIRA *et al.*, 2016).

Diferentemente do que foi anteriormente apresentado sobre as comunidades bacterianas, há poucas informações a respeito da comunidade de fungos na rizosfera. Apesar disso, sabe-se que os fungos rizosféricos também são afetados por espécies de plantas e estágios de desenvolvimento (HANNULA *et al.*, 2010; TURNER *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2009). No entanto, mais estudos sobre o efeito de compostos específicos de

exsudatos radiculares na comunidade fúngica da rizosfera são necessários. Uma comparação metatranscriptômica das comunidades microbianas em trigo, aveia e ervilha revelou que os fungos eram altamente enriquecidos na rizosfera de ervilha em comparação com outras culturas (TURNER *et al.*, 2013). Um estudo da dinâmica da estrutura e função da comunidade microbiana na rizosfera demonstrou que o solo cultivado com arroz apresentava comunidades bacterianas e fúngicas significativamente diferentes daquelas do solo sem vegetação (HUSSAIN *et al.*, 2012). Além disso, verificou-se que a dinâmica e a função da comunidade microbiana na rizosfera mostraram correlação significativa com os estágios de crescimento das plantas (HUSSAIN *et al.*, 2012). Em contraste, as comunidades fúngicas na rizosfera de soja coletadas nos estágios de crescimento reprodutivo mostraram mudanças reguladas principalmente pelo tipo de solo (WANG *et al.*, 2009). Além disso, Hannula *et al.* (2010) demonstraram que os fungos do filo Basidiomycota foram os mais abundantes na rizosfera de plantas jovens de batata, enquanto os fungos do filo Ascomycota foram mais abundantes nos estágios posteriores de crescimento. Embora a exsudação da raiz mude com o tipo de planta, não está claro como a exsudação radicular modula a comunidade fúngica na rizosfera, havendo necessidade de maiores estudos considerando diferentes tipos de solo, estágio de desenvolvimento e espécies vegetais (HUANG *et al.*, 2014).

Outras comunidades de fungos, que habitam a rizosfera, incluem os micorrízicos, os quais geralmente formam relações simbióticas mutualistas com plantas que permitem aumentar a absorção de elementos pouco móveis no solo como o fósforo (SMITH e READ, 2008). Além disso, os fungos micorrízicos também possibilitam a melhoria da absorção de nitrogênio, zinco e outros nutrientes do solo, além de melhorar a absorção de água pelas plantas (HARRISON, 2005). Tem sido demonstrado que as relações micorrízicas permitem o crescimento de plantas em solos pobres em fósforo e aumentam a resistência a vários estresses ambientais (BAREA *et al.*, 2002; SMITH e SMITH, 2011). A infecção de plantas com fungos micorrízicos pode causar mudanças significativas no crescimento das plantas e características morfológicas, incluindo produção de biomassa da parte aérea e da raiz, número de flores, tempo de



floração e teor de N e P nas sementes (BERTA *et al.*, 1995; LU e KOIDE, 1994).

### 3. Fatores que influenciam a rizodeposição

O termo rizodeposição se refere aos compostos carbonados liberados por raízes vivas e mortas no solo, que alteram as propriedades químicas, físicas e biológicas no entorno dessa região conhecida como rizosfera. Esses compostos liberados se dividem em duas classes: exsudatos perdidos como resultado de difusão passiva, ou seja, quando a planta não tem

controle sobre sua liberação; e exsudatos com finalidades específicas, onde a planta tem certo grau de controle (JONES *et al.*, 2004).

As raízes no solo liberam uma quantidade significativa e variável de compostos orgânicos e inorgânicos (via rizodeposição) de baixo e elevado peso molecular, os quais contribuem para a alteração das propriedades químicas, físicas e biológicas da rizosfera (MARSCHNER, 2012). Na Tabela 1 tem-se os principais compostos identificados nas rizodeposições, que, em geral, consistem em células inteiras ou porções delas, mucilagens (polissacarídeos, pectinas etc.) e exsudatos radiculares.

**Tabela 1.** Principais compostos orgânicos e inorgânicos identificados em rizodeposições.

| Células inteiras/<br>Fragmentos<br>de células | -----Tipos de compostos ----- |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mucilagem<br>(mucigel)                        | Pectinas, polissacarídeos     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Exsudatos radiculares orgânicos               | Açúcares                      | Arabinose, glucose, frutose, maltose, rafinose, ramnose, ribose, sacarose, xilose                                                                                                                                                                                         |
|                                               | Aminoácidos e amidas          | Todos os 20 aminoácidos essenciais, ácido aminobutírico, homoserina, cistationina, fitossideróforos derivados de ácido mugineico (ac. deossimugineico, idrossimugineico, epidrossimugineico, ac. avenico, ac. disticonico A)                                              |
|                                               | Ácidos Alifáticos             | Ácido fórmico, acético, propiônico, málico, cítrico, isocítrico, oxálico, fumárico, malônico, succínico, maleico, tartárico, oxaloacético, pirúvico, glicólico, $\beta$ -cetoglutâmico, ácido chiquímico, cis-aconítico, ácido trans-aconítico, ácido valérico, glucônico |
|                                               | Ácidos aromáticos             | ácido p-hidroxibenzoico, ácido cafeico, p-cumárico, ferúlico, gálico, gentísico, protocatecuico, salicílico, sinápico, siringico                                                                                                                                          |
|                                               | Compostos fenólicos           | Flavonóis, flavonas, flavanonas, antocianinas, isoflavonóides                                                                                                                                                                                                             |
|                                               | Ácidos graxos                 | Linoleico, linolênico, oleico, palmítico, esteárico                                                                                                                                                                                                                       |
|                                               | Esteróides                    | Campesterol, colesterol, sitosterol, estigmasterol                                                                                                                                                                                                                        |
|                                               | Enzimas                       | Amilase, invertase, celobíase, desoxirribonuclease, ribonuclease, fosfatase ácida, fitase, pirofosfato apirase, peroxidase, protease                                                                                                                                      |
|                                               | Outros                        | Vitaminas, reguladores de crescimento (auxinas, citocininas, giberelinas) sulfuretos de alquilo, etanol                                                                                                                                                                   |
| Exsudados radiculares inorgânicos             |                               | H <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , nitrato, fosfato, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , OH <sup>-</sup>                                                                                                                                                                       |

**Fonte:** Modificado de acordo com Marschner (2012).

O tipo e a quantidade de substâncias liberadas estão intimamente ligados às espécies vegetais e às características químicas, físicas e biológicas do solo. Por exemplo, sabe-se que na deficiência de nutrientes (por exemplo, P ou Fe), muitas espécies de plantas promovem o acúmulo e liberação de exsudatos radiculares para aumentar a mobilização, disponibilidade e promover a

aquisição e alocação de nutrientes. Além disso, a liberação afeta áreas específicas da raiz, mas a localização pode variar dependendo da presença de fontes externas de nutrientes, de modo a permitir maior eficácia dos compostos liberados. Os ânions orgânicos mais comumente liberados e característicos de algumas espécies de plantas são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Tipo e quantidade de ânions orgânicos liberados em relação às espécies vegetais e ao tratamento submetido.

| Espécie vegetal            | Local de emissão  | Tratamento    | p mol g <sup>-1</sup> raiz PFs <sup>-1</sup> |           |         |
|----------------------------|-------------------|---------------|----------------------------------------------|-----------|---------|
|                            |                   |               | malato                                       | citrato   | oxalato |
| Colza                      | ápice             | +P, -P        | 10-59                                        | 4-18      | -       |
| Colza                      | base              | +P, -P        | 2-14                                         | 0.5-9     | -       |
| Tremoço                    | raízes clusters   | +P, -P        | 8-141                                        | 6-158     | -       |
| Alfafa                     | sistema radicular | +P, -P        | 0.8-1.7                                      | 0.2-0.8   | -       |
| Sorgo                      | sistema radicular | +P, -P        | <LDR                                         | 0.5-5.8   | -       |
| Milho                      | ápice             | -Al, +Al      | 1-8                                          | 0.1-36    | -       |
| Milho                      | sistema radicular | +/- nutriente | 5-165                                        | 3.3-3.8   | -       |
| Milho                      | sistema radicular | +K, -K        | 0.25-0.42                                    | 0.02-0.04 | -       |
| Cevada                     | sistema radicular | +Fe, -Fe      | 1-40                                         | -         | -       |
| <i>Agropyron cristatum</i> | sistema radicular | +nutriente    | 0.25                                         | -         | -       |
| <i>Agropyrum smithii</i>   | sistema radicular | +nutriente    | 0.17                                         | -         | -       |
| <i>Bouteloua gracilis</i>  | sistema radicular | +nutriente    | <0.1                                         | -         | -       |
| Plantas calcífugas         | sistema radicular | +nutriente    | 0.08                                         | -         | 0.44    |
| Plantas calcícolas         | sistema radicular | +nutriente    | 0.08                                         | 0.38      | 1.22    |
| Plantas calcícolas         | sistema radicular |               |                                              |           |         |

PF = peso fresco, LDR = limite de detecção. Fonte: Modificado de acordo com Jones (1998).

Em geral, de 15 a 60% do carbono fixado pelo processo fotossintético é alocado nas raízes, onde é usado para formar seus tecidos (acúmulo de biomassa) e como substrato para a respiração (fonte de energia), mas também liberado no

solo via rizodeposição (Figura 2) (MARSCHNER, 2012).

Como mencionado anteriormente, a composição quali-quantitativa da rizodeposição varia em função de numerosos fatores, tais como:

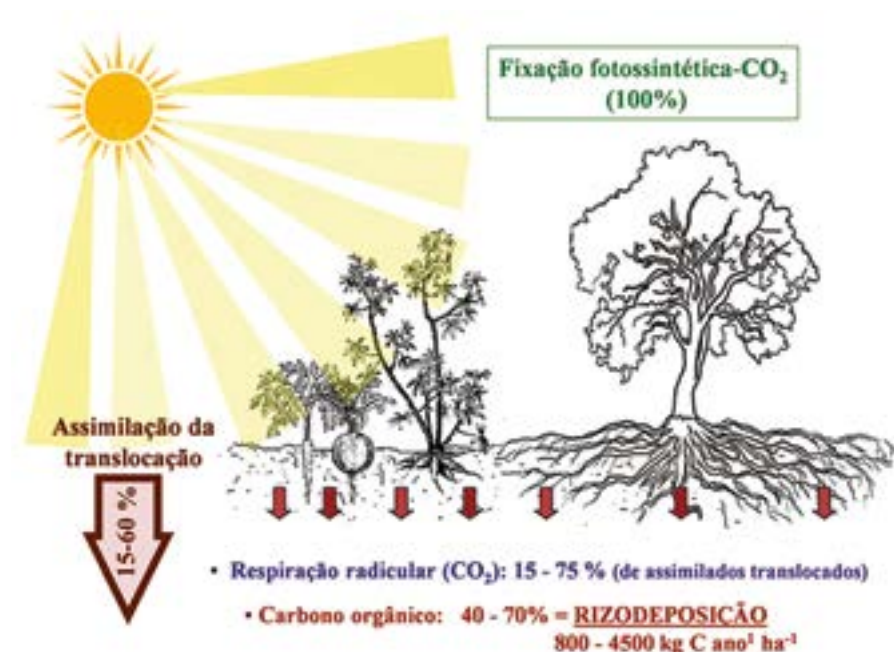


**Figura 2.** Ilustração do processo fotossintético das plantas, com destaque para o carbono translocado pelo sistema radicular e a quantidade de carbono rizodepositada no solo. Fonte: Adaptado de Marschner (2012).

a espécie de planta, idade da planta e (sua raiz), estado nutricional, condições ambientais (resistência mecânica do solo, pH, temperatura, concentração de  $\text{CO}_2$ ), presença de microrganismos,

funções no suprimento de água e nutrição das plantas e na adaptação às condições desfavoráveis do solo; elas também podem mediar as interações entre raízes e microrganismos do solo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Possíveis funções dos diferentes tipos de rizodeposição.

| Função                                  | Ação                                                                                       |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aquisição de nutriente                  |                                                                                            |
| Quelante / solubilizante                | Solubilização e absorção de nutrientes (p.ex., fitossideróforos)                           |
| Modificadores                           | Modificação do solo rizosférico (p.ex., prótons, agentes redutores)                        |
| Ectoenzimas                             | Conversão de formas inutilizáveis em formas utilizáveis (p.ex., fosfatases)                |
| Aquisição de água                       | Modificação do solo rizosférico com mucilagem                                              |
| Proteção contra o estresse físico       | Resposta à impedância mecânica do solo por meio da lubrificação da interface raiz-solo     |
| Proteção contra patógenos               | Resposta de defesa à invasão (p.ex., fitoalessina)                                         |
| Proteção contra elementos tóxicos       | Resposta a compostos tóxicos (p.ex., complexação do alumínio)                              |
| Proteção da concorrência                | Modificação do solo rizosférico com compostos fitoativos (p.ex., substâncias alelopáticas) |
| Estabelecimento de relações simbióticas |                                                                                            |
| Rizóbios                                |                                                                                            |
| Endomicorizas                           | Respostas quimiotáticas                                                                    |
| Ectomicorizas                           |                                                                                            |

etc. Além disso, a extensão da rizodeposição pode aumentar muito, quando as plantas são submetidas a condições de estresse biótico e abiótico. A combinação desses fatores significa que as rizodeposições podem representar até 40 a 70% do carbono alocado às raízes (Figura 2), correspondendo a 800-4500 kg de C liberado por hectare por ano; assim como de 15 a 60 kg de N liberado por hectare por ano. Além de atuar como fonte de energia para os microrganismos que proliferam na rizosfera, as rizodeposições podem desempenhar importantes

A parte quantitativamente mais significativa das rizodeposições é representada por compostos de baixo peso molecular e alta solubilidade em água (por exemplo, açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e fenóis, Tabela 1). A lista de compostos químicos pertencentes a estas categorias é muito ampla e representada essencialmente pela variedade de componentes de células vegetais. No entanto, para alguns deles (por exemplo, fitossideróforos, ácidos orgânicos policarboxílicos, ácidos aromáticos, flavonóides), papéis específicos têm sido destacados na aquisição de elementos nutritivos e na comunicação entre as células da raiz e os microrganismos da rizosfera. As condições nutricionais, juntamente com fatores como temperatura, intensidade luminosa, suprimento de água e presença de elementos tóxicos, são de particular importância pela influência que podem ter na quantidade e qualidade das rizodeposições (MARSCHNER, 2012).

No solo, os sistemas radiculares são geralmente encontrados em contato com soluções de concentração variável e composição iônica, que podem refletir em condições de disponibilidade limitada de nutrientes ou concentração excessiva de elementos tóxicos. Estas situações requerem sistemas de resposta apropriados para permitir a manutenção de fluxos de nutrientes adequados às necessidades da planta ou a limitação da absorção de elementos tóxicos. A combinação destes fenômenos pode envolver formas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas de adaptação, que também se reflete em alterações das condições da rizosfera, capaz de fazer este ambiente mais favorável para o desenvolvimento e sobrevivência da planta. A atividade de absorção das raízes altera a concentração de nutrientes na rizosfera, criando áreas específicas de acumulação ou empobrecimento na interface solo-raiz. Além disso, a absorção preferencial de ânions ou de cátions (por exemplo, de nitrato e de amônio) pode causar alterações no pH da rizosfera, causando assim um impacto importante sobre a mobilidade dos elementos presentes em formas pouco solúveis no solo. O pH da rizosfera também pode mudar como consequência da ativação de mecanismos de resposta das plantas à limitação nutricional, como no caso de pequenos elementos

móveis, tais como o Fe e P. No que diz respeito ao Fe, foi demonstrado que as plantas respondem à disponibilidade limitada do elemento, ativando mecanismos que variam dependendo da espécie. As plantas dicotiledôneas e monocotiledôneas não gramíneas utilizam o mecanismo conhecido como Estratégia I (Figura 3), no qual ocorre a mobilização do  $\text{Fe}^{3+}$  por meio da acidificação da rizosfera (mediada por  $\text{H}^+$ -ATPases), complexação com moléculas orgânicas liberadas pelas raízes e redução de  $\text{Fe}^{3+}$  complexado a  $\text{Fe}^{2+}$  pela Fe(III)-quelato-redutase, para posterior absorção por meio da ação de um transportador específico (AtIRT1, por exemplo) para o íon divalente. As respostas das raízes são frequentemente localizadas nas áreas subapicais e associadas a alterações morfológicas. Simultaneamente,

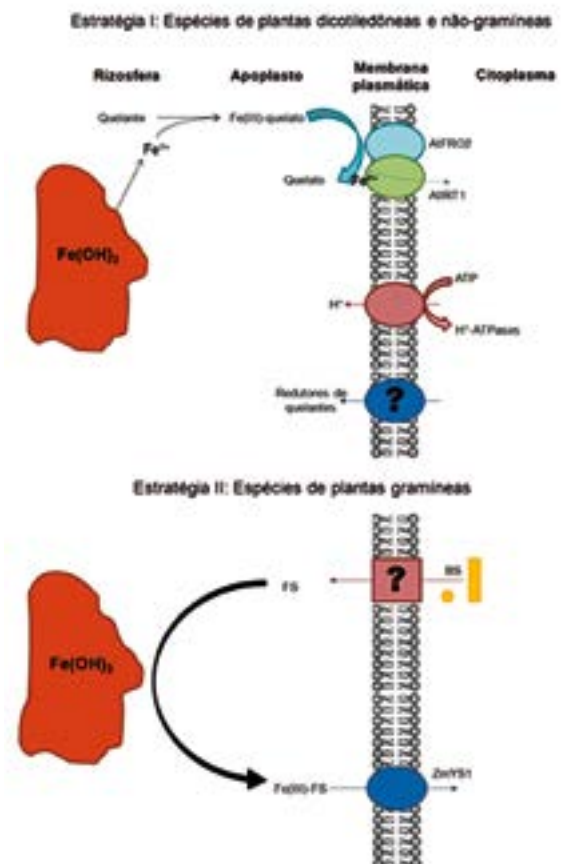


**Figura 3.** Tipos de estratégias das plantas gramíneas e não-gramíneas para aquisição de Fe em condições de deficiência deste nutriente. IRT1 é um transportador específico para  $\text{Fe}^{2+}$  em plantas com Estratégia I, e YS1 é um transportador específico para fitossideróforos  $\text{Fe}^{\text{III}}$  (FS- $\text{Fe}^{\text{III}}$ ) em plantas com estratégia II. (Fonte: Römheld e Schaaf, 2004).



ocorre a liberação de ácidos orgânicos e compostos fenólicos, os quais podem complexar Fe trivalente e/ou, no caso dos compostos fenólicos, participar para a redução de nutrientes. Nas gramíneas, os processos de aquisição do Fe são caracterizados por mecanismos completamente diferentes, conhecidos por Estratégia II (Figura 3). De fato, essas espécies vegetais liberam para a rizosfera, em condições de deficiência de Fe, quantidades consideráveis de aminoácidos não proteinogênicos chamados fitossideróforos (FS), produzidos a partir da metionina e caracterizados por uma alta capacidade de complexar o Fe trivalente (MIMMO *et al.*, 2014).

A liberação de fitossideróforos varia de espécie para espécie vegetal, havendo uma relação próxima entre a concentração de FS liberado e capacidade de tolerar a ausência de Fe (cevada > trigo > aveia > centeio > milho > sorgo > arroz). Nas espécies mais eficientes, a concentração destes compostos na rizosfera pode atingir valores de cerca de 0,1 a 0,5 mM. A eficiência na mobilização de Fe pelas gramíneas também pode ser usada para o benefício das plantas da estratégia I, pois em experimentos de consórcio de espécies vegetais foi demonstrado que o complexo de Fe(III)-FS, produzido pela atividade de gramíneas, pode ser utilizada pela Fe(III)-quelato-redutase presente na membrana das dicotiledôneas. Foi observado que a deficiência de P pode alterar substancialmente a composição dos exsudados radiculares, em particular os ácidos orgânicos; este processo é muitas vezes acompanhado por uma acidificação acentuada da rizosfera, devido à ação de H<sup>+</sup>-ATPases da membrana plasmática (VALENTINUZZI *et al.*, 2015). No entanto, deve-se notar que existem diferenças significativas entre as plantas, tanto na quantidade de produção e liberação de ácidos orgânicos. Por exemplo, enquanto no caso das plantas de tremoço, espécie extremamente eficiente na adaptação às condições de deficiência de P, uma concomitância entre os dois fenômenos é observada, no tomate, em vez disso, apenas a acidificação é aumentada, enquanto no trigo nenhum destes fenômenos é observado. Ácidos orgânicos mobilizam P por meio de diferentes mecanismos, como troca de ligantes, solubilização e

competição por sítios de adsorção. A eficiência de mobilização desses ácidos orgânicos está intimamente ligada à estabilidade dos complexos que podem se formar com o Fe, Al e Ca. Portanto, é influenciada pelo pH do solo.

Em várias espécies de plantas, a falta de P também determina a produção e liberação de compostos fenólicos das raízes. O papel destes compostos pode ser atribuído às suas propriedades antimicrobianas (isoflavonóides), que podem limitar a degradação dos ácidos orgânicos liberados pela raiz. Além disso, foi demonstrado que alguns flavonóides podem desempenhar um papel como moléculas sinal para a germinação de esporos e crescimento de hifas micorrízicas.

Além disso, em deficiências de P, algumas espécies de plantas promovem a liberação de enzimas, tais como a fitase e fosfatase, resultando em uma maior hidrólise de ésteres orgânicos de P e ajudando a aumentar a absorção do P inorgânico. A produção e liberação dessas enzimas podem variar dependendo da espécie da planta, por exemplo, plantas de tremoço branco, *Tithonia diversifolia* e *Tephrosia vogelii*, têm mostrado promover a hidrólise de fontes orgânicas de P na rizosfera, mas plantas de milho não mostraram essa capacidade (GEORGE *et al.*, 2002). Observou-se que a liberação de exsudatos capazes de mobilizar P a partir de espécies eficientes, pode favorecer a absorção de nutrientes por espécies associadas ineficientes. As respostas das raízes à deficiência de P estão frequentemente associadas a alterações na arquitetura e na morfologia do sistema radicular (proliferação de pelos radiculares). A atividade de liberação, acidificação e absorção de exsudato é particularmente relevante nas porções de raízes afetadas pela proliferação de pelos radiculares.

A liberação de ânions de ácidos orgânicos (malato, citrato, oxalato, fumarato, succinato, tartarato) das raízes é considerada um dos principais mecanismos de tolerância à toxicidade do Al, que é frequentemente encontrado em solos ácidos (MA *et al.*, 2001). A magnitude destes processos varia de espécie para espécie e com ele a capacidade para resistir a certas condições de toxicidade a partir de concentrações elevadas de

Al na solução do solo. Além disso, as diferenças entre espécies têm sido destacadas no tipo de ácido orgânico liberado, por exemplo, o malato é secretado por raízes de cultivares resistentes ao Al como trigo, feijão, milho e soja; e oxalato pelo trigo mourisco. Cultivares tolerantes de outras espécies, como triticale e centeio são capazes de liberar tanto o malato quanto o citrato. Em diferentes espécies de plantas, a liberação de ácidos orgânicos em resposta à toxicidade de Al é limitada ao solo rizosférico, presente na vizinhança imediata do ápice radicular, uma porção particularmente suscetível à ação tóxica do elemento. Este comportamento pode permitir limitar o escoamento de ácidos orgânicos, diminuindo o custo de energia para a planta, mas mantendo uma alta capacidade de desintoxicação em torno da área mais sensível ao Al.

Uma vez que a liberação de exsudatos radiculares é, na maioria dos casos, um processo de difusão, a quantidade de fluxo é influenciada por mudanças de temperatura, determinando variações na permeabilidade da membrana plasmática ou na disponibilidade de energia da qual, em alguns casos, a liberação depende.

A intensidade da luz também pode influenciar a liberação de exsudatos, porque grande parte do carbono orgânico emitido pelas raízes vem da fotossíntese. Além disso, os ritmos circadianos têm sido destacados para a liberação de FS de algumas plantas gramíneas deficientes em Fe e citrato de plantas de tremoço branco deficientes em P. Neste último caso, o elevado fluxo observado em períodos de iluminação máxima reflete variações no suprimento de carboidratos, precursores na síntese de citrato, que são transferidos das folhas para as raízes.

A disponibilidade limitada de água no solo pode determinar, entre outras coisas, um aumento na resistência mecânica ao desenvolvimento de raiz, uma condição capaz de promover a liberação de exsudatos da raiz. Mesmo níveis mais elevados de umidade do solo ou estados de submersão das raízes podem causar modificações qualitativas e quantitativas da rizodeposição, por exemplo, em condições de hipóxia que geram alterações metabólicas causando acúmulo de compostos como etanol, ácido láctico e alanina

em níveis fitotóxicos; observa-se em algumas plantas a liberação de quantidades consideráveis de tais substâncias no ambiente rizosférico; essa habilidade pode ter um significado importante na desintoxicação desses metabólitos.

Efeitos sobre a liberação de exsudatos também foram observados em relação ao aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico; este comportamento pode ser razoavelmente ligado a uma maior fixação de CO<sub>2</sub> pela planta e, conseqüentemente, a liberação de carbono orgânico em solo rizosférico. Evidências experimentais indicam, no entanto, que estes efeitos são variáveis dependendo da espécie ou mesmo do genótipo da planta e são influenciados por outras condições ambientais, mas podem ter grandes repercussões na nutrição das plantas, interações entre raízes e microrganismos e no ciclo de nutrientes na rizosfera.

#### **4. Mecanismos de interação microrganismo-planta: efeito das plantas de cobertura sobre os microrganismos na rizosfera**

Qualquer planta pode ser utilizada como planta de cobertura, mas existe um grupo de espécies que são mais utilizadas no Brasil (LIMA FILHO *et al.*, 2014). Elas apresentam rápido crescimento, grande produção de matéria seca, efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação radicular. As espécies de plantas de cobertura possuem diferentes produções de matéria seca da parte aérea e a sua permanência no solo é regulada pela relação C/N do material vegetal, que se reflete na velocidade com que a decomposição do material é processada, e pelo manejo adotado (DIEKOW *et al.*, 1997). Outra característica importante das espécies de plantas utilizadas, tanto de inverno quanto de verão, são os diferentes tipos de raízes, que acumulam diferentes quantidades de nutrientes e interagem diferentemente com microrganismos do solo (CALEGARI & COSTA, 1993; HOFlich *et al.*, 1999).

Entre as plantas de cobertura de verão mais utilizadas destacam-se as pertencentes à família Fabaceae: crotalária (*Crotalaria spp.*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), guandu (*Cajanus cajan*), lablab (*Dolichos cajan*), leucena (*Leucena leucocephala*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima* L.); à família Poaceae: milheto (*Pennisetum glaucum*) e sorgo (*Sorghum sp.*) e Asteraceae: girassol (*Helianthus annuus*). Entre as plantas de cobertura de inverno mais utilizadas estão as pertencentes da família Poaceae: aveia-preta (*Avena strigosa* L.), o centeio (*Secale cereale* L.), o azevém (*Lolium multiflorum* L.); Fabaceae: ervilhaca (*Vicia sativa*) e tremoço (*Lupinus albus*) e Brassicaceae: nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (LIMA FILHO *et al.*, 2014).

A partir de 2003, iniciaram-se diferentes trabalhos sobre o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, inicialmente para a cultura da cebola e, posteriormente, para outras hortaliças. Nesse sistema, preconiza-se o não revolvimento do solo e/ou restrito à linha de plantio e o uso de plantas de cobertura antecedendo o cultivo de plantas de interesse econômico (FAYAD & MONDARDO, 2004). A matéria seca remanescente de plantas de cobertura contribui na redução da oscilação de temperatura, maior retenção de água e ciclagem de nutrientes, diminui o impacto das gotas de chuva, minimizando os processos erosivos (BERTOL *et al.*, 2007), atuam no controle de plantas espontâneas e podem reduzir a incidência de pragas e doenças (MEDEIROS & CALEGARI, 2006). Além do mais, tanto a matéria seca depositada na superfície do solo como os diferentes sistemas radiculares das plantas de coberturas utilizadas influenciam de maneira significativa nos microrganismos do solo (TRUBER *et al.*, 2009).

Desde os anos de 1990, diversos trabalhos têm demonstrado a importância e influência das plantas de cobertura bem como do manejo dado ao solo sobre os microrganismos em sistemas agrícolas. Porém, a maioria dos estudos se concentrava em medições de biomassa microbiana e atividade enzimática no solo (SCHINNER e SONNLEITNER, 1996). HOFlich *et al.* (1999)

propuseram um estudo a fim de verificar a distribuição e atividade de microrganismos que promovem ou inibem o crescimento de diferentes plantas (trigo, cevada, centeio, triticle, milho e beterraba) em dois sistemas de manejo de longa duração: manejo conservacionista do solo com 15 anos e manejo convencional do solo com uso de arações para o preparo do solo. Os autores concluíram que no manejo conservacionista ocorreu a estimulação de bactérias rizosféricas (*Agrobacterium spp.* e *Pseudomonas spp.*) onde haviam trigo, cevada, centeio e milho em diferentes camadas do solo. Em plantas de ervilha encontraram um aumento significativo de nodulação e fixação de nitrogênio. O manejo do solo não influenciou na colonização micorrízica.

Vezzani *et al.* (2018), em um trabalho realizado em áreas com diferentes coberturas e manejo do solo, verificaram que o crescimento contínuo das plantas em combinação com a baixa perturbação do solo promoveu maior estruturação do solo em escala de macroagregados, adicionou mais carbono ao solo, promoveu maior atividade da biomassa microbiana e aumentou a diversidade metabólica, influenciando na diversidade de *habitats* para comunidades microbianas. Nesse trabalho, o aumento da relação fungo-bactéria à medida que se afasta da rizosfera, demonstra a importância do sistema radicular para manutenção de bactérias na superfície, bem como relatou também que a comunidade fúngica é prejudicada com revolvimento do solo, em que temporariamente o solo fica desprovido de biomassa radicular.

Em relação às comunidades microbianas na rizosfera, como já relatado anteriormente, percebe-se que a predominância microbiana no solo é de bactérias e fungos. No que diz respeito às relações mais importantes entre plantas e microrganismos, esses dois grupos participam das mais estudadas, destacando-se: fixadores de nitrogênio, RPCPs, simbioses micorrízicas, solubilizadores de fosfato, inibidores de patógenos, mineralizadores de matéria orgânica, microrganismos endofíticos e efeitos alelopáticos, sendo que para esse último as relações são principalmente entre plantas e a comunidade

de nematóides. É importante ressaltar que em todas essas relações citadas anteriormente ocorre uma seleção bidirecional, em que as plantas selecionam os microrganismos na rizosfera e os microrganismos, que conseguem sobreviver na rizosfera, podem afetar a produção de exsudatos, por meio do próprio metabolismo, produzindo substâncias que vão interagir com as raízes (Figura 4).

Os exsudatos radiculares, além de alterar o equilíbrio físico-químico dos nutrientes na rizosfera, também constituem uma fonte de carbono de fácil acesso para os microrganismos do solo (HINSINGER *et al.*, 2009). O perfil qualitativo e quantitativo dos exsudatos liberados pelas plantas é, portanto, responsável pela seleção da comunidade microbiana da rizosfera.

As plantas liberam exsudatos com a finalidade de solubilizar nutrientes ainda não disponíveis. Entretanto, os microrganismos do solo podem usar esses exsudatos como fonte de carbono para seu sustento, consequentemente, a concentração da população bacteriana é consideravelmente maior no solo rizosférico do que no solo não rizosférico (massa de solo solto, Figura 4). Além disso, as atividades biológicas das raízes também podem resultar em uma variação qualitativa da comunidade microbiana da rizosfera. Nesse compartimento do solo, até os microrganismos podem alterar os equilíbrios físico-

-químicos dos elementos nutritivos, por meio de suas atividades metabólicas, como a liberação de  $\text{CO}_2$ , ácidos orgânicos (OA) e aminoácidos (AA), podendo alterar o pH do solo, mas também complexando metais. Além disso, as RPCPs podem produzir moléculas orgânicas análogas aos hormônios vegetais, que promovem efeitos no crescimento das plantas, bem como um conjunto de sinais, ainda não bem caracterizados (sinais desconhecidos, Figura 4), que podem afetar as atividades bioquímicas e moleculares das próprias plantas.

Nesse âmbito do microbioma associado às raízes das plantas, as RPCPs constituem um grupo de bactérias da rizosfera, que podem exercer efeitos positivos no crescimento das plantas, por meio de dois tipos de mecanismos (Figura 5). Os mecanismos diretos incluem a promoção do crescimento por meio, por exemplo, da melhoria da aquisição de nutrientes (ALEGRIA TERRAZAS *et al.*, 2016; PII *et al.*, 2015a) ou da modulação do balanço hormonal (auxinas e etileno) no tecido radicular (GLICK, 2012). Os modos indiretos de ação, no entanto, incluem todos os mecanismos que são baseados na proteção das plantas contra o ataque de microrganismos patogênicos (LUGTENBERG & KAMILOVA, 2009) por meio da ativação da resistência sistêmica induzida (ISR) e da produção de metabólitos induzidos por estresses bióticos (PARRAY *et al.*, 2016).

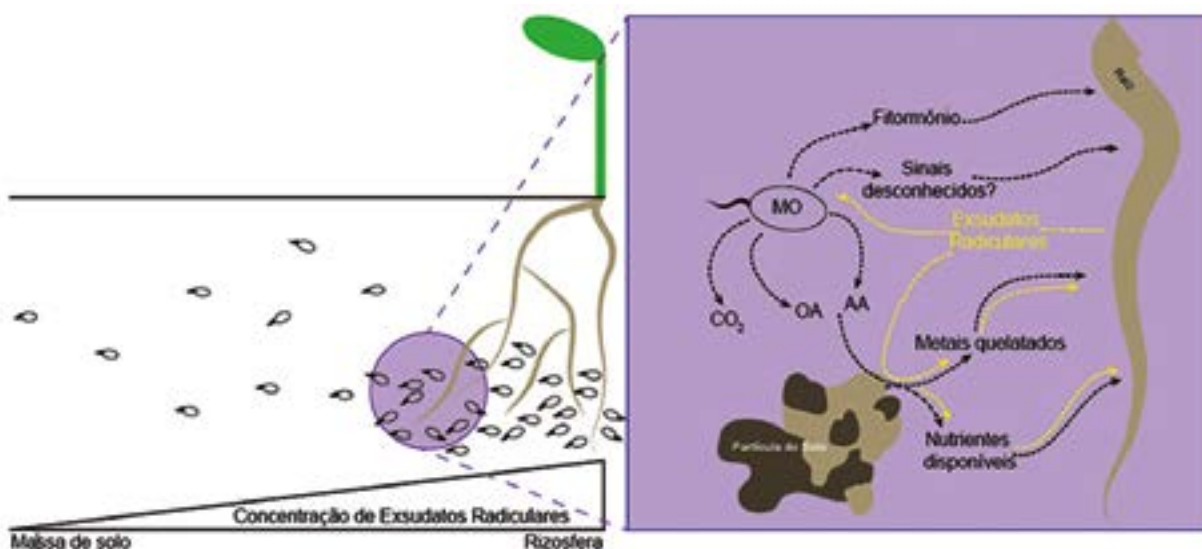


**Figura 4.** A interação entre microrganismo solo-planta determina a disponibilidade de nutrientes minerais para a rizosfera. MO=microrganismos, OA=ácidos orgânicos, AA=aminoácidos.



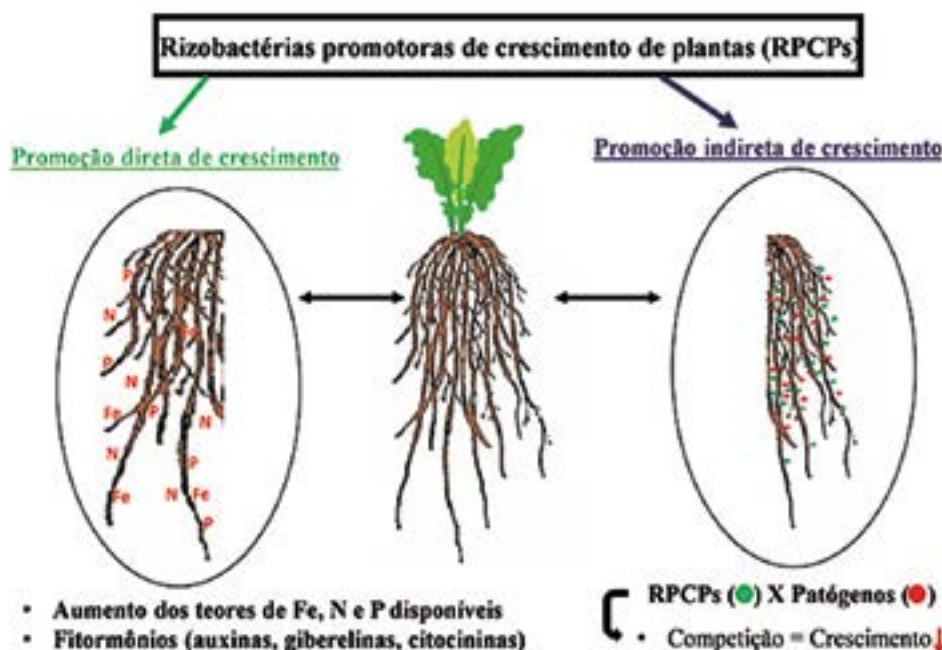


**Figura 5.** Influência direta e indireta das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas. (Fonte: Adaptado de Weyens *et al.*, 2009).

#### 4.1. Mecanismos diretos das RPCPs

Entre os mecanismos diretos, a melhoria da nutrição mineral das plantas é uma das mais estudadas, uma vez que o crescimento e a produtividade das plantas dependem fortemente da biodisponibilidade de nutrientes minerais na rizosfera (PII *et al.*, 2015a). As RPCPs podem facilitar a aquisição de recursos minerais de diferentes formas, como por meio de fixação biológica de nitrogênio, solubilização de P, produção de sideróforos e modulação dos processos bioquímicos e moleculares responsáveis pela aquisição de nutrientes (PII *et al.*, 2015a; ALEGRIA TERRAZAS *et al.*, 2016).

##### 4.1.1. Fixação biológica do N atmosférico

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) consiste na conversão do nitrogênio molecular ( $N_2$ ) em amônio ( $NH_4^+$ ), por meio da atividade da enzima nitrogenase (KIM & REES, 1994) e pode ser realizada tanto por bactérias simbióticas fixadoras de nitrogênio (por exemplo, *rhizobiaceae* e

*Frankia*), assim como por diazotróficos, não simbiotes obrigatórios, tais como: cianobactérias, *Azospirillum*, *Azotobacter* e *Azoarcus* (BHAT *et al.*, 2015; BHATTACHARYYA & JHA, 2012). No entanto, estima-se que os diazotróficos só podem contribuir para a nutrição nitrogenada das plantas, enquanto que o processo de fixação mais eficiente ocorre em órgãos especializados, os nódulos radiculares se desenvolvem como resultado da interação simbiótica entre leguminosas e rizóbios (JONES *et al.*, 2007).

Embora a FBN seja um componente presente na maioria dos sistemas agrícolas, a sua importância como fonte primária de nitrogênio para a agricultura diminui à medida que aumentam as quantidades de fertilizantes nitrogenados para a produção de alimentos e culturas comerciais. Porém, a tendência internacional é a preocupação em como substituir novamente o uso de recursos não renováveis (fósseis utilizados na produção de fertilizante nitrogenado) por recursos renováveis. Nesse caso, uma atenção especial deve ser dada a FBN, seja com utilização de inoculantes ou no redesenho das áreas com a utilização de diferentes plantas. Sabe-se que a interação entre a leguminosa e o rizóbio inicia por meio da liberação de sinais químicos na rizosfera, os flavonóides, quando as plantas se

encontram em estado de deficiência de nitrogênio. Os flavonóides vão induzir a expressão dos genes *nod*, de nodulação, a sintetizar o fator *nod*, desencadeando toda cascata de processos levando à formação dos nódulos nas raízes das plantas (JONES *et al.*, 2007).

Em sistema plantio direto, ao se propor o uso diversificado de espécies de plantas em sistema de rotação, é possível incluir espécies principalmente leguminosas, tanto de inverno quanto de verão, favorecendo a nodulação e potencializando a fixação biológica ao longo dos cultivos (MERCANTE *et al.*, 2014).

#### 4.1.2. Solubilização de P

O solo pode conter grandes quantidades de P, tanto orgânico como inorgânico, contudo estima-se que menos de 1% do P total é biodisponível (BHATTACHARYYA & JHA, 2012; ALEGRIA TERRAZAS *et al.*, 2016). A forma de P absorvida pelas plantas é o fosfato monobásico ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), que possui uma concentração de cerca de 10  $\mu\text{M}$  na solução do solo (MARSCHNER, 2012). Os microrganismos do solo podem contribuir para aumentar a biodisponibilidade de P por meio de processos de solubilização, no caso de formas inorgânicas, ou por mineralização enzimática, no caso de P na forma orgânica (GERKE, 2015). No que diz respeito às formas inorgânicas no solo, o P é principalmente relacionado com Fe, Al e Ca (IGUAL *et al.*, 2001; GYANESHWAR *et al.*, 2002); a liberação de ácidos orgânicos, tais como ácido fórmico, ácido glucônico e ácido 2-cetoglucônico, que atuam diretamente como quelantes de íons metálicos (Fe, Al, Ca), liberando, assim, o P ligado a eles (HUNTER *et al.*, 2014). Esse é o principal processo pelo qual os microrganismos solubilizadores de fosfato (por exemplo, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Penicillium* e *Aspergillus*) são capazes de aumentar a biodisponibilidade de P no solo. Além disso, o processo de exsudação é frequentemente associado ao co-transporte de prótons por meio da membrana plasmática, o que provoca uma acidificação do meio externo, induzindo ainda mais a dissolução ácida das fontes de P imobilizadas (ALEGRIA

TERRAZAS *et al.*, 2016). No que se refere às fontes orgânicas, foi demonstrado que a atividade da fosfatase de várias linhagens microbianas, como *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Penicillium* e *Pseudomonas* (AZEEM *et al.*, 2015), pode determinar a mineralização de diversas moléculas orgânicas contendo P, causando a liberação de grupos ortofosfato (RODRÍGUEZ *et al.*, 2006).

#### 4.1.3. Produção de sideróforos

O Fe é um micronutriente essencial para todos os organismos vivos e está presente em dois estados de oxidação, Fe (II) e Fe (III). Mas em ambientes aeróbicos, o Fe está presente principalmente como Fe (III) e precipita na forma de hidróxidos insolúveis, não representando fontes de Fe disponíveis tanto para plantas quanto para microrganismos (MIMMO *et al.*, 2014). Comumente, os microrganismos adquirem Fe do ambiente externo sintetizando e liberando compostos orgânicos de baixo peso molecular, geralmente chamados de sideróforos microbianos (SM) (LEMANCEAU *et al.*, 2009), os quais apresentam uma afinidade muito alta com o Fe (III). Os SM e Fe (III), formam complexos muito estáveis que são então transportados para o interior das células microbianas por meio de transportadores específicos (HIDER & KONG, 2010). Foi levantada a hipótese de que as plantas também podem absorver Fe mobilizado pelo SM (ROBIN *et al.*, 2008; VANSUYT *et al.*, 2007). No entanto a contribuição relativa desse mecanismo para a quantidade total de Fe adquirido pelas plantas ainda não foi quantificada. Recentemente, tem sido observado que a inoculação de plantas deficientes em Fe, cultivadas em solos artificiais ou calcários, com RPCP capaz de produzir sideróforos, pode aliviar os sintomas de deficiência de ferro, sugerindo um papel importante para esses microrganismos na promoção da aquisição desse micronutriente e, provavelmente, atuando na sua disponibilidade no solo (PII *et al.*, 2015b).

#### 4.1.4. Efeito das RPCPs nos mecanismos bioquímicos e moleculares de aquisição de nutrientes

A melhoria da nutrição mineral, obtida por meio da inoculação de plantas com RPCP, pode ser devido a um aumento da biodisponibilidade dos nutrientes essenciais na rizosfera (como descrito acima), mas também a uma maior capacidade dessas plantas para absorver nutrientes. Os pressupostos relativos a esses mecanismos têm sido formulados seguindo observações nas quais a RPCP *Azospirillum brasilense* poderia afetar o efluxo de prótons a partir de raízes de trigo, atuando diretamente sobre a  $H^+$ -ATPase na membrana plasmática (BASHAN, 1990; BASHAN *et al.*, 1989). Os  $H^+$ -ATPs da membrana plasmática são enzimas que têm a tarefa de gerar e manter gradientes de prótons trans-membrana necessários para energizar o transporte de diversos nutrientes (por exemplo,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$  e sulfato de nitrato,  $NO_3^-$ ) contra o gradiente químico por meio da membrana plasmática (WHITE, 2003). Assim, o aumento da extrusão de  $H^+$  induzida pela inoculação de RPCP poderia ser classificado como um mecanismo adicional, por meio do qual as bactérias podem contribuir para aumentar a absorção de nutrientes minerais.

No caso específico do micronutriente de Fe, observou-se que o fungo *Trichoderma asperellum* poderia induzir um aumento na absorção de Fe nas plantas de pepino e *Lupinus albus* estimulando a atividade da Fe-quelato redutase, enzima dedicada à redução de Fe (III) para Fe (II) antes da absorção pelo transportador específico IRT1 (ZHAO *et al.*, 2014). Mais recentemente, tem sido demonstrado que a influência de *Azospirillum brasilense* nos mecanismos de aquisição de Fe em plantas de pepino foi independente do estado nutricional do Fe, sugerindo que a RPCP pode influenciar de diversos modos os diferentes atores desse mecanismo subjacente no momento da aquisição de Fe pelas raízes (PII *et al.*, 2016).

#### 4.1.5. Modulação de fitohormônios

Hormônios vegetais desempenham um papel importante no crescimento das plantas, desenvolvimento e resposta a estímulos ambientais (TAIZ & ZEIGER, 2006). Um aspecto importante da atividade do fitohormônio da planta está ligado à plasticidade do sistema radicular, que mostra uma adaptabilidade surpreendentemente alta, em função da disponibilidade de fontes de nutrientes (KLOEPPER *et al.*, 2007). Da mesma forma, mesmo os fitohormônios produzidos e liberados pelas bactérias, como as auxinas, podem desempenhar um papel na alteração da arquitetura radicular (VACHERON *et al.*, 2013), integrando o *pool* de auxinas endógenas (GLICK, 2012). Dessa forma, a RPCP pode contribuir para aumentar a superfície e o comprimento da raiz, proporcionando às plantas melhor acesso às fontes de nutrientes presentes no solo (XIE *et al.*, 1996).

Com um mecanismo completamente oposto, a RPCP expressando a enzima 1-amino-ciclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminase, que hidrolisa o precursor ACC etileno em 2-oxobutanoato de etilo e amônia (ARSHAD *et al.*, 2007), pode facilitar e melhorar o crescimento das plantas modificando os níveis de etileno (GLICK, 2014). O etileno é encontrado em todas as plantas superiores, e está envolvido em processos-chave de desenvolvimento e nas respostas a uma grande variedade de estresses ambientais (ABELES *et al.*, 1992), que geralmente levam a efeitos prejudiciais sobre o crescimento das plantas, induzindo senescência, clorose e queda de folhas (GLICK, 2014). As RPCPs com atividade desaminase pertencem, principalmente, aos gêneros *Acinetobacter*, *Acromobacter*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Serratia* e *Rhizobium* (PARRAY *et al.*, 2016) e atuam na planta consumindo ACC e impedindo assim a síntese de etileno que se traduz em melhor resistência das plantas ao estresse ambiental (GLICK, 2014).

## 4.2. Mecanismos indiretos das RPCPs

Os mecanismos indiretos de interação estão envolvidos principalmente no biocontrole e podendo ser divididos em três grupos principais: competição, produção de antibióticos e enzimas líticas e indução de resistência sistêmica induzida.

### 4.2.1. Concorrência (competição)

As RPCPs podem proteger as plantas contra infecções por microrganismos patogênicos, atuando principalmente em dois níveis diferentes: I) competição por nichos ecológicos e II) competição por nutrientes essenciais. Algumas experiências mostraram que a competição direta entre RPCP e patógenos pode reduzir a gravidade e a incidência da doença. De fato, observou-se que o tratamento com *Sphingomonas sp* induziram uma forte redução na carga de patógenos em plantas de *Arabidopsis thaliana* infectadas com *Pseudomonas syringae* pv. tomate, impedindo assim o desenvolvimento de sintomas da doença (INNEREBNER *et al.*, 2011).

Como mencionado acima, sob condições de disponibilidade limitada de Fe, as RPCPs podem sintetizar SM, a fim de solubilizar o micronutriente das partículas do solo. Neste caso, a produção de SM também pode representar um mecanismo efetivo de controle biológico, baseado na competição por um micronutriente essencial, evitando que microrganismos patogênicos adquiram uma quantidade suficiente de Fe e, assim limitando sua capacidade de proliferar (LUGTENBERG & KAMILOVA, 2009), em virtude do fato de que, geralmente, SM tem uma maior afinidade por Fe do que os sideróforos produzidos, como por fungos patogênicos (SCHIPPERS *et al.*, 1987).

### 4.2.2. Produção de antibióticos e enzimas líticas

A produção de uma ampla gama de compostos antibióticos (como o 2, 4-diacetilfloroglucinol, fenazina, pirrolnitrina, tensina, zwittermicina A,

xantobina) é outro traço fenotípico típico das RPCPs e associado ao biocontrole, em particular contra a proliferação de fungos patogênicos (MAZURIER *et al.*, 2009). A biossíntese de antibióticos depende do estado metabólico geral das células bacterianas, que geralmente é determinado pela disponibilidade de nutrientes e estímulos externos (DUFFY & DÉFAGO, 2000). Além disso, vale a pena ressaltar que cada linhagem de RPCP poderia produzir mais de um composto antibiótico, cuja síntese poderia ser induzida por diferentes condições ambientais (DUFFY & DÉFAGO, 1999). Por estas razões, algumas das estirpes de RPCPs foram comercializadas para substituir os pesticidas químicos comuns, entretanto alguns fitopatógenos ainda podem desenvolver resistência contra antibióticos específicos.

Além dos compostos antibióticos, várias RPCPs podem produzir enzimas líticas, incluindo quitinases, celulasas, glucanases, proteases e lipases, podendo comprometer a integridade das paredes celulares de muitos fungos fitopatogênicos. Vários estudos mostraram que a produção dessas enzimas pelas RPCPs é eficaz na prevenção da infecção de uma ampla variedade de fungos, incluindo *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia solani* e *Pythium ultimum* (SINGH *et al.*, 1999; KIM *et al.*, 2008).

### 4.2.3. Resistência sistêmica induzida (ISR)

A ativação da chamada resistência sistêmica induzida pelo sistema (ISR) é definida como um estado fisiológico de maior capacidade defensiva que pode ser induzido por um organismo não patogênico ou por estímulos ambientais específicos. Neste estado, as defesas inatas da planta são “desencadeadas”, e, por conseguinte, fortalecidas, reagem mais rapidamente contra o ataque subsequente de patógenos (VAN LOON *et al.*, 1998). Além disso, esta resistência induzida é sistêmica, porque a capacidade defensiva é fortalecida, não apenas no local da infecção primária, mas difundida por todo o organismo



da planta; este aspecto ocorre, principalmente, devido ao envolvimento de um sinal baseado em jasmonato e/ou etileno, que estimula os mecanismos de defesa da planta frente a uma ampla gama de patógenos (VERHAGEN *et al.*, 2004). Na planta, há ISR pela percepção de determinantes bacterianos, como proteínas de flagelo, quitina,  $\beta$ -glucanas e surfactantes lipopeptídicos cíclicos (ANNAPURNA *et al.*, 2013).

### 4.3. Usos de RPCPs na agricultura

#### 4.3.1. Microrganismos como bioestimulantes

O termo bioestimulante refere-se a todas aquelas substâncias que promovem o crescimento de plantas se aplicadas em pequenas quantidades, mas não são nutrientes, corretivos para o solo ou pesticidas. No entanto, a falta de uma descrição legal e normativa em nível mundial impede uma classificação precisa de todas as substâncias e microrganismos que podem ser classificados como bioestimulantes (DU JARDIN, 2015). No entanto, algumas classes de compostos e microrganismos (como os ácidos húmicos e fúlvicos, hidrolisados proteicos e compostos contendo N, extratos de algas, quitosana, biopolímeros e RPCPs) são amplamente reconhecidas como bioestimulantes pela comunidade científica, legisladores e partes interessadas (HALPERN *et al.*, 2015).

No caso das culturas hortícolas, a maioria dos experimentos foram conduzidos em condições controladas (por exemplo, câmara climática ou estufa) e apenas alguns no campo aberto. Experimentos conduzidos em campo aberto sobre brócolis e alface, inoculados com *Brevibacillus reuszeri* / *Rhizobium rubi* e *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli* P31, respectivamente, mostraram um efeito de promover o crescimento do sistema radicular, um aumento no rendimento e uma maior absorção de macro e micronutrientes, destacando a eficácia das cepas de RPCP utilizados nos estudos (YILDIRIM *et al.*, 2011). Outros experimentos também foram realizados em fruteiras (por exemplo, maçã, damasco, banana, cereja), com técnicas de inoculação diferenciadas,

de acordo com o tipo de planta (pulverização foliar vs. imersão das raízes) (ESITKEN *et al.*, 2006; RYU *et al.*, 2011). As RPCPs utilizadas para inoculação de fruteiras pertenceram aos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* e, em particular, ao uso de *Bacillus* sp. OSU-142, promovendo o aumento dos parâmetros de produção, peso e qualidade nos frutos testados (ESITKEN *et al.*, 2006; RYU *et al.*, 2011). Apesar destes dados encorajadores, as principais preocupações no uso de RPCPs, em condições de campo aberto, para a produção de produtos hortícolas e frutas dizem respeito: I) a persistência de cepas bacterianas no solo após a aplicação e sua interação com a microflora nativa, e II) a sobrevivência de RPCP em formulações comerciais durante o armazenamento. Nesse sentido, macieiras inoculadas com *Pseudomonas* spp. mostraram um aumento de, aproximadamente, duas vezes na produção de frutos por duas estações consecutivas, sugerindo que as cepas bacterianas eram efetivamente persistentes e ativas no pomar (ASLANTAS *et al.*, 2007). No entanto esta evidência específica foi obtida em material vegetal inoculado antes da implantação no pomar, de modo que a RPCP pudesse efetivamente colonizar as raízes sem competir com a microflora nativa do solo; por outro lado, esta prática não é aplicável em pomares já estabelecidos. Entretanto a persistência de cepas bacterianas introduzidas na rizosfera foi monitorada em poucos estudos e isso se deve a dificuldades na recuperação específica de bactérias inoculadas (VON FELTEN *et al.*, 2010). Além disso, a inoculação de culturas com preparações bacterianas frescas é difícil de implementar, do ponto de vista agrônomico, portanto, a pesquisa está caminhando para o desenvolvimento de métodos de inoculação a seco (BASHAN *et al.*, 2014; RUZZI & AROCA, 2015) como na formulação encapsulada, na qual as bactérias são imobilizadas dentro de uma matriz polimérica, tal como alginato de Ca com adição de ácidos húmicos, leite desnatado, amido ou bentonita (MINAXI & SAXENA, 2011; YOUNG *et al.*, 2006).

Em relação à cultura do tomate, que no cultivo convencional usa-se bastante agrotóxicos e pesticidas, segundo Olivares *et al.* (2015) há uma demanda global pela produção orgânica desta

cultura. Segundo os autores, o cultivo de tomate orgânico em condições tropicais é restrito, assim como os estudos relacionados com a produção para processamento industrial são incipientes. Sendo assim, Olivares *et al.* (2015) realizaram um estudo pioneiro no Brasil intitulado “Biofortificação do substrato combinado com aplicação de *sprays* foliares de RPCP e substâncias húmicas com a finalidade de aumentar a produção de tomates orgânicos”. Neste trabalho, os autores utilizaram a combinação dos benefícios das RPCP, neste caso a bactéria *Herbaspirillum seropedicae* e as substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos extraídos de vermicomposto de esterco bovino), produzindo um biofertilizante. Este foi aplicado no substrato de crescimento das mudas de tomate para estimular o crescimento de plântulas de tomate em casa de vegetação. Posteriormente, o biofertilizante foi usado na forma de pulverização foliar, após o transplante das mudas produzidas em casa de vegetação para as condições de campo (Campos dos Goytacazes, RJ). Os benefícios desta combinação foram evidentes, tanto no crescimento quanto no desenvolvimento das plântulas. A biomassa dos frutos aumentou significativamente em relação às plantas testemunha. Após o transplante para o campo, a pulverização foliar deste biofertilizante promoveu um efeito adicional na produção de frutos e resistência a doenças, proporcionando maior produção de frutos. Este maior rendimento foi associado a melhorias na captação de nitrato e atividade da nitrato redutase. Olivares *et al.* (2015) concluíram que a nova geração de produtos biológicos à base de vermicomposto, substâncias húmicas solúveis e RPCP selecionadas oferece oportunidades de aumento dos insumos biológicos para a produção sustentável de alimentos, fibras e energia.

#### 4.3.2. Microrganismos como biofungicidas

Um efeito muito importante da interação entre plantas e os microrganismos da rizosfera é a supressão de doenças. O solo pode ser considerado supressivo quando um patógeno está presente, mas as plantas não são afetadas por

uma determinada doença ou a rizosfera pode ser supressiva quando a microbiota, que reside na rizosfera, protege a planta do ataque de patógenos. Em estudo realizado por Mendes *et al.* (2011), identificaram os principais táxons bacterianos e genes envolvidos na supressão de um patógeno fúngico das raízes e verificaram que, em plantas de beterraba cultivada em solo supressivo com inoculação de fungo patogênico, a capacidade de produzir certas substâncias que recrutavam do solo para a rizosfera microrganismos capazes de evitar o desenvolvimento da doença. Mais de 33.000 espécies bacterianas e *archaea* foram detectadas, como Proteobacteria, Firmicutes e Actinobacteria consistentemente associadas à supressão da doença.

Além das RPCPs, existem muitos relatos sobre as interações entre colonização micorrízica de plantas e a incidência e gravidade das doenças causadas por agentes patogênicos (SMITH & READ, 2008). Os efeitos mediadores, nessa interação, são variáveis e influenciados por características do solo, como pH, nível de fertilidade, teor de matéria orgânica, porosidade e capacidade de retenção de água, entre outros, e características das plantas como nutrição das plantas, se eram ou não micorrizadas antes de ser desafiada com propágulos do patógeno, bem como características intrínsecas aos inoculos, como densidade relativa do inoculo do patógeno e fungos micorrízicos.

Uma série de mecanismos pode explicar as menores perdas de doenças em plantas micorrizadas, estes incluem proteção física, que representa a competição nos sítios de colonização, de modo que a ocupação por um fungo micorrízico reduz as oportunidades de colonização por patógenos; interações químicas e bioquímicas, que incluem a produção de aminoácidos e açúcares redutores, a alteração na fisiologia radicular, o aumento da espessura da parede das células corticais, a maior lignificação das raízes; alteração nos mecanismos de defesa da planta durante a colonização micorrízica; indução de resistência, expressa pela produção de proteínas específicas (proteínas relacionadas à patogenicidade) ou pela ativação de enzimas hidrolíticas, derivadas do hospedeiro que tem

potencial antimicrobiano, sem afetar os FMA; estado nutricional que é melhorado, o que aumenta a resistência das plantas ao ataque por organismos da doença e a da tolerância à doença, particularmente ao dano radicular.

A descoberta das propriedades antagonistas das RPCPs contra organismos fitopatogênicos estimulou por muito tempo a ideia de sua possível implementação como fungicidas biológicos (STUTZ, 1986). A maioria das cepas utilizadas como biofungicidas foram isoladas de solos supressivos (CHET, 1981) ou identificadas como antagonistas efetivos de patógenos de plantas, em placas de cultura dupla (TJAMOS *et al.*, 2004). Essas abordagens de triagem podem explicar por que a maioria dos ingredientes ativos dos biofungicidas atuais funciona, principalmente, por meio da produção de enzimas líticas, sideróforos e antibióticos ou como hiperparasitas (VINALE *et al.*, 2008; ATANASOVA *et al.*, 2013). Apenas recentemente, a indução de resistência de RPCP recebeu atenção crescente, graças a resultados promissores obtidos sob condições controladas (PERAZZOLLI *et al.*, 2012). No entanto, sua eficácia tangível em condições de campo ainda é debatida (DAGOSTIN *et al.*, 2011). Embora um grande número de espécies e linhagens tenham demonstrado propriedades antagônicas contra muitos patógenos de plantas, os ingredientes ativos da maioria dos biofungicidas existentes são principalmente poucas cepas bacterianas, pertencentes aos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* (JACOBSEN *et al.*, 2004; WELLER, 2007) e cepas fúngicas, pertencentes aos gêneros *Trichoderma* e *Coniothyrium minitans* (VINALE *et al.*, 2008).

Uma vez identificada a estirpe adequada, o microrganismo benéfico é geralmente produzido em fermentadores industriais (fermentação submersa ou de estado sólido), formulado e aplicado em grandes quantidades para o solo (MONTESINOS, 2003). Um dos papéis mais importantes da formulação é garantir uma vida útil suficiente do produto fitofarmacêutico, para ser compatível com o modelo de negócio da empresa distribuidora e com as necessidades práticas dos produtores (SEGARRA *et al.*, 2015). Os fungicidas à base de cepas microbianas estão sujeitos ao mesmo protocolo de aprovação de fungicidas químicos, o que significa que devem ser comprovadamente

não tóxicos para os seres humanos, animais e o meio ambiente. Além disso, para maximizar sua efetividade em condições de campo, é necessário identificar o mecanismo de ação, o momento e as condições de melhor aplicação. Por isso, antes de colocar um biofungicida no mercado, é necessário coletar uma grande quantidade de evidências e, por conseguinte, não surpreende que as cepas mais estudadas na literatura sejam realmente os ingredientes ativos dos principais produtos comerciais (VELIVELLI *et al.*, 2014).

#### 4.3.3. Microrganismos como bioherbicidas

As ervas daninhas são um problema sério na produção agrícola, pois competem na absorção de água e nutrientes com as culturas de interesse econômico nas lavouras e, portanto, estão associadas a uma limitação de produtividade das culturas (HARDING & RAIZADA, 2015). Neste contexto, a gestão agrícola foi modificada pela introdução de herbicidas seletivos, que permitem o controle de pragas sem afetar as culturas não alvo, ou pelo menos reduzir o efeito sobre elas, devido às diferenças nas plantas em nível dos mecanismos bioquímicos (MITHILA *et al.*, 2011). Entretanto o uso de uma variedade limitada de herbicidas levou ao desenvolvimento de uma população de ervas daninhas resistentes em resposta à pressão seletiva, exacerbando a necessidade de encontrar novos métodos de controle de pragas, a fim de preservar a produtividade agrícola (MITHILA *et al.*, 2011). Neste contexto, o controle biológico, ou seja, a introdução de organismos no ecossistema para prevenir o desenvolvimento de espécies indesejáveis, tem recebido grande atenção nas últimas décadas, focando, principalmente, no possível uso de bactérias e fungos como organismos de controle (LI *et al.*, 2003; BAILEY *et al.*, 2011). No contexto do controle biológico de plantas daninhas, podem-se distinguir duas abordagens principais: I) os métodos clássicos, que são baseados na liberação de predadores naturais e/ou patogênicos de espécies indesejáveis com o conhecimento de que eles persistirão no ambiente, dificultando o crescimento de pragas em todo o ecossistema ou

II) a estratégia bioherbicida (também conhecida como controle biológico inundativo), na qual as bactérias ou esporos fúngicos são propagados e, então, liberados somente dentro da área a ser tratada, com uma carga muito alta que não ocorreria naturalmente no ecossistema (CALDWELL *et al.*, 2011).

Um grande número de bactérias foi estudado para seu possível uso como bioherbicidas. A *Pseudomonas fluorescence*, geralmente caracterizada por sua capacidade de promover o crescimento das plantas (GAMALERO *et al.*, 2005), também mostrou efeitos inibitórios sobre a germinação e crescimento das plantas. A cepa D7, em particular, foi isolada do trigo de inverno (*Triticum aestivum*) e demonstrou caracterizar uma atividade inibitória na germinação e crescimento da planta daninha *Bromus tectorum* (GEALY *et al.*, 1996), provavelmente graças a uma combinação de péptidos extracelulares e lipopolissacarídeos (GURUSIDDAIAH *et al.*, 1994). Até o momento, a mais estudada é a linhagem WH6, que tem mostrado alterar a germinação de 21 espécies de monocotiledôneas e 8 dicotiledôneas (BANOWETZ *et al.*, 2008).

*Xanthomonas campestris* é outra espécie bacteriana estudada como potencial candidata ao bioherbicida; cepas diferentes (por exemplo, JTP482, LVA-987) mostraram controlar ervas como fienarola anual (*Poa annua*) e saepola canadense (*Conyza canadensis*); no entanto, até o momento, os compostos fitotóxicos efetivos ainda não foram identificados (BOYETTE e HOAGLAND, 2015).

Além de bactérias, os fungos também têm sido estudados como bioherbicidas potenciais e um levantamento da literatura científica sobre este tópico mostrou que, principalmente, dois tipos de fungos têm relevância nesta área: *Colletotrichum* e *Phoma*. Várias espécies pertencentes ao gênero *Colletotrichum* são capazes de controlar ervas daninhas como *Sesbania exaltata* e *Xanthium spinosum* (SCHISLER *et al.*, 1991); os mecanismos utilizados por esses fungos para inibir o crescimento das plantas ainda não foram elucidados, mas a análise do genoma revelou a presença de sequências associadas à patogênese, como genes que codificam enzimas para degradação da parede celular (GAN *et al.*, 2013). Além disso, o genoma de membros pertencentes ao gênero

*Colletotrichum* também codifica a via bioquímica para a biossíntese do ácido indol-3-acético (auxina), cujos análogos e derivados são herbicidas bem consolidados (GAN *et al.*, 2013).

Dentro do gênero *Phoma*, a espécie *P. macrostomata* tem sido estudada em detalhes por sua capacidade de inibir, especificamente, o crescimento de plantas dicotiledôneas (BAILEY *et al.*, 2011, SMITH *et al.*, 2015). A estratégia adotada por *P. macrostomata* para combater o crescimento das plantas consiste na produção e liberação de macrociclina, membro da família do ácido tetramico, que compromete o processo fotossintético nas folhas novas (BAILEY *et al.*, 2011).

## 5. Influência da rizodeposição na disponibilidade de nutrientes e formação de agregados do solo

### 5.1. Aquisição de nutrientes

A principal via pela qual as plantas acessam água e nutrientes do solo é pelas suas raízes. As interações que ocorrem entre plantas e microrganismos da rizosfera afetam direta e indiretamente a dinâmica dos nutrientes no solo, uma vez que durante essas interações os exsudatos e secreções liberadas pelas raízes são capazes de estimular ou inibir processos microbianos, complexar íons metálicos (ação como agente quelante), modificar o pH e o potencial redox do solo alterando a mobilidade e a solubilidade dos nutrientes (SUBBARAO *et al.*, 2009; MEENA *et al.*, 2017). Além disso, os vários compostos orgânicos, principalmente os carbonados, exsudados pelas raízes atraem para rizosfera e estimulam a atividade de microrganismos capazes de solubilizar, mobilizar e mineralizar nutrientes como N, P, K, S, e Zn (KUMAR *et al.*, 2017; MEENA *et al.*, 2017). Por exemplo, na cultura do tomate, Kirankumar *et al.* (2008) reportaram que plantas inoculadas com RPCPs tiveram a absorção de N, P e K sensivelmente aumentada. Resultados semelhantes também foram observados nas culturas do milho (SARABIA *et al.*, 2018), pepino (PII *et al.*, 2015a,b), soja (MIRANSARI, 2016), arroz (RODRIGUES *et al.*, 2008) e trigo (KUMAR *et al.*, 2017).



No solo, a maior parte do P encontra-se insolúvel complexado em formas minerais (ex. apatitas) e orgânicas (ex. fosfato de inositol) indisponíveis a absorção pelas raízes (SHEN *et al.*, 2011). Este fato, somado a baixa mobilidade no solo e a sua essencialidade às plantas torna a solubilização e/ou mineralização das formas indisponíveis de P fundamental para atender as necessidades fisiológicas das culturas. Com esse objetivo as plantas promovem mudanças químicas e biológicas na rizosfera, via exsudatos radiculares. As principais mudanças são a acidificação da rizosfera pela liberação de prótons e/ou ácidos orgânicos, exsudação de carboxilato para mobilizar o P parcialmente disponível por quelação ou troca de ligantes e a secreção de enzimas fosfatases e fitases que catalisam a hidrólise de P orgânico (ZHANG *et al.*, 2010). A fim de entender a capacidade das plantas modificarem a rizosfera quando em condições de baixa disponibilidade de P no solo, Liu *et al.* (2004) avaliaram o desempenho de genótipos de milho com diferentes tolerâncias a essa condição. Neste estudo os autores reportaram maior liberação de prótons ( $H^+$ ) e aumento na atividade da enzima fosfatase ácida do genótipo na condição de menor disponibilidade de P, apontadas como uma estratégia fundamental para o sucesso das culturas em ambientes com limitado suprimento de nutrientes. No mesmo sentido, genótipos de milho quando submetidos a ambientes com baixa disponibilidade de P aumentaram a exsudação dos ácidos orgânicos cítrico e málico (intermediários do Ciclo de Krebs) e apresentaram correlação positiva com a atividade da enzima fosfoenolpiruvato carboxilase, a qual é responsável pela síntese de ácidos orgânicos reconhecidos pela elevada eficiência em mobilizar P do solo (GAUME *et al.*, 2001).

Estudos recentes têm mostrado que a disponibilidade de N no solo também pode ser diretamente afetada por substâncias rizodepositadas, pois algumas são capazes de inibir processos-chave do ciclo do N, como a nitrificação e a desnitrificação (BARDON *et al.*, 2014; SUBBARAO *et al.*, 2015). Estes dois processos são críticos para a manutenção do potencial fertilizante da adubação nitrogenada e para reduzir seus impactos sobre o ambiente (SUBBARAO *et al.*, 2013). Estando o N amoniacal disponível no solo, seja ele oriundo

de fertilizantes nitrogenados sintéticos e/ou da mineralização da matéria orgânica, a nitrificação ocorrerá naturalmente pela ação de bactérias nitrificadoras e será intermediária das perdas de N por lixiviação de nitrato ( $NO_3^-$ ). Subbarao *et al.* (2015) após profunda revisão sobre inibidores biológicos de nitrificação (IBN) destacam que, quando os IBN inibem a oxidação biológica do N amoniacal (imóvel no solo) para nitrato (móvel no solo) promovem o aumento do tempo de residência do N no solo, aumentando suas chances de absorção pelas plantas e/ou a imobilização em formas orgânicas na biomassa microbiana. Com este cenário reduzir-se-iam as perdas de N por lixiviação de  $NO_3^-$  e limitariam a disponibilidade de substrato as bactérias desnitrificadoras. A *Brachiaria humidicola* é uma planta que chama a atenção pela alta capacidade de inibir a nitrificação por meio da produção do IBN denominado de braquialactona (SUBBARAO *et al.*, 2009). Por ano, uma pastagem de braquiária bem manejada pode adicionar ao solo até  $14 \text{ kg ha}^{-1}$  de braquialactona (FISHER *et al.*, 1994). Ao se completar a nitrificação do  $NH_4^+$  (oxidação) do solo, o  $NO_3^-$ , produzido pode ser utilizado (reduzido) no lugar do  $O_2$ , comoceptor final de elétrons na cadeia respiratória das bactérias desnitrificadoras e, então, emitido como gás óxido nitroso ( $N_2O$ ) e dinitrogênio ( $N_2$ ) para a atmosfera. Os gases nitrogenados, produzidos na desnitrificação, assumem importância ambiental e agrônômica pelo alto potencial de aquecimento global do  $N_2O$  (300 vezes maior que o do  $CO_2$ ) e pela emissão do  $N_2O + N_2$  reduzir a disponibilidade de N às plantas (IPCC, 2007). As pesquisas sobre inibidores biológicos de desnitrificação (IBD) ainda são incipientes, porém revelam seu potencial (BARDON *et al.*, 2014; 2017). Entre os poucos trabalhos encontrados, Bardon *et al.* (2014) estudaram a planta invasora *Fallopia spp.* e identificaram que os metabólitos secundários produzidos pelas suas raízes (polifenóis de baixo peso molecular denominados de procianidinas) são capazes de inibir a ação das enzimas bacterianas responsáveis pela desnitrificação.

Outro aspecto muito estudado é como a deficiência de alguns nutrientes em plantas induz, positivamente, à absorção de nutrientes por meio da rizodeposição de agentes quelantes denominados fitossideróforos (PII *et al.*, 2015a,b; MEENA

*et al.*, 2017), conforme descrito anteriormente e exemplificado na Figura 4. De modo geral, os sideróforos são compostos de baixo peso molecular, alta estabilidade e com elevada afinidade por íons metálicos (GLICK *et al.*, 2012). Como exemplo, devido a baixa solubilidade do Fe em solos aerados e/ou com elevado pH (acima de 7,0) a presença de sideróforos é muito importante para o adequado suprimento de Fe as plantas (PII *et al.*, 2015a,b; 2016). As plantas leguminosas (Estratégia I, Figura 4) utilizam-se de três mecanismos para capturar Fe do solo, I) acidificação da rizosfera, por meio da extrusão de prótons; II) redução do Fe<sup>III</sup> insolúvel para Fe<sup>II</sup> mais solúvel pela ação da ferro-quelato redutase (FRO2); III) transporte para dentro das células das raízes mediado pelo transportador ferro-regulador 1 (IRT1) (GLICK *et al.*, 2012; KOBAYASHI & NISHIZAWA, 2012). As gramíneas, por outro lado (Estratégia II, Figura 4), secretam aminoácidos (fitossideróforos – FS), os complexam com o Fe<sup>III</sup> e absorvem o complexo Fe<sup>II</sup>-FS via transportadores (KOBAYASHI & NISHIZAWA, 2012). Na Itália, Pii *et al.* (2015a,b) inocularam um solo alcalino (pH<sub>CaCl2</sub> 7,72) com a bactéria promotora de crescimento *Azospirillum brasilense* e, após o cultivo de pepino, observaram um aumento de 20% na concentração de Fe nos tecidos das plantas, o resultado foi atribuído, pelos autores, à maior rizodeposição de sideróforos pelas raízes quando inoculadas. Outro efeito indireto pode ser associado aos sideróforos, pois ao complexar o Fe disponível na rizosfera tornam-no menos disponível a fitopatógenos, que também necessitam do nutriente, inibindo assim o crescimento do competidor (MEENA *et al.*, 2017). É importante destacar ainda que os sideróforos desempenham valioso serviço ambiental ao contribuir na fitorremediação de ambientes contaminados, uma vez que aumentam a tolerância das plantas a elementos em excesso ou tóxicos. Isso só é possível porque os sideróforos podem formar complexos estáveis com íons metálicos, como níquel, cádmio, cobre, chumbo e zinco (PUSCHENREITER *et al.*, 2017).

Não pretendemos esgotar o assunto nesta seção, mas fornecer alguns elementos mostrando como os rizodepósitos podem influenciar a disponibilidade de nutrientes as plantas. Já está claro que os rizodepósitos oriundos de interações

naturais e/ou sintéticas contribuem para o sucesso do desenvolvimento das plantas, pois ao aumentar a biodisponibilidade dos nutrientes no solo aumentam as chances de sua absorção pelas raízes (AHKAMI *et al.*, 2017). Além disso, o entendimento de como a rizodeposição afeta a disponibilidade dos nutrientes, possibilita a manipulação da quantidade e/ou composição dos rizodepósitos e dos microrganismos da rizosfera e então contribui para o aumento da eficiência de uso dos nutrientes pelas plantas e por consequência a produtividade das culturas (RYAN *et al.*, 2009; MEENA *et al.*, 2017). Diante disso, a descoberta de substâncias biologicamente produzidas e com capacidade de estimular e/ou inibir processos envolvidos no ciclo biogeoquímico dos nutrientes pode dar novo rumo aos estudos sobre nutrição de plantas, revolucionar as boas práticas de uso de fertilizantes e apontar o caminho com menor impacto sobre o agroecossistema.

## 5.2. Agregação do solo

Como descrito anteriormente, na rizosfera há um ambiente rico em nutrientes e, portanto, propício ao crescimento e desenvolvimento de fungos antagonistas e benéficos (micorrizas) e outros integrantes da microbiota do solo, podendo essa combinação resultar em melhores condições físicas do solo, tais como, maior infiltração de água no solo e porosidade total, assim como na formação de agregados do solo de diferentes tamanhos.

Os agregados podem ser divididos em classes: microagregados quando seu tamanho está compreendido entre 20 a 250 µm, ou macroagregados em casos de tamanho >250 µm (TISDALL & OADES, 1982). Os agregados se formam no solo através da interação de diferentes fatores, tanto por forças mecânicas exercidas por pressão como por compostos químicos, que são conhecidos como os agentes cimentantes. Esses podem ser divididos em transicionais, temporários ou recalcitrantes no solo e sua ação é se ligar com as partículas minerais ali presentes. Enquanto os dois primeiros estão mais associados a polissacarídeos e hifas de fungos, os

agentes persistentes ou recalcitrantes são, geralmente, associações de material humificado com óxidos de ferro (BASTOS *et al.*, 2005).

Dentre os possíveis atores da agregação no solo, as raízes das plantas têm papel fundamental, pois estas crescem em amplas direções no solo, desenvolvendo pelos radiculares, que atraem as partículas minerais, favorecem a formação dos agregados, assim como estão em constante renovação, liberando material orgânico, a partir de sua decomposição que serve de alimento a outros organismos presentes no solo. Cabe destacar também os fotoassimilados das raízes que tem papel de auxiliar na disponibilidade de nutrientes para as plantas, mas também funcionam como agentes formadores de agregados.

A formação dos fotoassimilados se dá a partir do estímulo dos cloroplastos pela luz solar, gerando energia e acumulando carboidratos e outros elementos nas folhas. Dessa forma, são movimentados os diversos ciclos bioquímicos na planta. Os produtos resultantes desses ciclos são solubilizados e distribuídos via transporte ativo nas membranas celulares, chegando às raízes, onde podem ser liberados por difusão nas células da coifa ou da epiderme das raízes, fazendo o caminho da fonte para o dreno (CARDOSO e NOGUEIRA, 2007).

Os fotoassimilados podem ser exsudatos solúveis de baixo peso molecular (aminoácidos, fenóis e ácidos orgânicos) e de alto peso molecular (mucilagens, polissacarídeos e proteínas), conforme apresentado na Tabela 1. Essas substâncias, por sua vez, interagem com as cargas presentes nos óxidos e filossilicatos no solo, formando quelatos e complexos organominerais, dando início ao processo de agregação das partículas, atuando assim como agentes cimentantes temporários e permanentes, ou seja, atraindo colóides e formando agregados (BAIS *et al.*, 2006).

A mucilagem é uma das substâncias secretadas pelas raízes mais estudada, composta por polissacarídeos e proteínas, comportando-se como um gel que recobre as raízes. Por estar em contato com as partículas minerais e os

organismos do solo, acaba servindo como uma cola, que une esses elementos, estabilizando, então, os agregados. Czarnes *et al.* (2000), avaliando os processos que ocorrem na rizosfera usando um modelo experimental com polissacarídeos bacterianos e mucilagens análogas às das raízes, verificaram o efeito dessas mucilagens e dos microrganismos, como também dos ciclos de umedecimento e secagem decorrente da evapotranspiração, na estruturação do solo.

Normalmente, os agregados em zonas radiculares são mais estáveis do que fora da rizosfera. Essa característica se dá pelo fato de ser encontrado maiores conteúdos de carbono da biomassa microbiana e de carboidratos solúveis em água na rizosfera, o que se traduz em mais agentes ligantes para interagir com as partículas do solo. Outro ponto interessante é a elevada presença de hidrolases, tais como a *urease*, *fosfatase ácida* e  *$\beta$ -glucosidase* nesses agregados da rizosfera, permitindo maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (HAYNES e FRANCIS, 1993; CARAVACA *et al.*, 2002).

A decomposição das raízes disponibiliza material orgânico rico em carbono e também outros elementos, como nitrogênio. Estes, por sua vez, são utilizados pela comunidade microbiana do solo que depende desses aportes para se estabelecer (LI *et al.*, 2015). Dentre os microrganismos, se destacam as micorrizas que por meio do carbono da decomposição ou da rizodeposição se desenvolvem, aumentando a sua biomassa e, conseqüentemente, as quantidades de hifas emitidas. As hifas acabam por aproximar os compostos minerais e orgânicos do solo, emitindo também glomalina, cujas propriedades proteicas servem também como um agente cimentante temporário (RILLING e MUMMEY, 2006).

Os microrganismos, para obter energia, se utilizam do material orgânico das raízes em decomposição, produzindo mucilagens e gomas, que interagem com os íons e as argilas silicatadas, resultando, então, em uma liga de compostos humificados que estruturam microagregados (OADES, 1984). Na sequência, esses microagregados podem se unir e formar os

macroagregados, após a cimentação de vários agregados com tamanho  $<0,25$  mm, de acordo com a hierarquia dos agregados estabelecida por Tisdall e Oades (1982).

No trabalho de Campos *et al.* (1999), onde foram avaliados os efeitos de diferentes plantas de cobertura de inverno: chícharo (*Lathyrus sativus* L.); tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.); ervilhaca (*Vicia sativa* L.); aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), antecedendo o cultivo do milho em SPD, sobre os agregados do solo, foi observado maior agregação na camada de 0 a 5 cm, onde foi cultivado o tremoço azul. Os autores atribuíram esse fato à maior liberação de material orgânico com baixa relação C/N, sendo essa de fácil aproveitamento pelos microrganismos, aumentando sua atividade e liberação de compostos cimentantes.

Os pelos radiculares influenciam na agregação do solo de duas formas, uma delas, por meio de seu crescimento, ocupando espaços porosos e criando forças de compressão e tensão, que podem chegar a até 2 MP, o que aproxima as partículas de diferentes tamanhos favorecendo à formação de microagregados e desfavorecendo os macroagregados. A outra forma é pela absorção da água no solo, tanto para realizar seus processos químicos quanto para repor a água perdida por transpiração; isso estimula os ciclos de umedecimento e secagem do solo, favorecendo as forças de coesão. Desse modo, sem a interposição de líquidos entre as partículas, o resultado é uma maior interação entre colóides de diferentes tamanhos, resultando assim na formação, principalmente, de microagregados estáveis (SIX *et al.*, 2004).

Em experimento conduzido com diferentes plantas de coberturas consorciadas e solteiras no sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH), comparado com o Sistema de Preparo Convencional (SPC) e de uma área de mata nativa, Loss *et al.* (2015) avaliaram os teores totais de carbono e os índices de agregação do solo (diâmetro médio ponderado – DMP e geométrico – DMG), verificando que as diferentes plantas de cobertura utilizadas no SPDH ajudaram a elevar, principalmente, o DMG dos agregados se

comparado ao SPC e a mata nativa, elucidando que com maior diversidade de plantas de coberturas e permanente presença de raízes a formação de agregados estáveis em água é favorecida.

Em outro estudo, Pereira Seidel *et al.* (2014) avaliaram o desenvolvimento e o efeito da *Brachiaria brizantha* cv. MG-4; cultivada na linha e na entrelinha da cultura do milho sobre as propriedades físicas do solo e obtiveram como respostas uma diminuição da densidade do solo (Ds) na camada 0 a 10 cm, nos tratamentos com braquiária. Isso foi decorrente dos ciclos de umedecimento e secagem favorecidos pelo maior número de raízes presentes, formando também microagregados.

Tisdall e Oades (1979) mostraram que, no cultivo de azevém (*Trifolium repens* e *Lolium perenne*) a rizosfera juntamente com fungos micorrízicos tiveram papel importante na formação de agregados, tanto com tamanho  $<0,25$  mm quanto nos de tamanho  $>0,25$  mm, atribuindo esse efeito as raízes e hifas emitidas por estes, que tendem a atrair e manter coesas as partículas do solo.

## 6. A importância da rizosfera na produção de plantas

As interações, que ocorrem entre raiz-solo-microrganismos são extremamente complexas, mas de vital importância para a promoção do crescimento e saúde das plantas. A população mundial é crescente e necessita-se cada vez mais de produzir alimentos para o seu sustento. Grande parte desses alimentos produzidos estão relacionados com o uso incessante de fertilizantes solúveis e pesticidas. As plantas, para se desenvolverem e produzirem, absorvem água e nutrientes por meio do sistema radicular. Neste momento, há uma interação com o solo, principalmente, o solo rizosférico. Assim, conhecendo-se os mecanismos e interações que ocorrem neste microbioma, os quais foram descritos anteriormente, percebe-se que a rizosfera vegetal pode ser potencialmente manejada para aumentar o rendimento das culturas em concomitância à



diminuição de agroquímicos. Isto é possível, pois a rizosfera é considerada o segundo genoma de plantas, sendo um “hotspot” para as interações raiz-solo-microrganismo (BERENDSEN *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2017).

Os microrganismos, com destaque para os fungos e bactérias, são essenciais para manutenção e, ou, melhoria da qualidade do solo, pois os mesmos estão direta e indiretamente envolvidos na dinâmica da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e decomposição dos resíduos vegetais (ACOSTA-MARTÍNEZ *et al.*, 2008). O sistema de manejo do solo, a exemplo do Sistema de Preparo Convencional (SPC) e do Sistema de Plantio Direto (SPD), pode alterar a comunidade microbiana do solo, porém entre o SPC e o SPD, este último quando planejado e conduzido corretamente, pode ser considerado autossustentável, pois propicia a conservação e o aumento do conteúdo de matéria orgânica, com consequente aumento da população microbiana no solo (DORAN *et al.*, 1998). No SPD, o uso contínuo de plantas de coberturas e rotação de culturas planejada promove mudanças significativas na qualidade e quantidade de resíduos vegetais, em comparação aos monocultivos e ao SPC. Dessa forma, tem-se alterações na biomassa microbiana e na dinâmica da comunidade microbiana, o que irá refletir na ciclagem de carbono e nitrogênio por meio das mudanças na decomposição dos resíduos vegetais (WRIGHT *et al.*, 2008).

Avaliando o efeito da rotação de culturas de inverno (milho – *Zea mays*, girassol – *Helianthus annuus* e guandu – *Cajanus cajan*) sobre sequências de culturas no verão (soja/soja, milho/milho e soja/milho) em SPD, nos atributos bioquímicos (amilase, urease, celulase e protease) e químicos (carbono orgânico total – COT, carboidratos totais e proteínas totais) em solo rizosférico (SR) e não rizosférico (SNR), Cordeiro *et al.* (2012) verificaram que as atividades das enzimas amilase, celulase, protease e urease no SR foram 16, 85, 62 e 100% maiores do que no SNR; para COT e proteínas totais a diferença foi de 21%. Das culturas de inverno, o milho foi a que mais estimulou as atividades das enzimas no SR, bem como no SNR. Os autores concluíram

que os atributos bioquímicos e químicos avaliados podem ser utilizados como indicadores das alterações no solo promovidas pelas culturas de inverno e pelas sequências de verão.

Dependendo do sistema de manejo e das práticas agrícolas adotadas, diferentes efeitos poderão ser observados na diversidade de microrganismos do solo. No SPC, o qual caracteriza-se pela mobilização periódica da camada superficial do solo, com consequente incorporação e fragmentação dos resíduos vegetais, que estavam depositados sobre o solo, tem-se menor atividade e diversidade biológica. Outra ameaça à atividade biológica do solo é a compactação, pois solos compactados terão menor proporção dos macroporos, ocasionando em menor espaço disponível para a vida no solo. A diminuição do espaço poroso pode favorecer as condições de anaerobiose do solo, o que influencia a distribuição de organismos no solo e altera as cadeias tróficas, podendo causar a perda de nutrientes e redução do crescimento radicular (MEIRA-HADDAD *et al.*, 2009). A utilização de pesticidas e inseticidas, a exemplo do uso do glifosato para dessecar as plantas de cobertura no SPD convencional, também pode diminuir a atividade biológica de forma drástica. Segundo Römheld *et al.* (2007), é na rizosfera que ocorrerá a transferência do glifosato aplicado na planta-alvo (invasoras) para a planta não-alvo (cultura de interesse econômico).

Com o revolvimento constante do solo e, ou, com aplicação de pesticidas, inseticidas, inevitavelmente ter-se-ão alterações negativas na comunidade microbiana do solo. Sendo assim, tem-se que buscar o equilíbrio nutricional do solo, para promover a diversidade biológica. Dentre os elementos mais requeridos pelos microrganismos, o carbono é o mais limitante para a atividade biológica do solo. O aporte vegetal (aéreo e radicular) das plantas de coberturas e das culturas, adubos e compostos orgânicos fornecem carbono ao solo e, via de regra, afetam positivamente a atividade biológica na rizosfera. A diversidade microbiana do solo também é dependente das plantas de cobertura e das culturas utilizadas, pois estas podem servir como

controle para os microrganismos patogênicos, bem como podem favorecer os microrganismos benéficos, como no caso de fungos micorrízicos.

No SPC do solo, a incorporação e a fragmentação dos resíduos vegetais causa a ruptura da rede micelial extrarradicular e favorece o desenvolvimento da comunidade bacteriana em relação à fúngica. Como as bactérias armazenam menos carbono do que os fungos (CLEMMENSEN *et al.*, 2013), o revolvimento do solo promoverá maior liberação de carbono do solo na forma de dióxido de carbono, tendo como resultado líquido a perda de matéria orgânica do solo. Entretanto quando os resíduos vegetais são mantidos na superfície do solo, a exemplo do SPD, os primeiros passos da decomposição são efetuados por artrópodes e fungos. Dessa forma, as hifas fúngicas podem estabelecer a relação entre os diferentes horizontes do solo e permitir a transferência de nutrientes, como o fósforo, de zonas mais superficiais para a zona da rizosfera. O resultado líquido é o aumento da quantidade de matéria orgânica do solo associado ao aumento da diversidade e funcionalidade biológica (MEIRA-HADDAD *et al.*, 2009).

Neste contexto, destaca-se o sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH), que difere do SPD clássico pelo fato de basear-se, primeiramente, na saúde da planta e do solo e realizado em conjunto com os agricultores. Dessa forma, avaliam-se as características da planta por meio de sinais fisiológicos que podem permitir a correção do solo e/ou adubação da planta de forma sincronizada com as taxas de absorção dos diferentes nutrientes. Assim, usam-se menores quantidades de adubos solúveis visando também a redução e/ou, eliminação de agrotóxicos, principalmente para a dessecação da palhada. No lugar dos tradicionais desseccantes químicos, os agricultores realizam o tombamento das plantas de cobertura por meio do uso de rolo faca e/ou roçadas. Sendo assim, propicia-se uma cobertura vegetal que vai decompondo mais lentamente e tem seu sistema radicular ainda ativo, pois não foi dessecado. No SPDH, é comumente utilizado o manejo das plantas espontâneas ou o consórcio de plantas

de coberturas no inverno a fim de produzir palhada para o plantio das hortaliças, tais como a cebola, o repolho, o brócolis, chuchu etc... Dentre os exemplos mais utilizados no Sul do Brasil, destaca-se o consórcio de aveia preta e nabo forrageiro, nabo mais centeio, aveia mais ervilhaca, entre outros. Isto visa o aproveitamento de diferentes nutrientes no solo por meio dos diferentes sistemas radiculares das plantas de coberturas utilizadas no consórcio. Com a eficiente ciclagem que estas plantas realizam, é de se esperar que sua rizosfera seja diferenciada daquela em SPD clássico, com o uso de desseccantes químicos. Na Figura 6 observa-se o cultivo das hortaliças brócolis juntamente com a vegetação espontânea e o cultivo de chuchu junto do consórcio de aveia com ervilhaca.

No SPDH há diferentes sistemas radiculares sempre ativos, seja da vegetação espontânea ou das plantas de coberturas utilizadas, sendo assim tem-se um ambiente com constante rizodeposição, o que favorece a comunidade microbiana do solo. A presença na área de cultivo de diferentes espécies vegetais aumenta a diversidade de substrato (biomassa), seja com plantas cultivadas ou de cobertura ou espontâneas, fundamental para a manutenção da diversidade biológica do solo (HUNGRIA *et al.*, 2009). Consequentemente, tem-se um ambiente rizosférico altamente ativo e possivelmente mais diversificado em comparação aos solos manejados no SPC e no SPD com uso de agroquímicos.

Em termos ecológicos pode-se inferir que o manejo do solo em SPDH traz resultados facilitadores ou com interações sinérgicas entre os organismos envolvidos. Entende-se como facilitação entre plantas, segundo Brooker *et al.* (2008), a interação positiva entre organismos que vivem em comunidade, em que pelo menos um dos organismos se beneficia e nenhum é prejudicado. Essa estreita interação entre os organismos atua como agente modelador da estrutura e funcionamento dos ecossistemas, principalmente em locais com restrições de recursos, tais como água, nutrientes e condições extremas de temperatura, por exemplo. Os organismos devem ser entendidos como os



**Figura 6.** Hortaliças cultivadas no SPDH: cultivo de brócolis junto com a vegetação espontânea (a) e cultivo de chuchu junto com o consórcio de aveia e ervilhaca (b).

“engenheiros do ecossistema”, os quais criam, modificam ou mantêm *habitats* ao causarem mudanças de estado físico de materiais bióticos e abióticos que, direta ou indiretamente, afetam a disponibilidade de recursos para outras espécies (JONES *et al.*, 1994; 1997).

A facilitação ou interações sinérgicas entre os organismos aumenta a possibilidade de

sucesso dos indivíduos envolvidos e pode ocorrer entre plantas, animais e microrganismos (BROOKER *et al.*, 2008). Exemplo disso pode ser visualizado na Figura 6, evidenciando-se que no SPDH, a presença constante de plantas recobrando o solo associado à diversidade de espécies vegetais facilita o desenvolvimento da cultura de interesse econômico (brócolis e o chuchu), pois tem-se menor variação de temperatura no solo, aumento do conteúdo de matéria orgânica, retenção de umidade e constante exploração do solo pelos diferentes sistemas radiculares. Dessa forma, tem-se ao longo de todo o ciclo da cultura de interesse econômico, a deposição de resíduos vegetais sobre o solo e abaixo dele, favorecendo a presença dos engenheiros do ecossistema, como as minhocas, fungos e bactérias, os quais atuarão sobre esse material vegetal, transformando-o e modulando a disponibilidade de nutrientes para as espécies vegetais ali presente, dentre elas, a cultura de interesse econômico. Portanto,

o manejo do solo no SPDH facilita, promove e enriquece o ambiente rizosférico, assim como é potencialmente habitado pelos engenheiros do ecossistema, tais como as minhocas. E como resposta a esse manejo obtém-se a produção de alimentos saudáveis em concomitância à diminuição de agroquímicos.



## Bibliografia

- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JR., M.E. **Ethylene in plant biology**. (New York: Academic Press). 1992. 414p.
- AHMAD, F.; AHMAD, I.; KHAN, M.S. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiol Res**, v. 168, p. 173–181, 2008.
- ALEGRIA TERRAZAS, R.; GILES, C.; PATERSON, E.; ROBERTSON-ALBERTYN, S.; CESCO, S.; MIMMO, T.; PII, Y.; BULGARELLI, D. Plant-microbiota interactions as a driver of the mineral Turnover in the Rhizosphere. **Adv. Appl. Microbiol**, v. 95, p. 1–67. 2016.
- ANNAPURNA, K.; KUMAR, A.; KUMAR, L.V.; GOVINDASAMY, V.; BOSE, P.; RAMADOSS, D. PGPR-induced systemic resistance (ISR) in plant disease management. In: MAHESHWARI, D. **Bacteria in Agrobiotechnology: Disease Management**. Netherlands: Springer, 2013. 2013. p. 405–425.
- ANTOUN, H.; PREVOST, D. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui ZA (ed) **PGPR: biocontrol and biofertilization**. Netherlands: Springer. 2005. p 1–38.
- ARSHAD, M.; SALEEM, M.; HUSSAIN, S. Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation. **Trends Biotechnol.**, v. 25, p. 356–362. 2007.
- ASLANTAS, R.; ÇAKMAKÇI, R.; ŞAHİN, F. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. **Sci. Hortic.**, v. 111, p. 371–377. 2007.
- ATANASOVA, L.; CROM, S.L.E.; GRUBER, S.; COULPIER, F.; SEIDL-SEIBOTH, V.; KUBICEK, C.P.; DRUZHININA, I.S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism. **BMC Genomics**, v. 14, p. 121. 2013.
- AVIS, T.J.; GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R.J. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. **Soil Biol Biochem**, v. 40, p. 1733–1740. 2008.
- AZEEM, M.; RIAZ, A.; CHAUDHARY, A.N.; HAYAT, R.; HUSSAIN, Q.; TAHIR, M.I.; IMRAN, M. Microbial phyto-se activity and their role in organic P mineralization. **Arch. Agron. Soil Sci.**, v. 61, p. 751–766. 2015.
- BAILEY, K.L.; PITT, W.M.; FALK, S.; DERBY, J. The effects of *Phoma macrostoma* on nontarget plant and target weed species. **Biol. Control**, v. 58, p. 379–386. 2011.
- BAIS, H.P.; WALKER, T.S.; SCHWEIZER, H.P.; VIVANCO, J.M. Root specific elicitation and antimicrobial activity of rosmarinic acid in hairy root cultures of *Ocimum basilicum*. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 40, p. 983–995, 2002.
- BAIS, H.P.; WEIR, T.L.; PERRY, L.G.; GILROY, S.; VIVANCO, J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 57, p. 233–266, 2006.
- BANOWETZ, G.M.; AZEVEDO, M.D.; ARMSTRONG, D.J.; HALGREN, A.B.; MILLS, D.I. Germination-Arrest Factor (GAF): Biological properties of a novel, naturally-occurring herbicide produced by selected isolates of rhizosphere bacteria. **Biol. Control**, v. 46, p. 380–390. 2008.
- BARDON, C.; PIOLA, F.; BELLVERT, F.; HAICHAR, F.Z.; COMTE, G.; MEIFFREN, G.; POMMIER, T.; PUIJALON, S.; TSAFACK, N.; POLY, F. Evidence for biological denitrification inhibition (BDI) by plant secondary metabolites. **New Phytol.**, v. 204, p. 620–630, 2014.
- BAREA, J.M.; AZCON, R.; AZCON-AGUILAR, C. Mycorrhizosphere inter-actions to improve plant fitness and soil quality. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 81, p. 343–351. 2002.
- BASHAN, Y. Short exposure to *Azospirillum brasilense* Cd inoculation enhanced proton efflux of intact wheat roots. *Can. J. Microbiol.*, v. 36, p. 419–425. 1990.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L.E.; PRABHU, S.R.; AND HERNANDEZ, J.P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant Soil**, v. 378, p. 1–33. 2014.
- BASHAN, Y.; LEVANONY, H.; MITIKU, G. Changes in proton efflux of intact wheat roots induced by *Azospirillum brasilense* Cd. *Can. J. Microbiol.*, v. 35, p. 691–697. 1989.



- BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.D.S.; ÁLVAREZ, V.H.; CORRÊA, M.M.; COSTA, L.M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.1, p. 21-31. 2005.
- BERENDSEN, R.L.; PIETERSE, C.M.; BAKKER, P.A. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends Plant Sci.**, v. 17, p. 478-486, 2012.
- BERTA, G.; TROTTA, A.; FUSCONI, A.; HOOKER, J.E.; MUNRO, M.; ATKINSON, D.; GIOVANNETTI, M.; MORINI, S.; FORTUNA, P.; TISSERANT, B.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. Arbuscular mycorrhizal induced changes to plant-growth and root-system morphology in *Prunus cerasifera*. **Tree Physiol**, v. 15, p. 281-293. 1995.
- BHAT, T.A.; AHMAD, L.; GANAI, M.A.; SHAMS-UL-HAQ, KHAN, O.A. Nitrogen fixing biofertilizers; mechanism and growth promotion: A review. **J. Pure Appl. Microbiol.**, v. 9, p. 1675-1690. 2015.
- BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, v. 28, p. 1327-1350. 2012.
- BOSCH, T.C.G.; MCFALL-NGAI, M.J. Metaorganisms as the new frontier. **Zoology**, v. 114, p. 185-190.
- BOTTINI, R.; CASSAN, F.; PICCOLI, P. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 65, p. 497-503. 2004.
- BOYETTE, C.D.; HOAGLAND, R.E. Bioherbicidal potential of *Xanthomonas campestris* for controlling *Conyza canadensis*. **Biocontrol Sci. Technol.**, v. 25, p. 229-237. 2015.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
- BROOKER, R.W.; MAESTRE, F.T.; CALLAWAY, R.M.; LORTIE, C.L.; CAVIERES, L.A.; KUNSTLER, G.; LIANCOURT, P.; TIELBÖRGER, K.; TRAVIS, J.M.J.; ANTHELM, F.; ARMAS, C.; COLL, L.; CORCKET, E.; DELZON, S.; FOREY, E.; KIKVIDZE, Z.; OLOFSSON, J.; PUGNAIRE, F.; QUIROZ, C.L.; SACCONI, P.; SCHIFFERS, K.; SEIFAN, M.; TOUZARD, B.; MICHALET, R. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. **Journal of Ecology**, v. 96, p. 18-37-34, 2008.
- CALDWELL, C.J.; HYNES, R.K.; BOYETCHKO, S.M.; KORBBER, D.R. Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pest formulation. **Can. J. Microbiol.**, v. 58, p. 1-9. 2011.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 23, n. 2, 1999.
- CARAVACA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; ROLDAN, A. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. **Geoderma**, v. 108, n. 1-2, p. 133-144. 2002.
- CARDOSO, E.J.B.N.; NOGUEIRA, M.A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**, v. 79. 2007.
- CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, S.S. A RIZOSFERA. In: Cardoso, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; Neves, M.C.P. (Eds.) **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 41-58.
- CAWOY, H.; BETTIOL, W.; FICKERS, P.; ONGENA, M. *Bacillus* based biological control of plant diseases. In: STOYTICHEVA, M. (ed) **Pesticides in the modern world** - pesticides use and management. InTech, Rijeka. 2011. P. 273-302.
- CHEN, Y.P.; REKHA, P.D.; ARUN, A.B.; SHEN, F.T.; LAI, W.A.; YOUNG, C.C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. **Appl Soil Ecol** v. 34, p. 33-41. 2006.
- CHET, I. Isolation and Biocontrol Potential of *Trichoderma hamatum* from Soil Naturally Suppressive to *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 71, p. 286. 1981.
- CLEMMENSEN, K.E.; BAHR, A.; OVASKAINEN, O.; DAHLBERG, A.; EKBLAD, A.; WALLANDER, H.; STENLID, J.; FINLAY, R.D.; WARDLE, D.A.; LINDAHL, B.D. Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest. **Scienc.**, v. 339, p. 1615-1618. 2013.

- COMBES-MEYNET, E.; POTHIER, J.F.; MOENNE-LOC-COZ, Y.; PRIGENT-COMBARET, C. The Pseudomonas secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol is a signal inducing rhizoplane expression of Azospirillum genes involved in plant-growth promotion. **Mol Plant Microbe Interact**, v. 24, p. 271-284. 2011.
- CZARNES, S.; HALLETT, P.D.; BENGOUGH, A.G.; YOUNG, I.M. Root-and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. **European Journal of Soil Science**, v. 51, n. 3, p. 435-443. 2000.
- DAGOSTIN, S.; SCHÄRER, H.-J.; PERTOT, I.; TAMM, L. Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? **Crop Prot.**, v. 30, p. 776-788. 2011.
- DANTAS, J.S.; DE SOUZA, A.P.; DE FARIAS, M.F.; NOGUEIRA, V.F.B. Interações entre grupos de microorganismos com a rizosfera. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, p. 213-2018, 2009.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Sci. Hortic.** (Amsterdam). v. 196, p. 3-14. 2015.
- DUFFY, B.K.; AND DÉFAGO, G. Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by Pseudomonas fluorescens biocontrol strains. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 65, p. 2429-2438. 1999.
- DUFFY, B.K.; AND DÉFAGO, G. Controlling instability in gacS-gacA regulatory genes during inoculant production of Pseudomonas fluorescens biocontrol strains. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 66, p. 3142-3150, 2000.
- ESITKEN, A., PIRLAK, L., TURAN, M., AND SAHIN, F. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. **Sci. Hortic.** (Amsterdam). v. 110, p. 324-327, 2006.
- FERREIRA, P.A.A.; SOARES, C.R.F.S.; ARMAS, R.D.; RANGEL, W. M.; REDIN, M. Benefícios do uso de inoculantes bacterianos e os impactos sobre o consumo de fertilizantes nitrogenados no Brasil. In: TIECHER, T. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 1ed. Porto Alegre-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016, v. 1, p. 65-86.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American Savannas. **Nature**. v. 371, p. 236-238, 1994.
- FOSTER, R.C. Microenvironments of soil microorganisms. **Biol Fertil Soils**, v. 6, p. 189-203, 1988.
- GAMALERO, E., LINGUA, G., TOMBOLINI, R., AVIDANO, L., PIVATO, B., AND BERTA, G. Colonization of tomato root seedling by Pseudomonas fluorescens 92rkG5: Spatio-temporal dynamics, localization, organization, viability, and culturability. **Microb. Ecol.** v. 50, p. 289-297, 2005.
- GAN, P., IKEDA, K., IRIEDA, H., NARUSAKA, M., O'CONNELL, R.J., NARUSAKA, Y., TAKANO, Y., KUBO, Y., AND SHIRASU, K. Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibiotrophic stage shift of Colletotrichum fungi. **New Phytol.** v. 197, p. 1236-1249. 2013.
- GARBEVA P, VAN VEEN JA, VAN ELSAS JD. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. **Annu Rev Phytopathol.** v. 42, p. 243-270, 2004.
- GARBEVA, P; VAN ELSAS, J. D.; VAN VEEN, J. A. Rhizosphere microbial community and its response to plant species and soil history. **Plant Soil**, v. 302, p. 19-32, 2008.
- GAUME, A.; MÄCHLER, F.; LEÛN, C. D.; NARRO, L.; FROSSARD, E. Low-P tolerance by maize genotypes: significance of root growth, and organic acids and acid phosphatase root exudation. **Plant Soil**, v. 228, p. 253-264, 2001.
- GEALY, D.R., GURUSIDDAIAH, S., ALEX G. OGG, J., AND KENNEDY, A.C. Metabolites from Pseudomonas fluorescens strain D7 inhibit downy brome (Bromus tectorum) seedling growth. **Weed Technol.** v. 10, p. 282-287, 1996.
- GEORGE, T.S., GREGORY, P.J., ROBINSON, J.S., AND BURESH, R.J. Changes in phosphorus concentrations and pH in the rhizosphere of some agroforestry and crop species. **Plant Soil**. v. 246, p. 65-73, 2002.
- GERKE, J. The acquisition of phosphate by higher plants: Effect of carboxylate release by the roots. A critical review. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** v. 178, p. 351-364, 2015.

- GLICK, B.R. Plant Growth-Promoting Bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica** (Cairo), v. 2012, p. 1–15, 2012.
- GLICK, B.R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiol. Res.** v. 169, p. 30–39, 2014.
- GRAY EJ, SMITH DL. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biol Biochem** v. 37, p. 395–412, 2005.
- GURUSIDDAIAH, S., GEALY, D.R., KENNEDY, A.C., AND ALEX G. OGG, J. Isolation and characterization of metabolites from *Pseudomonas fluorescens*-D7 for control of downy brome (*Bromus tectorum*). **Weed Sci.** v. 42, p. 492–501, 1994.
- GYANESHWAR, P., NARESH KUMAR, G., PAREKH, L.J., AND POOLE, P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant Soil**, v. 245, p. 83–93, 2002.
- HALPERN, M., BAR-TAL, A., OFEK, M., MINZ, D., MULLER, T., AND YERMIYAHU, U. **The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake.** In *Advances in Agronomy*, D. Sparks, ed. (Academic Press), 2015. p. 141–174.
- HANNULA, S.E., DE BOER, W., AND VAN VEEN, J.A. In situ dynamics of soil fungal communities under different genotypes of potato, including a genetically modified cultivar. **Soil Biol. Biochem.** v. 42, p. 2211–2223, 2010.
- HARDING, D.P., AND RAIZADA, M.N. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. **Front. Plant Sci.** v. 6, p. 659, 2015.
- HARRISON MJ. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annu Rev Microbiol.** v. 59, p. 19–42, 2005.
- HARTMANN, A.; ROTHBALLER, M.; SCHMID, M. Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. **Plant Soil** v. 312, p. 7–14, 2008.
- HAYNES, R.J., FRANCIS, G.S., Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregates stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. **J. Soil Sci.** v. 44, p. 665 – 675, 1993.
- HIDER, R.C., AND KONG, X. Chemistry and biology of siderophores. **Nat. Prod. Rep.** v. 27, p. 637–657, 2010.
- HINSINGER, P.; BENGOUGH, A. G.; VETTERLEIN, D.; YOUNG, I. M. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. **Plant Soil**, v. 321, p. 117–152, 2009.
- HUANG, X.; CHAPARRO, J. M.; REARDON, K. F.; ZHANG, R.; SHEN, Q.; VIVANCO, J. M. Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. **Botany**, v. 92, p. 267–275, 2014
- HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., BRANDÃO-JUNIOR, O., KASCHUK, G., & SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a longterm experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 3, p. 288–296, 2009.
- HUNTER, P., TEAKLE, G., AND BENDING, G. Root traits and microbial community interactions in relation to phosphorus availability and acquisition, with particular reference to Brassica. **Front. Plant Sci.** v. 5, p. 27, 2014.
- HUO, C.; LUO, Y.; CHENG, W. Rhizosphere priming effect: A meta-analysis. **Soil Biology Biochem**, v. 111, p. 78–84, 2017.
- HUSSAIN, Q., PAN, G.X., LIU, Y.Z., ZHANG, A., LI, L.Q., ZHANG, X.H., AND JIN, Z.J. 2012. Microbial community dynamics and function associated with rhizosphere over periods of rice growth. **Plant Soil Environ.** v. 58, p. 55–61.
- INCEOGLU, Ö., AL-SOUD, W.A., SALLES, J.F., SEMENOV, A.V., AND VAN ELSAS, J.D. 2011. Comparative analysis of bacterial communities in a potato field as determined by pyrosequencing. **PloS ONE**, n. 8, v. 6, e. 23321.
- IGUAL, J.M., VALVERDE, A., CERVANTES, E., AND VELÁZQUEZ, E. Phosphate-solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. **Agronomie.** v. 21, p. 561–568, 2001.
- INNEREBNER, G., KNIEF, C., AND VORHOLT, J.A. Protection of *Arabidopsis thaliana* against leaf-pathogenic *Pseudomonas syringae* by *Sphingomonas* strains in a controlled model system. **Appl. Environ. Microbiol.** v. 77, p. 3202–3210, 2011.
- IPCC. **Climate change.** Synthesis report of the fourth assessment report of IPCC; 2007.

- JACOBSEN, B.J., ZIDACK, N.K., AND LARSON, B.J. The Role of Bacillus -Based Biological Control Agents in Integrated Pest Management Systems: Plant Diseases. **Phytopathology**, v. 94, p. 1272–1275, 2004.
- JANGU OP, SINDHU SS. Differential response of inoculation with indole acetic acid producing *Pseudomonas* sp. in green gram (*Vigna radiata* L.) and black gram (*Vigna mungo* L.). **Microbiol J**, v. 1, p. 159–173, 2011.
- JEFFERY S, GARDI C, JONES A, MONTANARELLA L, MARMO L, MIKO L, RITZ K, PERES G, ROOMBKE J, VAN DER PUTTEN WH (eds). The soil environment. In: **European atlas of soil biodiversity**, European Commission, Publications office of the European Union, Luxembourg, 2010. p. 17–48.
- JONES, C.G, LAWTON, J,H, SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology**, v. 78, p. 1946–1957. 1997.
- JONES, C.G, LAWTON, J.H, SHACHAK ,M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373–386. 1994.
- JONES, D. L.; HINSINGER, P. The rhizosphere: complex by design. **Plant Soil**, v. 312, p. 1–6, 2008.
- JONES, D. L.; HODGE, A.; KUZYAKOV, Y. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. **New Phytol**. v. 163, p. 459–480, 2004.
- JONES, K.M., KOBAYASHI, J., DAVIES, B.W., TAGA, M.E., AND WALKER, G.C. How rhizobial symbionts invade plants: the Sinorhizobium-Medicago model. **Nature Reviews Microbiology**. v. 5, p. 619–633. 2007.
- JOSHI P, BHATT AB. Diversity and function of plant growth promoting rhizobacteria associated with wheat rhizosphere in north Himalayan region. **Int J Environ Sci** v. 1, p. 1135–1144, 2010.
- JOSHI P, TYAGI V, BHATT AB. Characterization of rhizo- bacteria diversity isolated from *Oryza sativa* cultivated at different altitude in north Himalaya. **Adv Appl Sci Res**. v. 2, p. 208–216, 2011.
- KIM, J., AND REES, D.C. Nitrogenase and biological nitrogen fixation. **Biochemistry** v. 33, p. 389–397, 1994.
- KIM, Y.C., JUNG, H., KIM, K.Y., AND PARK, S.K. An effective biocontrol bioformulation against *Phytophthora* blight of pepper using growth mixtures of combined chitinolytic bacteria under different field conditions. **Eur. J. Plant Pathol**. v. 120, p. 373–382, 2008.
- KIRANKUMAR, R.; JAGADEESH, K. S.; KRISHNARAJ, P. U.; PATIL, M. S. Enhanced growth promotion of tomato and nutrient uptake by plant growth promoting rhizobacterial isolates in presence of tobacco mosaic virus pathogen. **Karnataka J. Agric. Sci.** v. 21, p. 309–311, 2008.
- KLOEPPER JW, SCHROTH MN. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: Gilbert C (ed) **Proceedings 4th international conference on plant pathogenic bacteria**, Tours, France, p. 879–882, 1978.
- KLOEPPER JW, ZABLOTOWICK RM, TIPPING EM, LIFSHITZ R. Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers. In: Keister DL, Cregan PB (eds) **The rhizosphere and plant growth**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1991. p. 315–326.
- KLOEPPER JW. Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems). In: Okon Y (ed) **Azospirillum/plant associations**, Boca Raton, FL, USA: CRC Press. 1994. p. 111–118.
- KLOEPPER, J.W., GUTIÉRREZ-ESTRADA, A., AND MCINROY, J.A. Photoperiod regulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria. **Can. J. Microbiol**. v. 53, p. 159–167, 2007.
- KOBAYASHI, T.; NISHIZAWA, N. K. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. **Annu. Rev. Plant Biol**. v. 63, p.131–152, 2012.
- KOWALCHUK, G. A., BUMA, D., DE BOER, W., KLINKHAMER, P. L., AND VAN VEEN, J. Effects of above-ground plant species composition and diversity on the diversity of soil-borne microorganisms. **Antonie Van Leeuwenhoek** v. 81, p. 509–520, 2002.
- KOWALCHUK, G. A., YERGEAU, E., LEVEAU, J. H. J., SESSITCH, A., AND BAILEY, M. “Plant-associated microbial communities,” in: W.-T. LIU AND J. K. JANSSON. **Environmental Molecular Microbiology**, eds (Norwich, FC: Caister Academic Press), p. 133–147, 2010.
- KUMAR, A.; MAURYA, B. R.; RAGHUWANSHI, R.; MEE-NA, V. S.; ISLAM, M. T. Co-inoculation with *Enterobacter* and Rhizobacteria on yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) in the alluvial soil under Indo-Gangetic Plain of India. **J. Plant Growth Regul**. v. 36, p. 608–617, 2017.



- LAKSHMANAN, V., SELVARAJ, G., AND BAIS, H. P. Functional soil microbiome: belowground solutions to an aboveground problem. **Plant Physiol.** v. 166, p. 689–700, 2014.
- LEMANCEAU P, EXPERT D, GAYMARD F, BAKKER PAHM, BRIAT JF. Role of iron in plant-microbe interactions. **Advances in Botanical Research.** v. 51, p. 491–549, 2009.
- LI, N., YAO, S. H., QIAO, Y. F., ZOU, W. X., YOU, M. Y., HAN, X. Z., & ZHANG, B. Separation of soil microbial community structure by aggregate size to a large extent under agricultural practices during early pedogenesis of a Mollisol. **Applied Soil Ecology**, v. 88, p. 9–20, 2015.
- LI, Y., SUN, Z., ZHUANG, X., XU, L., CHEN, S., AND LI, M. Research progress on microbial herbicides. **Crop Prot.** v. 22, p. 247–252, 2003.
- LIMA FILHO, O.F DE; AMBROSANO, E.J; ROSSI, F; CARLOS, J.A.D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil:** Fundamentos e práticas. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 507, 2014.
- LIU, Y.; MI, G.; CHEN, F.; ZHANG, J.; ZHANG, F. Rhizosphere effect and root growth of two maize (*Zea mays* L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability. **Plant Science.** v. 167, p. 217–223, 2004.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; DE PAULA KOUCHER, L.; ASSIS DE OLIVEIRA, R.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 4, v. 39, 2015.
- LU XH, KOIDE RT. The effects of mycorrhizal infection on components of plant-growth and reproduction. **New Phytol**, v. 128, p. 211–218, 1994.
- LUGTENBERG, B., AND KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annu. Rev. Microbiol.** v. 63, p. 541–556, 2009.
- LUNDBERG, D.S., LEBEIS, S.L., PAREDES, S.H., YOURSTONE, S., GEHRING, J., MALFATTI, S., TREMBLAY, J., ENGELBREKTSON, A., KUNIN, V., DEL RIO, T.G., EDGAR, R.C., EICKHORST, T., LEY, R.E., HUGENHOLTZ, P., TRINGE, S.G., AND DANGL, J.L. Defining the core *Arabidopsis thaliana* root microbiome. **Nature**, v. 488, p. 86–90, 2012.
- MA, J.F., RYAN, P.R., AND DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. **Trends Plant Sci.** v. 6, p. 273–278, 2001.
- MARILLEY, L., AND ARAGNO, M. Phylogenetic diversity of bacterial communities differing in degree of proximity of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* roots. **Appl. Soil Ecol**, v. 13, p. 127–136, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 3.ed London: Elsevier, p. 643, 2012.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants** (London), 2011.
- MAZURIER, S., CORBERAND, T., LEMANCEAU, P., AND RAAIJMAKERS, J.M.. Phenazine antibiotics produced by fluorescent pseudomonads contribute to natural soil suppressiveness to *Fusarium* wilt. **ISME J**, v. 3, p. 977–991, 2009.
- MCNEAR JR., D. H. The rhizosphere - roots, soil and everything in between. **Nat. Educ. Knowl.** v. 4, p. 1, 2013.
- MEENA, V. S.; MEENA, S. K.; VERMA, J. P.; AERON, A. K. A.; MISHRA, P. K.; BISHT, J. K.; PATTANAYAK, A.; NAVEED, M.; DOTANIYA, M. L. Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: A review. **Ecol. Eng.** v. 107, p. 8–32, 2017.
- MEIRA-HADDAD, L. S.; CORREIA, P.; CARVALHO, L.; KASUYA, M. C. M.; MARTINS-LOUÇÃO, M. A.; CRUZ, C. A importância da rizosfera na produtividade das plantas hortícolas. In: **VI Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas.** 2009.
- MENDES, R., KRUIJT, M., BRUIJN, I.D., DEKKERS, E.M., VOORT, M.V., SCHNEIDER, J.H., PICENO, Y.M., DESANTIS, T.Z., ANDERSEN, G.L., BAKKER, P.A., & RAAIJMAKERS, J.M. Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. **Science**, n. 6033, p. 1097–100, 2011.
- MERCANTE, F.M; HUNGRIA, M; MENDES, I.C; JÚNIOR REIS, F.B; ANDRADE, D.S. fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F DE; AMBROSANO, E.J; ROSSI, F; CARLOS, J.A.D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil:** Fundamentos e práticas. Brasília, DF: Embrapa, p. 307–334, 2014.

- MIMMO, T., DEL BUONO, D., TERZANO, R., TOMASI, N., VIGANI, G., CRECCHIO, C., PINTON, R., ZOCCHI, G., AND CESCO, S. Rhizospheric organic compounds in the soil-microorganism-plant system: their role in iron availability. **Eur. J. Soil Sci.** v. 65, p. 629–642, 2014.
- MINAXI, AND SAXENA, J. Efficacy of rhizobacterial strains encapsulated in nontoxic biodegradable gel matrices to promote growth and yield of wheat plants. **Appl. Soil Ecol.** v. 48, p. 301–308, 2011.
- MIRANSARI, M. **Soybeans, Stress, and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria.** Environmental Stresses in Soybean Production, p. 177–203, 2016.
- MITHILA, J., HALL, J.C., JOHNSON, W.G., KELLEY, K.B., AND RIECHERS, D.E. Evolution of resistance to auxinic herbicides: historical perspectives, mechanisms of resistance, and implications for broadleaf weed management in agronomic crops. **Weed Sci.** v. 59, p. 445–457, 2011.
- MONTESINOS, E. Plant-associated microorganisms: a view from the scope of microbiology. **Int. Microbiol.** v. 6, p. 221–223, 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras, MG:UFLA, xiv, p. 729, 2006.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and soil**, v. 76, p. 319–337, 1984.
- OLIVARES FL, AGUIAR NO, ROSA RCC, CANELLAS LP. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. **Sci Hortic.**; v. 183, p. 100–8, 2015.
- PARRAY, J.A., JAN, S., KAMILI, A.N., QADRI, R.A., EGAMBERDIEVA, D., AND AHMAD, P. Current perspectives on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. **J. Plant Growth Regul.** v. 35, p. 877–902, 2016.
- PEIFFER, J. A., SPOR, A., KOREN, O., JIN, Z., TRINGE, S. G., DANGL, J. L., *Et al.* Diversity and heritability of the maize rhizosphere microbiome under field conditions. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, v. 110, p. 6548–6553, 2013.
- PERAZZOLLI, M., MORETTO, M., FONTANA, P., FERRARINI, A., VELASCO, R., MOSER, C., DELLEDONNE, M., AND PERTOT, I. Downy mildew resistance induced by *Trichoderma harzianum* T39 in susceptible grapevines partially mimics transcriptional changes of resistant genotypes. **BMC Genomics**, v. 13, p. 660, 2012.
- PEREIRA SEIDEL, E., SCHEGOSCHESKI GERHARDT, I. F., DALAZEN CASTAGNARA, D., & ABBADO NERES, M. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p.55–66, 2014.
- PII, Y., MIMMO, T., TOMASI, N., TERZANO, R., CESCO, S., CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growthpromoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review: **Biol. Fertil. Soils.** v. 51, n. 4, p. 403–415 2015a.
- PII, Y.; BORRUSO, L.; BRUSETTI, L.; CRECCHIO, C.; CESCO, S.; MIMMO, T. The interaction between iron nutrition, plant species and soil type shapes the rhizosphere microbiome. **Plant Phys. Biochem.** v. 99, p. 39–48, 2016.
- PII, Y.; PENN, A.; TERZANO, R.; CRECCHIO, C.; MIMMO, T.; CESCO, S. Plant-microorganism-soil interactions influence the Fe availability in the rhizosphere of cucumber plants. **Plant Physiol. Biochem**, v. 87, p. 45–52, 2015b.
- PRASHAR P, KAPOOR N, SACHDEVA. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. **Rev Environ Sci Biotechnol**, v. 13, p. 1–15, 2013.
- PUSCHENREITER, M.; GRUBER, B.; WENZEL, W. W.; SCHINDLEGGER, Y.; HANN, S.; SPANGL, B.; SCHENKEVELD, W. D. C.; KRAEMER, S. M.; OBURGER, E. Phyto-siderophore-induced mobilization and uptake of Cd, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn by wheat plants grown on metal-enriched soils. **Environ. Exper. Botany**, v. 138, p. 67–76, 2017.
- REZZONICO F, BINDER C, DEFAGO G, MOENNE-LOC-COZ Y: The type III secretion system of biocontrol *Pseudomonas uorescens* KD targets the phytopathogenic chromista *Pythium ultimum* and promotes cucumber protection. **Mol Plant Microbe Interact**, v. 18, p. 991–1001, 2005.
- ROBIN, A., VANSUYT, G., HINSINGER, P., MEYER, J.M., BRIAT, J.F., AND LEMANCEAU, P. Iron dynamics in the rhizosphere: consequences for plant health and nutrition. **Adv. Agron.** v. 99, p. 183–225, 2008.

- RODRIGUES, E. P.; RODRIGUES, L. S.; DE OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. D.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Azospirillum amazonense inoculation: effects on growth, yield and N<sub>2</sub> fixation of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Soil**, v. 302, p. 249-261, 2008.
- RODRÍGUEZ, H., FRAGA, R., GONZALEZ, T., AND BASHAN, Y. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. **Plant Soil**, v. 287, p. 15-21, 2006.
- RUZZI, M., AND AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Sci. Hortic.** (Amsterdam), v. 196, p. 124-134, 2015.
- RYAN, P. R.; DESSAUX, Y.; THOMASHOW, L. S.; WEL-  
LER, D. M. Rhizosphere engineering and management for sustainable agriculture. **Plant Soil**, v. 321, p. 363-383, 2009.
- RYU, C.-M., SHIN, J.N., QI, W., RUHONG, M., KIM, E.J., AND PAN, J.G. Potential for augmentation of fruit quality by foliar application of bacilli spores on apple tree. **Plant Pathol. J.** v. 27, p. 164-169, 2011.
- SARABIA, M.; JAKOBSEN, I.; GRØNLUND, M.; CARRE-  
ON-ABUD, Y.; LARSEN, J. Rhizosphere yeasts improve P uptake of a maize arbuscular mycorrhizal association. **Applied Soil Ecology**, v. 125, p. 18-25, 2018.
- SCHIPPERS, B., BAKKER, A.W., AND BAKKER, P.A.H.M. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. **Annu. Rev. Phytopathol.** v. 25, p. 339-358, 1987.
- SCHISLER, D.A., HOWARD, K.M., AND BOTHAST, R.J. Enhancement of disease caused by *Colletotrichum truncatum* in *Sesbania exaltata* by coinoculating with epiphytic bacteria. **Biol. Control**, v. 1, p. 261-268, 1991.
- SEGARRA, G., PUOPOLO, G., GIOVANNINI, O., AND PER-  
TOT, I. Stepwise flow diagram for the development of formulations of non spore-forming bacteria against foliar pathogens: The case of *Lysobacter capsici* AZ78. **J. Biotechnol.** v. 216, p. 56-64, 2015.
- SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiol**, v. 156, p. 997-1005, 2011.
- SHI, S.; NUCCIO, E. E.; SHI, Z. J.; HE, Z.; ZHOU, J.; FIRES-  
TONE, M. K. The interconnected rhizosphere: high ne-  
twork complexity dominates rhizosphere assembla-  
ges. **Ecol. Lett.**, v. 19, p. 926-936, 2016.
- SINGH, P.P., SHIN, Y.C., PARK, C.S., AND CHUNG, Y.R. Biological control of Fusarium wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. **Phytopathology**, v. 89, p. 92-99, 1999.
- SIX, J., BOSSUYT, H., DEGRYZE, S., & DENEFF, K. A his-  
tory of research on the link between (micro) aggrega-  
tes, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil  
and Tillage Research**, n. 1, v. 79, p. 7-31, 2004.
- SMALLA K, WIELAND G, BUCHNER A, ZOCK A, PARZY  
J, KAISER S, ROSKOT N, HEUER H, BERG G. Bulk and  
rhizosphere soil bacterial communities studied by de-  
naturing gradient gel electrophoresis: plant-depen-  
dent enrichment and seasonal shifts revealed. **Appl  
Environ Microbiol**, v. 67, p. 4742-4751. 2001.
- SMITH SE, READ DJ. **Mycorrhizal Symbiosis**, Ed 3.  
Academic Press, New York, London, Burlington, San  
Diego. p. 815, 2008.
- SMITH SE, SMITH FA. Roles of arbuscular mycorrhizas  
in plant nutrition and growth: new paradigms from  
cellular to ecosystem scales. **Annu Rev Plant Biol**, v.  
62, p. 227-250, 2011.
- SMITH, J., WHERLEY, B., REYNOLDS, C., WHITE, R.,  
SENSEMAN, S., AND FALK, S. Weed control spectrum  
and turfgrass tolerance to bioherbicide Phoma ma-  
crostoma. **Int. J. Pest Manag.** v. 61, p. 91-98, 2015.
- SOLTANI AA, KHAVAZI K, RAHMANI HA, OMIDVARI  
M, DAHAJI PA, MIRHOSEYNI H. Plant growth promo-  
ting character- istics in some *Flavobacterium* spp.  
isolated from soils of Iran. **J Agri Sci**, v. 2, p. 106-115,  
2010.
- STEER J, HARRIS JA. Shifts in the microbial commu-  
nity in rhizosphere and non-rhizosphere soils during  
the growth of *Agrostis stolonifera*. **Soil Biol Biochem**,  
v. 32, p. 869-878, 2000.
- STUTZ, E.W. Naturally Occurring Fluorescent Pseudo-  
monads Involved in Suppression of Black Root Rot of  
Tobacco. **Phytopathology**, v. 76, p. 181. 1986.
- SUBBARAO, G. V.; NAKAHARA, K.; HURTADO, M. P.;  
ONO, H.; MORETA, D. E.; SALCEDO, A. F.; YOSHIHASHI,  
T.; ISHITANI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; YOSHIDA,  
M.; RONDON, M.; RAO, I. M.; LASCANO, C. E.; BERRY,  
W. L.; ITO, O. **Evidence for biological nitrification**

**inhibition in Brachiaria pastures.** Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, 2009.

SUBBARAO, G. V.; SAHRAWAT, K. L.; NAKAHARA, K.; RAO, I. M.; ISHITANI, M.; HASH, C. T.; KISHII, M.; BONNETT, D. G.; BERRY, W. L.; LATA, J. C. A paradigm shift towards low-nitrifying production systems: the role of biological nitrification inhibition (BNI). **Ann. Bot.** v. 112, p. 297-316, 2013.

SUBBARAO, G. V.; YOSHIHASHI, T.; WORTHINGTON, M.; NAKAHARA, K.; ANDO, Y.; SAHRAWAT, K. L.; RAO, I. M.; LATA, J. C.; KISHII, M.; BRAUN, H. J. Suppression of soil nitrification by plants. **Plant Science.** v. 233, p. 155-164, 2015.

SUN, L.; XUN, W.; HUANG, T.; ZHANG, G.; GAO, J.; RAN, W.; LI, D.; SHEN, Q.; ZHANG, R. Alteration of the soil bacterial community during the parent materials maturation driven by different fertilizations. **Soil. Biol. Biochem.** v. 96, p. 207-215, 2016.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology** (Sunderland, MA), 2006.

TEIXEIRA LCRS, PEIXOTO RS, CURY JC, SUL WJ, PELLIZARI VH, TIEDJE J, ROSADO AS. Bacterial diversity in rhizo- sphere soil from Antarctic vascular plants of Admiralty Bay, maritime Antarctica. **ISME J**, v. 4, p. 989-1001. 2010.

TISDALL, J. M., OADES, J. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **European Journal of Soil Science**, n. 2, v. 33, p. 141-163, 1982.

TISDALL, J. M., OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Soil Research**, n. 3, v. 17, p. 429-441, 1979.

TJAMOS, E.C., TSITSIGIANNIS, D.I., TJAMOS, S.E., ANTONIOU, P.P., AND KATINAKIS, P. Selection and Screening of Endorhizosphere Bacteria from Solarized Soils as Biocontrol Agents Against *Verticillium dahliae* of Solanaceous Hosts. **Eur. J. Plant Pathol.** v. 110, p. 35-44, 2004.

TURNER, T.R., RAMAKRISHNAN, K., WALSHAW, J., HEAVENS, D., ALSTON, M., SWARBRECK, D., OSBOURN, A., GRANT, A., AND POOLE, P.S. Comparative metatranscriptomics reveals kingdom level changes in the rhizosphere microbiome of plants. **ISME J**. n. 12, v. 7, p. 2248-2258, 2013.

VACHERON, J., DESBROSSES, G., BOUFFAUD, M.-L., TOURAINE, B., MOËNNE-LOCCOZ, Y., MULLER, D., LEGENDRE, L., WISNIEWSKI-DYÉ, F., AND PRIGENT-COMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. **Front. Plant Sci.** v. 4, p. 356, 2013.

VALENTINUZZI, F., PII, Y., VIGANI, G., LEHMANN, M., CESCO, S., AND MIMMO, T. Phosphorus and iron deficiencies induce a metabolic reprogramming and affect the exudation traits of the woody plant *Fragaria×ananassa*. **J. Exp. Bot.** v. 66, p. 6483-6495 2015.

VAN LOON LC. Plant responses to plant growth promoting bacteria. **Eur J Plant Pathol.** v. 119, p. 243-254, 2007.

VAN LOON, L.C., BAKKER, P.A.H.M., AND PIETERSE, C.M.J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annu. Rev. Phytopathol.** v. 36, p. 453-483, 1998.

VANDENKOORNHUYSE, P., QUAISER, A., DUHAMEL, M., LE VAN, A., AND DUFRESNE, A. The importance of the microbiome of the plant holobiont. **New Phytol.** v. 206, p. 1196-1206, 2015.

VANSUYT, G., ROBIN, A., BRIAT, J.-F., CURIE, C., AND LEMANCEAU, P. Iron acquisition from Fe-pyoverdine by *Arabidopsis thaliana*. **Mol. Plant-Microbe Interact.** v. 20, p. 441-447, 2007.

VELINENI S, BRAHMAPRAKASH GP. Survival and phosphate solubilizing ability of *Bacillus megaterium* in liquid inoc- ulants under high temperature and desiccation stress. **J Agr Sci Tech.** v. 13, p. 795-802, 2011.

VELIVELLI, S.L.S., DE VOS, P., KROMANN, P., DECLERCK, S., AND PRESTWICH, B.D. Biological control agents: from field to market, problems, and challenges. **Trends Biotechnol.** v. 32, p. 493-496, 2014.

VERHAGEN, B.W.M., GLAZEBROOK, J., ZHU, T., CHANG, H.-S., VAN LOON, L.C., AND PIETERSE, C.M.J. The transcriptome of rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis*. **Mol. Plant-Microbe Interact.** v. 17, p. 895-908, 2004.

VINALE, F., SIVASITHAMPARAM, K., GHISALBERTI, E.L., MARRA, R., WOO, S.L., AND LORITO, M. Trichoderma-plant-pathogen interactions. **Soil Biol. Biochem.** v. 40, p. 1-10, 2008.



- VON FELTEN, A., DÉFAGO, G., AND MAURHOFER, M. Quantification of *Pseudomonas fluorescens* strains F113, CHA0 and Pf153 in the rhizosphere of maize by strain-specific real-time PCR unaffected by the variability of DNA extraction efficiency. **J. Microbiol. Methods**. v. 81, p. 108–115, 2010.
- WANG, G., XU, Y., JIN, J., LIU, J., ZHANG, Q., AND LIU, X. Effect of soil type and soybean genotype on fungal community in soybean rhizosphere during reproductive growth stages. **Plant Soil**, n. (1–2), v. 317, p. 135–144, 2009.
- WELLER, D.M. *Pseudomonas* Biocontrol Agents of Soilborne Pathogens: Looking Back Over 30 Years. **Phytopathology**. v. 97, p. 250–256, 2007.
- WEYENS, N., VAN DER LELIE, D., ARTOIS, T., SMETS, T., TAGHAVI, S., NEWMAN, L., CARLEER, R., VAN GRONSVELD, J. Bioaugmentation with engineered endophytic bacteria improves contaminant fate in phytoremediation. **Environ. Sci. Technol.** v. 43, p. 9413–9418, 2009.
- WHITE, P.J. Ion transport. In *Encyclopaedia of Applied Plant Sciences*, B. Thomas, D.J. Murphy, and B.G. Murray, eds. London: **Academic Press**, p. 625–634, 2003.
- XIE, H., PASTERNAK, J.J., AND GLICK, R.B. Isolation and characterization of mutants of the Plant Growth-Promoting Rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 that overproduce indoleacetic acid. **Curr. Microbiol.** v. 32, p. 67–71, 1996.
- YILDIRIM, E., KARLIDAG, H., TURAN, M., DURSUN, A., AND GOKTEPE, F. Growth, nutrient uptake, and yield-promotion of broccoli by plantgrowth promoting rhizobacteria with manure. **HortScience**, v. 46, p. 932–936, 2011.
- YOUNG, C.-C., REKHA, P.D., LAI, W.-A., AND ARUN, A.B. Encapsulation of plant growth-promoting bacteria in alginate beads enriched with humic acid. **Biotechnol. Bioeng.** v. 95, p. 76–83, 2006.

# Preparando o ambiente para o cultivo das plantas

11. Iniciando o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças:  
adequações do solo e práticas de cultivo
12. Máquinas e implementos utilizados e desenvolvidos  
no Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)
13. A produção de sementes e mudas



## INICIANDO O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS: ADEQUAÇÕES DO SOLO E PRÁTICAS DE CULTIVO

*Álvaro Luiz Mafra*

*Jucinei José Comin*

*Marcos Alberto Lana*

*Henrique von Hertwig Bittencourt*

*Paulo Emilio Lovato*

*Leandro do Prado Wildner*

### 1. Introdução

O Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) surgiu na década de 1990 e é caracterizado no seu eixo técnico-científico pela promoção da saúde da planta com base na rotação de culturas, nos adubos verdes e animais manejados no Pastoreio Racional Voisin (PRV), nas adubações conforme as taxas diárias de absorção de nutrientes ajustadas pelo estoque de nutrientes no solo, nas condições climáticas e sinais de planta, no aumento do conforto das plantas pela minimização dos estresses e na diminuição até eliminação do uso de agrotóxicos e adubos altamente solúveis (Figura 1).

O aprimoramento do SPDH vem ocorrendo, ao longo do tempo pelo trabalho conjunto de agricultores, extensionistas e pesquisadores, combinando

conhecimento popular e técnico-científico em experiências com várias espécies hortícolas, cultivadas em diversas condições ambientais. Além de melhorar técnica e economicamente os cultivos e



**Figura 1.** Lavoura de tomate conduzida em área com manejo dos adubos verdes usando o rolo-faca e as plantas espontâneas manejadas com roçadeira, caracterizando o plantio direto no verde.



criações, promove autonomia e valoriza o trabalho humano, com a produção de alimentos saudáveis, combinada com paisagens composta por suas lavouras, criações, corredores ecológicos e matas.

As bases do trabalho estão no eixo técnico-científico, com promoção da saúde de plantas, e no político-pedagógico, pela concepção metodológica dialética, objetivando a autonomia da Agricultura Familiar em relação ao modelo de produção industrial:

- Promoção do conforto da planta pela minimização dos estresses nutricionais, de salinidade, disponibilidade de água, temperatura, luminosidade, pH e de velocidade de difusão do oxigênio no entorno do sistema radicular;
- Desenvolvimento equilibrado das plantas em arranjos espaciais associados à arquitetura do sistema radicular, ao tamanho da planta e à quantidade de frutos, conforme as necessidades de cada cultura;
- Nutrição da planta com base nas taxas diárias de absorção de nutrientes, adequando-as às condições ambientais, às reservas de nutrientes do solo e aos sinais apresentados pela própria planta;
- Estímulo à saúde do solo, prevendo produção anual superior a 10 toneladas de fitomassa (massa seca) por hectare pelos arranjos de rotação de culturas;
- Rotação de culturas e de adubos verdes (cultivados e espontâneos), evoluindo para a rotação com animais manejados no sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV), objetivando o plantio direto no verde;
- Manejo mecânico dos adubos verdes

espontâneos e cultivados utilizando rolo-faca e roçadeira, de forma que possam melhorar o sistema com plantas mais adaptadas às condições locais sem prejudicar a produção da cultura econômica, evoluindo para o plantio direto no verde (como uma estratégia eficiente para eliminar o uso dos herbicidas);

- Diminuição até a eliminação do uso de adubos altamente solúveis e de agrotóxicos;
- Produção de mudas e sementes preparadas para aumento da resistência das plantas às condições de estresse abiótico e biótico como agentes patogênicos com estímulo à biota promotora de saúde e pela ativação do sistema de defesa da planta;
- Diminuição dos custos de produção e dos danos ao ambiente, com aumento da produtividade das culturas e das criações;
- Planejamento da paisagem rural com associação de matas e corredores ecológicos às lavouras e criações no SPDH (Figura 2).



**Figura 2.** Paisagem construída junto à agricultura familiar composta de lavouras em SPDH, intermediada por bosques, floresta e corredores ecológicos. Evolução na biodiversidade associada à agricultura e criação produtora de alimentos saudáveis. Alfredo Wagner/SC.

## 2. Implantação e condução do SPDH

A transição entre sistemas deve promover a saúde de plantas, associada à saúde do solo (BÜNEMANN *et al.*, 2018), de forma a garantir aspectos produtivos, atendimento das funções ambientais (HOYT, 1999; NORRIS & CONGREVES, 2018) e deve contemplar os fatores do solo que afetam o crescimento das plantas cultivadas (FAO, 2000), seguindo alguns princípios de manejo descritos na Figura 3.

O estabelecimento do SPDH deve considerar inicialmente a adequação do local para o cultivo de hortaliças, de acordo com as exigências da(s) espécie(s) e com base em fatores ambientais, entre os quais clima, relevo e solo apropriados. Deve-se observar a capacidade de uso, combinada ou complementada com práticas que protejam o solo e ao mesmo tempo favoreçam o crescimento vegetal, como forma de obter conforto para as plantas e permitir a expressão do seu potencial produtivo (Figura 4).

Para iniciar o SPDH em áreas novas ou em uso, é necessário amostrá-las para análise química, estratificando-as nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm. Recomenda-se a incorporação do calcário e adubação corretiva com fósforo e potássio na camada arável (de 0 a 20 cm de profundidade).

Solos com problemas estruturais e que apresentam sinais evidentes de compactação, especialmente em sub-superfície, devem ter esta condição corrigida previamente, o que pode ser feito pelo preparo associado à incorporação do calcário e adubação corretiva.

A sistematização da superfície do solo no plano, em canteiro ou em camalhão, para cultivo

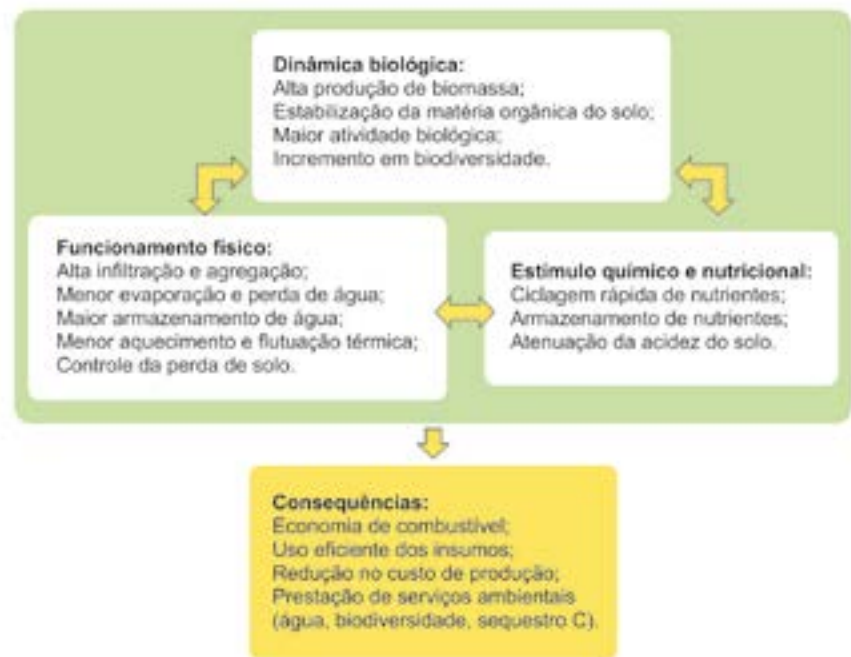


**Figura 3.** Benefícios esperados no manejo do solo em sistema plantio direto de hortaliças, com melhorias produtivas e ambientais.

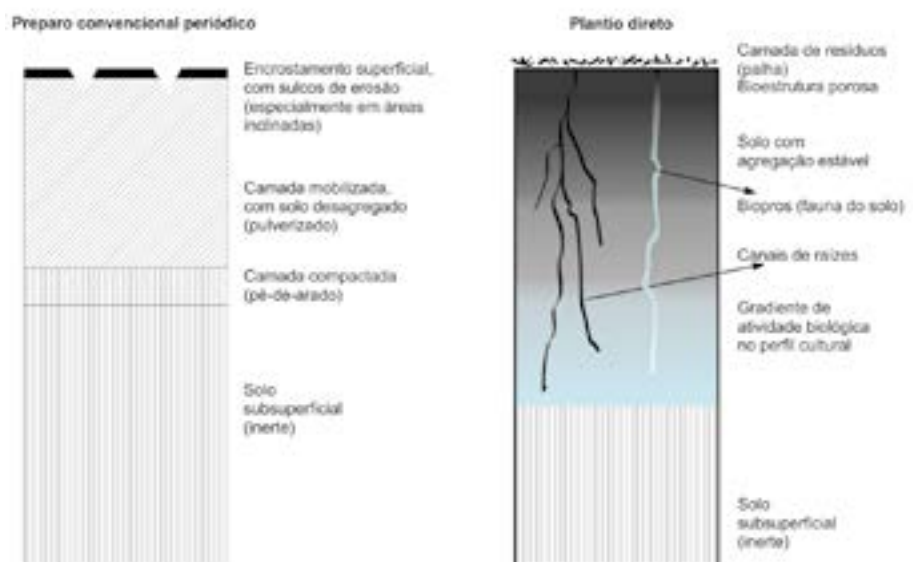


**Figura 4.** Condições contrastantes na camada superficial representadas pelo manejo inadequado levando à degradação do solo no preparo convencional e a possibilidade de sua recuperação pelo SPDH.

(Figura 5), deve preceder a implantação das culturas de cobertura, que após manejadas, formam a fitomassa radicular e aérea para em seguida realizar semeadura ou plantio das mudas. As gramíneas e espécies forrageiras que cobrem, protegem e agregam o solo, ciclam os nutrientes e proporcionam aporte elevado de material orgânico, com maior persistência da palhada na superfície do terreno (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Considera-se assim o plantio direto uma das opções de manejo na agricultura de baixa emissão de carbono (AMARAL *et al.*, 2011). Para tanto, sugere-se que a produção anual de fitomassa na área seja de no mínimo  $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de massa seca nas condições ambientais do Sul do Brasil. Neste montante são considerados os restos culturais das espécies comerciais, juntamente com os adubos verdes e espécies forrageiras no plano de rotação.

### 2.1. Uso conservacionista do solo

Além de buscar eficiência no aproveitamento da energia solar, água e nutrientes, partindo da escolha do local de plantio, o SPDH considera as particularidades dos tipos de solo e a avaliação do perfil cultural como determinantes do manejo. Um dos exemplos dessa adequação entre fatores de produção é o uso do SPDH na agricultura em montanhas, que é uma realidade em muitas regiões produtoras de hortaliças no Brasil. Nestes ambientes sensíveis, o manejo adequado do solo é imperativo para a manutenção das condições produtivas e ambientais (ASSIS & AQUINO, 2018).

O planejamento do manejo conservacionista deve abranger o conjunto da paisagem onde as unidades de produção se inserem. Neste sentido, é importante integrar as áreas de produção com espaços para preservação dos recursos naturais, especialmente os ambientes sensíveis, como áreas declivosas, alagadas, e com solos rasos ou arenosos.

Dessa forma, é necessário avaliar a necessidade e adotar práticas conservacionistas complementares ou de suporte, que apresentam



**Figura 5.** Sistematização do terreno, segundo o plano de rotação na unidade de produção, no liso (a), em canteiro (b) e camalhão (c).

natureza mecânica ou estruturais, visando reduzir a velocidade e o volume de escoamento superficial (PRUSKI, 2006). Entre as práticas mecânicas utilizadas para disciplinar o excesso de água, que ocorre em períodos de chuvas intensas em áreas de cultivo, se destacam o preparo e cultivo em contorno, as culturas em faixas, os terraços agrícolas, os canais divergentes ou escoadouros e as bacias de captação (BERTOL *et al.*, 2012).



## 2.2. Cobertura do solo e quantidade de biomassa

A cobertura do solo é proporcionada pela presença de plantas vivas ou de resíduos culturais. Sua presença reduz o impacto das gotas de chuva e impede a desagregação de partículas da superfície. Ela também oferece obstáculo ao escoamento na superfície, permite maior infiltração de água e retenção de partículas eventualmente desagregadas. Além disso, a cobertura age como isolante térmico, reduz sua amplitude, diminui a perda de água por evaporação, oferece abrigo e alimento para biota, reduz ou suprime o desenvolvimento da vegetação espontânea, colabora com a ciclagem da matéria orgânica e nutrientes e melhora a estrutura (SCOPEL *et al.*, 2013; ROBACER *et al.*, 2016).

Essas condições colaboram com o conforto da planta por diminuir os fatores de estresse, além de favorecer a formação de estrutura grumosa, aumentar a velocidade de difusão do oxigênio e troca de gases. Um solo agrícola manejado adequadamente se assemelha às condições naturais de um solo de floresta, onde a cobertura vegetal é um elemento de proteção e a serapilheira sobre a superfície desempenha papel essencial na ciclagem dos nutrientes e da energia. Além disso, alta quantidade de resíduos é necessária para manter e incrementar a matéria orgânica, destacando-se como um dos principais pilares da sua saúde (SOUZA *et al.*, 2014) e produtividade dos cultivos (GALIENI *et al.*, 2017).

A alta produção de fitomassa da parte aérea é correspondente ao crescimento de raízes, que por sua vez atuam na formação e estabilização dos agregados, ciclagem de nutrientes e carbono, além de interagir com a biota pela exsudação de compostos orgânicos na rizosfera. O estímulo ao crescimento radicular das plantas permite às culturas explorar maior volume de solo, o que amplia a absorção de nutrientes e água.

A qualidade e a quantidade da fitomassa produzida são dependentes das características botânicas e agronômicas das espécies utilizadas

(culturas, adubos verdes, plantas espontâneas), sua adaptação às condições ambientais locais e à semeadura na época adequada. O ideal é utilizar espécies com maior rapidez de crescimento, que apresentem raízes profundas e vigorosas, além de boa produção de fitomassa. Outro fator importante é a persistência da fitomassa sobre o solo, que depende de materiais com baixa taxa de decomposição (SOUZA *et al.*, 2019).

Como as hortaliças, em geral, deixam poucos resíduos ao final do ciclo, há necessidade de incluir outras culturas que produzam maior quantidade de fitomassa, tais como o milho e espécies forrageiras (milheto (*Pennisetum glaucum*), capim sudão (*Sorghum sudanense*), sorgo (*Sorghum bicolor*), aveia (*Avena sp.*) e centeio (*Secale cereale*)) utilizadas em sistemas de rotação. Outra forma para garantir cobertura do solo é aproveitar o crescimento de plantas espontâneas, como o capim-marmelada ou papuã (*Brachiaria plantaginea*), que produz grande quantidade de resíduos após o ciclo de crescimento.

Plantas de cobertura são recomendadas em sistemas de cultivo, abrangendo espécies de inverno, tais como nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*Avena strigosa*), aveia branca (*Avena sativa*), centeio, ervilhaca comum (*Vicia sativa*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa*), tremoços (*Lupinus sp.*), ervilha forrageira (*Pisum arvensis*); e de verão, tais como as mucunas (*Mucuna sp.*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), milheto, crotalárias (*Crotalaria sp.*), guandu anão (*Cajanus cajan*), trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) entre outras, que são tradicionalmente utilizadas para essa finalidade. Também podem ser usadas misturas de espécies de inverno tais como aveias ou centeio + nabo forrageiro e/ou ervilhacas; e de verão, tais como girassol (*Helianthus annuus*) + milheto + mucunas ou feijão de porco ou guandu anão, milheto ou capim sudão + crotalária + trigo mourisco. O manejo das plantas de cobertura pode ser realizado a partir da fase de pleno florescimento, quando há adequada produção de fitomassa e aporte de nutrientes, por equipamentos mecânicos que promovam o acamamento (rolo-faca) ou o corte (roçadeira) da fitomassa. Dessa forma, o uso de plantas de cobertura



auxilia na manutenção e melhoria e/ou recuperação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (FAGERIA *et al.*, 2005), criando ambiente favorável para o crescimento vegetal e aumento do rendimento da cultura principal ao longo dos anos. Outra forma de manejar a vegetação espontânea é o plantio direto no verde, realizado por meio da roçada da vegetação das entrelinhas da cultura. Apesar da cobertura morta ser a forma mais utilizada pelos agricultores, pode haver vantagens da cobertura viva em determinadas situações, melhorando aspectos físicos e químicos do solo (PERIN *et al.*, 2002; CANALI *et al.*, 2017). Nessa perspectiva, a dinâmica de liberação de nutrientes, a relação entre a cobertura e as populações de plantas espontâneas e a relação ou a interação dos adubos verdes com as espécies cultivadas devem ser consideradas. Essa interação pode ser estimulada, por exemplo, com espécies solubilizadoras de fósforo ou que promovam associação com bactérias que realizam a fixação biológica do nitrogênio. Assim como determinadas espécies de adubos verdes podem ser hospedeiras de pragas e microrganismos patogênicos potenciais para as culturas, outras podem ser utilizadas para quebrar os ciclos desses organismos, diminuindo a necessidade de intervenção curativa (ABAWI e WIDMER, 2000).

Espécies cujas sementes apresentam tamanho reduzido (como gorga (*Spergula arvensis*) e algumas crotalárias) podem ser misturadas a material inerte (como quirera, por exemplo) ou sofrer peletização para facilitar a semeadura. Em outras situações específicas, como é o caso do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. *Belomonte*), o estabelecimento a campo pode ser realizado pelo plantio de mudas.

Ressalta-se a importância da inoculação das sementes com bactérias simbióticas fixadoras de nitrogênio, tanto de leguminosas como de gramíneas. Esse procedimento deve ser realizado antes da semeadura, para garantir contato dos microrganismos com as plantas no início do desenvolvimento, além de evitar a colonização do sistema radicular das plantas por microrganismos nativos, menos eficientes na fixação biológica de nitrogênio.

### 2.3. Correção do pH, fósforo, potássio e adubação

A adequação química do solo deve ser feita com base na sua análise e demanda das culturas, visando ao uso eficiente dos nutrientes e economia de insumos. No início do SPDH, recomenda-se que a correção da acidez, dos teores de P de K seja realizada pela incorporação de toda a quantidade em profundidade equivalente à camada arável (0 a 20 cm). Nos anos seguintes, o solo permanece sem revolvimento e se, por acaso, houver reacidificação (pH menor que 5,5) os corretivos devem ser aplicados na superfície do solo (SOCIEDADE, 2016).

O suprimento de nutrientes de acordo com as taxas diárias de absorção pelas plantas, já estabelecidas para várias espécies de hortaliças manejadas no SPDH (ver capítulo 8: 'Fisiologia da produção e nutrição de plantas'), possibilita a economia de insumos quando se ajusta a adubação pelo estoque de nutrientes do solo, condições climáticas e sinais indicadores dos cultivos. O manejo dos cultivos e criações no SPDH promove incremento de nutrientes e de matéria orgânica na camada superficial associado às adubações distribuídas na superfície e à ciclagem promovida pelos restos culturais (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Essas mudanças, acompanhadas da redução das perdas por erosão, as melhorias físicas e biológicas, favorecem o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

Algumas práticas são recomendadas para reduzir a imobilização dos nutrientes, como a aplicação antecipada e de maiores quantidades de N mineral pela adubação. O manejo da biomassa em idade intermediária e o cultivo consorciado ou a rotação com leguminosas, que possibilitam a fixação biológica do N<sub>2</sub>, além do uso de resíduos orgânicos como esterco, podem ser alternativas para aumentar a disponibilidade de nitrogênio. Outra prática é a aplicação de adubos orgânicos na fase vegetativa dos adubos verdes com objetivo de aumentar a quantidade de biomassa, corrigir manchas de fertilidade sinalizadas pelas plantas de cobertura e repor, principalmente, micronutrientes.

## 2.4. Rotação e diversificação de cultivos

A diversificação de espécies é uma das bases ecológicas para ocupação dos espaços nos ambientes naturais, para maximizar o aproveitamento de recursos como água, luz e nutrientes. A maior quantidade de espécies aumenta as interações entre os componentes e possibilita maior estabilidade, por assimilar ou dissipar os impactos dos distúrbios que ocorrem nos ecossistemas. Nas áreas cultivadas esse princípio deve ser sempre seguido como forma de obter benefícios para planta e para o solo (BONIN, 1990). A sequência de culturas deve ser planejada a fim de alternar espécies de diferentes famílias, tais como: *Poaceae* (gramíneas), *Fabaceae* (leguminosas) e crucíferas, utilizando plantas com boa capacidade de ciclar nutrientes, sistema radicular profundo, alta produção de resíduos em sucessão com plantas exigentes em nutrientes, raízes superficiais e menor produção de resíduos. As leguminosas formam, em sua maioria, associação simbiótica com bactérias fixadoras de  $N_2$  atmosférico, resultando em aporte de nitrogênio ao sistema.

A combinação de diferentes espécies vegetais (culturas, adubos verdes, forrageiras) no sistema de rotação busca otimizar interações positivas entre cada uma delas, que se complementam do ponto de vista de sua saúde, com combinação de plantas recicladoras de nutrientes e espécies exigentes, com maior capacidade de extração de nutrientes. A sequência de gramíneas e leguminosas é tradicionalmente utilizada por compatibilizar, respectivamente, persistência da fitomassa e aproveitamento do nitrogênio pela fixação biológica. Deve-se considerar também que é importante buscar informações para prevenir a ocorrência de fatores negativos, como efeitos alelopáticos que ocorrem pela liberação de substâncias com efeitos adversos sobre a germinação e o metabolismo de outras plantas, que crescem simultaneamente no local, ou na sequência de cultivos. A alelopatia também pode ser usada para o controle do desenvolvimento de plantas espontâneas.

As raízes fasciculadas em geral têm maior área de contato com o solo e contribuem para maior absorção de fósforo pelas raízes. Branco *et*

*al.* (2015) verificaram que a utilização de gramíneas com raízes fasciculadas aumentou o conteúdo de P na massa seca e, conseqüentemente, houve maior absorção de P pela cultura em sucessão. Além disso, o aporte de matéria orgânica pelos adubos verdes no solo também auxilia na diminuição da adsorção de fósforo pelos minerais, fazendo com que aumente sua disponibilidade para as plantas.

O aproveitamento da prática da rotação de culturas em áreas de produção de hortaliças tem sido mostrado em alguns estudos. Vieira *et al.* (1999) em experimento conduzido na região Sul catarinense, constataram que o cultivo de gramíneas em rotação com batata (*Solanum tuberosum*) elevou a produtividade de tubérculos em até 80%, com aumento da qualidade e menor incidência de sarna. Em outro trabalho na mesma região, Silva e Althoff (2003) evidenciaram benefícios dessa prática na produtividade e qualidade em cultivos de batata-doce (*Ipomoea batatas*), cenoura (*Daucus carota*), beterraba (*Beta vulgaris*) e repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) em avaliações realizadas por seis anos. Além disso, observou-se que o cultivo de aveia preta e mucuna reduziu a necessidade de capinas e facilitou o cultivo mínimo do tomateiro. No cultivo da cenoura (*Daucus carota*), houve redução significativa da incidência de doenças no sistema diversificado em relação ao monocultivo.

## 2.5. Redução da intensidade de preparo do solo

A semeadura ou plantio é feita por máquinas desenvolvidas e adaptadas para cortar os resíduos na superfície preparando os berços nos quais são colocados os fertilizantes e as sementes ou mudas. Os equipamentos são providos de discos para corte da palhada e muitas vezes acopladas hastes ou outras ferramentas para sulcar o solo e permitir o plantio. Nesta situação, a mobilização do solo é mínima e restrita ao berço, com o propósito de romper camadas compactadas. A necessidade de mobilizar o solo em área total é substituída pela atividade biológica das raízes e fauna estimuladas pela cobertura e pelo permanente e diversificado aporte de fitomassa.

A menor intensidade de revolvimento do solo, associada a maior cobertura da superfície e maior diversidade de espécies, segundo um plano de rotação de culturas, pode reduzir a ocorrência das plantas espontâneas (VILANOVA *et al.*, 2014). É importante também que o manejo dos adubos verdes, a abertura do berço ou sulco e o plantio da muda ou semeadura sejam realizados no mesmo dia, possibilitando que as plantas da cultura principal cresçam e cubram rapidamente o solo.

O diagnóstico para identificação de camadas compactadas é requisito para implantação do sistema, podendo ser realizado diretamente no campo pelas seguintes observações: 1. Altura de planta abaixo do nível de crescimento das outras ao seu redor; 2. Acúmulo de água na superfície do solo após as chuvas, formando poças, pela menor infiltração de água; 3. Plantas que mostram sinais de “falta de água” em razão da baixa quantidade de água armazenada; 4. Plantas que apresentam sistema radicular com crescimento lateral. Também é possível avaliar a compactação do solo nas áreas diagnosticadas com os problemas visuais acima descritos abrindo trincheira de 50 cm de largura (transversal às linhas de plantio) x 40 cm de comprimento (na linha de plantio) x 40 cm de profundidade. Com o auxílio de uma faca ou um canivete, é possível sentir os diferentes graus de resistência à penetração à medida em que a ponta do instrumento é introduzida no solo, sequencialmente desde a superfície até o fundo da trincheira (COMIN *et al.*, 2016). Os indicadores de compactação podem ser relacionados à densidade do solo, com valores críticos dependentes da textura (REICHERT *et al.*, 2003). O aumento da densidade é associado à redução da porosidade de aeração, que não deve ser inferior a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , o que restringe a aeração. Outro indicativo da restrição ao crescimento radicular, em solos compactados, é a resistência à penetração, que não deve ultrapassar 2 MPa na condição de umidade correspondente à capacidade de campo.

Quando forem identificadas camadas compactadas, recomenda-se realizar a descompactação com o uso de equipamentos próprios para cada situação (subsolador ou

escarificador) e a imediata recuperação da estrutura com o cultivo de plantas (uma ou mais espécies) que apresentem alto potencial de produção de fitomassa e, principalmente, com sistema radicular vigoroso capaz de incorporar grandes quantidades de matéria orgânica. A recuperação da estrutura garantirá a infiltração de água, o equilíbrio entre a infiltração de água e a aeração nos macroporos e o armazenamento de água nos microporos.

### 3. Resultados de pesquisa: experimento com cebola em SPDH

O enfoque principal do projeto de pesquisa “Aspectos edáficos e culturais do manejo conservacionista do solo para cebola”, conduzido junto à Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, foi analisar como sistemas conservacionistas, fundamentados na cobertura permanente e rotação de culturas, podem manter a capacidade produtiva das terras e aumentar a produtividade da cebola, especialmente quando se consideram as condições de produção no Alto Vale do Itajaí, a principal região produtora da cultura em Santa Catarina (Figura 6)

O objetivo do experimento foi avaliar sistemas de manejo conservacionista e seus efeitos sobre a produção de fitomassa de adubos verdes, aspectos físicos e químicos do solo e produtividade da cultura, buscando combinações eficientes de cobertura, para o sistema de plantio direto. O experimento foi implantado em 2007, abrangendo sistemas de rotação de culturas para a cebola, com os seguintes tratamentos em plantio direto (PD): T1. milho-cebola; T2. rotação comercial com a sequência milho, aveia-nabo-centeio, cebola, girassol, aveia-nabo-ervilhaca, feijão, centeio-nabo, cebola, milho, ervilhaca, milho, nabo-centeio, cebola, milho; T3. milho-gramíneas, com a sequência aveia-nabo, cebola, milho, ervilhaca, milho, centeio, cebola, milho, centeio, cebola, milho, aveia, milho; T4. mucuna-cebola; T5. gramíneas de inverno-milheto, com a sequência milho, cevada, cebola, milheto, centeio, cebola, milheto, aveia, cebola, milheto; T6.



**Figura 6.** Experimento na Estação Experimental em Ituporanga, Santa Catarina, para analisar os sistemas de rotação com cebola, milho e adubos verdes influenciando na emergência e desenvolvimentos de plantas espontâneas.

mucuna-centeio e cebola; T7. consórcio de verão, com a sequência milheto-mucuna-girassol e cebola. Comparativamente foi avaliada uma área com Preparo Convencional (PC), com sucessão milho-cebola (T8). As variáveis relacionadas à cobertura do solo avaliadas foram produção de massa seca dos resíduos culturais e dos adubos verdes. Os seus atributos químicos e físicos foram avaliados nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. A produtividade de bulbos de cebola foi avaliada nas safras de 2007 a 2017.

Assim, os adubos verdes avaliados mostraram, desconsiderando os problemas climáticos, fitossanitários e pousio, satisfatória produção de fitomassa, variando de 3 a 16 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca. No geral, os adubos verdes de verão têm maior potencial de produção de fitomassa se comparados aos de inverno. Espécies com alta produção de fitomassa como milho e milheto são interessantes para o sistema de plantio direto de cebola. O uso do consórcio de espécies como estratégia para cobertura do solo aumenta a produção de fitomassa total.

**Tabela 1.** Produção de fitomassa (MS Mg ha<sup>-1</sup>) da parte aérea de adubos verdes de inverno e verão, para cultivo de cebola em plantio direto, sob diferentes tratamentos envolvendo rotação de culturas nos anos de 2008, 2009 e 2010. Ituporanga/SC.

| Produção de massa seca | T1                                 | T2          | T3          | T4          | T5          | T6          | T7          |
|------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | ----- (Mg ha <sup>-1</sup> ) ----- |             |             |             |             |             |             |
| Inverno 2008           | -                                  | 5,1a        | 3,5a        | 3,1a        | 4,0a        | 4,5a        | 4,6a        |
| Verão 2008             | 3,1a                               | 0,9b        | 1,0b        | 1,1b        | 2,8a        | 0,9b        | 1,1b        |
| Verão 2009             | 16,3a                              | 6,2d        | 16,5a       | 7,4cd       | 10,3bc      | 6,8d        | 16,1a       |
| Inverno 2010           | 0,8d                               | 5,6a        | 4,4b        | 5,3ab       | 3,0c        | 4,8ab       | 5,4a        |
| <b>Soma</b>            | <b>20,2</b>                        | <b>17,8</b> | <b>25,5</b> | <b>16,9</b> | <b>20,1</b> | <b>17,0</b> | <b>27,2</b> |

T1: milho-cebola, T2: rotação comercial, T3: milho-gramíneas, T4: mucuna-cebola, T5: gramíneas de inverno-milheto e cebola, T6: mucuna-centeio e cebola, T7: consórcio de verão e cebola. Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada época pelo teste de t (P<0,05).

A produção de fitomassa dos adubos verdes (massa seca) no inverno de 2008 variou de 3,1 a 5,1 Mg ha<sup>-1</sup>, não diferindo entre os tratamentos (Tabela 1). No verão de 2008, a produção de fitomassa dos adubos verdes variou de 0,87 a 3,1 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo os tratamentos 1 e 5 os mais produtivos, podendo ser atribuído à contribuição do milho e milheto. No verão de 2009, a produção de fitomassa dos adubos verdes variou de 6,2 a 16,5 Mg ha<sup>-1</sup>. No inverno de 2010 constatou-se que a produção de fitomassa variou de 0,84 a 5,6 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca.



O teor de carbono orgânico na camada superficial do solo foi um dos atributos que mais evidenciou efeito positivo do plantio direto em relação ao preparo convencional (Figura 7), sendo normalmente considerado um bom indicador de qualidade. Como resposta, o monocultivo com a sucessão milho e cebola reduziu a produtividade de cebola nas primeiras safras, comparado à rotação, mas houve variações importantes entre safras (Figura 8).

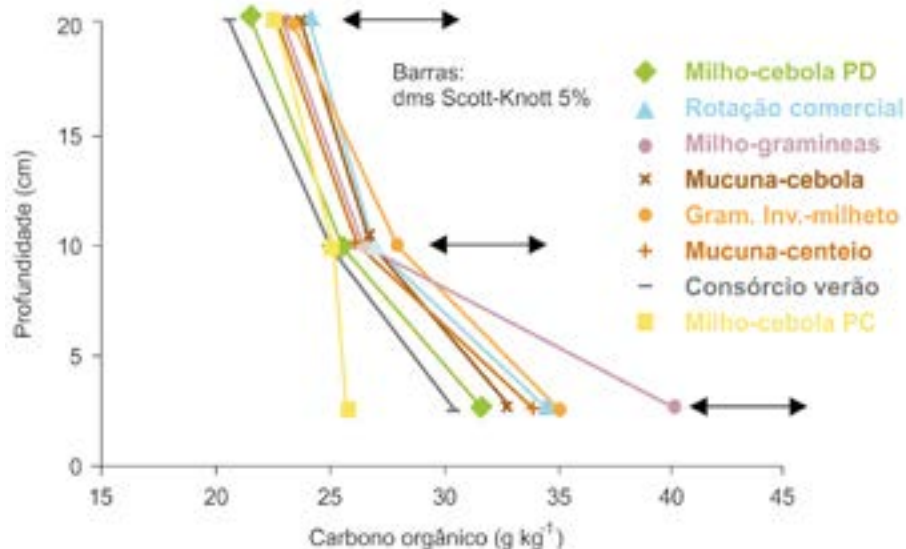


**Figura 7.** Teor de carbono orgânico total no solo, em resposta aos tratamentos de rotação de culturas. Ituporanga/SC. Fonte: COMIN *et al.* (2018).

#### 4. Desafios na adoção do sistema de plantio direto de hortaliças

Um dos desafios para viabilizar o sistema é a capacidade de gerenciamento deste por todos os envolvidos na sua construção. Isso requer que se parta da compreensão de princípios de manejo adaptados ao ambiente de produção, capazes de promover as condições favoráveis ao crescimento e à saúde de plantas, passando do foco específico na(s) espécie(s) comercial(ais) de hortaliça, para uma abordagem sistêmica. Esse trabalho deve ser fundamentado no entendimento das causas dos problemas e não em seus sintomas; como também na necessidade de investimento no solo, na água, na biodiversidade e nas pessoas envolvidas (BRENNAN, 2017).

Entre os principais aspectos técnicos, que requerem atenção tanto dos profissionais da pesquisa e da extensão rural quanto dos pró-

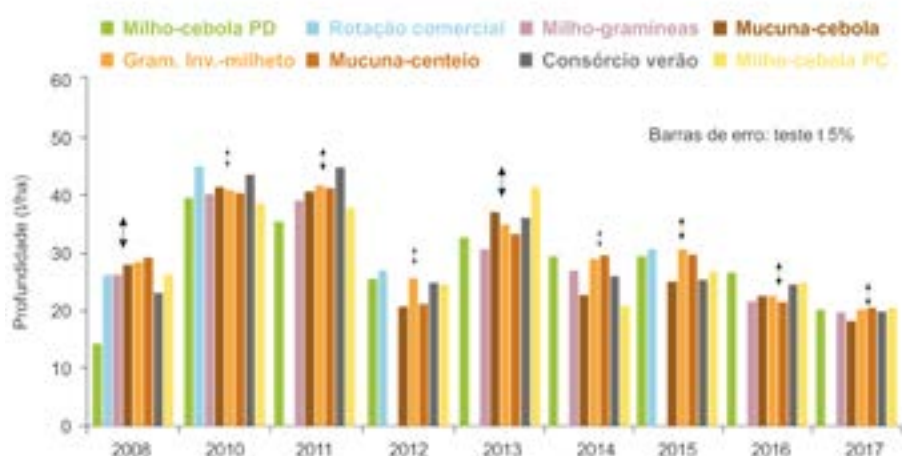


**Figura 8.** Rendimento de bulbos de cebola em experimento com tratamentos de rotação de culturas. Ituporanga/SC.

prios agricultores, destacam-se o uso de máquinas adaptadas, a redução, até a eliminação do uso de insumos, especialmente agrotóxicos e adubos altamente solúveis. O desenvolvimento das máquinas para plantio direto, principalmente as semeadoras, deve permitir o adequado corte dos resíduos culturais na superfície do solo, assim como possibilitar a distribuição uniforme de sementes com diferentes tamanhos, uma vez que muitas espécies apresentam

diversidade nessa característica. Equipamentos apropriados para manejo da fitomassa são fundamentais para proporcionar cobertura uniforme do solo, requisito essencial e necessário para manejar as plantas espontâneas (BIETILA *et al.*, 2017).

## Bibliografia

- ABAWI, G.S.; WIDMER, T.L. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil Ecology**, 15: 37-47, 2000.
- AMARAL, D.D.; CORDEIRO, L.A.M.; GALERANI, P.R. Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para consolidação da economia de baixa emissão de carbono na agricultura – Plano ABC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 6: 1266-1274, 2011.
- ASSIS, R.L.; AQUINO, A.M. The participatory construction of agro-ecological knowledge as a soil conservation strategy in the mountain region of Rio de Janeiro State (Brazil). **Open Agriculture**, 3: 17-24, 2018.
- BERTOL, I.; MAFRA, A.L.; COGO, N.P.; BARBOSA, F.T.; MIQUELLUTI, D.J.; OLIVEIRA, L.C.; RECH, T.D.; MOREIRA, M.A. **Manejo e conservação do solo e da água: retrospectiva, constatação e projeção**. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012. 20p. (Boletim técnico)
- BIETILA, E.; SILVA, E.M.; PFEIFFER, A.C.; COLQUHOUN, J.B. Fall-sown cover crops as mulches for weed suppression in organic small-scale diversified vegetable production. **Renewable Agriculture and Food Systems**, 32(4): 349-357, 2017.
- BONIN, V. Rotação de culturas na produção de hortaliças. **Agropecuária Catarinense**, 3(2): 41-42, 1990.
- BRANCO, R.B.F.; NOWAKI, R.H.D.; SALLES, F.A.; BOLO-NHEZI, D.; GUALBERTO, R. Soil properties and agronomic performance of watermelon grown in different tillage and cover crops in the South Eastern of Brazil. **Experimental Agriculture**, 51(2): 299-312, 2015.
- BRENNAN, E.B. Can we grow organic or conventional vegetables sustainably without cover crops? **HortTechnology**, 27(2):151-161, 2017.
- Assim, o desenvolvimento e a adoção das tecnologias relacionadas ao manejo no SPDH requerem uma fase de transição. Da mesma forma, seu início em áreas novas deve ser gradual e baseado na apropriação dos conhecimentos nas lavouras de estudos, reuniões técnicas, viagens de estudos e experimentações.
- BÜNEMANN, E.K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R.E.; DE DEYN, G. GOEDE, R.; FLESSENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T.W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J.W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, 120: 105-125, 2018.
- CANALI, S.; DIACONO, M.; MONTEMURRO, F.; DELAT, K. Enhancing multifunctional benefits of living mulch in organic vegetable cropping systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, 32(3): 197-199, 2017.
- COMIN, J.J.; FAYAD, J.A.; KURTZ, C.; MAFRA, A.L.; CURMI, P. **Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. Florianópolis: EPAGRI, 2016. 16p.
- COMIN, J.M.; FERREIRA, L.B.; SANTOS, L.H.; KOUCHER, L.P.; MACHADO, L.N.; SANTOS JÚNIOR, E.; MAFRA, A.L.; KURTZ, C.; SOUZA, M.; BRUNETTO, G.; LOSS, A. Carbon and nitrogen contents and aggregation index of soil cultivated with onion for seven years using crop successions and rotations. **Soil and Tillage Research**, 184: 195-202, 2018.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; BAILEY, B.A. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 36(19-20), 2733-2757, 2005.
- FAO. **Manual on integrated soil management and conservation practices**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2000. 214p.
- GALIENI, A.; STAGNARI, F.; SPECA, S.; D'EGIDIO, S. Management of crop residues to improve quality traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. **Italian Journal of Agronomy**, 12(1): 59-62, 2017.

HOYT, G.D. Tillage and cover residue effects on vegetable yields. **HortTechnology**, 9(3):351-358, 1999.

NORRIS, C.E.; CONGREVES, K.A. Alternative management practices improve soil health indices in intensive vegetable cropping systems: a review. **Frontiers in Environmental Science**, 6, 1-18, 2018.

OLIVEIRA, R.A.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L.C.; KURTZ, C.; MÜLLER JÚNIOR, V.; LOVATO, P.E.; OLIVEIRA, B.S.; SOUZA, M.; COMIN, J.J. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 40:1-17, 2016.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26: 713-720. 2002.

PRUSKI, F.F. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, 27, 29-48, 2003.

ROBACER, M.; CANALI, S.; KRISTENSEN, H.L.; BAVEC, F.; MLAKAR, S.G.; JAKOP, M.; BAVEC, M. Cover crops in organic field vegetable production. **Scientia Horticulturae**, 208:104-110, 2016.

SCOPEL, E.; TRIOMPHE, B.; AFFHOLDER, F.; SILVA, F.A.M.; CORBEELS, M.; XAVIER, J.H.V.; LAHMAR, R.; RECOUS, S.; BERNOUX, M.; BLANCHART, E.; MENDES, I.C.; TOURDONNET, S. Conservation agriculture cro-

pping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, 33(1): 113-130, 2013.

SILVA, A.C.F.; ALTHOFF, D.A. Rotação de culturas para hortaliças no Litoral Sul Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, 16(3): 58-65, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. [s.l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

SOUZA, D.C.; MEDEIROS, J.C.; LACERDA, J.J.J.; DALLA ROSA, J.; BOECHAT, C.L.; SOUSA, M.N.G.; RODRIGUES, P.C.F.; OLIVEIRA FILHO, E.G.; MAFRA, A.L. Dry mass accumulation, nutrients and decomposition of cover plants. **Journal of Agricultural Science**, 11(5): 152-160, 2019.

SOUZA, R.F.; FIGUEIREDO, C.C.; MADEIRA, N.R.; AL-CANTARA, F.A. Effect of management systems and cover crops on organic matter dynamics of soil under vegetables. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:923-933, 2014.

VIEIRA, S.A.; SILVA, A.C.F.; ALTHOFF, D.A. Efeitos da rotação de culturas sobre o rendimento e qualidade da batata no Litoral Sul Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, 12(3): 33-38, 1999.

VILANOVA, C.C.; COMIN, J.J.; KURTZ, C.; MÜLLER JÚNIOR, V. Interferência de plantas de cobertura sobre a incidência de plantas invasoras e a produção de cebola sob sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, 15:9-14, 2014.

# MÁQUINAS E IMPLEMENTOS UTILIZADOS E DESENVOLVIDOS NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS (SPDH)

*Daniel Rogério Schimitt*

*Edio Zunino Sgrott*

*Michael Mazurana*

*Remi Natalin Dambrós*

## 1. Introdução

Equipamentos para o SPDH, dentro da realidade da agricultura familiar, tem se desenvolvido agregando poucos conhecimentos gerados pela engenharia agrícola que, em geral, visa atender as necessidades das lavouras nas grandes propriedades. Isso porque não são adequados aos princípios do SPDH e à dinâmica das pequenas propriedades. Portanto, há necessidade de desenvolver e/ou adaptar tecnologias já disponíveis a esta realidade, evoluindo a partir dos arranjos artesanais visando o desenvolvimento de máquinas e equipamentos para trabalhar com diferentes culturas, topografias e tamanhos de áreas cultivadas, quantidades de palha acima de 10 t de MS ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, e acessível a este segmento da agricultura. Até o momento, as adaptações desenvolvidas na evolução do SPDH atendem apenas em parte os desafios de construir um sistema produtivo baseado na promoção de saúde de plantas. Assim, apresentaremos algumas alternativas construídas em conjunto com os agricultores, extensionistas e pesquisadores em Estações Experimentais.

## 2. Equipamentos de semeadura de plantas de cobertura

A germinação das sementes de adubos verdes é maior e mais uniforme quando ficam em contato com o solo. Assim, a distribuição e alocação das sementes em terrenos com palhas do pós-colheita, ou roçada ou rolagem, é facilitada por equipamentos com kit de inverno que as depositam no solo. Outro equipamento é o Kit Semeadura que as ejetam junto com a palha da colhedora de milho rebocada ao trator, alojando as sementes no terreno. Outra alternativa é lançar as sementes manualmente sobre as fileiras de milho, antes da colheita, ou dos adubos verdes espontâneos e cultivados, antes da roçada ou rolagem. Em caso de se fazer a semeadura pós-colheita, roçada ou rolagem, utilizar a distribuidora de sementes pendular, tipo prato giratório, cuja distribuição é mais uniforme em relação à semeadora a lança, preferencialmente associada a chuva (Figuras 1 e 2).



**Figura 1.** Equipamento montado no trator, acoplado ao sistema hidráulico, com apenas discos duplos desenvolvido para alocar sementes de adubos verdes de inverno e verão. Corta resíduos de plantas de cobertura e deposita as sementes sub-superficialmente.



**Figura 2.** Equipamento para trator, acoplado ao sistema hidráulico, com discos de corte corrugados e discos duplos, desenvolvido para cortar plantas de cobertura, abrir e depositar fertilizantes e sementes de plantas de cobertura sobre canteiros (a). Esse equipamento tem sido utilizado para semeadura de adubos verdes e hortaliças em áreas sistematizadas com canteiros (b).





### 3. Equipamentos para manejo dos adubos verdes

O melhor momento do uso de rolo faca é a partir da fase de grão leitoso do adubo verde. Nesse estágio a cultura atingiu o teor de lignina desejado e os colmos estão mais resistentes e persistentes sobre o solo. O que se pretende na rolagem é seccionar os colmos, sem cortá-los, assim como realizar o acamamento das plantas de cobertura no sentido transversal ao trajeto do implemento que realizará o preparo do berçário ou linha de plantio, facilitando o corte da palhada pelo disco frontal e a sulcagem com a haste ou o facão (Figura 3).

Dentre os rolos facas possíveis de serem fabricados artesanalmente o uso do eixo da grade niveladora tem sido viável pelo baixo custo da adaptação, pela alta resistência e durabilidade, fácil transporte e manobra quando acoplado aos três pontos do hidráulico do trator ou na barra de tração. A adaptação da grade para rolo faca é feita com corte e inversão dos mancais laterais, soldagem de um disco plano e fixação de cantoneiras de 1,5 a 2,0 polegadas, distanciadas



**Figura 3.** Rolo-faca tração por microtrator e trator sendo o primeiro (a) e o segundo (b) de tubo oco de metal para ser preenchido com água ou areia, e o terceiro (c) de tubo maciço de concreto. Todos esses equipamentos são eficientes para acamar as plantas de cobertura, porém, o primeiro (a) e o segundo (b) rolos-faca realizam cortes na palhada promovendo a morte rápida das plantas de cobertura, acelerando a degradação da palhada e reduzindo o tempo e a eficiência da cobertura do solo. O terceiro (c) realiza o acamamento sem corte, prolongando o efeito da cobertura do solo, mantendo as plantas acamadas vivas por um período mais longo.



de maneira que haja sempre uma faca seccionando a cultura. Outra maneira de construir rolo faca é com o uso de tronco de madeira roliço de 3,00 m de comprimento e 0,25 m de diâmetro. Instalam-se pinos fixos nas extremidades do tronco permitindo o giro durante a tração.

#### 4. Preparo do berçário

No início do sistema é necessário preparar berçários individuais ou em linha com o uso de disco de corte frontal e o facão com o dedo de ema. Deve-se dar preferência a disco de corte corrugado e com 17" de diâmetro. É nesse local que são alocados os fertilizantes e as sementes ou as mudas. Pode-se utilizar adubadoras de uso comum do plantio direto ou as desenvolvidas especificamente para o SPDH. É importante se fazer a prática de construção do berçário e linha de plantio logo após a rolagem dos adubos verdes. Neste ponto as plantas de cobertura estão mais tenras, facilitando o corte pelo disco frontal e a colocação dos adubos em profundidade (Figuras 4, 5, 6, 7 e 8).



**Figura 4.** Equipamentos a tração animal para agricultura de montanha sendo que ambos realizam corte das plantas de cobertura e preparo do berçário. A diferença está na deposição do fertilizante feita pelo segundo modelo. É um equipamento de alto rendimento de trabalho sem o custo adicional de máquinas de tração motora e gasto de combustível. Além disso, tem a vantagem de apresentar baixo índice de compactação do solo.



**Figura 5.** Equipamentos com tração por microtrator desenvolvidos para cortar plantas de cobertura e preparar o berçário em linha. O primeiro com apenas uma linha de trabalho, realiza distribuição de fertilizantes e utiliza disco corrugado com 17" e sulcador (a). O segundo modelo com duas linhas de trabalho (0,8 a 1,0 m) entre elas, roda de ferro e disco de corte com 24" que substitui o pneu, também com sulcador (b). São equipamentos que expõem pouco solo e quando usados em condição de umidade adequada não promovem seu espelhamento (c).





**Figura 6.** Equipamentos com tração por microtrator desenvolvido para cortar plantas de cobertura e construir o berçário em linha, com roda de ferro contendo disco de corte com 24", porém, com rotativa adaptada para duas linhas com espaçamento varável (0,8 a 1,0 m) revolvendo 6 cm de largura. Neste equipamento as facas da enxada rotativa são desgastadas para revolver o mínimo de solo. Atrás das enxadas são posicionadas calhas de metal que evitam que o solo seja projetado para longe da linha de cultivo. É um equipamento desenvolvido para preparar berçário de cebola, porém, pode ser utilizado para outras hortaliças como as brássicas. O corte de palhadas resistentes, como de mucuna, é garantida pela substituição dos pneus do microtrator pela roda de ferro especial com disco de corte. Uma vez que grande parte do peso da máquina recai sobre os discos, o corte da palhada torna-se mais fácil que em outros equipamentos mais leves.





**Figura 7.** Detalhes de dois equipamentos onde o primeiro apresenta disco de corte corrugado e sulcador com terminal em dedo de ema de 2 cm de largura, que ocasiona fraturas no solo de baixo para cima como um “mouchão invertido”, com a vantagem de evitar a exposição do solo desde que usado na velocidade de trabalho correta (a). O segundo modelo tem o disco de corte liso, mas as rodas firmam a palha para facilitar o corte (b).





**Figura 8.** Equipamento para trator, acoplado ao sistema hidráulico, com discos de corte corrugados e sulcadores, desenvolvido para cortar plantas de cobertura, abrir e depositar fertilizantes no berçário em linha. Pode ser usado para o plantio de mudas de tomate, pimentão, berinjela, melancia, abóbora Tetsukabuto, couve-flor, repolho e brócolis. As linhas de trabalho podem ser reguladas para vários espaçamentos.

## 5. Equipamentos para pulverização

A pulverização torna-se mais eficiente ao relacionar o volume da calda à área foliar a ser coberta, fatores variáveis entre espécies e estágios vegetativos das culturas. Para aplicação de caldas mais utilizadas no SPDH recomenda-se usar bicos hidráulicos cone cheio e cone vazio por apresentarem melhor espectro de gotas gerados. Entretanto, nada impede que sejam utilizados bicos leque de boa performance. Existem bicos hidráulicos com tecnologia para redução da deriva e com capacidade de gerar uma DMG com alta porcentagem de gotas de 150 a 200 micra, o que é desejável para melhorar sua penetração por toda superfície da planta e sua uniformidade na cobertura foliar.

A pulverização pode causar estresse na planta tanto pela intensidade do ar da turbina como por excesso de pressão de trabalho. A rotação da turbina não necessariamente precisa ser a de 540 rpm da TDF, desde que haja boa cobertura da calda e alocação dela em toda a planta. A pressão de trabalho deve ser inferior a 7 Bar (100 lib/pol), principalmente em culturas de folhas tenras como o tomateiro. O excesso de pressão, principalmente no uso de produtos à base de metais como o cobre, zinco ou mesmo cálcio podem provocar micro lesões nos tecidos, facilitando a entrada de fungos na planta por estes ferimentos. Na pulverização deve-se procurar fazer uma boa cobertura da calda preferencialmente na face inferior das folhas, por ser o local de maior penetração dos agentes patogênicos.

Existem alternativas para aumentar a cobertura foliar pela calda ao utilizar pulverizador manual ou com mangueiras. Pode-se usar barras com dois ou três bicos ou o bico com defletor de fabricação italiana e com um ótimo espectro de gotas e grande rendimento de trabalho.

Para facilitar a aderência da calda bordaleisa recomenda-se o uso de espalhante adesivo natural elaborado a partir da palma de figo da Índia, na quantidade de uma palma grande para 800-1000 L de calda. Corta-se em cubos pequenos e deixar dissolvendo por três dias em 10 L de água. Coar e misturar à calda antes da pulverização.

O espalhante natural melhora a aderência e a eficiência ao diminuir a tensão superficial da gota aumentando a área de cobertura foliar necessário, principalmente, àquelas culturas com mais serosidade natural como as brássicas, a cebola e o alho.

## 6. Roçadeiras para manejo de adubos verdes e plantas espontâneas

Dentro do plano de rotação de cultura e criações é preconizada a produção mínima de 10 Mg de massa seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . Somado a isso o manejo dos adubos verdes espontâneos e cultivados acamados formarão uma espessa camada, semelhante a um “tapete” sobre o solo, desfavorável à emergência de plantas espontâneas. Neste momento que é recomendado o plantio das mudas ou da semeadura no mesmo dia do acamamento dos adubos verdes favorecendo a germinação e o crescimento da muda antes do aparecimento das plantas espontâneas. Seguindo estas recomendações, há exemplos de lavouras de estudo com cebola, couve-flor, repolho, brócolis, chuchu e alface sem a utilização de herbicida ou roçadeira. Porém, para tomate, pimentão, berinjela, aipim e melancia, é necessária a utilização da roçadeira para o manejo das plantas espontâneas evoluindo para o sistema de plantio direto no verde (Figura 9).

## 7. Perspectivas e desafios

Para todos os equipamentos apresentados é recomendado rolar o material de cobertura, realizar o corte, preparar berçário e plantar as mudas de hortaliças no mesmo dia. Objetiva-se, assim, a manutenção das plantas de cobertura verde por um período de tempo mais longo para alimentar a biota do sistema, principalmente insetos que podem se nutrir das plantas cultivadas. O trabalho com a vegetação ainda verde facilita o corte deste material de cobertura pois, do contrário, ocorrerá a murcha que dificultará a operação. Nesse caso, é necessário esperar que a palha seque completamente, o que acontece em aproximadamente 30 dias.





**Figura 9.** O uso da roçadeira no manejo de plantas espontâneas é realizado para mantê-las vivas, produzindo massa seca, exsudado e raízes “sanfonando” o solo, aumentando o conforto das plantas.

Assim, com a germinação das plantas espontâneas torna-se necessário a aplicação de herbicida. Na primeira situação, as mudas de hortaliças se desenvolvem antes do surgimento das espontâneas, não havendo necessidade de controle químico.

Esse sistema deve evoluir para o plantio direto no verde, rotacionado com criações manejadas no PRV com a inclusão do componente arbóreo objetivando o aumento na complexidade do sistema. Nesta evolução é necessário adaptar e criar equipamentos que aumentem a produtividade e o conforto humano.

## Bibliografia

FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. (Org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças**: o cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC, em 101 respostas dos agricultores. Florianópolis: Epagri, 2004. 54p. (Epagri. Boletim Didático, 57).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo do chuchu. Florianópolis: Epagri, 2013. 59p. (Epagri. Boletim Didático, 94).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo da moranga

híbrida tetsukabuto. Florianópolis: Epagri, 2015. 54p. (Epagri. Boletim Didático, 114).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo do tomate. Florianópolis: Epagri, 2016. 87p. (Epagri. Boletim Didático, 131).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo de brássica: couve-flor, brócolis e repolho. Florianópolis: Epagri, 2016. 86p. (Epagri. Boletim Didático, 132).

## A PRODUÇÃO DE SEMENTES E MUDAS

*Marcelo Zanella  
Henrique Belmonte Petry  
Darlan Rodrigo Marchesi*

### 1. A produção de sementes e mudas

O processo de produção de sementes e mudas em SPDH está associado à promoção da saúde das plantas no viveiro, o que irá contribuir com a saúde das plantas adultas no campo. Nesta fase, é possível agregar estímulos fisiológicos com o acondicionamento de sementes e mudas preparadas para condições de estresses abióticos como temperatura, hídrico e luminoso. Adicionalmente, também podemos preparar as plantas para estresses bióticos relacionados ao enfrentamento de agentes prejudiciais “doenças e pragas”, como ativação do sistema de defesa da planta. O desenvolvimento das mudas deve estar associado à biota benéfica presente no solo, substrato, sistema radicular e aéreo, proporcionando saúde ao indivíduo. Além disso, deve promover o desenvolvimento de sistema radicular extenso e profundo, com sua forma anatômica original preservada, ou seja, raiz pivotante ou fasciculada. Certamente essa condição é construída a partir da complexidade ativa no ambiente de produção das mudas. É fundamental estabelecer na nutrição das plantas a capacidade em produzir tecido íntegro com a determinação e uso da Taxa Diária de Absorção de Nutrientes (TDA) e de massa seca (G) a fim de construção o programa de adubação e realizar seu ajuste de acordo com as condições ambientais, características dos substratos e sinais da planta. Estas abordagens, dentre outras, contribuem para a saúde da futura planta, de acordo com as fases de crescimento e desenvolvimento, possibilitando maximizar seu potencial genético produtivo, fortalecendo o processo de transição

para agricultura limpa. Vale salientar que a produção de mudas fundamentada nesta lógica da saúde de plantas ainda é embrionária.

#### 1.1. Produção de sementes

A semente pode ser proveniente de produção própria ou adquirida em estabelecimento comercial legalmente registrado. A semente deve ser selecionada das plantas matrizes de acordo com características desejáveis relacionadas à habilidade produtiva e à capacidade de tolerar estresses. Selecionadas as matrizes, deve-se escolher frutos com as características desejadas e saudáveis. As espécies de frutos carnosos caracterizam-se pela continuação do processo de maturação das sementes mesmo após a colheita do fruto, no período que pode ser denominado de repouso pós-colheita, aumentando seu vigor. Esta prática é importante para pimentão, tomate, berinjela, abóbora, moranga, pepino, melão e melancia.

A extração das sementes destas espécies é feita abrindo os frutos e removendo-se manualmente as sementes aderidas à placenta. Em seguida devem ser lavadas em água corrente para remoção da fina camada de mucilagem que as recobre. As sementes saem do processo de lavagem com 40% de umidade, e devem ser secadas imediatamente. Para evitar perdas de vigor e germinação, as sementes recém-lavadas devem ser, inicialmente, espalhadas em finas camadas em

ambiente ventilado por período entre 24 e 48 horas. A temperatura recomendada para secagem de sementes é de 32°C. Esta secagem ainda é insuficiente para permitir o armazenamento, sendo necessário uso de secador ou estufa elétrica, onde a temperatura de secagem pode ser mantida em 40°C. Um período adicional de 24 a 48 horas nessa condição reduz a umidade da semente para 5-6%, o que permite o armazenamento em ambiente com controle de temperatura e umidade por períodos maiores.

No tomateiro, o fruto escolhido deve ter preferencialmente coloração avermelhada. Sementes de frutos imaturos resultam em menor taxa de germinação e perda de vigor. A seguir, os frutos são triturados e mantidos em repouso em uma vasilha de vidro por cerca de 48 a 72 horas. Tem-se por objetivo a decomposição da parte gelatinosa, sendo que fases iniciais do processo fermentativo podem combater principalmente bactérias. Tempo excessivo de fermentação escurece a semente e temperatura acima de 21°C pode provocar a sua germinação. A operação seguinte é lavar a massa fermentada em água corrente, deixando a semente limpa, alocando-as sobre papel toalha, colocando-a para reduzir o teor de umidade em local sombreado para depois acondicioná-la em recipiente e, de preferência, na geladeira. Há relatos que, quando assim acondicionadas, as sementes podem manter alta percentagem de germinação, por mais de seis anos e também há trabalhos demonstrando germinação de 90 e 59% após 15 e 30 anos, respectivamente. O rendimento de sementes do tomateiro geralmente resulta em cerca de 6 a 10 kg de sementes por tonelada de frutos. Já o peso de mil sementes varia de 2,3 a 3,5 gramas (FAYAD & MONDARDO, 2004; FAYAD *et al.*, 2016b).

Para pimentão, o fruto a ser colhido deve apresentar entre a coloração verde-avermelhada a totalmente vermelho. Após colhidos, os frutos de pimentão verde-avermelhados devem permanecer por aproximadamente uma semana com as sementes, possibilitando finalizar a maturação fisiológica. Os frutos colhidos vermelhos não necessitam de repouso após a colheita. As sementes que atingiram maturação fisiológica, quando secas e armazenadas corretamente podem manter viabilidade e vigor por meses (PEREIRA, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Já para melancia, a colheita de frutos pode ser realizada antecedendo a maturação fisiológica das sementes sendo, neste caso, necessário manter frutos em repouso depois de colhido para que as sementes completem a maturidade. Um dos indicativos do ponto de colheita em melancia está associado a senescência da primeira gavinha próximo ao pedúnculo. O rendimento de sementes de melancia varia de 100 a 250 kg/ha. Especificamente para moranga, abóbora e abobrinha, o ponto de colheita está associado a mudança de coloração verde do pedúnculo para palha e a parte do fruto em contato com o chão de branca para amarelo-alaranjado, sendo recomendado retirar as sementes 20 a 30 dias após colheita (FAYAD *et al.*, 2015).

As plantas que produzem sementes em inflorescências como alface, repolho, couve-flor, brócolis e cebola necessitam da colheita das sementes maduras e seu posterior acondicionamento (FAYAD *et al.*, 2016a). Para estas espécies a maturação desuniforme de sementes representa um desafio para estabelecer o melhor momento para a colheita. Na produção de sementes em folhosas como a alface, a indicação é de que a colheita seja realizada quando 80% dos capítulos estiverem maduros. Na colheita, as plantas são cortadas, preferencialmente, no início da manhã, quando ainda estão úmidas pelo orvalho, evitando que as sementes sejam liberadas da inflorescência. O rendimento na produção de semente de alface situa-se entre 225 a 550 kg/ha. Em brássicas, a tendência de degrana de sementes é uma característica específica que exige cuidado especial para minimizar perdas. Se a colheita de ráculos for antecipada, isso pode resultar em sementes com menor viabilidade e vigor, por outro lado, se retardada, as perdas podem ser significativas. Melhores resultados na qualidade de sementes de brássicas são obtidos quando colhidos com maturidade fisiológica estabelecida, o que é identificado pela mudança da cor das síliquas de verde para amarelada e das sementes com coloração marrom. Outra forma de avaliação do ponto de colheita é exercer pressão com os dedos sobre a semente, de forma que esta não se separe em duas metades. Os rendimentos médios na produção de semente em brócolis, situam-se entre 900 a 1.100 kg/ha (FAYAD *et al.*, 2016a).

A cebola é uma hortaliça de ciclo bienal apresentando fase vegetativa e reprodutiva. A primeira fase é a vegetativa, influenciada por diferentes fatores ambientais, sendo os mais importantes o fotoperíodo e a temperatura. É uma planta que fisiologicamente exige dias longos para a bulbificação, explicando porque o plantio é realizado no inverno e a colheita no verão. Na fase reprodutiva, a temperatura é o principal fator responsável pela iniciação do processo.

A iniciação floral normalmente requer temperaturas baixas, com faixa favorável entre 9 e 13°C, como efeito do processo de vernalização. Com relação à seleção dos bulbos para produção de semente, algumas características são desejáveis como formato arredondado, cor, retenção de películas (catafilos), conservação no armazenamento, resistência as doenças e pragas, resistência ao florescimento precoce na fase vegetativa, com centro único, tamanho e uniformidade (médios 100 gramas) e estabilidade de produção ao longo dos anos.

Devemos ter cuidado especial com relação à escolha do local para instalação da lavoura (campo de produção), o qual deve apresentar condições que propiciem saúde às plantas e que seja manejado seguindo os princípios do SPDH. Além disso, é necessário manter isolamento de 2.000 metros entre campos de semente evitando o cruzamento com plantas de outras lavouras por ação dos agentes polinizadores.

No momento do plantio, deve-se proceder o corte dos bulbos logo abaixo do pseudocaule para uniformizar e facilitar a brotação, além de se aproveitar apenas os bulbos com centro único mais tolerantes as bacterioses, eliminando aqueles com mais de um centro que geram as cebolas “duplas” com menor valor comercial.

A quantidade de bulbos utilizada no plantio deverá ficar entre 3.000 e 3.500 kg/ha, utilizando-se um espaçamento de 1,1 metros entre linhas e 30 centímetros entre bulbos.

A semente de cebola é originada de uma inflorescência (umbela), com uma quantidade de flores que pode variar de 50 até 2.000 e apresenta o fenômeno da protandria, ou seja, o pólen amadurece e torna-se viável antes que o estigma, fato que exige intensa presença dos agentes polinizadores que encontrarão a viabilidade da fecundação entre as plantas maduras da população. Estas

inflorescências formam as cápsulas que contêm as sementes no seu interior e que se rompem na época da maturação.

Quando a colheita é manual, e devido à desuniformidade da maturação das sementes é recomendável iniciar a colheita quando as umbelas começam a amarelar. Quando aproximadamente 10% das sementes já estejam expostas, pode-se realizar a colheita em duas etapas. Colheitas mais tardias permitem obtenção de melhor qualidade quanto à germinação e vigor, mas também aumentam as perdas por desgrane.

Na região do Alto Vale do Itajaí, produtores da agricultura familiar conseguem rendimento de sementes, em torno de 8 a 12% maior que outras localidades. Porém, com custo mais elevado, em função do clima mais úmido, exigindo mais tratamentos fitossanitários. A produção local de sementes tem a vantagem de obter cultivares adaptadas.

A secagem das umbelas pode ser feita ao sol e à sombra em galpões ventilados ou em secadores com ar quente. Nos secadores o processo de secagem é mais rápido e mantém a qualidade das sementes. Na sequência faz-se a trilha das umbelas, podendo ser manual ou utilizando pequenas máquinas para esta operação. A limpeza das sementes nas propriedades rurais pode ser feita com peneiras de diferentes tamanhos e ou com auxílio de ventiladores.

Por fim, recomenda-se a secagem artificial da semente, onde o teor de umidade deve ser reduzido de 15% para 6%, com temperatura de 35°C por 2 a 3 horas, para posterior acondicionamento na embalagem.

## **1.2. Condicionamento osmótico de sementes**

O condicionamento osmótico consiste em tratar as sementes em solução osmótica que viabiliza os processos iniciais de germinação, sendo interrompida antes da emissão da radícula. Este processo favorece à uniformidade e a rapidez da emergência das plântulas que foram semeadas definitivamente na área de cultivo, por apresentar menor dependência da temperatura. Porém, em condições de produção da muda em abrigo, onde as condições de temperatura e umidade



podem ser bem controladas, o acondicionamento osmótico pode não trazer as vantagens encontradas no campo. Outros benefícios associados ao condicionamento osmótico são a uniformização de lotes de sementes, a superação de dormência, a diminuição do efeito de patógenos causadores de tombamentos e a melhoria no estabelecimento das plântulas.

Para efetuar adequadamente o condicionamento osmótico é importante considerar os fatores que afetam esta técnica:

- Natureza do agente osmótico: diferenças do potencial hídrico entre a semente e o ambiente que a envolve origina gradiente favorável à absorção de água pelos tecidos da semente. Entre os agentes osmóticos mais utilizados estão os sais inorgânicos ( $\text{KNO}_3$ ;  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ;  $\text{MgSO}_4$ ;  $\text{MnSO}_4$ ;  $\text{MgCl}_2$ ;  $\text{NaCl}$ ;  $\text{NaNO}_3$ ) mas também solutos orgânicos, como manitol, polietileno-glicol e glicerol;
- Adequação do potencial osmótico: este ajuste varia conforme a espécie e o agente osmótico, em média, o potencial osmótico varia entre -0,5 a -1,6 Mpa para as diferentes espécies;
- Temperatura: um adequado parâmetro para orientar a temperatura durante o condicionamento osmótico é mantê-la próxima à temperatura ideal para promover a germinação de cada espécie, o que em geral, varia de 15 a 25°C. Temperaturas maiores possibilitam a redução do tempo de embebição, e as menores retardam o metabolismo ampliando o período;
- Período de embebição: este fator está associado à espécie, temperatura e agente osmótico. Em tomate, por exemplo, os maiores benefícios foram observados quando as sementes foram condicionadas com PEG 8000 a -1,0 MPa e 15°C por período entre cinco e sete dias; (NASCIMENTO, 2011).
- Aeração da solução: deve-se atentar para o adequado suprimento de oxigênio às sementes imersas na solução durante o condicionamento osmótico. O suprimento de oxigênio por sistemas artificiais tem-se demonstrado vantajoso e importante em diversas espécies;
- Secagem das sementes: este procedimento é necessário para possibilitar seu manuseio

e acondicionamento, mas requer cuidados. Nesse sentido, tanto o método de secagem, natural ou artificial a diferentes temperaturas e umidades relativas, quanto o período de secagem podem influenciar na germinação de sementes osmoticamente condicionadas.

### 1.3. Ecofisiologia

O período que compreende da germinação até a muda formada recebe influência de diversos fatores com a temperatura, luz, a disponibilidade de água e nutrientes que podem ser controlados e manejados nos abrigos. Nas brássicas, a temperatura mínima para germinação das sementes está entre 0 e 5°C e a máxima 30°C. A temperatura também exerce grande influência na formação da muda, pois na estação mais fria, o período que compreende da semeadura até a muda estar pronta para ser levada a campo varia de 32 a 45 dias, e na estação mais quente o período varia de 24 a 28 dias.

A muda de brócolis com três folhas definitivas (Figura 1) chega a produzir 0,13 g planta<sup>-1</sup> dia de matéria seca, distribuídas nas folhas e talo, 0,11g e 0,02g respectivamente num período médio de 24 dias após semeadura (DAS) no verão e 37 DAS no inverno. Esta condição e comportamento é similar na couve-flor e no repolho (FAYAD *et al.*, 2016a).

Para tomate, a faixa de temperatura ótima para germinação da semente e desenvolvimento da muda está entre 20-25°C. Com temperatura menor de 9°C ocorre a paralisação da germinação, sendo considerada na prática, a mínima de 13°C, por levar mais de 40 dias para germinar 83% das sementes. Após a germinação, se as plântulas forem submetidas à temperatura próxima a 14°C, ocorre paralisação do crescimento, amarelecimento das folhas, arroxamento do talo, bifurcação das pencas, aumento do número de flores e deformação de fruto. A ocorrência de plantas conhecidas por “cegas”, no viveiro ou logo após o plantio da muda, pode estar relacionada à queda brusca de temperatura ( $\leq 5^\circ\text{C}$ ) e vento frio, dificultando o suprimento do cálcio e causando a morte do meristema apical. Principalmente, nas cultivares do grupo Salada ou Caqui, é comum o



**Figura 1.** Muda de brócolis com três folhas definitivas, apresentando saúde, indicada pela coloração verde-clara das folhas definitivas e cotilédones, pronta para ser plantada no campo. Anitápolis/SC, 2016.

aparecimento de fruto com lóculo aberto, sobretudo nos primeiros cachos florais, relacionado à exposição da plântula em sua fase embrionária de diferenciação da flor, à temperatura de 15°C/10°C durante o dia/noite, por período superior a uma semana (FAYAD & MONDARDO, 2004; FAYAD *et al.*, 2016b).

No pimentão, a temperatura ideal para a germinação está entre 20 a 25°C. A germinação e o desenvolvimento são comprometidos, quando a temperatura for inferior a 15°C e nulo com as temperaturas inferiores a 10°C (PEREIRA, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A moranga híbrida necessita temperaturas entre 25 e 30°C como ótimas para a germinação da semente (Figura 2). A germinação não ocorre abaixo de 11°C, tendo como limite entre 11 e 18°C.

#### 1.4. Nutrição das mudas

Deve-se utilizar tubetes que contenham um substrato, para preencher as células da bandeja ou tubete, que contenha todos os nutrientes que a muda necessite para sua “plena formação”. Voltando à dúvida inicialmente relatada, há carência de estudos para determinar a taxa diária de absorção de todos os nutrientes pelas mudas das diversas hortaliças cultivadas, com a finalidade de disponibilizar nutrientes segundo a sua dinâmica de crescimento. Enquanto este aprofundamen-

to não está disponível no tomateiro, por exemplo, adaptamos os dados experimentais dos trabalhos de Fayad & Mondardo (2004), exposto no Quadro 1, indicando as quantidades de nutrientes que devem estar disponíveis para a muda, que apresentou 0,42 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca. Da mesma forma para



**Figura 2.** Fases da germinação da semente da Moranga Híbrida Tetsukabuto.

as mudas de brássicas, com dados adaptados de experimentos de Fayad *et al.* (2016a) expostos no Quadro 2, onde a muda apresentou 0,13 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca. Estes nutrientes podem compor o substrato de cada célula da bandeja ou tubete e,

se necessário, complementados no substrato via solução nutritiva, em adubações de cobertura, disponibilizando todos os nutrientes necessários para formação de tecidos íntegros, atendendo à demanda das plantas de forma integral.

**Quadro 1.** Conteúdo de nutrientes em muda de tomate com quatro folhas definitivas.

| N                       | P   | K  | Ca | Mg   | S   | Fe                      | Mn   | Zn | Cu  | B   |
|-------------------------|-----|----|----|------|-----|-------------------------|------|----|-----|-----|
| mg planta <sup>-1</sup> |     |    |    |      |     | µg planta <sup>-1</sup> |      |    |     |     |
| 19,94                   | 2,6 | 21 | 13 | 2,75 | 3,5 | 187                     | 83,2 | 20 | 7,9 | 4,2 |

**Quadro 2.** Conteúdo de nutrientes em mudas de brócolis com três folhas definitivas.

| N                       | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe                      | Mn    | Zn   | Cu   | B    |
|-------------------------|------|------|------|------|-------------------------|-------|------|------|------|
| mg planta <sup>-1</sup> |      |      |      |      | µg planta <sup>-1</sup> |       |      |      |      |
| 4,48                    | 0,24 | 1,10 | 0,85 | 0,08 | 10,98                   | 34,93 | 4,77 | 1,39 | 1,90 |

### 1.5. Sinais em mudas

A planta expressa sinais característicos na parte aérea e radicular, que podem ser interpretados para orientar a tomada de decisão a fim de ajustar as quantidades de nutrientes e água, assim como aplicar condições de estresse de água e luz com objetivo de aclimatar as mudas. Abordaremos alguns destes sinais na forma de retranslocação de nutrientes entre as folhas cotiledonares e definitivas, tamanho e formato de sistema radicular pivotante e fasciculado, uniformidade no tamanho das plantas, tamanho e posição das folhas e variações na coloração e intensidade da cor verde entre as folhas novas e maduras. Estes sinais são orientadores nas tomadas de decisão no processo de produção de mudas.

#### 1.5.1. Retranslocação de nutrientes e gradiente da cor verde nas folhas

Os cotilédones são reservas de nutrientes orgânicos e minerais, porém, na produção de mudas a retranslocação em massa destes nutrientes não deve ser considerado como promotora de saúde na planta. No viveiro esta perda de cotilédones pode ser sinal de falha no

manejo de alguns dos fatores abióticos como água e nutrientes minerais. Neste último caso, em que as plantas apresentam cotilédones amarelados (Figura 3) e senescentes é sinal de falha na disponibilidade dos nutrientes essenciais, que deveriam estar acessíveis em proporção e quantidade para satisfazer suas taxas diárias de crescimento e absorção. O excesso de nutrientes forma cotilédones com coloração verde intenso, promovendo crescimento de tecidos incompletos favorecendo distúrbios fisiológicos e facilitando a entrada de patógenos prejudiciais. Em trabalho realizado pela equipe do prof. Cassandro da Udesc-CAV com a finalidade de avaliar a importância das folhas cotiledonares na produção das primeiras folhas verdadeiras e do sistema radicular da moranga, concluiu-se que a remoção dos cotilédones até os seis dias após a emergência (DAE) afetou o acúmulo de matéria seca e área foliar. Já o sistema radicular foi afetado até os 14,8 DAE, podendo ocorrer diminuição em 65% destes parâmetros avaliados. Assim, é necessário manter no mínimo uma folha cotiledonar na plântula, a partir dos 6 DAE (FAYAD *et al.*, 2015).

O que se tem observado na produção de mudas, seguindo a lógica de promoção de saúde, é que a manutenção das folhas cotiledonares íntegras (Figura 4) até a implantação das mudas no campo reflete o cuidado com sua



nutrição no viveiro e contribui para uma rápida adaptação desta muda, no novo ambiente de cultivo. Além disso, estas folhas cotiledonares

íntegras contribuem na forma de reserva nutricional, para a rápida formação radicular, acelerando o processo de estabelecimento no campo.

Também há uma redução significativa na perda de mudas pelos estresses causados pelo ataque de microorganismos e insetos prejudiciais, além de contribuir na uniformidade da planta durante todo ciclo de cultivo.

Outro sinal está na intensidade do verde e tamanho da folha, onde folhas grandes e com verde-escura podem representar excesso, principalmente de nitrogênio. Por outro lado, folhas pequenas e verde-amareladas indicam a restrição de nutrientes.

Mudas com talo torto é uma característica causada, principalmente nas brássicas, pelo déficit de água ocorrido no período do crescimento no viveiro, comprometendo a circulação de água e nutrientes e aumentando o tombamento no campo. Isto resulta do desequilíbrio na distribuição do peso da parte aérea da planta. Plantas que recebem água e nutrientes em quantidade e proporção corretas, atendendo à TDA e seus ajustes, apresentam folhas e talo firme, inclusive as cotiledonares, normalmente com gradiente de coloração verde entre as folhas novas e as formadas.



**Figura 3.** Mudas de brócolis produzidas em bandejas de 200 células com folhas cotiledonares amareladas, apresentando retranslocação em massa de nutrientes. Anitápolis/SC, 2016.



**Figura 4.** Muda de couve-flor produzidas em bandejas de 128 células, apresentando folhas cotiledonares e verdadeiras íntegras sem retranslocação em massa de nutrientes. Águas Mornas/SC, 2017.



### 1.5.2. Sistema radicular

A primeira chamada está em manter a proporcionalidade entre o sistema radicular com a parte aérea, respeitando a relação de, aproximadamente, 1:1 (Figura 5). Outro aspecto importante é manter a natural arquitetura do sistema radicular pivotante ou fasciculado segundo a espécie, objetivando planta adulta com sistema radicular capaz de suprir as demandas máximas de absorção de água e nutrientes na fase de crescimento e produção.

Em brássicas, observa-se a antecipação da colheita em até 15 dias, quando mantida a proporcionalidade entre sistema radicular e parte aérea no momento de plantio da muda. Além disso, essa muda inicia rapidamente o processo de enraizamento e formação de novas folhas e raízes trazendo vantagens no seu estabelecimento em relação às plantas espontâneas (Figura 6).

As mudas de tomate, pimentão e berinjela cultivadas em bandeja formam um sistema radicular fasciculado. No caso da semeadura definitiva, as plantas mantêm a raiz pivotante (Figura 7), que na fase adulta, podem chegar



**Figura 5.** Mudas de couve-flor produzidas em bandeja com 128 células, apresentando relação da parte aérea com sistema radicular proporcional. Águas Mornas/SC, 2017.



**Figura 6.** Lavoura de Estudo de couve-flor com 35 dias de transplante, conduzida em SPDH pela família Schmitz, no município de Águas Mornas a partir de mudas produzidas em bandejas com 128 células e nutrição seguindo a TDA (a) e mudas com mesma idade produzidas em bandeja plástica com 200 células (b). Águas Mornas/SC, 2018.



**Figura 7.** Planta de tomate obtida a partir da sementeira direta mantendo a raiz pivotante (a) e planta de tomate obtida a partir da sementeira em bandejas com 128 células apresentando perda da raiz pivotante (b). Anitápolis/SC, 2017.

a profundidades, em alguns casos, a mais de 100 cm, melhorando a capacidade de suprir a demanda dos frutos, seu principal dreno, evitando estresse nutricional e hídrico. Produzir mudas em tubete profundo possibilita a manutenção da raiz pivotante que deve ser levada ao campo quando estiver com no máximo três folhas verdadeiras. Esta condição de sistema radicular extenso tem o conveniente de colaborar no processo de aclimação da planta recém-plantada, evitando retranslocação em massa de nutrientes minerais e orgânicos das folhas cotiledonares às novas (FAYAD & MONDARDO, 2004; FAYAD *et al.*, 2016b).

Em trabalho realizado na lavoura de estudos no município de Angelina (SC), foram produzidas mudas de tomate em bandejas de 128 células com 36 cm<sup>3</sup> de substrato, tubetes com 12,5 cm de altura e 55 cm<sup>3</sup> de substrato (Figura 8). Observou-se que aos 45 dias após o transplante, a muda produzida em tubete, também apresentou cinco cachos florais, enquanto a produzida em bandeja apresentou dois cachos florais (Figura 9). A planta oriunda do tubete também apresentou maior profundidade do sistema radicular comparada com a produzida em bandeja.





**Figura 8.** Muda produzida em bandeja de isopor de 128 células e 36 cm<sup>3</sup> após 28 dias (a) ao lado de muda de tomate produzida em tubete com 12,5 cm de altura e 55 cm<sup>3</sup> de substrato, mantendo a raiz pivotante e equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular (b).

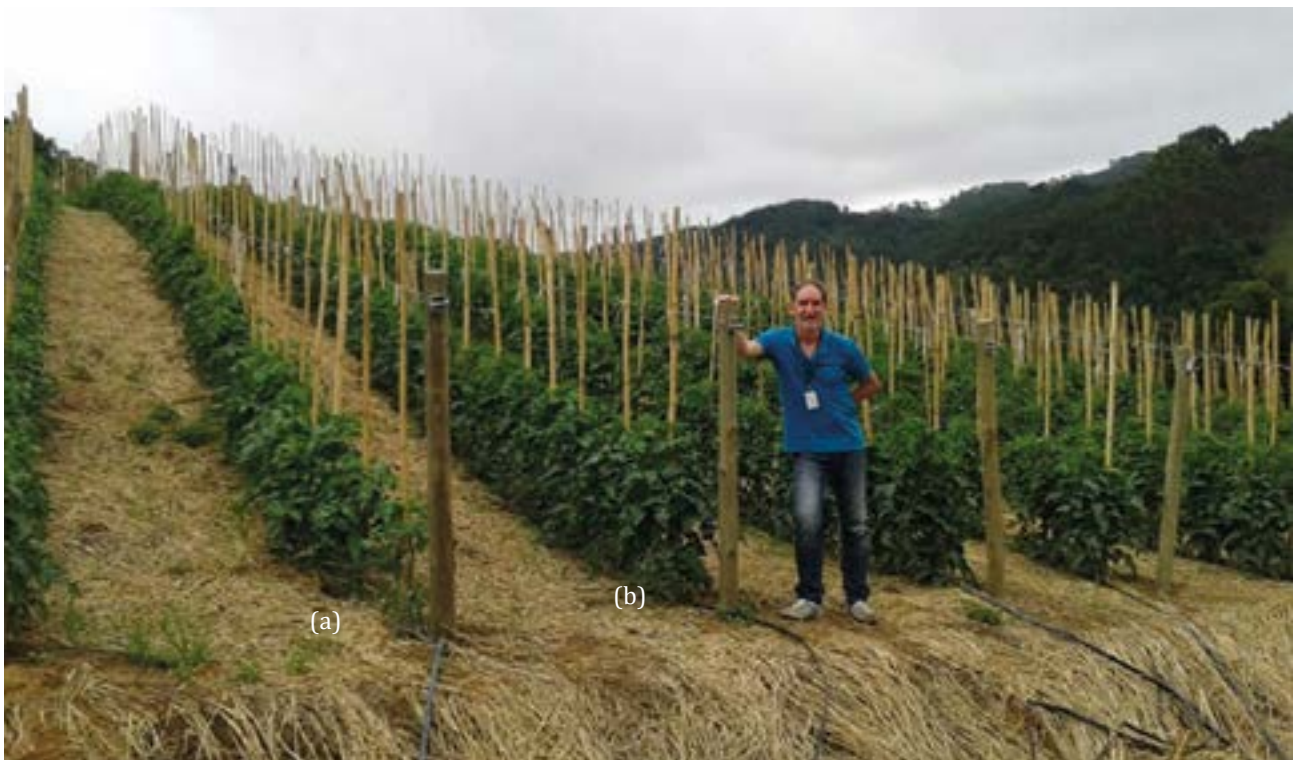


**Figura 9.** Lavoura de Estudo conduzida em SPDH, pela família Hoffmann, a partir de muda de tomate produzida em bandeja de 128 células e 36 cm<sup>3</sup> (a) e em tubete com 12,5 cm de altura e 55 cm<sup>3</sup> de substrato (b). Lavoura com 45 dias idade apresentando cinco cachos florais, enquanto a produzida em bandeja dois cachos florais. A diferença está no tamanho e arquitetura do sistema radicular. Angelina/SC, 2017.

## 1.6. Produção de mudas

A produção de mudas de hortaliças tem passado por transformações, principalmente tecnológicas e, de certa forma, não relacionadas com a promoção de saúde. A maior parte dos envolvidos na produção desconhece ou negligencia fatores intrínsecos às espécies e variedades, principalmente quanto à nutrição e ao desenvolvimento radicular.

### 1.6.1. Local e instalação para produção de mudas

É fundamental escolher um local que promova conforto e saúde às plantas com máxima exposição solar e ventilação. O pé-direito da construção deve estar entre 2,8 e 5,0 m para manejo da temperatura, da ventilação e da umidade relativa. Para conforto do trabalho no abrigo, recomenda-se bancadas suspensas do chão de 0,8 m a 1,0 m (Figura 10). Sua construção deve ser com cobertura com filme plástico, suas laterais com telas anti-ofídeos e sistema de irrigação por microaspersão. O controle da luminosidade e da temperatura, nos períodos quentes, deve ser realizado pela tela de cobertura interna ou externa do abrigo. A microaspersão pode ser substituída pela irrigação por lâmina de água temporária, ainda pouco utilizada na produção de mudas, com a vantagem de reduzido molhamento foliar. É fundamental a construção de quebra-ventos para proteção dos ventos fortes e frios, além de evitar interferência no manejo da irrigação por microaspersão. O viveiro também deve ser construído para que a água

da chuva seja conduzida aos reservatórios, sendo reutilizada na irrigação. Esta prática também evita entrada e acúmulo de água no viveiro. Anexo ao abrigo é necessária a construção de local para manejo de bandejas e substrato. Recomenda-se manter o plástico da cobertura sempre limpo de limo e sujeira, utilizando manta de bedin ou sombrite associada a água corrente na limpeza.

### 1.6.2. Recipiente e substrato

Características de recipientes e substratos também precisam evoluir para promover saúde às plantas. A bandeja deve ser lavada e imersa em solução de hipoclorito de sódio a 1% durante 30 minutos e, posteriormente, enxaguada com água limpa e seca ao sol. Os substratos comerciais, normalmente, não contêm nutrientes suficientes para todo o desenvolvimento da muda. Sabendo desta condição, o viveirista deve aplicar semanalmente solução nutritiva completa com todos os nutrientes essenciais nas quantidades indicadas para cada espécie, substituindo a adubação normalmente feita apenas com nitrogênio.



**Figura 10.** Produção de muda em propriedade familiar no abrigo plástico com pé-direito com 3,0 m para manejo de temperatura, principalmente no verão, com uso de tela refletora no interior do viveiro e bancada com um metro de altura.



### 1.6.3. Produção de mudas de chuchu

Para a escolha e preparo do fruto-semente do chuchu o material deve ser selecionado de planta sadia, de boa produtividade e com o tipo de fruto do grupo da preferência daqueles consumidores de onde a produção será comercializada. No geral, a tendência do consumidor é pelo fruto mais liso, alongado e de coloração verde-clara. Os frutos-semente deverão ser provenientes de várias plantas-mãe, para garantir a variabilidade genética, o aumento da resistência das plantas contra “pragas e doenças”, além de prolongar o tempo de floração e o período de frutificação. O fruto deve ser colhido maduro e com idade aproximada de 28 dias, contados a partir da fecundação da flor, com peso superior a 500 gramas e armazenado em local seco e ventilado. Após alguns dias do plantio, dependendo da temperatura, inicia-se o intumescimento da semente e a sua germinação. Neste processo, primeiro há emissão das raízes e, posteriormente, do broto. A melhor fase para levar os frutos-semente ao campo é durante o intumescimento da semente, para que as primeiras raízes entrem em contato com o solo e se desenvolvam normalmente. Deve-se evitar a prática de deixar o fruto emitir o broto vegetativo, que consome energia armazenada e estimula a morte de raízes por oxidação (Figuras 11 e 12) (FAYAD *et al.*, 2013).

### 1.6.4. Produção de mudas de tomate por estaquia

Outra forma de produção da muda é pelo broto proveniente de planta saudável e, preferencialmente, em fase juvenil (Figura 13 a). Para isso, utiliza-se tesoura ou faca desinfetada, retirando-se o broto com aproximadamente 5 cm, deixando duas a três folhas. Enterra-se 2/3 da haste no substrato da bandeja e molha-se. É fundamental promover o enraizamento rápido para evitar instalação de patógenos no local de corte do broto, sendo recomendado colocar a bandeja em local mais ensolarado, provocando



**Figura 11.** Plantio do fruto-semente realizado na fase de intumescimento, originando sistema radicular proporcional aumentando o vigor da planta. Esta prática evita a perda de energia na formação de raízes que serão oxidadas. Anitápolis/SC, 2012.



**Figura 12.** Evolução do processo germinativo do fruto-semente de chuchu, com destaque para o primeiro fruto intumescido indicando o estágio a ser levado ao campo. Anitápolis/SC, 2012.

o murchamento das folhas, mas sem que falte água no substrato. Esta prática resulta em mudas prontas para o plantio em aproximadamente 13 dias, com 100% de enraizamento, vigorosas e com facilidade de estabelecimento no campo. Outra vantagem é o aparecimento do primeiro cacho floral com inserção baixa, próxima ao solo (Figura 13 b) (FAYAD & MONDARDO, 2004; FAYAD *et al.*, 2016b).

#### 1.6.5. Preparo das mudas para plantio

A aclimação da muda objetiva prepará-la para o estabelecimento em condição de campo. Normalmente, retira-se a bandeja com as mudas desenvolvidas para serem expostas ao pleno sol de forma controlada durante uma semana. O controle pode ser realizado com uso de tela, manejo no suprimento de água e nutrientes. Esta operação possibilita que a muda mantenha seu potencial fotossintético nas condições estressantes de campo. No momento do plantio da muda, realiza-se uma última adubação, mantendo a planta nutrida durante seu estabelecimento.



**Figura 13.** Produção de mudas pelo broto retirado de planta juvenil (a); Planta de tomate obtida a partir de muda produzida de brotos axiais apresentando primeiro cacho próximo ao solo (b). Angelina/SC, 2018.

## Bibliografia

FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. (Org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças**: o cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC, em 101 respostas dos agricultores. Florianópolis: Epagri, 2004. 54p. (Epagri. Boletim Didático, 57).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças** (SPDH): o cultivo do chuchu. Florianópolis: Epagri, 2013. 59p. (Epagri. Boletim Didático, 94).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças** (SPDH): o cultivo da moranga híbrida tetsukabuto. Florianópolis: Epagri, 2015. 54p. (Epagri. Boletim Didático, 114).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças** (SPDH): o cultivo de brássica: couve-flor, brócolis e repolho. Florianópolis: Epagri, 2016a. 86p. (Epagri. Boletim Didático, 132).

FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças** (SPDH): o cultivo do tomate. Florianópolis: Epagri, 2016b. 87p. (Epagri. Boletim Didático, 131).

NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças**: Tecnologia de Produção de Sementes. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 316p.

OLIVEIRA, A.P.; GONÇALVES, C.P.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, E.U. Maturação fisiológica de sementes de pimentão em função de idade de frutos após a antese. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.88-94, 1999.

PEREIRA, C.O. Qualidade fisiológica de sementes de pimentão em função do estágio de colheita, período de repouso de frutos e armazenamento. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-árido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

# Cultivando plantas

14. Cultivo do Tomateiro

15. Cultivo do Chuchuzeiro

16. Moranga Híbrida Tetsukabuto

17. Cultivo de Brássicas: couve-flor, brócolis  
e repolho

18. Cultivo da Cebola

19. Cultivo da Mandioquinha-salsa

20. A cultura do Maracujazeiro





## CULTIVO DO TOMATEIRO

Jamil Abdalla Fayad

Valdemar Arl

Nauro José Velho

Vilmar Müller Jr.

Renato Guardini

Bárbara dos Santos Ventura

Rafael da Rosa Couto

Carlos Koerich

### 1. O tomateiro (*Solanum lycopersicum*, L.)

O tomateiro é uma planta perene que é cultivada anualmente, tendo seu centro de origem na região andina que vai do Norte do Chile ao Sul do Equador. Esta é uma das hortaliças que fazia parte da culinária das diversas civilizações da atual região da América Central e a Asteca, no México, a qual chamavam de tomatl, muito antes do seu genocídio causado pelo invasor europeu (Harvey *et al.*, 2002). Porém, os remanescentes destes povos mantêm esta tradição até os dias atuais. Há relatos de seu cultivo e consumo pelos fenícios e mais tarde pelos árabes, possivelmente trazidas por seus habilidosos navegantes e comerciantes em tempos imemoriais.

O consumo de tomate *in natura* e industrial no Brasil ultrapassa 20 kg/pessoa/ano. O fruto é fonte de ácido fólico, vitamina C, potássio e carotenóides, sendo o licopeno (antioxidante) o mais destacado. Ademais, o tomate contém as vitaminas E e K e flavonóides. Tem baixo teor calórico (20 kcal/100 g de fruto). Seu sabor é conferido, principalmente, pelos teores de açúcares (frutose, glucose, sacarose) e ácidos orgânicos (málico e cítrico). À medida que o fruto amadurece, os teores de frutose e glucose aumentam e o teor dos ácidos decresce (Quadro 1).

Os frutos são apreciados pela aparência, sabor, aroma, valor nutricional e seus antioxi-

**Quadro 1.** Composição encontrada em 100 g de tomate cru e maduro.

|                          |              |                  |                 |
|--------------------------|--------------|------------------|-----------------|
| Água                     | 94 g         | Pró-Vit. A       | 735 a 1100 U.I. |
| Calorias                 | 18 a 20 kcal | Tiamina (B1)     | 0,5 a 0,6 mg    |
| Proteínas                | 1 g          | Riboflavina (B2) | 0,04 mg         |
| Carboidratos (sem fibra) | 3,4 a 3,6 g  | Vitamina C       | 20 a 40 mg      |
| Fibra                    | 1,75 g       | Niacina (B5)     | 0,5 a 0,6 mg    |
| Vitamina E               | 0,699 mg     | Gordura          | 0,2 g           |
| Cálcio                   | 0,077 mg     | Vitamina B6      | 0,076 mg        |
| Fósforo                  | 22,7 mg      | Ferro            | 0,479 mg        |
| Potássio                 | 207 mg       | Magnésio         | 11,3 mg         |

**Fonte:** (KNOTT & DEANON, 1967; FAYAD, 1998).

dantes, anticancerígenos, vitaminas e sais minerais, mesmo apresentando um conteúdo de água próximo a 93%. É rico em cálcio e vitamina C, além dos pigmentos clorofila, xantofila,  $\beta$  caroteno e licopeno. Estes três pigmentos se apresentam em proporções diferenciadas, dependendo da fase de desenvolvimento do fruto e das condições climáticas, principalmente a temperatura e radiação solar. Até o início da maturação do fruto, a clorofila e a xantofila são os pigmentos em maior quantidade, conferindo cor verde ao fruto, e nesta fase a concentração da vitamina C é maior, sendo intensificada com a intensidade luminosa. A partir deste ponto começa a aumentar a formação do  $\beta$  caroteno e licopeno, que conferem a cor amarela e vermelha ao fruto, respectivamente.

### 1.1. Cultivares para mesa

As cultivares para mesa produzem frutos classificados em cinco grupos: Santa Cruz, Salada, Saladinha, Cereja e Italiano, sendo o primeiro com 2 a 3 lóculos, o fruto é oblongo e pequeno, tendo como exemplo as cultivares Marcia (Figura 1), Angela Gigante I-5100, Santa Clara I-5300 e Longa Vida Débora Plus. No grupo Salada os frutos possuem de 5 a 10 lóculos, de formato globular-achatado, muito grande e saboroso, tendo como exemplo as cultivares tradicionais Caqui ou Gaúcho, o híbrido Dourado e EF-50. As cultivares Saladinha são multiloculares, achatadas, e como alguns exemplos deste grupo tem-se Alambra, Carmem, Raíza, Séculos e Paron. Já as plantas do grupo Cereja apresentam frutos bem pequenos, redondos, pesando de 10 a 30 g, biloculares, e os frutos das variedades de seleção feita pelos agricultores familiares são saborosos e apresentam baixíssimo ou nenhum problema com ataque da broca pequena. No grupo Italiano os frutos são biloculares, de formato alongado semelhante a uma pera e saborosos, tendo como exemplares as cultivares Andréa, Saturno e Netuno.

## 2. Ecofisiologia

O tomateiro é uma planta perene, mas nas nossas condições de cultivo é de ciclo anual (Figura 2). Seu crescimento é separado em hábito



**Figura 1.** Cultivar Marcia, desenvolvida no SPDH. Caçador/SC, 2002.

indeterminado e determinado, sendo o primeiro com haste que cresce indefinidamente, e o outro, limitado pela emissão do cacho floral. Na axila de cada folha há emissão de broto que vai constituir nova haste, com folhas e cachos florais e brotações em cada axila foliar, que crescem indefinidamente, caracterizando sua forma arbustiva. O meristema apical, localizado na extremidade superior de cada haste, é uma região de intensa atividade de multiplicação celular e de definição de órgãos, como a iniciação foliar e da inflorescência, formando uma estrutura na haste principal, que mantém sua dominância sobre as outras brotações. A estrutura da haste principal apresenta de 6 a 11 folhas, para depois emitir a primeira inflorescência, seguida por mais três folhas e outra inflorescência, e assim sucessivamente. As folhas baixas são fontes de assimilados para as raízes, e as superiores fornecem assimilados para a folha recém-iniciada e o meristema apical. As unidades intermediárias de fonte e dreno são constituídas por três folhas e um cacho floral (HEUVELINK, 2005).





**Figura 2.** Manejo do tomateiro conduzido com nove cachos em duas hastes. O ciclo dessa planta varia de 100 a 125 dias após plantio.

Para conduzir a planta com duas hastes é preciso manter o broto que sai da axila da folha logo abaixo do primeiro cacho floral, por ser o mais vigoroso da planta depois da haste principal. Os demais brotos devem ser eliminados ainda novos, para que a planta fique mais aberta, permitindo a entrada de radiação solar e ar, facilitando o manejo da planta.

As folhas são alternadas e possuem de 6 a 8 folíolos cobertos de pelos com e sem glândulas, como as hastes. A planta possui um sistema radicular constituído de raiz principal ou pivotante, raízes secundárias e adventícias. Em solo com boa estrutura, profundo e bem drenado, a raiz pivotante pode chegar a profundidades superiores a 1,5 m, e do total do sistema radicular, 2/3 podem estar concentrados nos primeiros 30 cm. O abastecimento de água e nutrientes é fator importante no ambiente radicular, por

ter efeito marcante sobre o crescimento, desenvolvimento e saúde das plantas, principalmente do tomateiro que carrega no seu corpo aproximadamente 60 a 90 frutos que drenam quantidades enormes de assimilados, nutrientes e água (Figura 3). Dar conta de alimentar todos os frutos de forma semelhante, evitando concorrência entre drenos localizados nos primeiros cachos e na base destes, com os demais. Somente é possível com um sistema radicular profundo e extenso em solo estruturado, e com plantas submetidas a ótima luminosidade.

No fruto do tomate as sementes estão dentro de um pericarpo carnudo e desenvolvido a partir do ovário. Frutos das espécies cultivadas (*Solanum lycopersicum*, L.) têm dois ou vários carpelos que agrupam as cultivares: Santa Cruz (de dois a três carpelos); tomates salada (mais de cinco carpelos); os tipos saladinha



**Figura 3.** Plantas oriundas de mudas produzidas em tubetes, preservando a raiz pivotante, permitindo crescimento radicular profundo.



(média de 4 carpelos); e o italiano (de dois carpelos). Frutos de tomate são compostos pelo pericarpo e pele (compondo a parte carnuda) e celulose (placenta e tecido locular, incluindo as sementes). Em geral, a polpa representa menos de um terço da massa de fruta fresca. O pericarpo é oriundo da parede do ovário, que pode ser dividida em parede exterior, paredes que separam lóculos e a parede interior, podendo incluir grandes espaços de ar que causam aparecimento de tecido branco. A maioria da divisão celular do pericarpo ocorre durante os primeiros 10 a 14 dias após a antese. Existem dois ramos princi-

pais do sistema vascular em frutos: um estendendo-se a partir do pedúnculo pela parede exterior do pericarpo e o outro que passa pelas paredes internas radiais e para as sementes, formando uma rede fechada, com poucas terminações “cegas”.

A planta é exigente em luz, principalmente aquela da manhã, que colabora com a diminuição do tempo de molhamento foliar, interferindo no desenvolvimento das doenças (Figura 4). A luminosidade interfere na quantidade de licopeno, conferindo a intensidade da cor vermelha do fruto. A temperatura influencia na produção da planta, notadamente a diferença de 6 a 7°C entre a diurna e noturna, assim como na mescla de coloração vermelha e amarelada do fruto (LANGTON, F. A., COCKSHULL, K.E., 1997). Em períodos ensolarados e temperaturas até 30°C produzem frutos de cor vermelho intenso.

### 3. O clima

As informações contidas nesta seção foram sintetizadas, principalmente, do livro de autoria de Heuvelink (2005). A temperatura e



**Figura 4.** Planta conduzida na vertical, com duas hastes, nove chachos, fertirrigada por gotejo e sobre palhada de aveia + nabo forrageiro + ervilhaca. Sistema que beneficia a saúde da planta facilitando a luminosidade, ventilação e diminuindo o tempo de molhamento foliar.

a luz solar são fatores que influenciam diretamente sobre o metabolismo da planta, afetando seu crescimento e rendimento. A taxa de respiração de manutenção é uma função exponencial quando relacionada com a temperatura, de forma que a taxa é duplicada com um aumento de temperatura de 10°C, mas ao longo do ciclo cultural o efeito da temperatura na taxa de respiração de manutenção é pequeno. Isso ocorre porque em temperaturas baixas a taxa de respiração é inferior por unidade de biomassa. De forma inversa, em temperaturas mais altas a biomassa é reduzida o que, por sua vez, compensa o aumento da taxa de respiração por unidade de biomassa (DE KONING, 1994).

Em uma planta de tomate com hábito de crescimento indeterminado, a temperatura afeta a taxa de aparecimento de folhas, a iniciação floral, o desenvolvimento floral, a frutificação e o crescimento dos frutos simultaneamente, e o seu efeito está intimamente associada com as condições de luz. No espectro de temperatura de 17 a 23°C o aparecimento foliar é linear, e perto de 20°C aparecem 3 folhas a cada semana, enquanto a 17°C aparecem 2,5 folhas e a 23°C

3,5 folhas por semana. Em condições de muita luz solar as folhas são menores e mais grossas e, normalmente, a área foliar aumenta com a temperatura. Sob temperaturas ótimas e luz insuficiente, o desenvolvimento floral pode sofrer ou até mesmo resultar em aborto (HO, 1996).

A temperatura ótima para o crescimento vegetativo é de 18°C a 25°C, enquanto a taxa de floração aumenta quase linearmente quando a temperatura aumenta de 17°C a 27°C. A temperatura ideal para antese é de 19°C, e a frutificação é interrompida acima das temperaturas dia/noite de 26/20°C (EL AHMADI, 1977), sendo o ideal entre 20 a 23°C/11 a 17°C.

As temperaturas elevadas podem reduzir a qualidade do pólen, aumentar anomalia floral e, conseqüentemente, reduzir o número de frutos (DORAIS *et al.*, 2001). Uma temperatura baixa durante o período noturno (10 a 13°C) pode induzir a muda a produzir um maior número de flores (HO, 1996). Uma temperatura baixa no início da formação da planta pode causar flores mal formadas. A formação do fruto pode ser inibida sob baixa temperatura, como resultado da baixa viabilidade do pólen a 10°C (HO, 1996).

Existe influência direta da temperatura sobre partição de fotoassimilados, e a taxa de crescimento dos frutos (TCF) está fortemente relacionada com a temperatura e o fornecimento de água (PEARCE *et al.*, 1993). A TCF aumenta rapidamente no início do dia, com picos ao meio-dia, e, em seguida, diminui até ao final do dia (EHRET & HO, 1986). O aumento da taxa de crescimento durante a manhã pode ser bem relacionado ao aumento de temperatura quando condição hídrica da planta não é limitante.

O período de crescimento do fruto pode variar de 73 dias com temperatura de 17°C e apenas 42 dias a 26°C. Também, em temperaturas mais elevadas, uma quantidade quase semelhante de assimilados tem de ser distribuída para um maior número de frutos, resultando em uma média inferior no seu peso. O peso potencial do fruto a 23°C é de cerca de 40% inferior que a 17°C (DE KONING, 1994). Assim, o aumento da temperatura pode aumentar a transpiração e induzir ao estresse hídrico, resultando

em menor crescimento do fruto (PEARCE *et al.*, 1993). A temperatura média em longo prazo determina o crescimento e a produtividade em culturas de tomate (DE KONING, 1990).

Temperaturas acima de 28°C e, principalmente, se associadas à baixa luminosidade, favorecem a formação do  $\beta$  caroteno, o qual confere a cor amarelada ao fruto. A radiação solar interfere na quantidade de licopeno, conferindo a intensidade da cor vermelha ao fruto, de forma que em períodos ensolarados e temperaturas ótimas, entre 24 a 28°C, produzem frutos de coloração vermelho intenso. Os pigmentos combatem os radicais livres, tendo o licopeno, propriedade anticancerígena.

#### 4. A produção e a alocação de biomassa

As principais informações deste capítulo são os resultados dos trabalhos experimentais realizados na UFV que compuseram a dissertação de Jamil Abdalla Fayad, orientado pelo Professor Paulo Cezar Rezende Fontes, em 1997, e na EECaçador de 1998 a 2003 (Figura 5) e discutidos a luz dos livros de Heuvelink (2005) e Fontes & Silva (2002).

O rendimento da colheita de tomate é determinado pela produção total de biomassa e sua partição com a parte vegetativa, que segue basicamente uma curva padrão em sigmóide (Figura 6). Já a produção de biomassa é impulsionada principalmente pela fotossíntese que, por sua vez, depende da irradiação interceptada e da manutenção da área foliar verde.

Diversos fatores interferem na partição da biomassa produzida pela planta, sendo a principal delas a força do dreno. Em experimento realizado na EECaçador, verificou-se que, com o tomate longa vida Carmem, cultivado em plantio direto, verticalizado, espaçamento 1,10 x 0,40 m, uma haste, cinco cachos e fertirrigado por gotejamento, sob coquetel de plantas de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca, que foram acamadas, a produção de biomassa seca total da parte aérea foi de 547 g planta<sup>-1</sup> na última colheita



**Figura 5.** Experimento com tomate cultivado em SPDH para determinar seu crescimento e absorção de nutrientes. Caçador/SC, 1999.

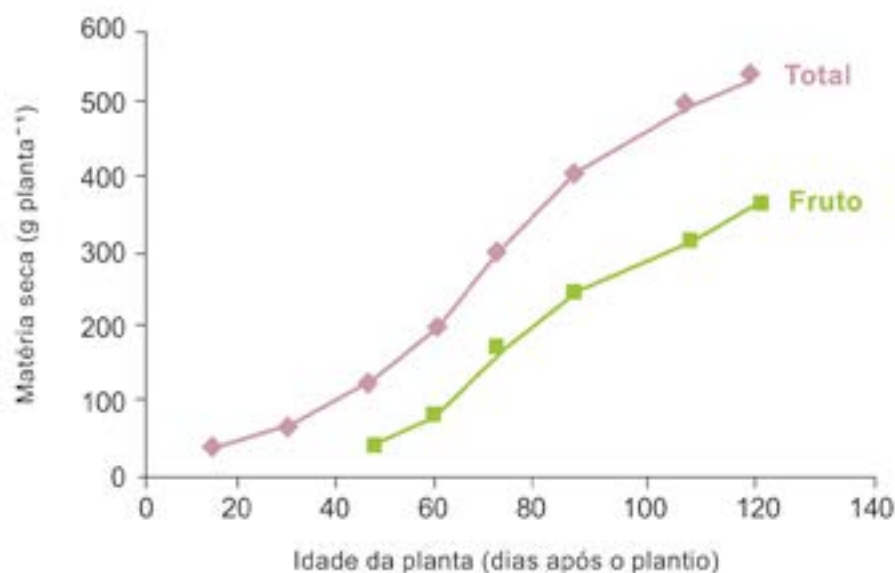


**Figura 6.** Produção de matéria seca total e dos frutos do tomateiro, cv. Carmem. EECaçador, 1999.

de frutos, aos 120 dias após o plantio (DAP) das mudas. Esse valor foi distribuído entre folhas, caule, cachos e frutos, com percentuais de 23; 9; 3 e 65, respectivamente.

Fayad (1998) trabalhando com tomate cv. Santa Clara, conduzido no sistema convencional

e com sete cachos, obteve 408 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca, constituídos de 31% de folha, 13% de caule, 2% de cacho e 54% de fruto, aos 120 DAP, chegando a ter uma área foliar de 206 dm<sup>2</sup> e índice de área foliar (IAF) de 4,12 dm<sup>2</sup>/dm<sup>2</sup>. Em outro experimento, com a cv. EF-50, conduzido em cultivo protegido e fertirrigado por gotejo, o mesmo autor obteve 398 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca, constituída de 32% de folha, caule e cacho e 68% de fruto, aos 135 DAP, chegando a ter uma área foliar de 202 dm<sup>2</sup> e IAF de 4,48dm<sup>2</sup>/dm<sup>2</sup>. A este total de biomassa da parte aérea acrescentam-se aquela das raízes que variam significativamente entre relatos experimentais, sendo encontrado por Heuvelink (1989) acúmulo de 13% do total da matéria seca produzida. Do total de assimilados produzidos durante o processo fotossintético, mais de 40% são direcionados para as raízes que os utilizam no crescimento, desenvolvimento, absorção de nutrientes e produção de exsudados.

Nos primeiros 30 DAP, antes do início da frutificação, as folhas contribuíram com 75% e o caule com 25% do total da

matéria seca acumulada no período (Figura 7). Porém, aos 60 DAP a contribuição das folhas, caule, cachos e frutos foram de 35,2%, 13,0%, 4,8% e 47,0%, respectivamente, indicando que o maior dreno da planta são os frutos, mantendo-se até o final do ciclo. Assim, até os 45 DAP,



aproximadamente, toda a matéria seca alocada na parte aérea da planta foi repartida entre folhas e caule. Porém, do total de matéria seca alocada na parte aérea, durante o período dos 45 aos 60 dias, 28% foi para a parte vegetativa (folhas, caule e cacho) e 72% para os frutos (Figura 7).

Entre os 45 e 90 DAP, observou-se um aumento deste diferencial, ficando 18% para a parte vegetativa e 82% para os frutos (Figura 7). Deste período até a última colheita, aos 120 dias, este diferencial diminuiu, ficando 34% para a parte vegetativa da planta e 66% para os frutos. As frações indicam a alta força do dreno principal, representado pelos frutos, a partir dos 45 DAP. Verifica-se assim, a fase de transição de fluxo de assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva, modificando o padrão de distribuição de matéria seca na planta. A taxa de crescimento absoluto (G) foi crescente até os 75 DAP, atingindo  $7,6 \text{ g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ , decrescendo a  $2,5 \text{ g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ , aos 120 dias (Figura 8).

A planta apresentou aumentos decrescentes na produção de matéria seca a partir dos 75 dias até a última colheita de frutos, permitindo observar a velocidade de crescimento ao longo do seu ciclo cultural. Possivelmente este fato se deva à poda apical, ao crescimento e colheita dos frutos e autossombreamento foliar (LAMBERS *et al.*, 1990).

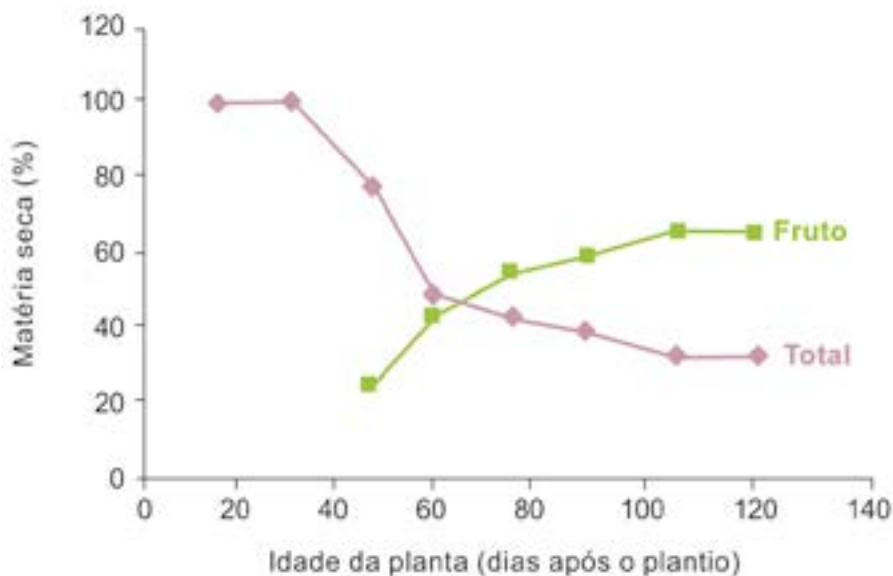


**Figura 7.** Fração da matéria seca total do tomateiro alocada na parte vegetativa e nos frutos, cv Carmem. EECaçador/SC, 1999.

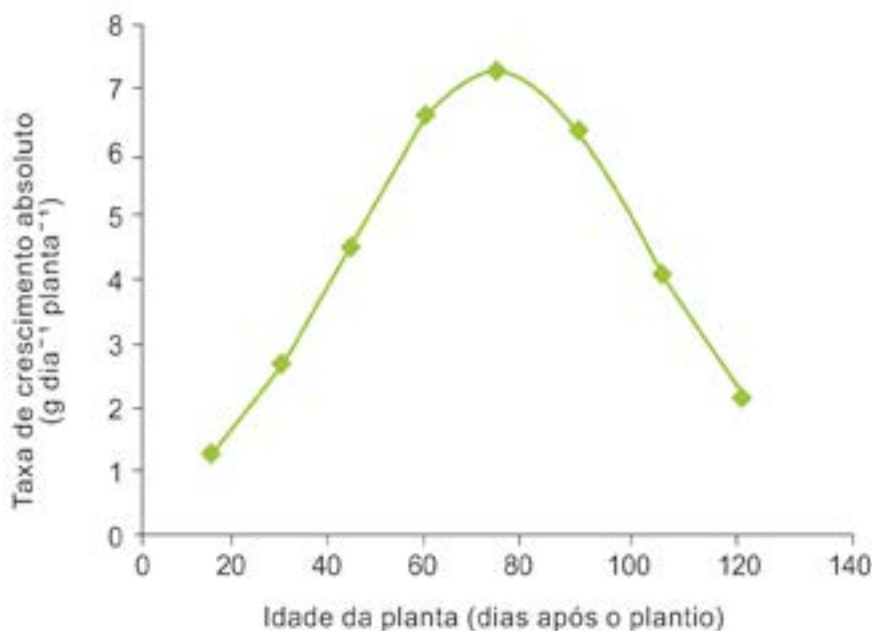


**Figura 8.** Taxa de crescimento absoluto (G) do tomateiro, ao longo do ciclo da cultura, cv Carmem. EECaçador/SC, 1999.

A taxa de crescimento relativo (R) foi decrescente ao longo do ciclo cultural, iniciando em  $0,356 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$  e chegando a  $0,005 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ , dos 15 aos 120 DAP (Figura 9), respectivamente. Este resultado permite observar a produtividade do tomateiro em função da sua capacidade fotossintética, pois a taxa de



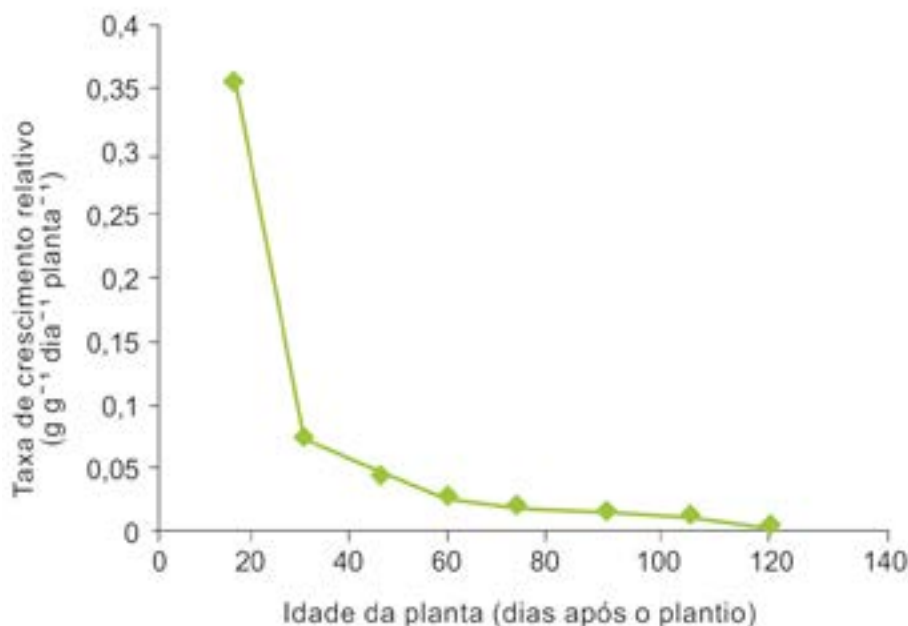


**Figura 9.** Taxa de crescimento relativo (R) do tomateiro ao longo do ciclo cultural, cv Carmem. EECaçador/SC, 1999.

crescimento relativo depende da área foliar útil para a fotossíntese e da taxa de fotossíntese líquida (BENINCASA, 1988).

A colheita dos frutos iniciou aos 101 DAP com uma produção de frutos que totalizou 5.521 g planta<sup>-1</sup>, sendo que 5.431 g planta<sup>-1</sup> foram classificados como AA e A. Assim, a produtividade para a população de 22.727 plantas ha<sup>-1</sup> foi de 123,4 toneladas de frutos classe AA e A, perfazendo 98% do total da produção dentro desta classificação.

Para estas classes de frutos, a produtividade foi de 1.028 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e o número

médio de frutos foi de 32,7 planta<sup>-1</sup> ou 6,54 frutos cacho<sup>-1</sup>, tendo como peso médio 194,7 g e 128,3 g para os frutos da classe AA e A, respectivamente (Quadro 2).

Um dos resultados que merece destaque nos três experimentos aqui citados, conduzidos por Fayad e equipe (1998 e 2000), foi o crescimento de três cultivares de tomate em sistemas diferentes e que apresentaram acúmulo de biomassa, ao longo do ciclo cultural, expressa numa típica curva sigmóide, seguindo a mesma

tendência de absorção dos nutrientes. Esta tendência reforça que o crescimento e o acúmulo de nutrientes têm uma relação direta, colocando-se como desafio a sincronização da taxa de crescimento (G) com a de absorção de todos os nutrientes (TDA) no programa de adubação da planta de tomate. Essa sincronização possibilita diminuir o uso de adubos altamente solúveis, aumentar a produtividade, colaborar com a saúde da planta e deixando o mínimo de resíduo de nutrientes após final da colheita. Esse é um dos primeiros passos para a eliminação de agrotóxicos e adubos altamente solúveis.

**Quadro 2.** Produção classificada de frutos maduros de tomate.

| Classificação dos frutos | Produção (g planta <sup>-1</sup> ) | Produção/classe (%) | Fruto (n° planta <sup>-1</sup> ) | Peso de fruto (g) |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------|
| AA                       | 4.263,7                            | 77,2                | 21,90                            | 194,7             |
| A                        | 1.167,7                            | 21,2                | 9,10                             | 128,3             |
| Extrinha                 | 66,8                               | 1,2                 | 1,40                             | 47,7              |
| Descarte                 | 22,7                               | 0,4                 | 0,25                             | 90,8              |
| Total                    | 5.520,9                            | 100                 | -                                | -                 |

## 5. Preparo do berçário

Entende-se por berçário o local onde a muda será plantada, em condições que minimizem ao máximo o estabelecimento de fatores estressantes para permitir o adequado desenvolvimento da planta. O berçário é construído com o uso de implemento manual, de tração animal, microtrator e trator, realizado após o acamamento dos adubos verdes com o uso do rolo-faca (Figura 10).

Os sulcos são abertos com disco de corte de 17" de diâmetro e facão

com dedo de ema na sua extremidade, para romper o solo debaixo para cima nas fraturas contidas na estrutura do solo e sem ocasionar espelhamento da área trabalhada e exposição do solo. Nesta mesma operação são adicionados os adubos fosfatado e orgânico, nas quantidades apresentadas no Quadro 3.

Recomenda-se que o berçário seja estabelecido em solo com agregados estáveis e visíveis (terra de estrutura granular estável), situação que é alcançada com o SPDH consolidado (Figura 11).



**Figura 10.** Preparo do berçário no mesmo dia do acamamento das plantas de cobertura. A construção do berçário objetiva diminuir ao máximo os fatores estressantes para o desenvolvimento da muda.

Exemplos do plantio de muda no berçário e do início do desenvolvimento podem ser vistos nas Figuras 12 e 13. Merece destaque que o desenvolvimento da muda do tomateiro no SPDH é mais lento em função da ocorrência de menores temperaturas do solo, ocasionada principalmente pela presença da palha (Figura 14). Este padrão de crescimento possibilita à planta absorver o conjunto de nutrientes necessários para formar tecidos saudáveis.

**Quadro 3.** Quantidade de adubo fosfatado e adubo orgânico para composição do berçário, em grama por metro de sulco.

| Teor de $P_2O_5$ e MO | QUANTIDADE (grama metro linear de sulco <sup>-1</sup> ) |              |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|--------------|
|                       | $P_2O_5$                                                | Cama de aves |
| Baixo                 | 35                                                      | 400          |
| Médio                 | 26                                                      | 300          |
| Alto                  | 18                                                      | 200          |





**Figura 11.** Solo com agregados estáveis e visíveis por consequência do uso da rotação de culturas e de adubos verdes por mais de 4 anos.



**Figura 12.** Plantio das mudas no berçário. Nilvo e Dalvo Knaul, comunidade Três Barras. Ituporanga/SC, 2005.





**Figura 13.** Mudanças de tomateiro em início de desenvolvendo no berçário.



**Figura 14.** O início do crescimento e desenvolvimento da muda de tomate no SPDH em meio à palha. Como o solo apresenta temperaturas mais amenas, o crescimento é mais lento e a muda apresenta maior sanidade.



## 6. Critérios para escolha de espaçamento de plantio e condução da planta

Em experimentos com tomate realizados na EECaçador nas safras de 1998 a 2001, conduzidos sob SPDH, com o coquetel de adubos verdes de aveia + nabo forrageiro + ervilhaca manejados com rolo-faca, fertirrigação por gotejo e condução da planta com tutoramento na vertical, buscou-se definir número de hastes, a quantidade de cachos e espaçamento entre plantas. Verificou-se que para planta conduzida com uma haste o ideal é manter até cinco cachos florais por planta e espaçamento de 0,35 m. No caso de planta conduzida com duas hastes, deve-se manter até nove cachos, sendo cinco na haste principal e quatro na secundária, e 0,50 m como espaçamento entre plantas. O espaçamento entre linhas deve ser de 1,4 a 1,5 m (Figura 15) para facilitar tratos culturais, como o manejo da vegetação espontânea, pela roçada, a pulverização nos dois lados da planta, a melhoria da ventilação e a entrada da radiação solar, repercutindo assim na diminuição do tempo de molhamento foliar.

Pelos experimentos se verificou que um dos efeitos diretos da poda apical, na terceira folha acima do cacho floral, foi a diminuição do tempo de colheita, assim como o aumento do peso e tamanho dos frutos. O número menor de cachos por planta ocasiona maior disponibilidade de fotoassimilados aos frutos, ou seja, proporciona maior oferta da fonte ao dreno, que apresenta menor demanda, possibilitando o desenvolvimento pleno de todos os frutos contidos no cacho e não só daqueles localizados no início do mesmo.

O espaçamento entre plantas e o número de cachos e de hastes interfere na produtividade, tamanho e qualidade do fruto e no tempo de colheita. Nos experimentos realizados pela equipe do Professor Paulo Cezar Rezende Fontes da UFV (FONTES *et al.*, 1987), verificou-se aumento de fruto oco com o aumento da quantidade de cachos e de hastes por planta. Porém, em trabalhos relacionados à quantidade de frutos rachados com o número de cachos e hastes, o defeito aumentou com a diminuição do número de haste e cacho. Por outro lado, o grupo de trabalho do Professor Joênes Pelúzio de Campos da UFV (CAMPOS *et al.*, 1986), verificou que plantios mais densos reduzem o peso médio e a incidência de frutos rachados, podendo-se supor que a associação da poda drástica com uma maior densidade de planta reduzirá a rachadura de frutos.

Nos trabalhos conduzidos pela equipe do Professor Nereu Augusto Streck da UFSM (STRECK *et al.*, 1998), verificaram-se que a densidade de planta e a poda apical do tomateiro afetam a produção, resultando em menor tempo de colheita quanto mais drástica for a poda apical, isto é, quanto menor for a quantidade de cachos. Também verificou-se que a produção



**Figura 15.** Planta conduzida com duas hastes no espaçamento de 0,5 x 1,5 m.

aumenta, até certo ponto, com aumento da densidade e número de cachos. Os resultados encontrados pelo grupo do Professor Valter Rodrigues Oliveira da UFV (OLIVEIRA *et al.*, 1987), que avaliaram a distribuição de fruto nos cachos em plantas conduzidas com uma e duas hastes, foi que a quase totalidade de frutos graúdos e médios concentram-se nos primeiros cinco cachos em plantas conduzidas com uma haste. Já em plantas com duas hastes, os frutos graúdos e médios concentraram-se nos cinco primeiros cachos da haste principal e nos quatro da secundária.

A partir desses resultados, em conjunto com aqueles obtidos nas LE conduzidas desde 2001, foi possível chegar a uma distribuição espacial das plantas mais adequada, interferindo positivamente no tempo de colheita e tamanho e qualidade de fruto. Assim, pode-se ter como orientação o espaçamento de 0,35 m entre plantas conduzidas com uma haste e podadas na terceira folha acima do 5° cacho. Em plantas conduzidas com duas hastes, o espaçamento entre plantas deverá ser de 0,50 m, recomendando-se a poda apical na terceira folha acima do 5° cacho da haste principal e na terceira folha acima do 4° cacho da haste secundária. O espaçamento entre linhas deverá ficar próximo a 1,5 m.

Em sistemas de cultivo como o agroecológico, recomenda-se manejar a cultura com menor quantidade de cachos por planta, diminuindo o espaçamento entre as plantas e mantendo o espaçamento de 1,50 m entre linhas. Uma opção é a condução com uma haste e três a quatro cachos ou duas hastes com três cachos na principal e dois na secundária. Esta condução tende a obter o melhor da planta ainda jovem, colheita de fruto graúdo em menor tempo e boa produtividade.

Uma vez definido o espaçamento e o modo de condução da planta, é hora de pensar na construção do estaleiro para planta tutorada na vertical, com taquara ou fitilho. Esta tarefa requer habilidade e tempo, evitando queda ou desalinhamento que podem ser ocasionados pelo vento e o peso do conjunto de plantas do tomatal. Itens como palanques reforçados nas cabeceiras da linha, esticador de arame, comprimento máximo da linha e, principalmente, as escoras de sustentação lateral da linha são fundamentais. No município de Ituporanga, no Alto Vale do Itajaí, os irmãos Knaul e a família Hoffman desenvolveram a técnica de construção do estaleiro para tomate tutorado na vertical (Figura 16) composto por linha de planta com 50 m de comprimento, um palanque em



**Figura 16.** Construção do estaleiro para tomate tutorado na vertical.

cada extremidade, conectados por arame 14 e mantido esticado por catracas instaladas em cada extremidade superior do palanque. Isso não impede comprimentos maiores de linhas, desde que não dificulte o transporte da colheita. As taquaras serão alocadas na vertical, sendo colocada uma mais forte e com altura de 2,1 metros a cada 20 metros. Essas taquaras mais altas são para o reforço lateral interligadas na transversal à linha de plantio com arame 14 e mantidas esticadas por catracas instaladas em cada extremidade.

Há estaleiros construídos com vários palanques na linha, além daqueles das extremidades, geralmente de 20 em 20 metros, dando segurança na sustentação no sentido interno da linha e entre linhas. Normalmente é recomendado para cultivos em relevos declivosos.

No caso do uso da taquara como tutor da planta é recomendado instalá-la antes ou logo em seguida ao plantio da muda, se realizada mais tarde pode ocorrer dano às raízes da planta favorecendo a entrada de patógenos.

## **7. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes e ajustadas pelo estoque de nutrientes no solo, sinais da planta e condições climáticas**

Os organismos fotossintéticos saíram da água para habitar a terra há mais de 400 milhões de anos, evoluindo para os atuais vegetais, que aprimoraram sua relação com o meio em que vivem por meio de mecanismos ainda pouco conhecidos pela ciência, principalmente no campo da promoção de saúde em vegetais. No esforço de compreender essa relação planta-ambiente e a promoção de saúde de planta, tem-se avançado na área da nutrição ajustando a tabela de adubação de cobertura, construída a partir da taxa diária de absorção de nutrientes (TDA), pela interpretação dos sinais apresentados pela planta, do estoque de nutrientes no solo e as condições climáticas (FAYAD *et al.*, 2016). Assim, a exigência de água e nutrientes

pelo tomateiro será variável conforme o seu estágio de desenvolvimento, que pode ser dividido, de forma simplificada, em três fases com semelhante taxa de produção de biomassa (G) e de absorção de nutrientes (TDA). Isso significa que o acúmulo de biomassa e de nutriente tem estreita relação ao longo do ciclo cultural: a) Fase Inicial, que vai aproximadamente, do plantio da muda até o início da frutificação (0 aos 38 DAP); b) Fase Intermediária, que vai, aproximadamente, do início da frutificação até próximo a 2ª colheita dos frutos (38 aos 108 DAP); e c) Fase Final que, aproximadamente, vai da 2ª até a última colheita (108 aos 130 DAP) (Figura 17).

Na primeira fase são consumidos aproximadamente 17% do total dos nutrientes absorvidos durante o ciclo do tomateiro, isto porque a planta é pequena e está passando da fase juvenil ao início da frutificação. Nesta fase deve-se evitar efetuar adubações pesadas de N, P e K na base. Na fase Intermediária, a planta consome em torno de 70% de todos nutrientes absorvidos no ciclo cultural, caracterizada pela fase adulta ou reprodutiva, com maior intensidade de consumo de água e nutrientes. Na fase final a planta consome somente 13% do total dos nutrientes absorvidos, por ser a fase de enchimento dos últimos frutos a serem colhidos.

Avançando no entendimento básico das taxas diárias de produção de biomassa (G) e a taxa de absorção de nutriente (TDA) durante as fases de crescimento da planta de tomate, podemos associá-las às condições climáticas, sendo importante ter em mente que esta hortaliça é sensível, principalmente, à temperatura e à luminosidade, que interferem no seu crescimento e desenvolvimento, que também dependem da atividade fotossintética e respiratória.

Assim, deve-se notar que estas taxas variam diariamente com a interferência destas duas condicionantes climáticas que podem persistir por vários dias. É neste evento persistente que se pode aumentar, diminuir e até eliminar a adubação semanal contido na tabela de adubação de cobertura com reflexo direto na produção e na saúde das plantas de tomate.



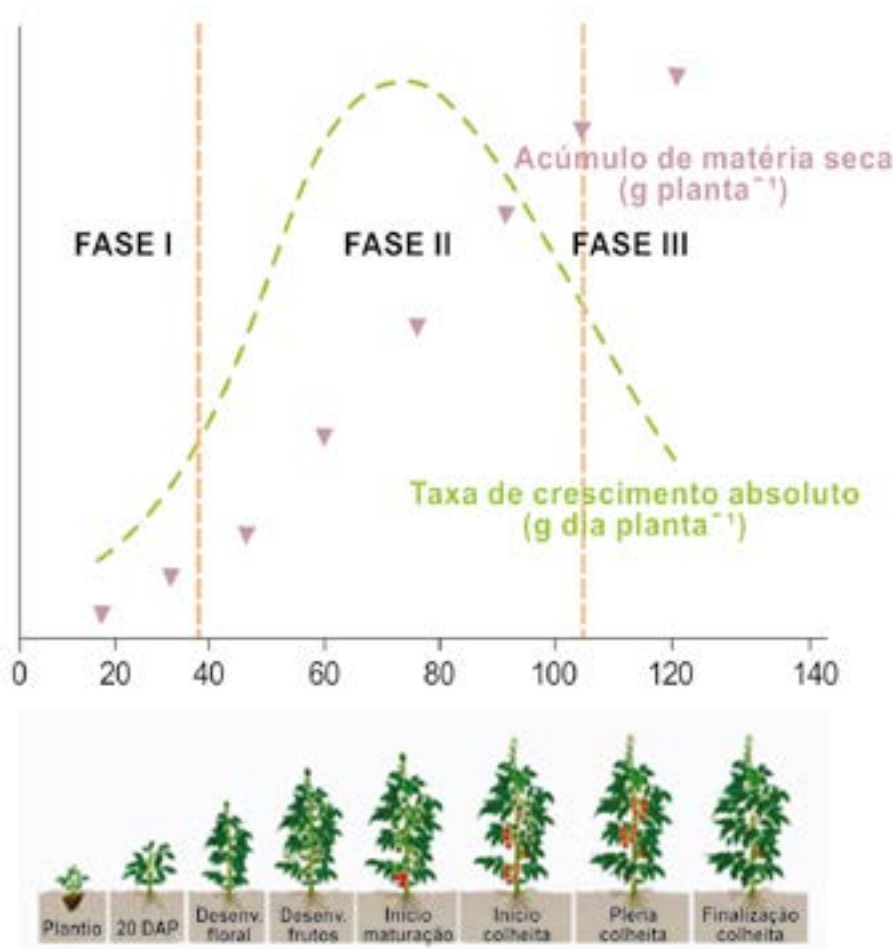


**Figura 17.** Fases de crescimento e desenvolvimento do tomateiro ao longo do ciclo cultural.

A título de exemplo, em períodos com temperaturas ótimas para a fase da cultura, associado a dias de céu limpo, portanto, com muita luminosidade, haverá aumento na produção fotossintética e também da evapotranspiração, sendo possível que a planta necessite de mais nutrientes (com certeza de mais água). Por outro lado, diminuindo a fotossíntese, fato que pode ocorrer em dias nublados e, ainda mais com temperaturas abaixo do ótimo, é possível que a planta necessite de menos nutrientes (com certeza de menos água).

É possível, por quê? Há outro elemento a ser incorporado na tomada de decisão em abastecer a demanda em nutrientes pela planta de tomate, obter boa produtividade e manter sua saúde. A planta expressa sinais característicos na parte aérea e radicular, que podem ser

interpretados pelos técnicos e agricultores experientes no cultivo da planta de tomate em SPDH. Deve-se considerar: a) diferença no tamanho dos frutos entre os cachos; b) o tamanho e intensidade de cor da folha; c) a diferença na intensidade da cor verde entre as folhas velhas e novas; e d) os sinais de retranslocação dos nutrientes das folhas baixas (saia da planta) para os drenos principais.

No caso das raízes, o principal sinal é o “tamanho do sistema radicular”, que deve ser proporcional ao tamanho da parte aérea da planta. No caso de desequilíbrio entre as duas partes da planta, deve-se fazer um ajuste proporcional do tamanho da parte vegetativa da planta com o sistema radicular, pela poda apical.

Para o agente de ATER, pesquisador e lavoureiro, o principal é olhar a lavoura em alguns aspectos gerais, como:

- Folhas baixas com coloração verde (Figura 18) ou amarelada: esta coloração sinaliza a retranslocação em massa de nutrientes, ocasionada pelo modo de adubar e relacionada à força do dreno. A coloração amarelada das folhas significa que a adubação não supriu a demanda da planta;
- Parede formada pelo conjunto das plantas de forma contínua e uniforme: significa que não há manchas de fertilidade do solo e que há uniformidade na oferta de nutrientes e água via fertirrigação (Figura 19);





**Figura 18.** Pequena diferença no tamanho dos frutos entre cachos, significando que a planta recebeu oferta de água e nutrientes corretamente. As folhas mais baixas da “saia” estão começando a apresentar coloração verde-clara, indicando ainda equilíbrio entre adubação e demanda do dreno, com uma retranslocação de nutrientes normal, no limite.



**Figura 19.** Parede, formada pelo corpo das plantas, contínua e uniforme na cor e tamanho.

c) Formato do corpo da planta: significa que o seu crescimento e desenvolvimento relacionado com o clima e manejo da água e adubo ao longo do ciclo cultural (Figura 20);

se nutricional, haverá prejuízo na produtividade e saúde da planta.

A absorção de nutrientes pode ser afetada por temperaturas abaixo de 15°C e acima

d) Pequena diferença no tamanho dos frutos no cacho e entre os cachos: significa que a planta recebeu oferta de água e nutrientes corretamente (Figuras 21, 22 e 23);

e) Diferença de intensidade da cor verde entre folhas maduras e novas: significa que a adubação está ajustada à demanda e à saúde da planta (Figura 24).

Nas lavouras de estudo aprendemos a adicionar mais adubo de cobertura naqueles eventos climáticos ótimos, dentre eles as temperaturas diurnas e noturna e muita luz solar, nos quais podemos aumentar a produtividade sem prejudicar a saúde da planta. Muitos destes eventos persistem por uma ou mais semanas, momento de aumentar a quantidade de nutrientes, contido na tabela de adubação de cobertura, em aproximadamente 30%. Esse aumento está condicionado aos sinais da planta, sendo a diferença da tonalidade do verde entre folhas desenvolvidas e novas e quantidades de frutos, os principais sinais. Neste caso, ao deixar de adubar a quantidade que a planta está pedindo, caracterizando um erro conhecido por estres-

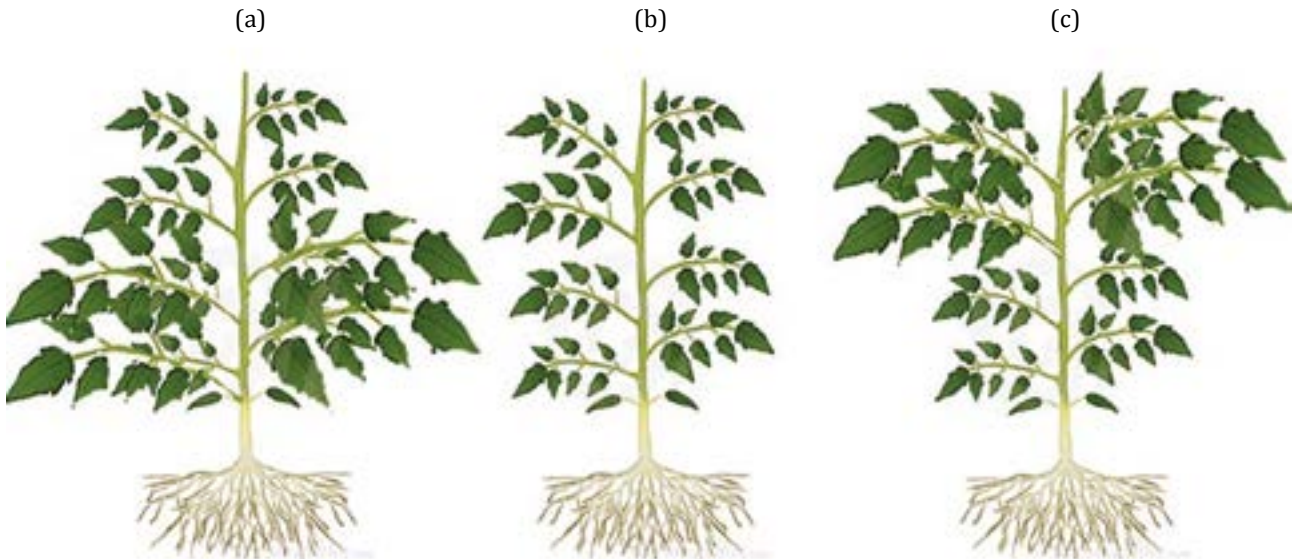


**Figura 20.** Formato do corpo do tomateiro: a) planta com formato de pirâmide, significando forte adubação de base que foi diminuída mais tarde; b) planta com formato de cilindro, indicando adubação pela TDA; e c) planta com formato de pirâmide invertida, indicando adubação inicial deficiente, seguida por adubação excessiva.



**Figura 21.** O raleio dos frutos menores e/ou com defeito aumenta o tamanho dos frutos. Neste exemplo poder-se-ia deixar seis ou até sete frutos no cacho.

de 30°C, interferindo notadamente nos processos bioquímicos. Na planta de tomate, a curva de resposta de absorção de nutrientes em função da temperatura, com a máxima absorção, ocorre em torno de 25°C. A faixa térmica ótima para a absorção da maioria dos nutrientes

pelo sistema radicular se situa entre 20°C e 25°C. A disponibilidade de oxigênio afeta diretamente a atividade respiratória do sistema radicular, pois este necessita de energia para construir a diferença de pH entre a parte interna e externa da membrana das células radiculares e desencadear a absorção de nutrientes via “proteínas transportadoras”. Não menos importante na velocidade e quantidade de absorção dos nutrientes, é a umidade do solo, que influencia a taxa de transpiração pelo fluxo de água

no sistema solo-planta-atmosfera. Portanto, de nada adianta adubar as plantas se o solo não apresentar uma estrutura adequada, local onde a planta irá absorver os nutrientes e água para a sua manutenção, crescimento e desenvolvimento de seus frutos.





**Figura 22.** A pequena diferença no tamanho dos frutos entre cachos, formando uma longa pirâmide de base estreita, indica que a adubação atendeu a demanda da TDA. Anitápolis/SC, 2013.



**Figura 23.** Os três primeiros cachos apresentam certa uniformidade no tamanho, porém, com grande diferença para o quarto cacho. Este, por sua vez, se assemelha com os seguintes. Nesse exemplo, houve dois momentos descontínuos em fornecer os nutrientes da TDA e água. Mas, esta diferença também pode ter sido ocasionada por temperatura abaixo do ótimo para o crescimento do fruto.





**Figura 24.** A presença de um pequeno gradiente no tamanho dos frutos entre os cachos da planta, a parede foliar horizontal uniforme e contínua ao longo da linha de plantio e a saia da planta com coloração verde. As folhas desenvolvidas apresentando verde mais intenso que as folhas mais novas, indicando uma condução de adubação ótima para a saúde da planta.

### 7.1. Absorção de nutrientes

No experimento realizado, em 1999, na EECAçador, com o tomate longa vida Carmem, cultivado em SPDH, verticalizado, no espaçamento 1,10 x 0,40 m, uma haste, cinco cachos e fertirrigado por gotejamento, sobre a palha do consórcio de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca, acamados com rolo-faca, o consumo de nutrientes pelas plantas de tomate foi crescente durante o ciclo da cultura (Figuras 25 e 26), acompanhando o acúmulo de matéria seca na planta (FAYAD *et al.*, 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por Fayad *et al.* (2002), com a cv. Santa

Clara e EF-50, nos quais as curvas de absorção de nutrientes apresentaram três fases de intensidade de consumo: nos primeiros 45 DAP, as plantas absorveram pequena quantidade de nutrientes, passando por período de intenso acúmulo dos 45 a, aproximadamente, 90 DAP. Depois houve tendência de estabilização até a última colheita, aos 120 DAP. O Ca, Mg, Fe e Zn foram exceção, pois apresentaram intenso acúmulo dos 45 aos 120 DAP. O acúmulo de nutrientes nas plantas de tomate até aproximadamente 45 DAP, foi devido ao desenvolvimento das folhas, caule e primórdios florais. A partir dos 45 DAP, o intenso acúmulo de nutrientes

deveu-se, principalmente, ao desenvolvimento e crescimento dos frutos.

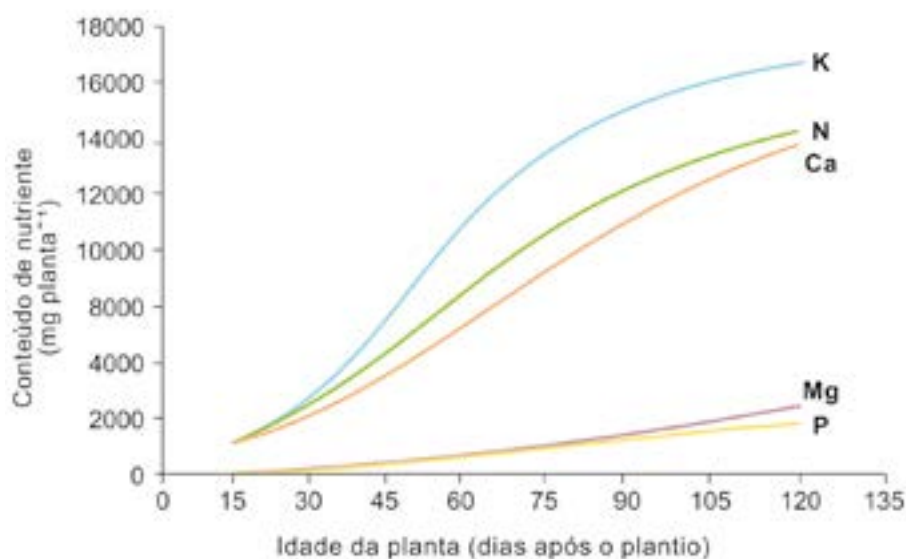


**Figura 25.** Curvas de extração de macronutrientes pelas plantas de tomate ao longo do ciclo cultural, cv Carmem. EECAçador/SC, 1999.



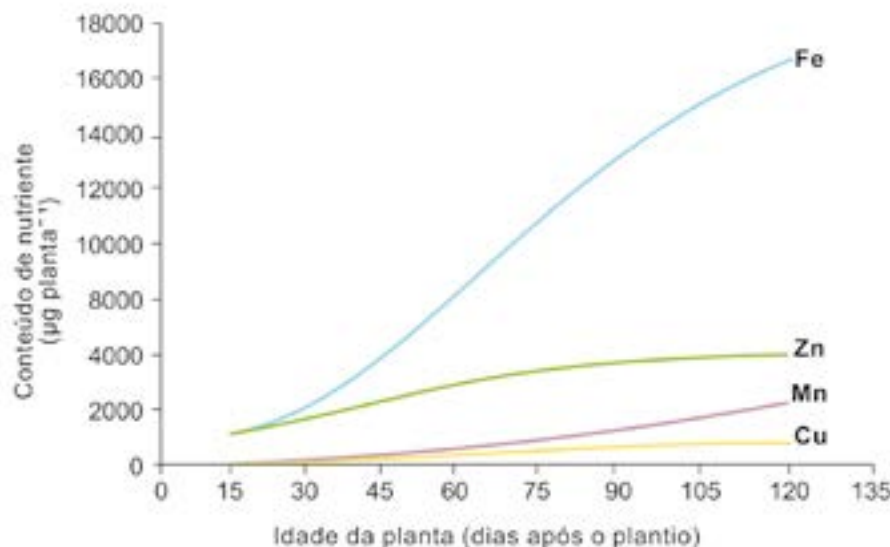


**Figura 26.** Curva de extração de micronutrientes pelas plantas de tomate ao longo do ciclo cultural, cv Carmem. EECaçador/SC, 1999.

A planta de tomate apresentou acúmulo máximo aos 120 DAP de 14,28; 1,84; 16,66; 13,89 e 2,31 g planta<sup>-1</sup> para N; P; K; Ca e Mg, respectivamente, e de 51,76; 96,61; 22,04 e 415,60 mg planta<sup>-1</sup> para Fe; Mn; Zn e Cu. Deste total, foi alocada nos frutos a quantidade de 9,4; 1,2; 11,8; 1,5 e 0,7 g planta<sup>-1</sup> para N; P; K; Ca e Mg, respectivamente, e de 24,0; 7,4; 8,6; 6,8 e 3,7 mg planta<sup>-1</sup> para Fe; Mn; Zn; Cu e B, representando a quantidade exportada de nutrientes.

Com o início da frutificação, a partir dos 45 dias, a maior parte do N; P; K e Fe absorvidas pelas plantas de tomate foram alocadas nos frutos, atingindo 75; 76; 82 e 51% do total absorvido, respectivamente. Porém, do total de Ca; Mg; Fe; Mn; Zn e Cu absorvido, a maior percentagem foi alocada na parte vegetativa, atingindo 89; 70; 54; 92; 61 e 98%, respectivamente. Estes padrões de distribuição ocorrem durante os estádios de desenvolvimento da planta nos órgãos com alto metabolismo, que são os de maior demanda de nutrientes. Os órgãos de maior metabolismo são as folhas e os frutos, ou seja, são os maiores drenos de nutrientes das plantas de tomate. Os trabalhos conduzidos por Fayad (1998) apresentaram padrão semelhante de distribuição dos nutrientes.

Em relação à taxa diária de absorção de nutrientes, os valores máximos para N; P; K; Ca e Mg foram de 189; 26; 254; 183 e 29 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 74; 66; 66; 81 e 73 DAP. Assim, as plantas de tomate absorveram as quantidades de 4,29; 0,59; 5,76; 4,15 e 0,66 kg ha<sup>-1</sup>, de N; P; K; Ca e Mg, respectivamente, no dia de máxima absorção.

Para Fe, Mn, Zn e Cu, as maiores taxas de absorção foram de 683; 1.531; 277 e 6.656 µg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 109, 62, 76 e 84 DAP.

A menor taxa diária de absorção ocorreu na emergência da plântula, para todos os nutrientes, com os valores de 22; 2,9; 22; 19 e 4 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> para N; P; K; Ca e Mg, respectivamente, e 92; 136; 38 e 237 µg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> para Fe; Mn; Zn e Cu, respectivamente. Aos 120 DAP, as taxas foram de 67,7; 5,0; 38,8; 92,0 e 11,3 mg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> para N; P; K; Ca e Mg, respectivamente, e 664; 158; 123 e 2.677 µg dia<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup> para Fe; Mn; Zn e Cu, respectivamente.

Com o desenvolvimento da planta, o crescimento dos diversos órgãos é intensificado até chegar ao máximo, em consequência do intenso acúmulo de biomassa e nutrientes. A estabilização do crescimento dos órgãos da planta, assim como a colheita de frutos, diminuiu a força do dreno, com consequente diminuição no incremento de biomassa (TAIZ e ZEIGER, 2013) e nutrientes, alterando o padrão das taxas de absorção (LAMBERS *et al.*, 1989).

Não houve retranslocação em massa de nutrientes entre a parte vegetativa (folhas, caule e cacho floral) e frutos, ao longo do ciclo cultural das plantas de tomate, fato que pode ter colaborado com a saúde da planta, pois as folhas mantiveram-se verdes até a última colheita de frutos (ZAMBOLIM *et al.*, 1997). Fayad (1998)

obteve resultados diferentes com a cv. Santa Clara, verificando retranslocação em massa de N, P, K, Zn e Fe da parte vegetativa para os frutos. É possível que tais diferenças residam na forma, época e quantidade de nutrientes aplicados e sistema de cultivo do tomateiro.

Com a taxa diária de absorção de nutrientes é possível implementar o programa de fertirrigação por gotejamento, adubação de cobertura e, ou, de adubação foliar. Com os dados contidos no Quadro 4 exemplifica-se o percentual semanal de absorção de nutrientes. Com os percentuais semanais e os dados contidos no Quadro 5, é possível definir a quantidade dos nutrientes para adubação a ser adicionada na água de irrigação. Geralmente, neste programa aplica-se o N, P, K e B.

Para o programa de adubação de cobertura, é possível identificar três épocas distintas na dinâmica de absorção de nutrientes. A primeira, de 0-30 dias, a segunda, de 30-80 dias e, a terceira, de 80-120 dias. A segunda fase é caracterizada pela intensa absorção de nutrientes

sendo, portanto, a época em que os nutrientes da adubação deverão estar mais disponíveis para a planta, exigindo aplicações mais frequentes. Nos demais intervalos, a quantidade de nutrientes é menor, podendo ser aplicada com menor frequência. Geralmente, neste programa aplicam-se o N e K, mas no programa de adubação foliar aplicam-se, geralmente, Ca, Mg, B e Zn, com ênfase no Ca e B dirigidos aos frutos.

Em cada situação é possível construir um programa mais adequado às necessidades das plantas e possibilidades do agricultor, mediante utilização destes dados, complementados com outras análises e conhecimento do histórico da área de plantio. Entretanto, na aplicação deste programa, outras variáveis deverão ser consideradas para diminuir ou aumentar a quantidade dos nutrientes, objetivando-se manter a produtividade e a saúde das plantas. Alguns destes fatores são a dinâmica de mineralização da biomassa de cobertura, o estoque de nutrientes no solo, a temperatura, o vento, a radiação solar e os sinais (aparência) das plantas.

**Quadro 4.** Consumo de nutrientes (%) em relação ao conteúdo total ao longo do ciclo das plantas de tomate.

| Dias | Nutrientes (%) |      |      |     |     |      |      |     |      |     |
|------|----------------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|
|      | N              | P    | K    | Ca  | Mg  | Fe   | Mn   | Zn  | Cu   | B   |
| 7    | 4,4            | 4,1  | 3,3  | 4,1 | 5,6 | 7,2  | 3,4  | 5,3 | 1,4  | 4,0 |
| 14   | 1,7            | 1,8  | 1,6  | 1,4 | 1,9 | 1,6  | 1,8  | 1,8 | 0,7  | 1,5 |
| 21   | 2,2            | 2,5  | 2,3  | 1,9 | 2,5 | 2,0  | 2,6  | 2,3 | 1,0  | 2,2 |
| 28   | 2,9            | 3,5  | 3,2  | 2,5 | 3,2 | 2,4  | 3,7  | 3,0 | 1,5  | 2,8 |
| 35   | 3,9            | 4,7  | 4,5  | 3,3 | 4,1 | 2,9  | 5,2  | 3,8 | 2,1  | 3,6 |
| 42   | 4,9            | 6,0  | 6,0  | 4,2 | 5,1 | 3,4  | 6,9  | 4,8 | 3,0  | 5,1 |
| 49   | 6,0            | 7,5  | 7,7  | 5,2 | 6,1 | 4,0  | 8,7  | 5,8 | 4,1  | 6,2 |
| 56   | 7,3            | 8,8  | 9,2  | 6,3 | 7,2 | 4,7  | 10,2 | 6,8 | 5,6  | 7,3 |
| 63   | 8,2            | 9,7  | 10,3 | 7,4 | 8,0 | 5,4  | 11,0 | 7,7 | 7,2  | 7,6 |
| 70   | 9,0            | 10,0 | 10,6 | 8,3 | 8,6 | 6,2  | 10,8 | 8,4 | 8,9  | 8,2 |
| 77   | 9,3            | 9,6  | 10,1 | 8,9 | 8,7 | 6,9  | 9,7  | 8,8 | 10,3 | 9,1 |
| 84   | 9,0            | 8,6  | 8,9  | 9,2 | 8,5 | 7,6  | 8,0  | 8,7 | 11,1 | 9,3 |
| 91   | 8,3            | 7,2  | 7,3  | 9,0 | 7,9 | 8,3  | 6,2  | 8,3 | 11,1 | 9,4 |
| 98   | 7,3            | 5,7  | 5,6  | 8,4 | 7,0 | 8,8  | 4,6  | 7,5 | 10,2 | 8,5 |
| 105  | 6,2            | 4,4  | 4,2  | 7,5 | 6,0 | 9,1  | 3,2  | 6,5 | 8,8  | 6,1 |
| 112  | 5,0            | 3,3  | 3,0  | 6,4 | 5,0 | 9,2  | 2,2  | 5,5 | 7,1  | 4,8 |
| 120  | 4,4            | 2,7  | 2,3  | 6,0 | 4,5 | 10,4 | 1,7  | 5,1 | 5,2  | 4,3 |

**Quadro 5.** Quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas de tomate e acúmulo nos frutos.

| Nutriente | Extração pela planta<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Total nos frutos<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>N</b>  | 324,10                                         | 213,98                                     |
| <b>P</b>  | 41,80                                          | 27,96                                      |
| <b>K</b>  | 378,10                                         | 268,46                                     |
| <b>Ca</b> | 315,40                                         | 34,88                                      |
| <b>Mg</b> | 52,40                                          | 16,06                                      |
| <b>S</b>  | 49,00                                          | 12,00                                      |
| <b>Fe</b> | 1,18                                           | 0,54                                       |
| <b>Mn</b> | 2,19                                           | 0,17                                       |
| <b>Zn</b> | 0,50                                           | 0,19                                       |
| <b>Cu</b> | 0,26                                           | 0,11                                       |
| <b>B</b>  | 0,30                                           | 0,08                                       |

O início da aplicação da adubação de cobertura, contida no Quadro 6, deve ocorrer logo após o plantio da muda e, de preferência, via água de irrigação por gotejo. Nesta adubação é recomendado aplicar, principalmente, N, K e B, na forma de nitrato de amônio, cloreto de potássio e ácido bórico, respectivamente. Os dois primeiros adubos estão sendo recomendados, principalmente, por apresentarem o menor custo econômico por unidade de N e K. Porém, quando, por necessidade técnica de alterar a salinidade, o pH do solo ou da rizosfera, evitar excesso de Cl ou alocar outros nutrientes, como S e Ca, pode-se utilizar outros adubos, como nitrato de cálcio, nitrato de potássio e sulfato de potássio.

Para o uso das informações contidas no Quadro 6, merece alerta aos técnicos e agricultores familiares que as condições experimentais que determinaram a quantidade e época de aplicação destes nutrientes foram aquelas que ocorreram na Estação Experimental da Epagri em Caçador, Santa Catarina, de novembro de 1998 a abril de 1999, com a cv. Carmem (FAYAD *et al.*, 2000). Nestas condições, aos 49 DAP, o fruto maior apresentava tamanho de uma azeitona e a primeira colheita ocorreu aos 90 DAP. Portanto, como estas condições jamais se repetirão, são necessários alguns ajustes das informações do Quadro 6, levando em consideração a época e região de plantio, a quantidade e gradiente do

tamanho de frutos entre os cachos da planta, vigor e coloração do corpo da haste com sua parte nova, a diferença da coloração verde mais escuro das folhas maduras com o verde-clara das folhas novas e a intensidade da florada. Estes sinais devem ser associados às condições do clima, como a temperatura (diferença entre a diurna e noturna), a radiação solar, ventos e umidade relativa do ar.

Além destes fatores, é necessário adequar as informações do Quadro 6 ao cultivo atual com aquelas apresentadas nas condições experimentais em que se geraram os dados.

Por exemplo, em condições climáticas mais quentes, como no litoral, onde a planta cresce mais rapidamente, o primeiro fruto estará do tamanho de uma azeitona, possivelmente, entre 38 e 42 DAP. Neste caso, pula-se a adubação recomendada para a 6ª semana e aplica-se aquela da 7ª semana, pois a demanda do dreno é equivalente àquela ocorrendo nesta semana. Outro ajuste importante, referente à aplicação da 11ª semana, que é para o tamanho da planta, e que também pode ser maior (cultivar, número de cachos e de hastes). As três adubações desta semana devem ser repetidas quantas vezes forem necessárias até serem colhidos, aproximadamente, 50% dos frutos contidos na planta, para depois se aplicar as quantidades recomendadas na 12ª semana.

**Quadro 6.** Adubação de cobertura com N, K e B, na forma de nitrato de amônio, cloreto de potássio e ácido bórico, para plantas de tomate fertirrigado por gotejo (área de 01 hectare).

| Semana          | Dia     | Nitrato de Amônia (kg) | Cloreto de Potássio (kg) | Ácido Bórico (kg) |
|-----------------|---------|------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1 <sup>a</sup>  | Segunda | 21,5                   | 12,5                     | –                 |
|                 | Sexta   | 21,5                   | 12,5                     | –                 |
| 2 <sup>a</sup>  | Quarta  | 17,0                   | 12,0                     | –                 |
| 3 <sup>a</sup>  | Quarta  | 22,0                   | 17,0                     | –                 |
| 4 <sup>a</sup>  | Segunda | 14,0                   | 12,0                     | –                 |
|                 | Sexta   | 14,0                   | 12,0                     | –                 |
| 5 <sup>a</sup>  | Segunda | 19,0                   | 17,0                     | –                 |
|                 | Sexta   | 19,0                   | 17,0                     | 4,0               |
| 6 <sup>a</sup>  | Segunda | 24,0                   | 23,0                     | –                 |
|                 | Sexta   | 24,0                   | 23,0                     | 4,0               |
| 7 <sup>a</sup>  | Segunda | 29,0                   | 29,5                     | –                 |
|                 | Sexta   | 29,0                   | 29,5                     | –                 |
| 8 <sup>a</sup>  | Segunda | 23,3                   | 23,3                     | –                 |
|                 | Quarta  | 23,3                   | 23,3                     | –                 |
|                 | Sexta   | 23,3                   | 23,3                     | 4,0               |
| 9 <sup>a</sup>  | Segunda | 26,3                   | 24,3                     | –                 |
|                 | Quarta  | 26,3                   | 24,3                     | –                 |
|                 | Sexta   | 26,3                   | 24,3                     | 4,0               |
| 10 <sup>a</sup> | Segunda | 29,0                   | 27,0                     | –                 |
|                 | Quarta  | 29,0                   | 27,0                     | –                 |
|                 | Sexta   | 29,0                   | 27,0                     | –                 |
| 11 <sup>a</sup> | Segunda | 30,0                   | 25,7                     | –                 |
|                 | Quarta  | 30,0                   | 25,7                     | –                 |
|                 | Sexta   | 30,0                   | 25,7                     | 4,0               |
| 12 <sup>a</sup> | Segunda | 29,0                   | 22,7                     | –                 |
|                 | Quarta  | 29,0                   | 22,7                     | –                 |
|                 | Sexta   | 29,0                   | 22,7                     | –                 |
| 13 <sup>a</sup> | Segunda | 26,7                   | 18,7                     | –                 |
|                 | Quarta  | 26,7                   | 18,7                     | –                 |
|                 | Sexta   | 26,7                   | 18,7                     | –                 |
| 14 <sup>a</sup> | Segunda | 35,0                   | 21,5                     | –                 |
|                 | Sexta   | 35,0                   | 21,5                     | –                 |
| 15 <sup>a</sup> | Segunda | 30,0                   | 16,0                     | –                 |
|                 | Sexta   | 30,0                   | 16,0                     | –                 |
| 16 <sup>a</sup> | Segunda | 24,0                   | 11,5                     | –                 |
|                 | Sexta   | 24,0                   | 11,5                     | –                 |
| 17 <sup>a</sup> | Segunda | 21,5                   | 8,5                      | –                 |
|                 | Sexta   | 21,5                   | 8,5                      | –                 |
| Total (kg)      |         | 967,9                  | 757,1                    | 20,0              |



Quando o tempo estiver ensolarado, com temperaturas amenas (entre 18 e 25°C), em tomatal com plantas com grande quantidade de frutos, presença de gradiente da coloração verde intenso das folhas maduras e verde-clara das folhas novas, e presença de vento ameno, indica-se a necessidade de aumentar a adubação em até 30% do que está recomendado no Quadro de adubação para a semana.

Pode-se adiar este aumento ou diminuir a adubação se a planta não estiver apresentando gradiente na coloração verde intensa entre as folhas maduras e as novas, significando que a planta recebeu carga de adubação indevida no período anterior ou ocorreu uma situação de baixo crescimento vegetativo, ocasionado por período com baixa temperatura, tempo nublado e ventos frios.

No Quadro 7 está apresentada uma breve descrição dos sinais da planta de tomate relacionados às condições climáticas que servem para o ajuste das recomendações contidas no Quadro 6. A finalidade destas informações é subsidiar os iniciantes nesta atividade, essencialmente qualitativa, para interpretar os sinais apresentados pela planta e relacioná-los com o clima. No caso de agentes de ATER experientes na condução da cultura e agricultores familiares lavoureiros do SPDH, esta evolução em associar os sinais da planta com as condições climáticas vem da repetição de situações e da diversificação de respostas da planta frente às interferências humanas.

Em uma outra situação, na qual a temperatura está abaixo daquela para o bom crescimento vegetativo e frutificação ( $<16^{\circ}\text{C}$ ), com tempo nublado e ventos fortes, recomenda-se a diminuição da quantidade de adubos recomendados no Quadro 6. No caso de o vigor vegetativo e a coloração verde das folhas novas estar intensa, a adubação semanal não precisará ser efetuada.

No caso de uma leitura equivocada dos sinais da planta e sua relação com o clima, poderá ocorrer diminuição da produtividade por falta de adubação, ou no caso de excesso de adubação, poderá favorecer o aparecimento de “doenças e insetos praga”. Caso se incorra na repetição do

erro pela adubação deficiente, é provável que ocorra intensa retranslocação de nutrientes das folhas e ramos mais velhos para os drenos mais fortes, que são os frutos. Por outro lado, o excesso de adubação vai ocasionar um crescimento vegetativo exagerado, tendo, em ambas as situações, um quadro de facilitação da entrada das “doenças” e, por consequência, do uso de fungicidas, acaricidas e inseticidas.

## 8. Ambiente estressante

Em geral, os problemas relatados pelos produtores de tomate têm uma relação direta com o desenvolvimento e crescimento da cultura em época adversa em que fatores externos, sobretudo temperatura, nutrição, água e luminosidade, estão fora dos limites requeridos pela planta. Em consequência, ocorrem alterações fisiológicas, geralmente, irreversíveis, originando anomalias ou desordens que podem comprometer significativamente o desempenho da cultura e, conseqüentemente, levar ao uso de agrotóxicos.

Alguns desses problemas podem ser evitados instalando a lavoura de tomate em SPDH, respeitando o uso de rotação de culturas, coquetéis de plantas de adubação verde, fertirrigação, condução verticalizada, maior espaçamento entre linhas e menor número de cachos florais por planta. A instalação deve ser feita preferencialmente na exposição Norte, evitando baixadas, onde a temperatura será mais fria, proximidade de açudes e sombra, principalmente, na parte da manhã, mesmo que em parte da lavoura. A importância destas recomendações práticas e básicas para esta cultura, altamente sensível aos estresses, visa evitar variações de umidade, melhorar a ventilação da plantação e a temperatura, além de diminuir o tempo de molhamento foliar e, conseqüentemente, evitar um meio adverso para desenvolvimento de doenças.

As informações sobre o efeito do N, P e K na resistência ou suscetibilidade das plantas a fungos foram adaptadas dos livros de Marschner (2012). Por exemplo, no caso do N, os efeitos

**Quadro 7.** Ajuste da quantidade de adubação de cobertura, principalmente N e K, contida no Quadro 6, com base na associação dos sinais da planta, condições climáticas e estoque de nutrientes no solo.

1.0 - Período com temperatura ótima (20 a 28°C), tempo ensolarado, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas e sem frutos: **MANTER OU AUMENTAR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

1.1 - Repetindo as condições anteriores (1.0), porém com frutos: **AUMENTAR EM 30% A ADUBAÇÃO RECOMENDADA PARA A SEMANA OU DIMINUIR;**

1.2 - Repetindo as condições anteriores (1.1), porém havendo pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DIMINUIR APROXIMADAMENTE 50% A ADUBAÇÃO RECOMENDADA PARA A SEMANA.**

2.0 - Período com temperatura ótima (20 a 28°C), tempo nublado, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas e sem frutos: **DIMINUIR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

2.1 - Repetindo as condições anteriores (2.0), porém com frutos: **MANTER A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

2.2 - Repetindo as condições anteriores (2.1), porém havendo pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **PODE-SE DIMINUIR EM MAIS DE 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA OU DEIXA-SE DE APLICAR A ADUBAÇÃO.**

3.0 - Período com temperatura baixa (16 a 19°C), tempo ensolarado, sem frutos, com as plantas apresentando diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas: **DIMINUIR EM 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

3.1 - Repetindo as condições anteriores (3.0), porém com frutos: **MANTER OU DIMINUIR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

3.2 - Repetindo as condições anteriores (3.1), porém com as plantas apresentando pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DIMINUIR EM MAIS DE 50% OU DEIXAR DE APLICAR A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA.**

4.0 - Período com temperaturas baixas (16 a 19°C), tempo nublado, apresenta diferença de cor verde entre as folhas maduras e novas, sem frutos: **DIMINUIR EM MAIS DE 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA OU DEIXAR DE APLICAR;**

4.1 - Repetindo as condições anteriores (4.0), porém com frutos: **DIMINUIR EM ATÉ 50% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;**

4.2 - Repetindo as condições anteriores (4.1), porém com as plantas apresentando pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre folhas maduras e novas: **DEIXAR DE APLICAR A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA.**

sobre fungos são diferentes para parasitas obrigatórios e facultativos. Os parasitas obrigatórios dependem de assimilados fornecidos por células vivas, enquanto parasitas facultativos são semisaprófitas e preferem tecidos em senescência (tecidos velhos) ou liberam toxinas que danificam ou matam as células vegetais do hospedeiro. Assim, os fatores que suportam as atividades metabólicas do hospedeiro e atrasam a senescência, aumentam a resistência ou

tolerância de plantas a parasitas facultativos. Este efeito geral do N sobre a susceptibilidade às doenças das plantas pode ser modificado por fatores adicionais, tais como a espécie de planta e condições de seu crescimento.

O aumento da suscetibilidade da planta com o aumento da oferta de N é explicado pelas necessidades nutricionais do parasita e pelas alterações na anatomia e fisiologia da planta hospedeira. O N aumenta a taxa de crescimento,

de modo que durante a fase de crescimento vegetativo, a proporção de tecidos jovens aumenta em relação àquela de tecidos maduros e o tecido jovem é mais susceptível ao ataque de parasitas. Além disso, um aumento na concentração de aminoácidos no apoplasto (espaço entre células) e na superfície da folha, induzido por aumento na concentração de N na planta, pode estimular a germinação e crescimento dos conídios (esporos assexuados) do fungo. O aumento da concentração de N também pode reduzir a atividade de certas enzimas chaves para o metabolismo e síntese de compostos fenólicos (com ação fungistática) e a deposição de lignina (que funciona como barreira física ao patógeno).

As alterações anatômicas e bioquímicas das células, juntamente com o aumento de compostos orgânicos de baixo peso molecular nos espaços entre células, que são substratos para os parasitas, são os principais fatores responsáveis para a correlação estreita entre o fornecimento de N e susceptibilidade da planta para parasitas obrigatórios. Este efeito do aumento do N é reforçado pelo aumento da permeabilidade da membrana celular, também induzida por deficiência de B, Ca e Zn.

O aumento da concentração de K na planta diminui a incidência de parasitas obrigatórios e facultativos. No entanto, além do suprimento ótimo de K para o crescimento, não existe aumento da resistência com o aumento do suprimento de K ou da sua concentração. A adição de K só é eficaz no controle de doenças se aliviar a deficiência de K. Esta reduz a síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) e conduz a uma acumulação de compostos orgânicos de baixo peso molecular, que servem como fontes de nutrientes facilmente disponíveis para os parasitas.

Em relação ao P, em geral, o suprimento ótimo aumenta a resistência a doenças em plantas.

Para um manejo complementar e preventivo à instalação de algumas doenças fúngicas e bacterianas nas plantas de tomate, em comparação ao sistema convencional baseado no uso de agrotóxicos, foram instalados experimentos nas

EECaçador e EEItuporanga nos anos de 1999, 2000 e 2004. O melhor resultado foi encontrado com o tratamento com calda bordalesa 0,3%, mais um indutor de resistência à base de fosfito, sendo este último aplicado quinzenalmente, e a calda pulverizada levando em conta a temperatura, umidade relativa e tempo de molhamento foliar.

Na prática, em períodos com muita chuva é indicado uma pulverização semanal. Na medida em que o clima vai ficando seco, ensolarado, com vento ameno e, portanto, folha menos molhada, o intervalo de aplicação deve ser aumentado. A título de exemplo, em uma Lavoura de Estudo em Caçador (SC), as condições climáticas possibilitaram aplicar a calda bordalesa somente 45 dias após a última aplicação.

A preparação da calda bordalesa se baseia no derramamento lento da base, correspondente ao leite da cal, sobre o ácido, que é a calda de sulfato de cobre. Para o total de 100 litros da calda bordalesa são recomendados 300 gramas de sulfato de cobre dissolvido em 50 litros de água em um recipiente e em outro recipiente 300 gramas de cal hidratada “nova” dissolvida em 50 litros de água. Além de fazer a mistura lenta do líquido com a cal sobre aquele com o sulfato, deve-se proceder agitação intensa durante a operação. A calda fabricada com cal nova e sulfato de cobre com alta pureza, terá pH próximo a 10,5. Por isso é recomendado medir o pH.

A construção de um sistema de cultivo de tomate em transição, uma das hortaliças mais suscetíveis ao ataque de doenças e pragas, para outro sistema sem o uso de agrotóxicos é ainda embrionária, principalmente no enfrentamento ao ataque da broca pequena do fruto e da necessidade do uso eventual de fungicida curativo para o manejo da requeima. Na linha da promoção de saúde das plantas tem-se que avançar para criar condições de fortalecer a parede celular e aumentar a resistência das plantas ao ataque de patógenos e insetos. Outras estratégias complementares podem ser o uso de controle biológico, ensacamento do fruto, tela em abrigo plástico etc.

## Bibliografia

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal-SP: FCAV-UNESP, 1988. 41p.
- CAMPOS, J. P., BELFORD, C. C., GALVÃO, J. D., FONTES, P. C. R. Efeito da poda da haste e da população de plantas sobre a produção do tomateiro. **Revista Ceres**, 1986.
- De KONING, A. N. M. Long-term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regime. **Scientia Horticultural**, 45, 117-127, 1990.
- De KONING, A. N. M. Development and dry matter distribution in greenhouse tomato: a quantitative approach. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, Netherland, 1994.
- DORAIS, M., PAPADOPOULOS, A. P., GOSSITIN, A. Greenhouse tomato fruit quality: the influence of environmental and cultural factors. **Horticultural Reviews**, 26, 239-319, 2001.
- EHRET, D. L.; HO, L. C. Effects of osmotic potential in nutriente solution on diurnal growth of tomato fruit. **Journal of Experimental Botany**. 37, 1294-1302, 1986.
- El AHMADI, A. B. Genetics and physiology of high temperature fruit-set in tomato. PhD Dissertation, University of California, Davis, 1977.
- EPSTEIN, E; BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral das plantas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.
- FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, mar. 2002.
- FAYAD, J. A. Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e estufa. Viçosa, MG: UFV, 1998. 81p. Tese (Mestrado em fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- FAYAD, J. A., MONDARDO, M., OLIVEIRA, S. O. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomate cultivado no Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. Florianópolis: EPAGRI, 2000. 14p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 2).
- FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): O cultivo do tomateiro**. Epagri, Boletim Didático 131, 87p., 2016.
- FONTES, P. C. R., NAZAR, R. A., CAMPOS, J. P. Produção e rentabilidade da cultura do tomateiro afetada pela fertilização e pelo sistema de condução. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.34, n.194, p.355-365, jun.-ago. 1987.
- FONTES, P. C. R., SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2002. 196p.
- HARVEY, M., QUILLEY, S., BEYNON, H. **Exploring the tomato**. Transformations of Nature, Society and Economy. Edgar Publishing, Cheltenham, U.K., 304p, 2002.
- HEUVELINK, E. **Tomatoes**. CABI Publishing, Londres:2005, 340 p.
- HEUVELINK, E. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. **Scientia Horticulturae** 38, 11-22p., 1989.
- HO, L. C. Tomato. In Zamski, E., Schaffer, A. A. (eds) **Photoassimilate Distribution in Plant and Crop: source-sink relationships**. Marcel Dekker Inc., New York, pp 709-728, 1996.
- LANGTON, F. A., COCKSHULL, K. E. Is stem extension determined by DIF or by absolute day and night temperature? **Scientia Horticulturae** 69, 229-237, 1997.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- MARSCHNER, P. **Marscher's mineral nutrition of higher plants**. 3 rd. ed. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2012, 651p.
- OLIVEIRA, V. R., OLIVEIRA JUNIOR, R. S., MELO, V. F., PELÚZIO, J. M., FONTES, P. C. R. Distribuição da produção de frutos nos cachos de cinco cultivares de tomateiro em dois sistemas de condução. **Revista Ceres**,
- PEARCE, B. D., GRANGE, R. I., HARDWICK, K. The growth of Young tomato fruit. Environmental influences on glasshouse crop grown in rockwood or nutriente film. **Journal of Horticultural Science**, 59, 1-13, 1993.
- STRECK, N. A., BURIOL, G. A., ANDRIOLO, J. L., SANDRI, M. A. Influencia da densidade de plantas e poda apical



drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, p. 1105-1112, jun. 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918 p.

ZAMBOLIM, L., VALE, F. X. R., COSTA, H. **Controle integrado das doenças de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 122p.

## CULTIVO DO CHUCHUZEIRO

Marcelo Zanella  
Rosilda Helena Feltrin  
Cassiele Lusa Mendes Blay

### 1. Introdução

O chuchu (*Sechium edule*) pertence à família das Cucurbitáceas e está entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil, que é o maior produtor mundial. Os estados de maior destaque na produção nacional são Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Pernambuco. Em Santa Catarina o chuchuzeiro é cultivado exclusivamente por agricultores familiares, sendo que a maior parte da produção concentra-se na região da Grande Florianópolis, com destaque para os municípios de Antônio Carlos e de Anitápolis, onde esta atividade envolve aproximadamente 120 famílias, em 170 ha cultivados e produtividade média de 30 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

No sistema de cultivo predominante na região ocorre o uso intensivo da enxada rotativa e de herbicidas para o controle das plantas espontâneas e a manutenção do chuchuzal “limpo”. Também é característico o uso de elevadas doses de cama de aviário, de fertilizantes minerais, foliares e de uma diversidade de agrotóxicos, como os acaricidas, fungicidas e inseticidas. Este modelo de produção tem ocasionado aumento do custo de produção e ambiental (WAICHMAN, 2012; RIBEIRO & ROCHA, 2017). Tradicionalmente, antes da adoção das técnicas modernas da “Revolução Verde”, os agricultores obtinham boa produtividade nos chuchuzais com pouca ou nenhuma utilização de agroquímicos.

Com base nessas constatações, um grupo de técnicos da Epagri e da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/CCA – em parceria com a Secretaria Municipal de Agricultura, Sindicato dos Trabalhadores Rurais e agricultores familiares do município de Antônio Carlos (SC), iniciaram, em 2008, um trabalho com o objetivo de desenvolver o Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) para a cultura do chuchu. Por extensão, em 2011 este trabalho se difundiu para o município de Anitápolis (SC).

### 2. O cultivo do chuchuzeiro em SPDH

Ao longo deste capítulo serão abordados resultados e conhecimentos acumulados por agricultores, extensionistas e pesquisadores nas Lavouras de Estudos (LE) conduzidas em SPDH no Estado de Santa Catarina, nos municípios de Antônio Carlos, Angelina, Rancho Queimado e Anitápolis. Trata-se de épocas e técnicas de plantio, condução em latada, desbrote, controle da entrada de radiação solar, polinização e agentes polinizadores, fertilização e desenvolvimento do fruto, manejo da fertilidade do solo, nutrição das plantas, adubação verde para cobertura do solo, manejo das plantas espontâneas em consórcio com o chuchuzeiro e estratégias para reduzir os estresses as plantas.

## 2.1. O chuchuzeiro

O chuchu é uma hortaliça originária da América Central e do México, pertencente à família das Cucurbitáceas (LIRA SAADE, 1995), assim como o pepino, as abóboras, o melão e a melancia. É uma planta monoica, que emite flores masculinas e femininas na mesma planta de forma isolada, nas axilas foliares (SOUZA & LORENZI, 2012). Esse fato associa o desenvolvimento do fruto à transferência do pólen da flor masculina para o estigma da flor feminina, totalmente dependente da polinização feita por insetos como as abelhas africanizadas, as vespas e as abelhas nativas.

A planta produz fruto carnoso contendo uma única semente com folhas cotiledonares desenvolvidas e protegidas pelo fruto (viviparidade) (Figura 1). É de fácil digestibilidade, rico em fibras e de baixo teor calórico. As partes consumidos são os frutos, os talos na forma de verdura cozida e as raízes que armazenam carboidrato (MODGIL *et al.* 2004). No Brasil, o fruto imaturo, carnoso e do tipo peponideo é a parte mais consumida. A hortaliça se destaca como



**Figura 1.** Fruto do chuchu com destaque para a semente.

fonte de aminoácidos, potássio e vitaminas A, C e do complexo B. Na medicina popular é usada para tratamento de problemas gástricos por ser rica em fibras, tem efeitos diuréticos e, quando cozida sem sal, é recomendada para diminuição da hipertensão arterial.

## 2.2. A polinização

As flores femininas do chuchuzeiro abrem ao amanhecer e, normalmente, permanecem assim por mais de dez horas. No entanto, o aparelho reprodutivo feminino está mais receptivo à fecundação aproximadamente entre 06:00 e 10:30 horas da manhã. Esse período de receptividade está relacionado a elementos climáticos como a temperatura e umidade relativa do ar. O ovário é destacado, antevendo-se o formato do futuro fruto (Figura 2). As flores masculinas ocorrem em maior número que as femininas.

Nos experimentos realizados pela Epagri e UFSC/CCA, no período de janeiro a maio de 2012, em chuchuzal cultivado sob SPDH, na



**Figura 2.** Duas flores femininas fecundadas no dia anterior (à esquerda e ao centro), e a outra flor (à direita), aberta no dia. Anitápolis/SC, 2012.

propriedade do casal de lavoureiros Edson e Solange Back, no município de Anitápolis (SC), verificou-se que 71,14% dos insetos que visitaram as flores são abelhas africanizadas, 20,36% são vespas e 8,5% são abelhas nativas. A maior intensidade das visitas ocorreu entre 07:00 e 11 horas da manhã, quando o tempo estava ensolarado e com temperatura acima de 18°C. Nas manhãs frias a maior intensidade das visitas se deu a partir das 09 horas e se prolongou até as 14 horas.

O trabalho dos insetos polinizadores (Figura 3) é prejudicado pelos ventos fortes, frio, chuvas intensas e duradouras, tempo nublado e pelas aplicações de agrotóxicos; fato que pode intensificar a queda de flores e frutinhos (Figuras 4 e 5). A presença desses insetos nos campos de produção deve ser estimulada, e sugere-se instalar no mínimo quatro colmeias populosas de *Apis mellifera* por hectare próximo à lavoura. Algumas abelhas nativas como as plebeias e mirins visitam as flores, porém, devido ao seu tamanho (pequeno) em relação à flor, não carregam pólen e apresentam pouca ou nenhuma eficiência na polinização do chuchu. Já as abelhas nativas com possibilidade de efetuar

a polinização, como a mandaçaia, manduri, guaraipo, tubuna e irapuã, tiveram pouca frequência de visitas às flores.



**Figura 3.** Flores masculinas com a presença de: a) abelha africanizada; b) vespa; c) abelha nativa mandaçaia. Anitápolis/SC, 2012.





**Figura 4.** Flor de chuchuzeiro não fecundada apresentando o ovário amarelo e sem brilho.



**Figura 5.** Floração e frutificação do chuchuzeiro. Da esquerda para a direita: flor feminina, ovário com óvulo fecundado e ovário com óvulo não fecundado.

Na mesma área foi realizado outro experimento, entre dezembro de 2011 e maio de 2012, período em que as plantas estavam em plena produção. Neste experimento foi verificado que mais de 80% das flores femininas e dos

pequenos frutos caíram durante a primeira semana, após a abertura das flores. A intensidade de queda de flores e frutos foi maior no início da florada, nos meses de janeiro e fevereiro, indicando que com as altas temperaturas de verão o índice de fertilização é menor. Mas mesmo assim, a produtividade da lavoura alcançou 70 Mg ha<sup>-1</sup> por hectare. Como a população era de 175 plantas por hectare, obteve-se entre 700 a 800 frutos por planta, propiciando 400 kg de frutos comercializados por planta, e indicando que esta queda de flores e frutos pequenos pode ser normal.

O número de flores femininas é favorecido por dias curtos e temperaturas amenas, enquanto os dias longos e as temperaturas altas favorecem a ocorrência de maior número de flores masculinas em relação às femininas.

### 2.3. As cultivares

Na região da Grande Florianópolis, os agricultores cultivam diversos grupos varietais de chuchu que são selecionados de forma massal há anos. A preservação do material genético e

a melhoria das características varietais têm sido realizadas pelos próprios agricultores familiares, que orientam a seleção pela preferência dos consumidores por determinado tipo de fruto, produtividade e sanidade da planta.

Os frutos podem ser agrupados em três tipos mais cultivados na região, caracterizados pela coloração: branca ou creme, verde-clara e verde-escura (Figura 6) (PBMH, 2008). Dentro destes grupos há variações no tamanho, formato, rugosidade e “espinhos” (acúleos) no fruto.



**Figura 6.** Características de frutos do chuchuzeiro: a) Frutos de cor verde-clara e lisos; b) Frutos de cor verde-clara e rugosos; c) Frutos de cor creme. Anitápolis/SC, 2012.

#### 2.4. O clima

A temperatura ideal para que o chuchuzeiro expresse o seu máximo potencial produtivo e tenha pleno desenvolvimento deve estar entre 18 e 27°C. Para a germinação, a temperatura deve estar acima de 11°C, sendo que entre 25 e 30°C, é mais rápida e uniforme. O chuchuzeiro não tolera geadas, apresentando paralisação do crescimento com temperaturas abaixo de 10°C. Porém, quando germina nessas condições desfavoráveis de temperatura, produz brotações com ramos e folhas deformados, semelhantes a sintomas de virose e/ou deficiência nutricional e, principalmente, ocorre queda e deformação dos frutos. Temperaturas acima de 28°C favorecem a brotação excessiva e reduzem a viabilidade do pólen, causando a queda de flores e pequenos frutos.

O chuchuzeiro é exigente em luminosidade, necessitando mais que 12 horas de luz por dia para manter ótimo desenvolvimento. Ventos fortes e frios danificam as folhas e ramos,

O fruto verde-clara, pouco rugoso, sem “espinhos,” com o formato de pera e alongado é o preferido pelos consumidores. Atualmente, vem aumentando a demanda por chuchu pequeno tipo conserva, variedade comum na região e ainda pouco cultivado para comercialização.

facilitando a entrada de “doenças” na planta, motivo pelo qual ressalta-se a importância da existência ou da instalação de quebra-ventos. É incomum ocorrer perda total do chuchuzal ocasionado por ventos fortes e frios na região litorânea, mas em agosto de 2011 este fato ocorreu no município de Antônio Carlos (SC), evento que diminuiu a produtividade das lavouras, que voltaram a se restabelecer somente na safra 2012. Alguns técnicos de Ater e agricultores de Antônio Carlos (SC) observaram a ocorrência de frutos com “espinhos” nas bordaduras das lavouras após a ocorrência de ventos frios, mas esses frutos podem voltar ao formato normal até a fase de maturação, quando as temperaturas se equilibram entre 18 e 27°C.

#### 2.5. O desenvolvimento

A planta evoluiu na natureza com a semente germinando em local sombreado, no meio da mata e junto à serrapilheira, e a vegetação crescendo sobre as árvores em busca de muita luz solar. O sistema radicular se desenvolve

em condições de alta matéria orgânica, que nas regiões tropicais e subtropicais indica boa atividade biológica e, conseqüentemente, solos estruturados, propiciando sistema radicular com maior extensão e profundidade.

### 2.5.1. Vegetativo e reprodutivo (frutificação)

O chuchuzeiro tem a capacidade de armazenar reserva energética nas raízes, sendo que antigamente era a parte mais consumida pelos povos em seu centro de origem. Esta característica indica que a planta desenvolveu como estratégia de sobrevivência e perpetuação da espécie, seja frente aos estresses bióticos e ou abióticos.

a) Regiões frias e com altitudes entre 400 e 600 m

Com base nos conhecimentos gerados, obtiveram-se indicações para antecipar o plantio do chuchu, que é realizado tradicionalmente entre agosto e setembro, para os meses de fevereiro e março. Essa estratégia tem o objetivo de promover o acúmulo antecipado de reservas e reduzir os estresses nas plantas. Por outro lado, independentemente das épocas de plantio, a colheita inicia em novembro e vai até maio, sendo que com a chegada do inverno, com a incidência de ventos frios ou geadas, ocorre a diminuição até a paralização da produção.

Quando o plantio é realizado nos meses de agosto e setembro, as plantas não têm tempo suficiente para armazenar reservas nas raízes e, por consequência, a produção, além de apresentar tendência em atrasar, ela se concentra na segunda metade do ciclo de colheita,

época de preços tradicionalmente mais baixos. Já o plantio precoce de verão, até final de fevereiro, possibilita maior tempo para o enraizamento e o acúmulo de reservas nas raízes, propiciando uma brotação vigorosa na primavera, após a planta passar o inverno em “dormência” (Figura 7). Neste caso, a produção de frutos aumenta na primeira metade do ciclo. Em geral, recomenda-se realizar a renovação das plantas das lavouras a cada dois anos, alternando as filas de plantio sob a parreira em produção.

b) Regiões mais quentes, litorâneas ou com altitudes até 300 m

Nesses ambientes, tem-se o indicativo de mudar a época tradicional de plantio do fruto-semente, que é realizada entre fevereiro e março, para os meses de agosto e setembro. Isto possibilita que os brotos se desenvolvam no aramado da latada até meados de dezembro, quando a alta temperatura do verão paralisa o crescimento da planta, que volta a rebrotar no mês de março (Figura 8). Nessas regiões mais quentes os produtores estão fazendo a renovação anual das plantas. A produção de frutos inicia em maio e perdura até meados de dezembro. Verifica-se que pequenas diferenças



**Figura 7.** Plantas de primeira safra rebrotadas após o período de inverno. Família Back. Anitápolis/SC, 2016.





**Figura 8.** Plantas de chuchuzeiro, de primeira safra, rebrotadas após o período de verão. Família Schmitt. Antonio Carlos/SC, 2010.

microclimáticas nessas regiões, principalmente de temperatura, interferem significativamente no período de produção.

Próximo ao nível do mar, onde as temperaturas de outono e inverno são um pouco mais altas, acontece somente um pico de produção, entre os meses de julho a setembro. Já nos locais com altitudes intermediárias, entre 150 a 300 m, ocorrem normalmente dois picos de produção, sendo o primeiro e maior, entre maio e junho, e o segundo e menor, entre setembro e outubro. Com o plantio anual, nesses microclimas, o comportamento da planta de um ano difere em relação à planta de dois anos. A produção do primeiro pico diminui e a do segundo pico aumenta. Entretanto, a produção total tende a ser semelhante.

Como o chuchuzeiro se desenvolve por um longo

período, os ramos e as folhas novas convivem com os ramos e as folhas secas, questão essa que merece maiores estudos quanto ao seu manejo. Porém, no início da entressafra devem ser retiradas as folhas e ramos secos do aramado da latada.

Dependendo da época do ano e da temperatura, podem-se colher frutos de 14 a 25 dias após a fecundação (Figuras 9 e 10) com peso entre 400 a 500 gramas.

Alguns dos chuchuzais acompanhados pelo grupo de técnicos e lavoureiros do SPDH chegaram a produzir entre 600 e 700

frutos por planta, totalizando, aproximadamente, 300 kg por planta durante a safra anual.

Colheitas semanais possibilitam a retirada de frutos no ponto ideal, favorecendo a florada contínua e permanente. Isso evita que frutos amadureçam na planta, comprometendo



**Figura 9.** Desenvolvimento do fruto a partir da fecundação até o oitavo dia.





**Figura 10.** Desenvolvimento do fruto a partir da flor, cinco, dez e vinte dias após a fecundação.

a floração e a produtividade. A emissão de flores também está associada ao crescimento e a emissão de novos ramos.

### 2.5.2. O sistema radicular

O sistema radicular do chuchuzeiro apresenta raízes principais em formato de teias, desde a superfície até regiões mais profundas do solo e nelas acumulam reservas nutricionais para o rebrote após eventos de estresse. Em casos raros, podem formar grandes reservas na forma de raízes tuberosas (Figura 11).

O sistema radicular está concentrado nos primeiros 10 cm de profundidade, mas em solos onde as condições são favoráveis, e com manejo preconizado pelo SPDH, o potencial de crescimento radicular pode chegar a mais de 100 cm de profundidade (Figura 12).

Em um perfil cultural (trincheira) aberto na propriedade da Família Schmitt, no município de Antônio Carlos (SC), em lavoura conduzida há mais de 4 anos sob SPDH com cobertura verde do solo, encontraram-se as raízes distribuídas em profundidade superior a um metro, apesar das diferenças dos valores do  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , alumínio

( $\text{Cmol}_\text{C}/\text{dm}^3$ ) e saturação de bases (%), em função da profundidade amostrada (Tabela 1).

Esta distribuição radicular confirma citações de que o chuchu desenvolve raízes em pH baixo e na presença de alumínio, o que justificaria estudos para aprofundamento deste conhecimento. Também foi observado que o alcance horizontal das raízes nessas áreas pode ir além de três metros.

A partir das observações do desenvolvimento do sistema radicular é possível fazer inferência sobre a capacidade da planta em produzir mais de 600 frutos

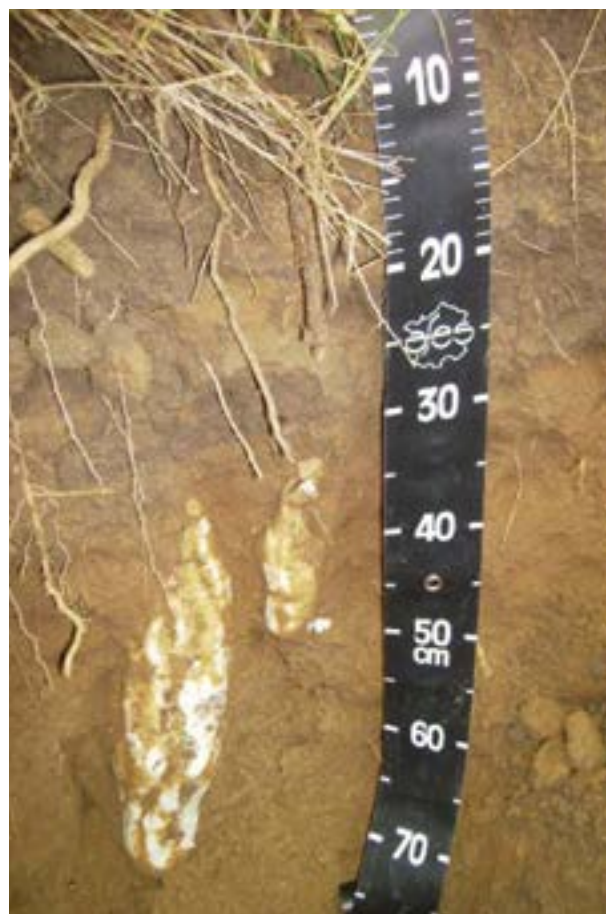


**Figura 11.** Reserva acumulada nas raízes do chuchuzeiro. Antônio Carlos/SC, 2012.



**Figura 12.** Perfis de solo em áreas cultivadas com chuchu sob SPDH: a) chuchuzal de quatro anos da família Schmitt, Antônio Carlos/SC; b) chuchuzal de primeiro ano da Família Back. Anitápolis/SC, 2011.

**Tabela 1.** Valores de pH em água, alumínio e saturação por bases nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm em lavoura sob SPDH de chuchu. Antônio Carlos/SC (Epagri, 2012).

| Profundidade (cm) | pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> | Alumínio (Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Saturação de bases (%) |
|-------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| 0-10              | 5,9                          | 0,0                                            | 71                     |
| 10-20             | 5,3                          | 0,6                                            | 50                     |
| 20-40             | 4,5                          | 1,0                                            | 52                     |
| 40-60             | 4,9                          | 0,5                                            | 56                     |

em um ciclo anual. O desenvolvimento do sistema radicular é um dos pontos que merece maior atenção, pois interfere diretamente na produtividade e na saúde da planta. Há casos de solos pouco profundos, porém, bem estruturados e sem a presença de camada compactada, que têm proporcionado condições para que as raízes ocupem de forma abundante o perfil, alocando quantidades de água e nutrientes suficientes para alimentar todos os frutos contidos no corpo da planta.

## 2.6. O plantio

A escolha do local de plantio está diretamente ligada às condições microclimáticas, onde

a temperatura, a umidade e a luminosidade são fatores que interferem de modo significativo no período de produção das plantas, no surgimento de “pragas e doenças”, na proporção entre flores femininas e masculinas, na polinização e no desenvolvimento do fruto.

É recomendável a escolha de local com solos bem drenados, que não tenham sido cultivados com cucurbitáceas pelo menos há dois anos e que receba os primeiros raios solares da manhã. Estes cuidados, associados à prática de cultivo de adubos verdes, rotação de culturas, preparo do berçário, qualidade do fruto-semente e de espaçamento adequado, objetivam oferecer condições para a promoção do conforto das plantas.



### 2.6.1. Escolha e preparo do fruto-semente

O fruto-semente deve ser selecionado de planta sadia, de boa produtividade e com o tipo de fruto do grupo da preferência daqueles consumidores de onde a produção será comercializada. No geral, a tendência do consumidor é pelo fruto mais liso, alongado e de coloração verde-clara.

Os frutos-semente deverão ser provenientes de várias plantas-mãe, para garantir a variabilidade genética, o aumento da resistência das plantas aos organismos prejudiciais, além de prolongar o tempo de floração e o período de frutificação. O fruto deve ser colhido maduro e com idade aproximada de 28 dias, contados a partir da fecundação da flor, com peso superior a 500 gramas e armazenado em local seco e ventilado. Após alguns dias do plantio, dependendo da temperatura, inicia-se o intumescimento da semente e a sua germinação. Neste processo, primeiro há emissão das raízes e, posteriormente, do broto. A melhor fase para levar os frutos-semente ao campo é durante o intumescimento da semente, para que as primeiras raízes ao surgirem entrem em contato com o solo e se desenvolvam normalmente. Deve-se evitar a prática de deixar o fruto emitir o broto vegetativo, que consome energia armazenada e estimula a morte de raízes por oxidação (Figuras 13, 14 e 15).

Cabe ressaltar a necessidade do aprofundamento de estudos com plantio de frutos com diferentes idades e com variações no desenvolvimento dos brotos e das raízes, bem como determinar a necessidade da poda dos ramos para melhorar a sanidade e a produtividade da planta.

### 2.6.2. Preparo do berçário

O berço é o local que vai receber o fruto-semente cujo preparo deve ser realizado com objetivo de evitar condições que possam causar estresses (de ordem nutricional, por compactação do solo, por umidade e/ou temperatura) às plantas na fase inicial de desenvolvimento. As



**Figura 13.** Plantio do fruto-semente de chuchu em SPDH (a); fruto-semente após emissão de raízes e broto (b); fruto-semente com brotação desenvolvida (c). Anitápolis/SC, 2012.



**Figura 14.** Evolução na escolha do ponto fisiológico ideal do fruto-semente de chuchu no processo germinativo, com destaque para o primeiro fruto (da esquerda para a direita) indicado para ser levado ao campo.



**Figura 15.** Emissão das raízes e do broto após plantio do fruto-semente de chuchu intumescido. Anitápolis/SC, 2012.

dimensões recomendadas são de 40 x 40 x 20 cm e que sejam incorporados 4 kg de cama de aviário ou 10 kg de esterco de bovino, ambos bem curtidos, mais a quantidade de  $P_2O_5$  recomendada na

(Tabela 2). Metade da quantidade de fósforo deve ser, preferencialmente, de forma mais solúvel (superfósforo, por exemplo) e a outra metade, menos solúvel (termofósforo, por exemplo). Pode-se, ainda, quando as condições de acidez do solo ( $pH_{H_2O}$ ) forem favoráveis, utilizar fosfato natural. A adubação no berçário serve para prevenir a ocorrência de distúrbios fisiológicos e deixar as plantas mais resistentes, além de favorecer o desenvolvimento e a frutificação.

Quando da estabilização do SPDH é possível que não haja mais necessidade de se preparar o berçário para o plantio, pois o solo já poderá estar com estrutura favorável ao desenvolvimento inicial das plantas. A maioria dos agricultores da região de Antônio Carlos (SC) e Anitápolis (SC), realiza o plantio do fruto-semente “deitado” na superfície do berço ou inclinado com a parte da semente entumescida em contato com o solo (Figura 13a). Quando em condições climáticas favoráveis, esta forma de plantio proporciona bons resultados de germinação e enraizamento. Em épocas de seca ou em solos bem drenados, o fruto-semente deve ser enterrado horizontalmente até o nível da semente, ou seja, aproximadamente 40 a 50% do fruto. Já em condições de maior umidade ou em solos mais pesados, esta prática não é indicada por favorecer o apodrecimento do fruto.

A colocação superficial de palha no berço após o plantio favorece as condições de umidade e de temperatura, assim como o “abafamento” (inibição do crescimento) de plantas espontâneas.



**Tabela 2.** Quantidade de fósforo (g de  $P_2O_5$ /berçário) para adubação de plantio do chuchu relacionada com o conteúdo de fósforo no solo e o espaçamento de plantio.

| Conteúdo de Fósforo no solo | Quantidade de $P_2O_5$ (g) no berçário |         |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------|
|                             | Espaçamento médio de plantio           |         |
|                             | 4 x 5 m                                | 6 x 7 m |
| Baixo                       | 50                                     | 100     |
| Médio                       | 40                                     | 80      |
| Alto                        | 30                                     | 60      |

### 2.6.3. Critério de escolha de espaçamento de plantio

Os agricultores utilizam uma diversidade de espaçamentos entre plantas e entre linhas de plantio, que variam em função da fertilidade do solo e, principalmente, das condições climáticas. Nas regiões mais frias (acima de 400 m de altitude) as plantas apresentam maior vigor e os espaçamentos variam entre 6 m x 6 m e 6 m x 9 m (Figura 16). Já, nas regiões mais quentes (até 400 m de altitude), os espaçamentos variam entre 4 m x 4 m e 6 m x 6 m.

O procedimento recomendado é deixar uma quantidade de plantas ou de ramos suficiente para cobrir a latada e ainda possibilitar

a entrada de raios solares no interior do chuchuzal, favorecendo um ambiente mais arejado e temperatura amena no seu interior. O ambiente de alta temperatura e umidade proporcionado pela latada totalmente fechada pelas plantas de chuchu favorece as condições para o aumento de pragas e doenças e dificulta o trabalho de polinização. Na fase vegetativa são formadas várias brotações a partir da base da planta, que devem ser retiradas, mantendo um a quatro ramos principais (Figura 17). Quando a lavoura estiver muito fechada (Figura 18), recomenda-se fazer o raleio de plantas, suprimindo aquelas com vigor excessivo, enfraquecidas, doentes e as que apresentam baixa produtividade. Outra possibilidade é o raleio dos ramos principais, deixando uma quantidade

de que favorece a entrada dos raios solares. Também é recomendada a utilização dos dois métodos na mesma plantação, ou seja, eliminação de planta com raleio dos ramos principais. Ao realizar o raleio, é necessário levar em consideração algumas características locais como o clima, a disponibilidade de água, a fertilidade e o pH do solo, podendo a população final de plantas variar entre 125 a 250 por hectare. Esta prática aumenta a produtividade do cultivo por melhorar o



**Figura 16.** Lavoura com espaçamento entre plantas 6 x 6 m. Anitápolis/SC, 2017.

Índice de Área Foliar (IAF), diminuindo o autossombreamento (Figura 19) e aumentando a eficiência do trabalho de polinização.



**Figura 17.** Condução em latada com haste única. Angelina/SC, 2018.



**Figura 18.** Parreiral com latada fechada, não permitindo a entrada de raios solares. Antônio Carlos/SC, 2012.

### 3. Nutrição e adubação manejada com base na taxa diária de absorção (TDA) e ajustada pelos sinais da planta, estoque de nutrientes do solo e condições climáticas

Os nutrientes necessários para o rebrote e o início do crescimento da planta estão contidos no berçário, que foi preparado com as quantidades recomendadas de fósforo e de adubo orgânico. A adubação de cobertura (Tabelas 3 e 4) deve ser adiada, por prazo necessário, quando for observado o vigor excessivo da nova brotação. Ou seja, enquanto as plantas apresentarem folhas grandes, brilhosas e cor verde intensa, com ramos vigorosos e de coloração verde-escura, não se deve adubar. Nas condições de cultivo em SPDH consolidado, as primeiras adubações de cobertura irão coincidir com a primeira colheita. Acrescentar adubo nesta situação promoverá desequilíbrios na planta, gerando vigor excessivo e aumento da ocorrência de “pragas e doenças”. O excesso de nitrogênio durante a fase de crescimento vegetativo aumenta a proporção de tecido jovem em relação à de tecido maduro (os tecidos jovens são mais susceptíveis ao ataque de organismos prejudiciais). Isso também aumenta a quantidade





**Figura 19.** Parreiral com manejo da população de plantas que permite a entrada de raios solares no chuchuzal. Anitápolis/SC, 2017.

de substâncias que ficam no exterior das células e na superfície das folhas, que servem de alimento para estes organismos, diminui a atividade de enzimas envolvidas na produção de compostos fenólicos e diminui a deposição de lignina e de silício nos tecidos das folhas (funcionam como barreira física). Nesta adubação inicial de cobertura é recomendado aplicar principalmente nitrogênio e potássio, via água de irrigação por microaspersão (Figura 20). Na falta do sistema de irrigação, a adubação pode ser feita a lanço, preferencialmente associada à chuva.

As Tabelas 3 e 4 foram elaboradas para suprir as necessidades nutricionais para o crescimento vegetativo da planta de chuchu, e as quantidades de nutrientes para reposição das quantidades exportadas pelos frutos que são colhidos semanalmente pelos lavoureiros

do SPDH (média da colheita semanal no período de 13 anos). Acrescentou-se, ainda, a perda relativa à eficiência dos adubos aplicados.

Os dados constantes na Tabela 3 vêm sendo usados e ajustados pelos lavoureiros e técnicos do município de Antônio Carlos (SC), desde 2009, enquanto em Anitápolis (SC), a Tabela 4 foi construída a partir da Tabela 3, e ajustada com dados recolhidos da produção desde o ano 2009. A sua primeira aplicação ocorreu na safra 2011/2012.

O parcelamento e a quantidade do adubo de cobertura podem variar

conforme os sinais visualizados na planta, relacionando-os às condições climáticas (Quadro 1). Em função de princípios de ecofisiologia vegetal, deve-se nutrir a planta utilizando a taxa de absorção de nutrientes e adaptá-la à atual taxa de crescimento absoluto ( $G = g \text{ dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ ),



**Figura 20.** Distribuição da adubação de cobertura de forma parcelada via água de irrigação por microaspersão. Anitápolis/SC, 2017.

**Tabela 3.** Recomendação de adubação de N e K, na forma de nitrato de amônia e cloreto de potássio respectivamente, para a cultura do chuchu cultivado nas regiões litorâneas, estimando-se a produtividade em 55 Mg ha<sup>-1</sup>.

| Época de aplicação<br>(mês) | Adubação de cobertura com N e K            |                     |
|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------|
|                             | Quantidade de adubo (kg ha <sup>-1</sup> ) |                     |
|                             | Nitrato de amônio                          | Cloreto de potássio |
| Janeiro                     | 0                                          | 0                   |
| Fevereiro                   | 0                                          | 0                   |
| Março                       | 21                                         | 11                  |
| Abril                       | 56                                         | 30                  |
| Maio                        | 91                                         | 48                  |
| Junho                       | 77                                         | 41                  |
| Julho                       | 70                                         | 37                  |
| Agosto                      | 56                                         | 30                  |
| Setembro                    | 77                                         | 41                  |
| Outubro                     | 126                                        | 67                  |
| Novembro                    | 112                                        | 59                  |
| Dezembro                    | 14                                         | 7                   |

ou seja, é fundamental observar as condições diárias da produção fotossintética que, por sua vez, pode ser determinada por sua relação com a transpiração. (LARCHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2009)

Nas Tabelas 3 e 4 estão indicadas a época e a quantidade de nitrato de amônio e de cloreto de potássio recomendadas, respectivamente, para a região quente e litorânea, e para as regiões um pouco mais frias e de altitude entre 400 a 600 metros. Estes dois adubos minerais estão sendo recomendados principalmente por apresentarem o menor custo econômico por unidade de N e K. Porém, por necessidade técnica em alterar a salinidade, o pH do solo ou da rizosfera, evitar excesso de cloro (Cl) ou alocar outros nutrientes como enxofre (S) e cálcio (Ca). Podem ser utilizados outros adubos como o nitrato de cálcio, nitrato de potássio e sulfato de potássio.

Para o ajuste da quantidade e época de aplicação dos adubos contido nestas tabelas, como citado anteriormente, são levados em consideração os sinais da planta relacionados com o clima. Os indicadores (sinais) mais consagrados entre os técnicos e os lavoureiros do SPDH de Anitápolis (SC) e de Antônio Carlos (SC), são: a intensidade da cor verde e o tamanho da folha nova, o vigor e a coloração dos ramos novos, a diferença da cor

verde mais escura das folhas maduras com o verde-claro das folhas novas, a intensidade da floração e a quantidade de frutos que ficaram na planta após a colheita anterior (Figuras 21 e 22). Estes sinais devem ser associados às condições do clima como a temperatura, a radiação solar, os ventos e a umidade relativa do ar.

Para exemplificar a interpretação das informações descritas acima e do Quadro 1, no caso de tempo ensolarado com vento fraco e temperaturas amenas (entre 20 e 25°C) em chuchuzal com grande quantidade de frutos remanentes após a colheita semanal, que apresenta gradiente da cor verde entre folhas maduras e novas no ramo, deve-se aumentar a adubação em até 30% em relação àquela recomendada nas Tabelas 3 e 4 para a semana em questão. Pode-se adiar o aumento desta adubação se a planta não estiver apresentando gradiente na cor verde intensa entre as folhas maduras e as novas, significando que a planta recebeu excesso de adubação no período anterior. Também, pode ter ocorrido período de pouco crescimento vegetativo ocasionado por baixas temperaturas, tempo nublado ou deficiência hídrica, somados à adubação química.

Em outra situação, onde a temperatura está abaixo do ideal para o bom crescimento vegetativo e para a polinização (<16°C), quando o tempo está



**Tabela 4.** Adubação de cobertura com N e K, na forma de nitrato de amônia e cloreto de potássio, para o chuchu cultivado em regiões com altitudes entre 400 a 600 metros, estimando-se a produtividade em 65 Mg ha<sup>-1</sup>.

| Época de aplicação |        | Adubação de cobertura (kg ha <sup>-1</sup> ) |                     |
|--------------------|--------|----------------------------------------------|---------------------|
| Mês                | Semana | Nitrato de amônia                            | Cloreto de potássio |
| Setembro           | 1      | 10                                           | 8                   |
|                    | 2      |                                              |                     |
|                    | 3      | 15                                           | 12                  |
|                    | 4      |                                              |                     |
| Outubro            | 1      | 20                                           | 18                  |
|                    | 2      |                                              |                     |
|                    | 3      | 30                                           | 20                  |
|                    | 4      |                                              |                     |
| Novembro           | 1      | 14                                           | 10                  |
|                    | 2      | 16                                           | 12                  |
|                    | 3      | 17                                           | 12                  |
|                    | 4      | 18                                           | 13                  |
| Dezembro           | 1      | 20                                           | 14                  |
|                    | 2      | 21                                           | 15                  |
|                    | 3      | 23                                           | 16                  |
|                    | 4      | 25                                           | 17                  |
| Janeiro            | 1      | 27                                           | 18                  |
|                    | 2      | 29                                           | 18                  |
|                    | 3      | 30                                           | 18                  |
|                    | 4      | 30                                           | 18                  |
| Fevereiro          | 1      | 31                                           | 18                  |
|                    | 2      | 31                                           | 18                  |
|                    | 3      | 32                                           | 18                  |
|                    | 4      | 33                                           | 18                  |
| Março              | 1      | 35                                           | 19                  |
|                    | 2      | 34                                           | 19                  |
|                    | 3      | 30                                           | 17                  |
|                    | 4      | 28                                           | 17                  |
| Abril              | 1      | 23                                           | 14                  |
|                    | 2      | 23                                           | 14                  |
|                    | 3      | 15                                           | 10                  |
|                    | 4      | 15                                           | 10                  |
| Maio               | 1      | 11                                           | 7                   |
|                    | 2      | 11                                           | 7                   |
|                    | 3      |                                              |                     |
|                    | 4      |                                              |                     |

nublado, com ventos fortes e com poucos frutos remanescentes, após a colheita semanal, indica-se a diminuição da quantidade de adubo recomendado nas Tabelas 3 e 4. Se, por outro lado, o vigor vegetativo e a cor verde da folha nova for intensos, pode-se até zerar a adubação semanal. Estes sinais compõem um quadro esperado em



**Figura 21.** Plantas de chuchu apresentando diferença de coloração verde entre folhas maduras e novas. Anitápolis/SC, 2012.



**Figura 22.** Folhas novas, grandes e de coloração verde intenso indicando excesso de adubação. Antônio Carlos/SC, 2011.

uma situação de baixo crescimento vegetativo ocasionado por períodos com baixa temperatura, tempo nublado e ventos frios. No caso de interpretação errônea dos sinais da planta e da sua relação com o clima, pode haver diminuição da produtividade por falta de adubação, como também facilitar a entrada de “doenças e insetos pra-

gas” por seu excesso. Caso se incorra na repetição do erro em função de adubação deficitária, é provável que ocorra intensa retranslocação de nutrientes das folhas e ramos mais velhos para as folhas e ramos mais novos (drenos mais fortes). Por outro lado, o excesso de adubação vai ocasionar um crescimento vegetativo exagerado em detrimento da frutificação, havendo, em ambas as situações, um quadro de facilidades para a entrada de “doenças ou pragas” e, como consequência, o aumento no uso de fungicidas, acaricidas e inseticidas.

Nas lavouras de estudo das famílias Schimtz e Pitz, em Antônio Carlos (SC), foi aplicado menos de 50% do adubo nitrogenado recomendado na Tabela 3, pelo fato dos adubos verdes estarem alocando nitrogênio ao sistema. Esta redução foi feita com base na observação dos sinais da planta associando-os aos climáticos. Pode-se estimar a quantidade de nitrogênio fornecida pelos adubos verdes conhecendo-se o teor médio de nitrogênio das espécies utilizadas e avaliando-se a matéria seca disponibilizada para o sistema.

**Quadro 1.** Ajuste da quantidade de adubação de cobertura, principalmente N e K, contida nas Tabelas 3 e 4, com base na associação entre os sinais da planta e as condições climáticas (Fayad, Comin & Bertol, 2013).

1.0 - Período com temperatura amena (20 a 25°C), tempo ensolarado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: AUMENTAR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA A SEMANA;

1.1 - Repetindo as condições anteriores (1.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: MANTER A ADUBAÇÃO CONTIDA NA TABELA PARA A SEMANA OU DIMINUIR SE...

1.2 - Repetindo as condições anteriores (1.1), porém com pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: DIMINUIR APROXIMADAMENTE 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL OU DEIXAR DE APLICAR.

2.0 - Período com temperatura amena (20 a 25°C), tempo nublado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: MANTER A ADUBAÇÃO SEMANAL CONTIDA NA TABELA;

2.1 - Repetindo as condições anteriores (2.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: DIMINUIR APROXIMADAMENTE 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL;

2.2 - Repetindo as condições anteriores (2.1), porém com pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: PODE-SE DIMINUIR EM MAIS DE 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL OU DEIXAR DE APLICAR.

3.0 - Período com temperatura baixa (16 a 19°C), tempo ensolarado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: MANTER A ADUBAÇÃO SEMANAL CONTIDA NA TABELA OU DIMINUIR EM ATÉ 50%;

3.1 - Repetindo as condições anteriores (3.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: DIMINUIR EM 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL;

3.2 - Repetindo as condições anteriores (3.1), porém com pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: PODE-SE DEIXAR DE APLICAR A ADUBAÇÃO SEMANAL.

4.0 - Período com temperatura baixa (16 a 19°C), tempo nublado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: MANTER A ADUBAÇÃO SEMANAL CONTIDA NA TABELA OU DIMINUIR EM ATÉ 50%;

4.1 - Repetindo as condições anteriores (4.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: PODE-SE DEIXAR DE APLICAR A ADUBAÇÃO SEMANAL;

4.2 - Repetindo as condições anteriores (4.1), porém com pouca ou nenhuma diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: DEIXAR DE APLICAR O ADUBO CONTIDO NA TABELA.

5.0 - Período com temperatura muito baixa (<15°C), tempo ensolarado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: PODE-SE DIMINUIR EM MAIS DE 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL CONTIDA NA TABELA;

5.1 - Repetindo as condições anteriores (5.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: DEIXAR DE APLICAR;

6.0 - Período com temperatura muito baixa (<15°C), tempo nublado, grande quantidade de frutos remanescentes da última colheita, diferença de cor verde entre as folhas maduras e as novas: DIMINUIR EM 50% A ADUBAÇÃO SEMANAL PODENDO DEIXAR DE APLICAR;

6.1 - Repetindo as condições anteriores (6.0), porém com poucos frutos remanescentes da última colheita: DEIXAR DE APLICAR O ADUBO CONTIDO NA TABELA.

Na lavoura de estudos da família Back no município de Anitápolis (SC), foi possível diminuir em mais de 50% a quantidade de adubo contido na Tabela 4 pelo fato de se realizar o manejo da adubação conforme os sinais da planta e as condições do clima, alcançando-se a produtividade de até 90 Mg ha<sup>-1</sup> de frutos por hectare.

Com a evolução do sistema de produção pelo uso de coquetéis de adubos verdes com leguminosas, compostagem, esterco e fosfato natural será possível diminuir ou até eliminar o uso dos adubos químicos contidos nas tabelas de recomendação.

No Quadro 1 está apresentada uma breve esquematização dos sinais da planta de chuchu relacionados às condições climáticas para o ajuste das Tabelas 3 e 4. A finalidade deste trabalho é subsidiar aos iniciantes nesta atividade essencialmente qualitativa, a qual exige aperfeiçoamento e adequação constante das leituras dos sinais apresentados pela planta e relacioná-las com o clima. Para os técnicos com experiência com a cultura do chuchu e os agricultores familiares lavoureiros do SPDH, esta evolução em associar estas condicionantes qualitativas vem da repetição de situações e da diversificação de respostas da planta frente às interferências humanas e às variações climáticas.

#### 4. Manejo para reduzir condições de estresse

O objetivo do SPDH de chuchu é criar as condições para a manutenção da saúde das plantas e para que as relações entre os componentes do agroecossistema se realizem em um equilíbrio dinâmico, diminuindo a quantidade e intensidade dos eventos estressantes. Esses eventos estão relacionados às condições climáticas adversas de temperatura, de umidade, de vento e às condições desfavoráveis da nutrição das plantas e da salinidade; fatores estes que podem vir a se manifestar em sintomas caracterizados comumente como “doença” ou “praga” e reflexos negativos na produtividade.

No caso da antracnose e da mancha zonada, pode-se como prevenção pulverizar as plantas alternadamente com produtos à base de fosfito e com a calda bordalesa a 0,3%. Se necessário, pode-se associar a estas aplicações adubos foliares fermentados. A família Schmitt, de Antônio Carlos (SC), vem fazendo aplicações foliares de biofertilizantes super magro com bons resultados, com a devida cautela para evitar excessos. Recomenda-se produzir os fermentados ou biofertilizantes com os nutrientes exigidos pela planta segundo sua taxa diária de absorção de nutrientes.

As populações de ácaros fitófagos e tripses, normalmente convivendo em equilíbrio com o chuchuzal, porém, podem vir a causar severos danos às plantas e aos frutos quando o manejo do sistema for inadequado. O aumento indesejável dessas populações é beneficiado por condições de baixa precipitação pluviométrica, baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e adubação com excesso de nitrogênio. A família Pitz, de Antônio Carlos (SC), relata que o ambiente propiciado pelo SPDH se traduziu na diminuição em mais de 50% de ataques de ácaros e tripses no chuchuzal. Na plantação da família Back, em Anitápolis (SC), o manejo cultural do sistema, com o uso de ácaros predadores diminuiu em mais de 95% o ataque. No ano de 2012, as famílias Schmitt e Pitz, Antônio Carlos (SC), em conjunto com técnicos da Epagri, iniciaram a adaptação de tecnologias já conhecidas para o manejo de ácaros fitófagos e tripses, utilizando ácaro predador. Na propriedade dos Schmitt, foi instalado seu laboratório para estudos e multiplicação destes ácaros, que vem sendo distribuídos aos demais lavoureiros. Mais tarde, em 2013, a família Back iniciou seu criatório de ácaros predadores com a finalidade de suprir a necessidade de seus três hectares de lavoura de estudos e ainda fornecer para outros vizinhos e interessados. Após cinco anos de liberação destes ácaros em suas lavouras conduzidas no SPDH, chegou-se à condição de equilíbrio entre as populações de ácaros.



## 5. Comercialização e classificação

A classificação dos frutos é realizada durante a colheita, em lotes visualmente homogêneos, obedecendo a padrões pré-estabelecidos pelos consumidores da região, e acondicionada em caixas contendo 22 kg de frutos (Figuras 23 e 24).

Em 2014, alguns produtores, preocupados com a redução das perdas pós-colheita bem como na diminuição da penosidade do trabalho de colheita e transporte nas lavouras, sugeriu o uso de caixas com 12 kg (Figura 25). Infelizmente o mercado não levou em consideração a proposta, mantendo a comercialização em caixas de 22 kg. O Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, sobre as Normas de Classificação de chuchu (PBMH, 2008) propõe uma organização para o setor. A classificação por grupo é utilizada para caracterizar os grupos varietais. Os lotes de chuchu são caracterizados por seu grupo varietal, classe (tamanho) e categoria (qualidade). Também está em discussão com os agricultores o uso de embalagens contendo dois ou tres frutos (Figura 26), objetivando atender a demanda de supermercados da região.



**Figura 23.** Colheita dos frutos e acondicionamento em caixas plásticas, família Back. Anitápolis/SC, 2012.



**Figura 24.** Frutos de chuchu acondicionados para comercialização no Ceasa de São José/SC e para “sacolões” (varejistas), 2013.

A produção de chuchu é comercializada principalmente no Ceasa de São José/SC, nos “sacolões” (varejistas) e diretamente nas redes de supermercados da região da Grande Florianópolis.



**Figura 25.** Frutos de chuchu acondicionados em caixas de 12 kg para comercialização no Ceasa de São José/SC e para “sacolões” (varejistas), 2014.



**Figura 26.** Frutos de chuchu embalados para comercialização em supermercados da região da Grande Florianópolis, 2012.

## Bibliografia

- CASSERES, E. **Produccion de Hortalizas**. São José: IICA, 1984. 387p.
- EPSTEIN, E & BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral das plantas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.
- FAYAD, J. A.; COMIN, J.; BERTOL, I. **Sistema de plantio direto de hortaliças** (SPDH): o cultivo do chuchu. Florianópolis: Epagri, 2013. 59 p. (Epagri. Boletim Didático, 94).
- INFORME AGROPECUÁRIO. **Pragas das cucurbitáceas e seu controle** Belo Horizonte, Epamig, 8 (85) Jan. 1982. p 54-57.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- LIRA SAADE, R. **Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia economica**. México: UNAM, 1995. 281p.
- MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. **Marscher's mineral nutrition of higher plants**. 3 rd. ed. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2012, 651p.
- MODGIL, M.; MODGIL, R.; KUMAR, R. Carbohydrate and mineral content of chayote (*Sechium edule*) and bottle gourd (*Lagenaria siceraria*). **J. Hum. Ecol.**, 15(2):157-159. 2004.
- MOREIRA, F.M.S., SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- PBMH – Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura. Normas de Classificação de Chuchu. São Paulo: CEAGESP, 2008. (Documentos, n.32).
- RIBEIRO, C.S. & ROCHA, E.G. Externalidades negativas decorrentes do uso de agrotóxicos e a insegurança alimentar: uma análise da atuação do supremo tribunal federal. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**. e-ISSN: 2526-0081, Brasília, v.3, n.1, p. 23-41, 2017.
- SOUZA, V.C. & LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 819 p.
- WAICHMAN, A.V. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. **Rev. Bras. Saúde Ocupacional**. São Paulo, 37 (125): 17-50, 2012.



# MORANGA HÍBRIDA TETSUKABUTO

Rafael da Rosa Couto

Emerson Evald

Guilherme Wilbert Ferreira

## 1. A Moranga Híbrida Tetsukabuto

As cucurbitáceas possuem elevado valor alimentício e nutricional nas flores, sementes e na polpa de seus frutos (rico em fibras) e, por isso, são também utilizadas na medicina alternativa. Particularmente, a moranga é de elevada importância socioeconômica em diferentes regiões do país, sendo cultivada principalmente pela agricultura familiar, por suas características de rusticidade, precocidade, facilidade e durabilidade dos frutos no armazenamento.

A moranga, também conhecida como Abóbora Japonesa ou Cabotiá, é resultado do cruzamento que utiliza como genitores femininos linhagens selecionadas de moranga (*Cucurbita maxima* Duch.) e como genitores masculinos linhagens de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch. et Poir.) (AMARANTES *et al.*, 1994; BISOGNIN, 2002). É uma planta monoica que apresenta esterilidade do macho, produzindo flores masculinas e femininas separadamente e na mesma planta, necessitando para sua frutificação de presença de outras plantas polinizadoras ou da indução por partenocarpia (PEREIRA, 1999; PEDROSA *et al.*, 1982). A planta possui hábito

de crescimento indeterminado e folhas grandes quando comparadas com outras da mesma família, apresentando na mesma inserção gavinha, rama, flor e raiz fixadora. O ciclo do plantio até a colheita leva normalmente de 90 a 120 dias, dependendo do clima, do manejo da planta e da adubação.

Foi originada de um programa genético iniciado no Japão com sementes comercializadas por poucas empresas produtoras e distribuidoras. Atualmente, há várias empresas privadas, centros de pesquisas e universidades desenvolvendo variedades, aumentando a diversidade de formatos, rendimento de polpa, tamanho e peso, tais como os híbridos Lavras 1 e Lavras 2, lançados pela UFLA (PINTO *et al.*, 1983).

Produz frutos com 12% a 18% de matéria seca, polpa alaranjada e casca verde-escura, pesando entre 2 e 4 kg. São resistentes à broca, ao transporte e ao armazenamento. Quanto às características organolépticas, os consumidores preferem frutos com polpa enxuta, firme e adocicada (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características físico-químicas do fruto maduro da Moranga Híbrida Tetsukabuto.

| Espessura da polpa (cm) | Rendimento da polpa (%) | Sólidos totais (%) | Sólidos solúveis (%) | Fibra bruta (%) | Relação açúcar/amido | Betacaroteno (mg/100 g) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| 2,57                    | 81,83                   | 14,05              | 5,37                 | 1,13            | 0,79                 | 2,27                    |

Fonte: Chitarra *et al.* (1979).



Quanto à aparência, o consumidor tem preferência pelo fruto com peso entre 2,5 e 3,5 kg, pouco achatado e com coloração verde-escura. Todavia, em algumas regiões os consumidores procuram frutos menores, achatados e

mais pesados, isto é, com maior rendimento de polpa. Apresentamos na Tabela 2 os principais produtores de semente de morangas e que são plantadas pelos agricultores da região do Planalto Serrano Catarinense.

**Tabela 2.** Características dos principais cultivares comerciais de moranga utilizados pelos produtores da região do Planalto Serrano Catarinense.

| Produtor de semente | Tamanho, peso, formato e coloração do fruto             | Observações                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Takii               | Pequeno, pesado, achatado e verde-escura                | Produtivo                                                   |
| Tokita              | Grande, pesado, arredondado e verde-escura              | - - -                                                       |
| Sakata              | Muito grande, leve, arredondado e verde-clara           | - - -                                                       |
| Superseed           | Grande, medianamente pesado, arredondado e verde-clara  | Produtivo                                                   |
| Takaiama            | Grande, pesado, arredondado e verde-escura              | Menor quantidade de flor, porém produtivo                   |
| UFLA (Lavras 1 e 2) | Pequeno, pesado, achatado e verde-escuro brilhoso       | Não apresenta esterilidade do macho                         |
| Kanda               | Grande, medianamente pesado, arredondado e verde-escura | Boa uniformidade e comercializado como cultivar polinizador |

## 2. Floração, polinização e frutificação

As flores da moranga são amarelas, grandes e estaminadas (Figura 1), com os grãos de pólen viscosos e aderentes (flores masculinas), e pistilosas (flores femininas). Por nascerem separadamente na mesma planta, a planta é conceituada como monoica (Figura 2). Cada flor feminina apresenta um ovário, no formato do futuro fruto, com vários óvulos que, após a fecundação pelos grãos de pólen, formarão as sementes.

Pelos relatos de campo de agentes de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e trabalhos experimentais, tem sido registrada baixa formação de frutos em relação à quantidade de flores femininas produzidas nas lavouras, assim como a variação de produtividade entre safras. Entre os fatores que diminuem a formação de frutos estão a disponibilidade de água e

nutrientes, a estrutura do solo, a temperatura e a polinização e fertilização efetiva deficientes. Em relação às cucurbitáceas, a produção de frutos é dependente da polinização realizada por insetos, pois essas espécies vegetais caracterizam-se pela expressão sexual monoica. No caso específico da moranga, a flor masculina é “estéril”. Para sua frutificação, ela necessita da presença de outra planta de abóbora ou moranga para fornecimento de pólen viável ou da aplicação de fitohormônio sintético para induzir partenocarpia. O pólen precisa ser transportado em quantidade suficiente por agentes polinizadores para que as flores femininas sejam fecundadas e o fruto se desenvolva no seu formato normal.

Muitos autores afirmam que a *Apis mellifera* L. é o mais eficiente agente polinizador para essa cucurbitácea, seguida em menor número por abelhas nativas. Outros insetos são também encontrados à procura de alimentos nas flores que, segundo relatos, colaboram com a polini-



**Figura 1.** Flor da moranga Cabotiá.



**Figura 2.** Flores masculina e feminina da moranga Cabotiá.

zação, tais como a *Diabrotica* sp. e formigas. Há relatos de que a flor de *C. maxima* contém entre 18% e 38% de açúcares no néctar e que as abelhas o coletam com concentrações entre 21% e 41%. Geralmente, as flores abrem antes ou logo depois do nascer do sol e fecham no início da tarde, sendo o período de abertura e fechamento da

flor influenciado pelo clima e pela estação do ano. Em dias com temperaturas acima de 30°C, as flores murcham ainda no período da manhã.

Em experimentos conduzidos em propriedades de agricultores familiares de Ponte Alta (SC) e na Estação Experimental da Epagri em Caçador, registrou-se que as flores ficaram abertas entre as 6 e as 14 horas, totalizando aproximadamente 8 horas, seguido do fechamento definitivo com o murchamento das pétalas. Os grãos de pólen têm viabilidade próxima a 92% quando da abertura da flor, baixando para menos de 75% quando seu fechamento e chegando a menos de 10% no dia seguinte à abertura, em consequência de sua desidratação. As abelhas africanizadas concentram seus voos entre as 8 e as 10 horas, comportamento que ajuda na polinização por coincidir com a abertura das flores. A rotina de voo é influenciada pelo clima, com destaque para temperatura, vento, chuva e insolação.

Na moranga, a emissão de flores femininas inicia aproximadamente uma semana após a emissão das flores masculinas. Cada planta produz, em média, de cinco a oito flores femininas, totalizando 17 a 28 mil flores por hectare. Do início para o final da floração, observa-se aumento na quantidade de flores masculinas, mantendo uma proporção no ciclo cultural entre cinco e sete flores masculinas para

uma feminina. Essa quantidade e proporção são influenciadas pelo estado hormonal e pelo clima com ênfase no comprimento do dia e da temperatura, de forma que temperaturas baixas e dias curtos aumentam o número de flores femininas, enquanto temperaturas elevadas e dias longos aumentam o número de flores masculinas.

A emissão das flores femininas inicia aproximadamente aos 40 dias, com 70% dessa emissão ocorrendo no período de 15 dias após o aparecimento da primeira flor feminina (Figura 3). Assim, nessas duas semanas se definem o maior pegamento e a produção de frutos maiores. Normalmente, a emissão da primeira flor feminina ocorre entre a 10<sup>a</sup> e a 12<sup>a</sup> folha, mantendo-se a dominância apical do ramo principal e entre a 4<sup>a</sup> e a 6<sup>a</sup> folha dos ramos laterais após a supressão da dominância.

### 2.1. Polinização e frutificação

A polinização pode ocorrer de forma natural ou sexuada, artificial ou partenocárpica, e pela associação de ambas as formas. A transferência do pólen da antera para o estigma pode ser realizada por insetos polinizadores, principalmente a abelha, ou manualmente, com a retirada do pólen da flor masculina madura destacada da planta polinizadora. No campo da polinização está em aberto a realização de testes, como o tratamento do pólen para armazenamento e sua posterior utilização na polinização manual, como é feito na cultura da macieira e da pereira. Esse processo é denominado de frutificação sexuada. Nele, o pólen que carrega pequena quantidade de auxina germina no estigma e fecunda o óvulo contido no ovário.

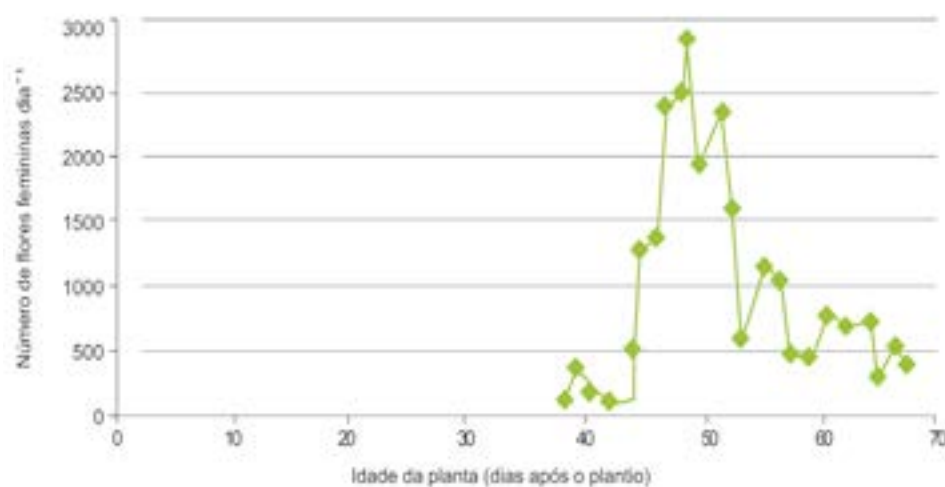


**Figura 3.** Quantidade diária de flores femininas abertas, por hectare, em Moranga Híbrida Tetsukabuto, cultivada na EECaçador. Caçador/SC, 1999.

A quantidade de fitohormônio de crescimento contido no pólen é capaz de dar o estímulo inicial para o estabelecimento do fruto pelo crescimento do rudimento seminal. Após a fertilização, inicia-se a fase de formação da semente e, conseqüentemente, a produção suficiente de auxina para o pleno desenvolvimento do fruto. Nessa fase, pode ocorrer a queda e a deformação do fruto pela polinização ineficiente, bem como a fertilização em consequência de pouco hormônio de crescimento para desenvolver o fruto na sua forma normal. A eficiência desse método, dependente das condições climáticas e da atividade dos insetos polinizadores, que gira em torno de 40% a 60% de pegamento de frutos quando as condições forem entre boas e ótimas.

É possível promover o desenvolvimento do fruto artificialmente de forma assexuada induzindo a partenocarpia, utilizando fitohormônio de crescimento do grupo das auxinas e seus similares sintéticos. A eficiência desse método é dependente das condições climáticas; em condições normais, está entre 65% e 80%, podendo chegar a 95% de pegamento de frutos em condições muito favoráveis. Esse período exige temperatura mínima de 18°C e entre 20 e 23°C como ótimo. Na flor feminina fecundada o ovário adquire brilho intenso, e na flor não fecundada perde o brilho, amarelece e é abortado da planta (Figura 4, A e B), fato difundido erroneamente como sendo deficiência de boro e cálcio.





**Figura 4.** Ovário de flor feminina não fecundado (a) e fruto formado a partir de ovário de flor feminina fecundado (b).

## 2.2. Polinização natural

A flor masculina da moranga produz pólen inviável para fecundar suas flores femininas, caracterizando a esterilidade do macho. Assim, é necessário o uso de cultivares polinizadores. Os mais indicados são Moranga-exposição, Goianinha, Coroa, Mogango e Pataca, que iniciam a produção suficiente de flor masculina duas semanas

após o início da florada feminina da híbrida. Por isso, deve-se semear esses cultivares entre 10 e 14 dias antes da moranga ou realizar o plantio de mudas antecipado. Já os cultivares Menina Brasileira e Menina Gigante devem ser semeados entre 20 e 25 dias antes, e Caserta ou outras abobrinhas de moita, duas semanas após a moranga.

Já estão disponíveis aos produtores sementes de Cabotiá misturadas com cultivar polinizador e floração sincronizada. É recomendável utilizar como cultivares polinizadores principais os que apresentam frutos que podem ser comercializados, como Exposição ou Coroa, e como polinizador complementar e produtores de polpa para industrialização como a Goianinha e Menina Brasileira, respeitando a proporção de cinco a sete plantas de moranga híbrida para uma de abóbora ou moranga polinizadora.

Nesse sistema, no qual a polinização é dependente de insetos polinizadores, é recomendado alocar entre uma e duas famílias fortes de abelha (*Appis melifera*) por hectare (Figura 5).



**Figura 5.** Polinização natural com abelha.



### 2.3. Polinização manual

Outra forma de polinização é a manual, também conhecida como artesanal ou complementar à realizada pela abelha, fazendo-se a colheita da flor masculina em seu ponto de maturação, ainda fechada, da planta polinizadora e armazenada em vaso com água (Figura 6). Na manhã do dia seguinte, realiza-se a polinização (Figura 7). Para fecundar a maior quantidade de óvulos, é necessário colocar pólen nos três estigmas da flor.

### 2.4. Polinização artificial

Nas lavouras em que será utilizado fitohormônio sintético, não há necessidade de plantio do polinizador como no campo de polinização natural; nesse caso, aumenta-se entre 13% a 20% o número de plantas de moranga híbrida por hectare. Em Santa Catarina, a produtividade da moranga está entre 8 e 12 toneladas por hectare, considerada baixa ante a produção de 17 mil a 28 mil flores femininas por hectare, ou seja, número de flores que aponta para um potencial teórico de produção para 70 toneladas de frutos por hectare.

Essa cucurbitácea apresenta redução no rendimento e na qualidade dos frutos quando a polinização natural for deficiente, podendo



**Figura 6.** Colheita e conservação da flor masculina do cultivar polinizador.



**Figura 7.** Polinização manual utilizando a flor masculina do cultivar polinizador, atingindo os três estigmas.

ocorrer baixas de até 90% quando da ausência de abelhas polinizadoras ou por problemas com a sincronização da florada da moranga com os polinizadores. Especificamente, para melhorar a produtividade e evitar a queda e deformação de frutos, podem ser usados fitorreguladores do grupo das auxinas. Eles devem ser pulverizados

diretamente sobre os estigmas e o pistilo, assegurando a formação de frutos pelo processo de partenocarpia, ou seja, sem a polinização.

Cassandro & Macedo (2000), a partir de trabalhos realizados no Centro Agroveterinário da UDESC, em Lages (SC) recomendam o uso da auxina sintética alfa-naftalenoacetato de sódio (ANA-Na) na dosagem segura de 150 a 450 mg L<sup>-1</sup>, dosagem que resulta em índice de frutificação próximo a 80%. Encontram-se no comércio diversas auxinas sintéticas (AIA) para essa finalidade, como o 2,4-D, usado na dosagem de 200 a 250 mg litro<sup>-1</sup> sendo de baixo custo em relação a outros. Na Embrapa Hortaliças, Pereira (1999) realizou trabalhos utilizando herbicida à base de 2,4-D amina na dosagem de 133 a 166 mg L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, o que corresponde a 1,0 a 1,2 ml do produto comercial na formulação 670g L<sup>-1</sup> de 2,4-D amina em 5 litros de água (Aminamar-670; Aminol-670, DMA-670; Tornado-670, U-46 D-fluid-670). Recomenda-se aplicar um jato da solução de aproximadamente 2 ml da solução por flor sobre os estigmas e o pistilo da flor feminina aberta da moranga diariamente, no período das 6 h às 14 h (Figuras 8 e 9).

Essas aplicações de fitohormônio podem estender-se por todo o período da floração, que

dura aproximadamente 35 dias, embora as aplicações durante o período de maior intensidade da florada, que dura duas semanas após o aparecimento da primeira flor feminina, garanta alta produtividade. Nesse curto período, a planta emite aproximadamente 70% das flores femininas, dependendo das condições climáticas.



**Figura 8.** Aplicação de fitohormônio em lavoura da agricultura familiar. Otacílio Costa/SC, 2012.



**Figura 9.** Pulverização hormonal dirigida aos estigmas e ao pistilo da flor.



### 2.5. Associando a forma natural com a artificial

Objetivando aumentar o vingamento de fruto e diminuir a quantidade de trabalho na polinização hormonal e manual, é possível montar o campo de produção da Cabotiá com polinizadores e complementar a frutificação com utilização de fitohormônio. Nesse caso, pode-se distribuir a proporção de sete a oito plantas de moranga para uma polinizadora, diminuindo a quantidade de polinizadoras para o máximo de 13%. Complementa-se o trabalho dos insetos polinizadores com o uso de fitohormônio nos dias nublados, frios, chuvosos e com ventos fortes ou em campos com baixa atividade de abelhas. A indução da partenocarpia, recorrendo ao uso do fitohormônio sintético somente naqueles dias em que a polinização natural está prejudicada, é uma atividade que garante produtividade acima da média da cultura.

## 3. Ecofisiologia

As abóboras e morangas são plantas que produzem alimentos de alto valor nutricional e têm sua origem na América Central e América do Sul. O centro de origem das abóboras (*Cucurbita moschata*) se estende desde o México até a Venezuela, enquanto o das morangas (*Cucurbita maxima*) está situado na América do Sul. Essas duas espécies que apresentam 40 cromossomos e cruzam com relativa facilidade é que deram origem à híbrida Tetsukabuto (moranga). No processo evolutivo, essas plantas desenvolveram em cada nó

gavinhas e raízes para se fixar em suportes e no solo, evitando que sua planta longa e de folhas grandes seja arrastada pelo vento, o que dificultaria a polinização e o estabelecimento dos frutos (Figura 10).

No centro de origem, as espécies que participaram do cruzamento interespecífico para gerar o híbrido de moranga Tetsukabuto desenvolveram-se em solos com altos teores de matéria orgânica, em grande parte oriundos de depósitos vegetais, conferindo ramos vigorosos, folhas grandes e de verde intenso a esse híbrido. Portanto, são plantas que se desenvolvem particularmente bem em solos com alto teor de matéria orgânica assim como respondem bem ao aporte de adubos orgânicos compostados. É fato que os agricultores tradicionais, que, por experiência cultural, plantavam milho, abóbora e moranga consorciados nas caieiras da destoca, conseguiam plantas de excelente vigor e produção.

### 3.1. O clima

Temperaturas entre 25 e 30°C são ótimas para a germinação da semente. A germinação não ocorre abaixo de 11°C, tendo como limite



**Figura 10.** Fixação da planta na palha pela gavinha e, no solo, pela raiz especializada.

entre 11 e 18°C. Baixa umidade do ar e temperaturas entre 20 e 30°C, mesmo durante a noite, são as melhores condições para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da espécie. Seu crescimento paralisa abaixo de 12°C e ela não suporta frio intenso nem geadas. Em dias com período de 12 ou mais horas de luz, a planta produz maior quantidade de fotoassimilados, capazes de manter seu ótimo desenvolvimento vegetativo e reprodutivo.

Temperaturas elevadas e dias longos aumentam a quantidade de flores masculinas, enquanto temperaturas amenas e dias curtos estimulam maior produção de flores femininas. A abertura da antera e a antese necessitam de temperaturas superiores a 18°C, tendo seu ótimo entre 20 e 21°C.

O clima influencia o trabalho do principal agente polinizador dessa cultura, a abelha africanizada (*Apis mellifera*), que apresenta sua maior intensidade de visitas entre as 7 h e as 11 h, quando o tempo está ensolarado e com temperatura acima de 18°C. Nas manhãs mais frias, a maior intensidade das visitas se dá a partir das 9 h e se prolonga até as 14h. Sua atividade é reduzida ou paralisada em dias com ventos fortes e chuvosos e tempo nublado. Os agricultores relatam que, nessas condições climáticas, as abelhas permanecem mais tempo e em maior número dentro da flor para depois retornarem à colmeia.

Em função do tamanho e da forma de suas folhas (lobulares e grandes), as plantas da moranga apresentam, geralmente, nas horas mais quentes do dia, murchamento foliar como meio de defesa ao excesso de energia solar, proporcionando mudança do ângulo de incidência entre a folha e o sol. Isso evita maior tempo de fotoinibição.

### 3.2. Crescimento e desenvolvimento

As plantas da moranga apresentam ciclo anual entre 90 e 110 dias desde a germinação até a colheita. Seu porte é herbáceo e os ramos são prostrados, longos, de seção arredondada e com dominância apical do ramo principal sobre os ramos laterais. Na inserção de cada nó pode

ocorrer a presença de folha, gavinha, flor e raiz fixadora, e nos primeiros nós há somente folhas; mais tarde aparecem folha, gavinha e raiz fixadora, e após isso folha, flor feminina ou masculina, gavinha e raiz fixadora.

Em experimento conduzido na EECaçador em 1998, com a Moranga Híbrida Tetsukabuto cultivada no SPDH, com fertirrigação e poda do ramo principal após a emissão da quinta folha definitiva, determinou-se a produção de matéria seca da germinação à maturidade. A produção de matéria seca total da parte aérea chegou a 1.941,2 g planta<sup>-1</sup> na época da colheita dos frutos, aos 105 dias após a emergência da plântula (DAE). Contribuíram para esse acúmulo a parte vegetativa e os frutos, com 35,1% e 64,9% respectivamente (Figura 11).

Durante todo o ciclo da planta, tanto a parte vegetativa como os frutos acumularam massa seca, isto é, comportando-se como drenos. Portanto, mesmo após o intenso crescimento dos frutos não houve retranslocação em massa de matéria seca da parte vegetativa para os frutos, como era de se esperar em razão de sua intensa demanda por fotoassimilados. Nos primeiros 30 dias após a emergência da plântula (DAE), a parte vegetativa contribuiu com 100% do total da fitomassa acumulada (Figura 11). Com o início da floração e frutificação aos 38 DAE, inicia a fase de intenso acúmulo de matéria seca. Aos 60 dias, a contribuição de matéria seca da parte vegetativa foi de 387,8 g, enquanto dos frutos foi de 329,8 g. A partir desse ponto, o maior dreno da planta passou a ser representado pelos frutos, o qual permanece até o final do ciclo. A partir dos 45 dias, observou-se aumento na diferença de acúmulo de massa seca entre a parte vegetativa e os frutos, chegando a 681,8 e 1.272,6 g, ou seja, 34,9% e 65,1% aos 90 DAE (Figura 11).

Desse período até a colheita, aos 105 dias, essa diferença diminuiu para 35,1% do vegetativo e 64,9% dos frutos (Figura 11). As frações indicam a alta força (maior importância) do dreno principal, representado pelos frutos, a partir dos 45 dias após o transplante das mudas. Esses resultados mostram a fase de transição de fluxo de assimilados entre a parte vegetativa e os frutos, com modificação do padrão de distribuição



de acúmulo de massa seca ao longo do ciclo da planta.

O valor da taxa de crescimento absoluto (G) foi crescente até os 64 dias após a emergência, atingindo o valor de  $65,4 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , decrescendo a  $1,2 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  aos 105 dias (Figura 12). A planta apresenta aumentos decrescentes na produção de matéria seca a partir dos 64 dias até a última colheita de frutos. Possivelmente, esse fato se deve ao autossombreamento foliar (LAMBERS *et al.*, 1990). A taxa de crescimento relativo (R) foi decrescente ao longo do ciclo cultural, iniciando com o valor de  $0,1695 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e chegou a  $0,0006 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  dos 15 aos 105 dias após a emergência (Figura 13). A maior alocação de fotoassimilados nos frutos ocorreu aos 66 dias, com o valor de 55,81g, ou seja, 86,9% do total produzido pela planta nesse dia. Porém, do total dos 58,8g de fotoassimilados produzidos pela planta aos 69 dias, 90,2% foram alocados nos frutos. Portanto, a taxa de crescimento absoluto da planta e dos frutos permite visualizar a demanda do dreno principal, representado pelos frutos, em relação à produção diária de assimilados da planta da moranga ao longo de seu ciclo cultural.

A produção total de frutos foi de  $6.133,8 \text{ g planta}^{-1}$ . Assim, a produtividade para a população de  $3.333 \text{ plantas ha}^{-1}$  foi de 20,4 toneladas

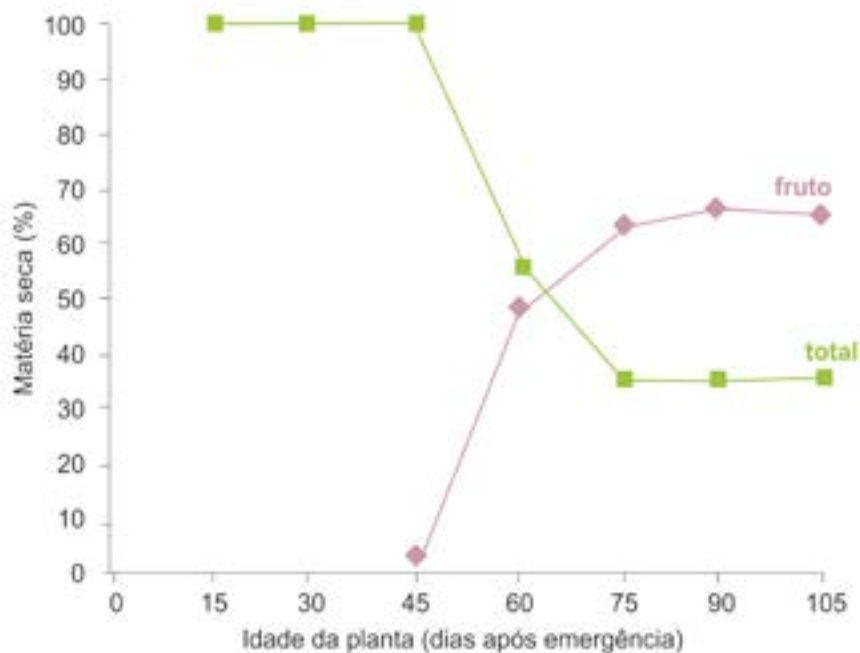


**Figura 11.** Fração da matéria seca total da Moranga Híbrida Tetsukabuto alocada para a parte vegetativa e para os frutos.

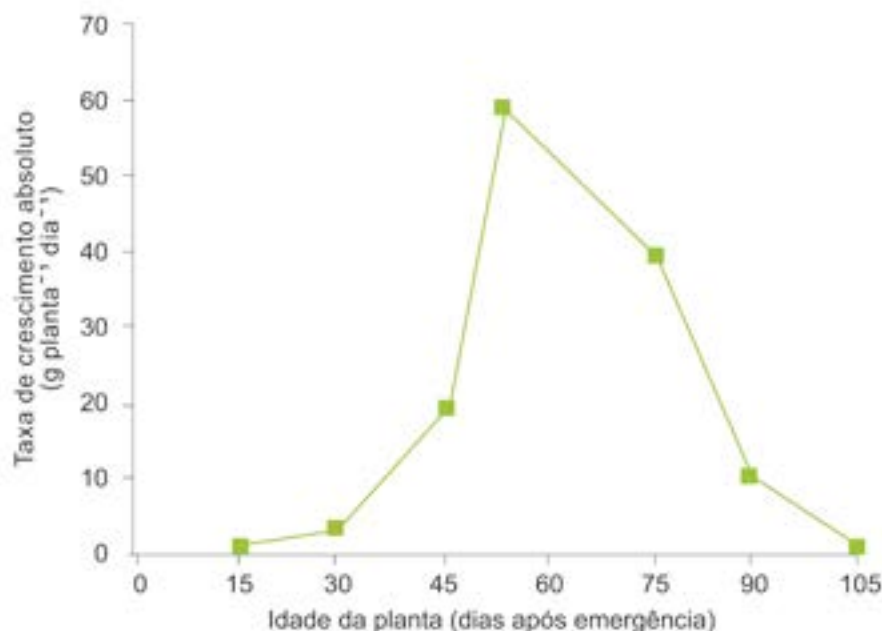


**Figura 12.** Taxa de crescimento absoluto (G) da Moranga Híbrida Tetsukabuto ao longo de seu ciclo cultural.

por hectare, com número médio de frutos de 3,25 por planta. Portanto, obtiveram-se frutos com peso médio de 1.887,3 g.

Identificam-se pelo menos três fases de intensidade do acúmulo de biomassa na planta: a primeira corresponde ao crescimento vegetativo e floral, com duração até os 37 DAE; a outra

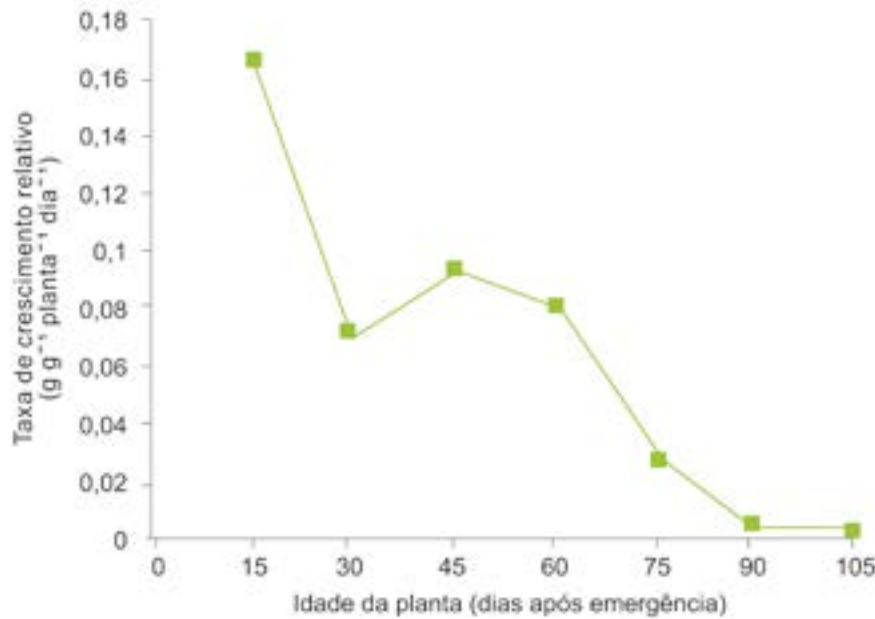


**Figura 13.** Taxa de crescimento relativo (R) da Moranga Híbrida Tetsukabuto ao longo de seu ciclo cultural.

é da abertura da floração feminina e do crescimento vegetativo e frutificação, dos 38 aos 80 DAE; e, por último, a fase de crescimento e amadurecimento do fruto, até os 105 DAE. A primeira fase é de baixo acúmulo de biomassa, porém, inicia com alto valor de crescimento relativo (R), indicando alta capacidade de resposta da muda ante o ambiente e justificando cuidados especiais na construção do berçário, haja vista seu potencial para formar a base da futura planta, como o tamanho do sistema radicular e das primeiras folhas definitivas. Já a segunda é de intenso acúmulo de matéria seca, indicando a fase de maiores cuidados para diminuir os estresses, principalmente de nutrientes e água. A última fase é a consolidada, mas com aumentos decrescentes de acúmulo de matéria seca.

#### 4. A semeadura e o plantio

A maioria dos agricultores realiza a semeadura definitiva no campo logo após o preparo do terreno e do berçário, na profundidade aproximada de 3 cm e na posição horizontal, evitando que na germinação da semente o tegumento (casca) saia preso às folhas cotiledonares (Figura 14). Essa condição evita que pássaros possam comer a “semente” e, conseqüentemente, arranquem a plântula. São utilizadas aproximadamente 3.333

sementes por hectare, ou cerca 650 gramas. Qualquer falha na germinação ou problema com insetos ou doenças pode baixar a população de plantas e ocasionar queda na produção final.

No SPDH, recomenda-se o plantio de mudas produzidas em bandeja com 128 células diretamente no berçário, preparado com o acamamento

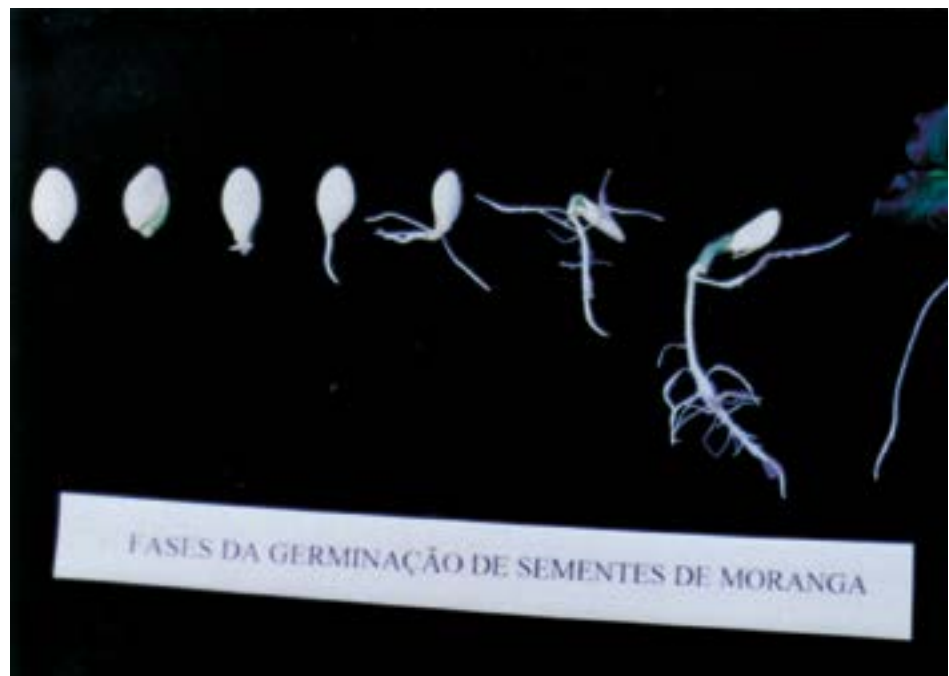


**Figura 14.** Fases da germinação da semente da Moranga Híbrida Tetsukabuto.

do coquetel de plantas de cobertura, seguido pelo corte dessa matéria seca, sulcamento do solo e alocação do adubo orgânico. Quando necessário, aplica-se fertilizante fosfatado, utilizando rolo-faca e máquina de plantio direto respectivamente. O plantio da muda é manual e preferencialmente realizado no mesmo dia do preparo do berçário, visando antecipar o desenvolvimento da planta da moranga em relação às plantas espontâneas. Em trabalho realizado pela equipe do professor Cassandro, da Udesc/CAV, com a finalidade de avaliar a importância das folhas cotiledonares na produção das primeiras folhas verdadeiras e do sistema radicular, concluiu-se que a remoção dos cotilédones até 6 dias após a emergência (DAE) afetou o acúmulo de matéria seca e área foliar e até os 14,8 DAE o sistema radicular, podendo ocorrer diminuição em 65% desses parâmetros avaliados. Assim, é necessário manter no mínimo uma folha cotiledonar na plântula a partir dos 6 DAE e tomar cuidado com o manejo da vaquinha.

#### **4.1. Critério para escolha do espaçamento de plantio**

O cultivo tradicional da moranga, praticado pela maioria dos agricultores familiares, prevê a semeadura definitiva em berçário individual no espaçamento de 3 x 3 m com três sementes com alternativa do espaçamento de 3 x 2 m com duas sementes (Figuras 15, 16 e

17). Mais tarde, a partir de 1986, foi desenvolvido o cultivo mínimo com semeadura no espaçamento de 3 x 1 m com uma semente, mantendo uma área próxima a 3 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, com melhor distribuição espacial das 3.333 plantas no hectare.

Resultados de trabalhos experimentais realizados pela equipe do professor Paulo Cezar



**Figura 15.** Semeadura de moranga em berçário individual. Angelina/SC, 2014.



**Figuras 16.** Arranjo das plantas no espaçamento 3 x 2 m em berço individual. Angelina/SC, 2013.





**Figura 17.** Arranjo das plantas no espaçamento 3 x 2 m em berço individual. Angelina/SC, 2013.

Rezende Fontes, da UFV (Viçosa/MG) do professor Josué Fernandes Pedrosa, da Ufersa (Mossoró/RN), e do professor A. F. Macedo, da Udesc/CAV (Lages, SC), concordam que o aumento na densidade de plantas tem aumentado a produtividade e diminuído o peso médio e o número de frutos por planta. Porém, no espaçamento de 3 x 1 m a planta apresenta melhor condição de desenvolvimento por sua melhor distribuição espacial no terreno segundo sua forma de ocupação. Isso evita a sobreposição de partes das plantas e, conseqüentemente, evita dificultar o trabalho dos insetos polinizadores ou deixar terreno descoberto.

#### **4.2. Condução da planta**

Primeiramente, deve ser lembrado que essas cucurbitáceas emitem em seus nós gavinhas e raízes com o objetivo de fixar a planta ao solo e, desse modo, evitar sua movimentação e, conseqüentemente, enfraquecer sua fixação. Portanto, é recomendável promover a instalação de quebra-vento que ajudará no desempenho dos insetos polinizadores e, principalmente, abandonar a velha prática da “orientação das ramas” no

sentido da roçada das plantas espontâneas.

Outra prática importante é a supressão da dominância apical da rama principal pela poda. Isso melhora a distribuição de ramas vigorosas e de menor tamanho e torna a planta mais compacta em torno do berçário. Durante duas safras consecutivas, de 1999/2000 e 2000/2001, realizou-se experimento com e sem poda da haste principal da moranga híbrida. Pode-se concluir que a poda após a 5ª folha definitiva ou verdadeira produz maior quantidade de frutos,

com peso médio menor, porém de tamanho e peso uniforme e aumento da produtividade em 11,5%. Na contagem de folhas para a poda apical, deixam-se fora as duas folhas cotiledonares e as duas primeiras folhas verdadeiras iniciais provenientes das mudas antes do plantio. Observou-se, ainda, que a planta assim podada (Figura 18) emite três a quatro ramas vigorosas, fica mais compacta e com a frutificação mais próxima do “pé”, haja vista que a primeira flor feminina na rama lateral aparece aproximadamente na 5ª folha. Conseqüentemente, a poda também é importante para a comercialização em função da uniformidade que proporciona no peso e no tamanho do fruto.

#### **5. Nutrição e adubação manejadas conforme os sinais apresentados pela planta (aparência) e as condições do clima e do solo**

A adubação de plantio ou no berçário é feita com fertilizante fosfatado e adubo orgânico. O fósforo é recomendado com base na análise química do solo. A adubação orgânica para manutenção anual da cultura pode variar na quantidade de 400 a 600 g de cama de aviário ou de 800 a 1.200 g de esterco bovino por metro linear de





**Figura 18.** Detalhe da planta da Cabotiá podada após a emissão da 5ª folha definitiva no começo do seu desenvolvimento.

sulco ou no berçário individual. Porém, em áreas que apresentarem saturação de base abaixo de 50% e desgastadas pelo cultivo contínuo, é recomendado utilizar 10 toneladas de cama de aves por hectare distribuídas na área total no primeiro ano, diminuindo para 6 toneladas no segundo ano e 4 toneladas no terceiro ano. Preferencialmente, essa aplicação de cama de aviário é realizada sobre as plantas de cobertura em estágio de desenvolvimento vegetativo (Figura 19).

Em experimento conduzido na EECaçador na primavera-verão de 1998 (Figura 20), foi determinada, ao longo do ciclo de cultivo, a dinâmica diária de absorção de dez nutrientes pela Moranga Híbrida Tetsukabuto, conduzida no sistema de plantio direto, no espaçamento de 3 x 1 m, podada e fertirrigada. O acúmulo de nutrientes da emergência das plântulas até a colheita, aos 105 dias, foi crescente. As curvas de absorção de nutrientes mostram três fases de intensidade de extração: nos primeiros 45 dias as plantas absorveram poucos nutrientes, passando por período de intenso acúmulo entre 45 e aproximadamente 75 dias, seguido pela tendência de estabilização até a colheita, aos 105 dias. Há exceção para N, P, Mn e Zn, que apresentaram intenso acúmulo entre 45 e 90 dias. A moranga apresentou acúmulo máximo de nutrientes, aos

105 dias, de 39,4, 5,2, 39,8, 44,5 e 9,3 g planta<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca e Mg respectivamente; e 212,2, 179,1, 53,3, 17,2 e 42,2 mg planta<sup>-1</sup> para Fe, Mn, Zn, Cu e B respectivamente. Desse total, foram alocadas nos frutos quantidades máximas de 22,6, 3,2, 27,2, 5,8 e 2,2 g planta<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg respectivamente; e 46,9, 19,3, 28,4, 9,2 e 13,8 mg planta<sup>-1</sup> para Fe, Mn, Zn, Cu e B respectivamente, representando a quantidade de nutrientes exportados.

Os valores máximos da taxa diária de absorção (TDA) foram de 1.121, 140, 1.303, 1.416 e 335 mg



**Figura 19.** Palhada formada por adubos verdes de inverno adubada com cama de aviário em propriedade de Celso Mesquita. Correia Pinto/SC, 1999.

planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> aos 62, 65, 61, 55 e 55 dias, para N, P, K, Ca e Mg respectivamente. Assim, a moranga absorveu a quantidade de 3.736, 467, 4.343, 4.720 e 1.117 g ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg res-

pectivamente no dia de máxima absorção. Para Fe, Mn, Zn, Cu e B as maiores taxas foram de 5.909, 3.258, 1.644, 515 e 1.495 µg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente aos 56, 60, 61, 60 e 57 dias após emergência.



**Figura 20.** Área experimental para determinação das taxas diárias de absorção de nutrientes. EECaador, Caçador/SC, 1998.

Houve retranslocação intensa de nutrientes da parte vegetativa para o fruto entre os dias 73 e 80, 73 e 92, 80 e 105, 81 e 86, 81 e 84 e 82 e 105 após a emergência da plântula respectivamente de N, K, Mg, Fe, Zn e B. Pela taxa diária de absorção de nutrientes foram montadas as Tabelas 3 e 4 para facilitar a recomendação de adubação de cobertura e foliar.

A partir dessas tabelas, organizamos as Tabelas 5 e 6 de adubação de co-

**Tabela 3.** Consumo de nutrientes (%) pela moranga em relação ao conteúdo total absorvido ao longo do ciclo da cultura.

| Dias (DAP)        | Nutrientes (%) |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                   | N              | P     | K     | Ca    | Mg    | Fe    | Mn    | Zn    | Cu    | B    |
| 7                 | 0,20           | 0,21  | 0,09  | 0,21  | 0,10  | 0,43  | 2,55  | 0,19  | 0,17  | 0,08 |
| 14                | 0,25           | 0,23  | 0,12  | 0,30  | 0,18  | 0,46  | 1,54  | 0,25  | 0,23  | 0,14 |
| 21                | 0,54           | 0,50  | 0,33  | 0,72  | 0,49  | 0,97  | 2,42  | 0,54  | 0,52  | 0,37 |
| 28                | 1,15           | 1,04  | 0,81  | 1,73  | 1,31  | 1,96  | 3,70  | 1,21  | 1,19  | 0,98 |
| 35                | 2,44           | 2,13  | 1,96  | 3,95  | 3,45  | 3,89  | 5,47  | 2,63  | 2,62  | 2,56 |
| 42 <sup>(1)</sup> | 4,99           | 4,22  | 4,56  | 8,41  | 8,34  | 7,22  | 7,67  | 5,42  | 5,55  | 6,25 |
| 49                | 9,33           | 7,86  | 9,71  | 15,29 | 16,84 | 12,04 | 10,01 | 10,23 | 10,63 | 13,8 |
| 56                | 15,01          | 12,95 | 17,18 | 21,22 | 24,25 | 16,78 | 11,89 | 16,29 | 17,00 | 21,9 |
| 63                | 19,28          | 17,62 | 22,38 | 20,61 | 22,12 | 18,42 | 12,67 | 20,06 | 20,64 | 23,7 |
| 70                | 18,48          | 18,62 | 19,85 | 14,13 | 13,2  | 15,59 | 12,02 | 18,15 | 18,11 | 16,6 |
| 77                | 13,40          | 15,09 | 12,46 | 7,54  | 5,99  | 10,55 | 10,20 | 12,37 | 11,88 | 8,39 |
| 84                | 7,89           | 9,81  | 6,21  | 3,49  | 2,38  | 6,10  | 7,86  | 6,91  | 6,39  | 3,55 |
| 91                | 4,09           | 5,51  | 2,73  | 1,50  | 0,90  | 3,21  | 5,65  | 3,43  | 3,07  | 1,39 |
| 98                | 1,97           | 2,83  | 1,14  | 0,63  | 0,33  | 1,60  | 3,84  | 1,60  | 1,39  | 0,53 |
| 105               | 0,98           | 1,38  | 0,47  | 0,27  | 0,12  | 0,78  | 2,51  | 0,72  | 0,61  | 0,20 |

<sup>(1)</sup> Aparecimento das primeiras flores femininas



**Tabela 4.** Quantidade de nutrientes absorvida pela moranga e alocada nos frutos, em kg ha<sup>-1</sup>.

| Nutriente | Extração pela planta inteira<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Total nos frutos<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| N         | 131,4                                                  | 75,2                                       |
| P         | 17,2                                                   | 10,7                                       |
| K         | 132,6                                                  | 90,8                                       |
| Ca        | 148,3                                                  | 19,2                                       |
| Mg        | 30,9                                                   | 7,2                                        |
| Fe        | 0,70                                                   | 0,15                                       |
| Mn        | 0,59                                                   | 0,06                                       |
| Zn        | 0,19                                                   | 0,09                                       |
| Cu        | 0,06                                                   | 0,03                                       |
| B         | 0,14                                                   | 0,04                                       |

bertura, sendo a primeira mais apropriada para aplicação via irrigação por gotejo, e a segunda para aplicação manual com auxílio do saraquá, sendo importante nesse caso associá-la aos dias de chuva. É possível utilizar fermentados orgânicos na fertirrigação, na adubação foliar e na manual, seguindo os mesmos quadros.

Há várias maneiras de construir um programa de adubação de cobertura, sendo importante considerar a taxa diária de absorção (TDA) e a possibilidade prática de poder entrar no aboboral e aplicar os adubos. Uma das recomendações é misturar nitrato de amônio e cloreto de potássio na proporção de 2:1 e aplicar conforme a recomendação apresentada na Tabela 6, totalizando aproximadamente 70% da demanda da planta em N e K, considerando as perdas e a eficiência dos adubos. Porém, se o aboboral não estiver totalmente fechado, é possível aplicar semanalmente mais uma ou duas vezes essa mistura na quantidade de 50 g planta<sup>-1</sup>.

É importante salientar que essas duas tabelas de adubação são recomendações baseadas nas necessidades que a planta apresentou numa condição que jamais se repetirá, necessitando ajustes. Tais ajustes são apresentados no Quadro 1, levando em consideração as condições prováveis que poderão ocorrer no campo e as respectivas ações que deverão ser tomadas em face da leitura dessas situações (Figura 21).

A finalidade deste trabalho é subsidiar os iniciantes nessa atividade essencialmente

qualitativa, a qual exige aperfeiçoamento e adequação constante das leituras dos sinais apresentados pela planta e relacioná-los com o clima. Para os técnicos com experiência com a cultura da moranga e os agricultores familiares lavoureiros do SPDH, essa evolução em associar as condicionantes qualitativas vem da repetição de situações e da diversificação de respostas da planta ante as interferências humanas e as variações climáticas. Os indicadores “sinais” mais consagrados entre os técnicos e os lavoureiros do SPDH são: a intensidade da cor verde e o tamanho da folha nova, o vigor e a coloração dos ramos, a diferença da cor verde mais escura das folhas maduras com o verde-clara das folhas novas (Figura 21), a intensidade da florada e a quantidade de frutos. Esses sinais devem ser associados com as condições do clima, tais como temperatura, radiação solar, ventos e umidade relativa do ar.

Especificamente para a Tabela 6, sugere-se o acréscimo de uma recomendação de ajuste para o período do plantio aos 20 DAP:

*Planta nova, com até duas semanas de idade, T° entre 21 e 30°C, tempo ensolarado, folhas definitivas pequenas, cor verde-clara ou amarelada e as cotiledonares “desgastadas”: acrescentar uma adubação aos 14 DAP igual à primeira da Tabela 6 e, se necessário, aumentar em 30%.*

Lavouras que receberam esse tratamento de ajuste desenvolveram-se sem apresentar retranslocação de nutrientes das folhas mais

**Tabela 5.** Quantidade de sais na água para fertirrigação por gotejamento calculada para área de 01 hectare.

| Semana            | Dia     | Nitrato de amônio (kg) | Cloreto de potássio (kg) |
|-------------------|---------|------------------------|--------------------------|
| 1 <sup>a</sup>    | Segunda | 2,2                    | 0,8                      |
|                   | Sexta   | 2,2                    | 0,8                      |
| 2 <sup>a</sup>    | Quarta  | 2,2                    | 0,8                      |
| 3 <sup>a</sup>    | Quarta  | 2,2                    | 0,8                      |
| 4 <sup>a</sup>    | Quarta  | 4,8                    | 1,9                      |
| 5 <sup>a</sup>    | Quarta  | 10,3                   | 4,6                      |
| 6 <sup>a</sup>    | Segunda | 10,4                   | 5,4                      |
|                   | Sexta   | 10,4                   | 5,4                      |
| 7 <sup>a</sup>    | Segunda | 19,4                   | 11,3                     |
|                   | Sexta   | 19,4                   | 11,3                     |
| 8 <sup>a</sup>    | Segunda | 20,5                   | 13,1                     |
|                   | Quarta  | 20,5                   | 13,1                     |
|                   | Sexta   | 20,5                   | 13,1                     |
| 9 <sup>a</sup>    | Segunda | 25,8                   | 16,6                     |
|                   | Quarta  | 25,8                   | 16,6                     |
|                   | Sexta   | 25,8                   | 16,6                     |
| 10 <sup>a</sup>   | Segunda | 24,2                   | 14,3                     |
|                   | Quarta  | 24,2                   | 14,3                     |
|                   | Sexta   | 24,2                   | 14,3                     |
| 11 <sup>a</sup>   | Segunda | 17,2                   | 8,8                      |
|                   | Quarta  | 17,2                   | 8,8                      |
|                   | Sexta   | 17,2                   | 8,8                      |
| 12 <sup>a</sup>   | Segunda | 15,1                   | 6,5                      |
|                   | Sexta   | 15,1                   | 6,5                      |
| 13 <sup>a</sup>   | Quarta  | 15,5                   | 5,7                      |
| 14 <sup>a</sup>   | Quarta  | 7,5                    | 2,4                      |
| 15 <sup>a</sup>   | Quarta  | 3,5                    | 1,0                      |
| <b>Total (kg)</b> |         | <b>400,9</b>           | <b>222,4</b>             |

**Tabela 6.** Quantidade da mistura de nitrato de amônio e cloreto de potássio (na proporção de 2:1) para adubação manual de cobertura.

| Época (DAP)                          | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|
| Quantidade (g planta <sup>-1</sup> ) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |

velhas para os drenos (Figura 22). Normalmente, a planta apresenta retranslocação em massa de nutrientes das folhas velhas para os drenos mais fortes (frutos e folhas novas) quando não são realizadas as adubações de cobertura se-

gundo a necessidade nutricional relacionada às taxas de crescimento (Figura 23).

Para exemplificar a interpretação das informações descritas no Quadro 1, caso em que as folhas definitivas estejam grandes, com



**Quadro 1.** Ajuste da quantidade de adubação de cobertura, principalmente N e K, apresentada nas Tabelas 5 e 6, com base na associação entre os sinais da planta e as condições climáticas.

|                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0 - Folhas definitivas grandes, com cor verde mais escura que as novas e aquelas da gema de crescimento, T° entre 21 e 30°C, tempo ensolarado: MANTER A ADUBAÇÃO DA TABELA OU AUMENTAR EM 50%;                                       |
| 1.1 - Repetindo-se as condições anteriores (1), porém iniciando a floração: AUMENTAR A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA EM 30%;                                                                                                                       |
| 1.2 - Repetindo-se as condições anteriores (1.1) em planta com fruto: AUMENTAR A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA EM ATÉ 50%;                                                                                                                         |
| 2.0 - Folhas grandes com verde-escuro brilhoso, pouca diferença com as da gema e barço vigoroso com cor verde intenso, T° entre 21 e 30°C, tempo ensolarado: DIMINUIR EM 50% EM RELAÇÃO A TABELA PARA O PERÍODO OU MANTER A ADUBAÇÃO;  |
| 2.1 - Repetindo-se as condições anteriores (2), porém iniciando a floração e a frutificação: MANTER A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA;                                                                                                               |
| 3.0 - Folhas grandes com verde-escuro brilhoso, pouca diferença com as da gema e barço vigoroso com cor verde intenso, T° entre 21 e 30°C, tempo nublado: DEIXAR DE ADUBAR OU DIMINUIR EM 50% AQUELA CONTIDA NA TABELA PARA O PERÍODO; |
| 3.1 - Repetindo-se as condições anteriores (3), porém iniciando a floração e a frutificação: DIMINUIR EM 50% A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA;                                                                                                      |
| 4.0 - Folhas definitivas grandes com cor verde mais escuro que as novas, inclusive aquelas da gema de crescimento, T° entre 18 e 20°C, tempo ensolarado: DIMINUIR ATÉ 50% DA ADUBAÇÃO DA TABELA OU MANTER;                             |
| 4.1 - Repetindo-se as condições anteriores (4), porém iniciando a floração e a frutificação: MANTER A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA;                                                                                                               |
| 5.0 - Folhas definitivas grandes com cor verde mais escuro que as novas (principalmente aquelas da gema de crescimento), T° de 18 e 20°C, tempo ensolarado: DIMINUIR EM 30% A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA OU MANTER A DA TABELA;                 |
| 5.1 - Repetindo-se as condições anteriores (5), porém iniciando a floração e a frutificação: MANTER A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA;                                                                                                               |
| 6.0 - Folhas definitivas grandes com cor verde mais escuro que as novas, inclusive aquelas da gema de crescimento, T° entre 18 e 20°C, tempo nublado: DIMINUIR EM ATÉ 50% A ADUBAÇÃO DA TABELA OU EM 30%;                              |
| 6.1 - Repetindo-se as condições anteriores (6), porém iniciando a floração e a frutificação: DIMINUIR A ADUBAÇÃO DA ÉPOCA EM ATÉ 30%;                                                                                                  |
| 7.0 - Folhas definitivas grandes com verde-escuro brilhoso, pouca ou nenhuma diferença com as da gema e barço vigoroso com cor verde intenso, T° entre 18 e 20°C, tempo nublado: DEIXAR DE ADUBAR.                                     |

cor verde mais escura que as novas e da gema de crescimento, temperatura ótima para o desenvolvimento, entre 21 e 30°C e tempo ensolarado, deve-se manter a adubação para o período contida na tabela ou aumentar em até 30% em caso de floração e 50% quando a planta estiver com fruta.

Em outro exemplo, em que a planta apresenta folhas mais velhas com tamanho grande e coloração verde-escuro brilhosa, semelhante coloração com as folhas novas, gemas e barço vigoroso com cor verde intensa, em condições climáticas ótimas para o desenvolvimento da planta, deve-se diminuir em 50% a adubação

contida na tabela para o período ou manter a adubação se esses sinais contidos na planta coincidirem com as condições climáticas e a plena floração e frutificação da cultura.



**Figura 21.** Planta apresentando diferença da cor verde mais escura das folhas maduras com o verde-clara das folhas novas.



**Figura 22.** Planta apresentando adubação correta, sem sinais de retranslocação de nutrientes.

## 6. Ambiente estressante

A moranga é uma planta rasteira com barcos longos e folhas grandes. Por isso, sua saúde, polinização e frutificação podem ser prejudicadas pelo vento forte, que a arrasta e enrola causando ferimentos. Daí a importância de quebra-ventos e das condições para estimular a fixação da planta pelas gavinhas e raízes fixadoras.

Alguns insetos, especialmente a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e a vaquinha (*Diabrotica speciosa*), têm ocasionado diminuição da densidade populacional da planta por realizar o corte raso da muda e pelo consumo das folhas cotiledonares respectivamente. Em ambos os casos, a rolagem das plantas de cobertura seguida do plantio imediato da muda diminui drasticamente o ataque da lagarta-rosca e sensivelmente o da vaquinha pelo fato de manter parte da dieta alimentar desses insetos ainda verde. Nesse caso, pode-se complementar o manejo da vaquinha atraindo-a com o plantio de algumas mudas de abobrinha caserta ou armadilha de tajuja (*Cayaponia tayuia* M.), facilitando seu controle localizado.

Caso tenham ocorrido ataques mais severos em anos anteriores ou por insegurança, pode-se recorrer ao tratamento das





**Figura 23.** Planta apresentando intensa retranslocação de nutrientes das folhas velhas para os drenos mais fortes. Angelina/SC, 2015.

mudas com o uso de inseticida na bandeja. Na safra seguinte, aconselha-se melhorar o coquetel de plantas de cobertura em quantidade de sementes e diversidade de plantas, assim como antecipar a semeadura. Nesse caso, a rolagem do coquetel de adubos verdes deve proporcionar suficiente alimento a esses organismos, evitando condições de se tornarem pragas.

A ocorrência de oídio (*Oidium sp.*) e da leandria, ou mancha zonada (*Leandria momordicae*), pode ser evitada pelo plantio com exposição Norte e o parcelamento do nitrogênio e de outros nutrientes. Plantas com coloração verde-clara e posterior amarelecimento das folhas mais maduras assinalam que está havendo retranslocação em massa de nutrientes para os drenos mais importantes da planta, como o fruto, determinando seu enfraquecimento e a possibilidade de entrada desses fungos que podem ocasionar danos severos à cultura.

Deve-se evitar a rotação dessa cucurbitácea com solanáceas, principalmente o pimentão, por serem suscetíveis à podridão do fruto (*Phytophthora capsici*). A maioria das áreas cultivadas com moranga no sistema convencional e sem rotação está sendo inviabilizada pela perda da produção com a podridão do fruto, principalmente no município de Ponte Alta (SC). É comum acontecer a

“queima” do fruto no ponto de colheita pela alta incidência de sol em lavoura com pouca cobertura verde ou em condição climática de alternância de dias nublados seguidos por dias ensolarados (Figura 24). Nesse caso, recomenda-se a proteção no local do fruto onde a incidência do raio solar é maior naqueles momentos mais quentes do dia com palha ou papel. O plantio de Cabotia consorciado com milho também pode ajudar a diminuir esse tipo de dano.

## 7. Colheita e comercialização

A colheita ocorre aproximadamente entre 90 e 110 dias após o plantio, e seu ponto é indicado por três principais sinais: quando o pedúnculo (cabinho do fruto) apresenta a cor palha (Figura 25); a cor laranja da sua casca em contato com o solo; e a perda de coloração da vegetação (Figura 26).



**Figura 24.** Fruto danificado pela exposição ao sol.





**Figura 25.** Fruto no ponto de colheita, quando o pedúnculo apresenta a cor palha.



**Figura 26.** Fruto em crescimento e próximo do ponto de colheita, observado pela mudança da cor verde intensa para a cor palha do pedúnculo.

O pedúnculo é cortado com tesoura de poda de cabo comprido no máximo com 2 cm de comprimento para evitar danos mecânicos em outros frutos. Os frutos são amontoados na lavoura e recolhidos para armazenagem em galpão ou em local sombreado e coberto com vegetação (Figura 27). Recomenda-se uma altura do amontoado com 1,5 m e tempo de armazenagem máximo de 3 meses, deixando os frutos com a polpa mais adocicada e menos fibrosa e com a coloração tendendo

para menos brilhosa e ao amarelo. A maioria dos produtores tem armazenado as morangas embaixo da copa de árvores e sobre palhadas, proporcionando um local arejado e sombreado. Também cobrem os frutos com capim seco ou folhas de samambaia, para permanecerem com boa coloração e qualidade mesmo após 3 meses.

A comercialização é a granel e com morangas pesando mais do que 1,2 kg. Os principais compradores são as Centrais de Abastecimentos Estaduais (CEASA) de São Paulo, Belo Horizonte, Goiânia, Brasília, Londrina, Curitiba e Porto Alegre.



**Figura 27.** Frutos de moranga armazenados adequadamente, cobertos com palha e a céu aberto.

## 8. Conclusão

Desde a década de 1960, na pauta da maioria dos movimentos populares e de parte da academia havia espaço para a produção de alimentos saudáveis e a proteção do meio ambiente. Nesse sentido, o SPDH é construído como uma proposta de transição agroecológica, caracterizada em seu eixo técnico-científico pela promoção da saúde das plantas e, em seu eixo político-pedagógico, pelo esforço por criar um movimento de massa englobando a agricultura familiar e técnicos do setor público para produzir alimentos limpos de agroquímicos, assim como preservar e melhorar o meio ambiente.



## Bibliografia

- AMARANTE, C.V.T.; MACEDO, A. F.; BISOGNIN, D.A. *et al.* Contribuição das folhas cotiledonares para o crescimento inicial de plantas de abóbora híbrida tetsukabuto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.17-21, 1995.
- AMARANTE, C.V.T.; MACEDO, A.F. Frutificação e crescimento de frutos em abóbora híbrida 'tetsukabuto' tratada com alfa-naftalenoacetato de sódio. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, 2000.
- BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F.; KOTHE, D.; SIMMLER, A.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.4, p. 627-631, outubro/dezembro 2003.
- CASSERES, E. **Produccion de hortalizas**. São José: IICA, 1984. 387p.
- CHITARRA, M.I.F.; CARVALHO, V.D.; CHENG, S.S. Características físicas e químicas de abóbora e maracujá e seus híbridos. **Ciência e Prática**, 1979.
- COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; KURTZ, C.; MAFRA, A. L.; CURMI, P. **Guia prático de avaliação participativa do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortalizas** (SPDH). UFSC, 12p. 2013.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral das plantas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.
- Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, Epamig, 8 (85) Jan. 1982.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- LATTARO, L.H.; MALERBO-SOUZA, D.T. Polinização entomófila em abóbora, Cucurbita mixta (*Cucurbitaceae*). *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v.28, n.4, p.563-568, 2006.
- Manual de calagem e adubação**. CQFS-RS e SC, 375 p., 2016.
- MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. **Marscher's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2012. 651p.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- NASCIMENTO WM; COIMBRA KG; FREITAS RA; BOITEUX LS. 2008. Eficiência de acessos de Cucurbita máxima como polinizadores de abóbora híbrida do tipo "Tetsukabuto". **Horticultura Brasileira** 26: 540-542.
- PEREIRA, W. Recomendações básicas para a frutificação da abóbora híbrida tipo tetsukabuto - uso de polinizadores e produtos hormonais. Brasília, **Embrapa Hortalças**, 1999.
- PORTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P.; ALVES, J. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora tipo 'Tetsukabuto' em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira** 32: 280-285, 2014.
- PUIATTI, M.; SILVA, D. J. H. Abóbora e moranga. In: FONTES, P. C. R. (ed.) **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV p. 279-297, 2005.
- SAADE, R.L. **Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las cucurbitaceae**. México: UNAM, 1995. 281p.
- STAPLETON, S.C.; WIEN, H.C.; MORSE, R.A. Flowering and fruit set of pumpkin cultivars under field conditions. **HortScience**, Florida, v.35, 6, p.1074-1077, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACCION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora tipo Tetsukabuto. **Horticultura brasileira**, 25:375-380, 2007.
- Waldir A Marouelli, Geovani B Amaro, Marcos B Braga. Resposta da abóbora híbrida Tetsukabuto às lâminas d'água e doses de nitrogênio. **Hortic. Bras.** vol.35 no.3 Vitória da Conquista julho / setembro 2017.

## CULTIVO DE BRÁSSICAS: COUVE-FLOR, BRÓCOLIS E REPOLHO

Marcelo Zanella

Vilmar Müller Jr

Carlos Koerich

### 1. O brócolis, a couve-flor e o repolho

As informações contidas nesta seção são baseadas em experimentos conduzidos nas Estações Experimentais da Epagri, nas lavouras de estudo, no livro de Geoffrey R. Dixon (2007) e de revisão bibliográfica. Compreender as origens e os cruzamentos das brássicas envolve uma viagem biológica fascinante ao longo do tempo, observando populações de plantas selvagens acasalando e formando híbridos estáveis. Diversidade genética e flexibilidade são características de todos os membros da família Brassicaceae (anteriormente classificada como crucífera), com evidência de que muitos dos selvagens de *Brassica spp.* e seus familiares próximos habitam regiões costeiras e ambientes áridos em meio a rochas e desertos desde a China, Japão, Paquistão, Índia, Irã, Iraque, Palestina, Síria, Etiópia, Quênia, Egito, Europa e toda Costa Mediterrânea que abrange o Norte africano e Sul europeu.

A humanidade levou os pais selvagens e sua descendência híbrida, refinando-os pela seleção e combinação, sempre objetivando maiores colheitas para o abastecimento mundial de alimentos, chegando às três espécies híbridas de particular interesse como ancestrais das brássicas cultivadas: 1) *Brassica carinata* (n = 17) foi formado a partir de *B. oleracea* (n = 9) e *B. nigra* (n = 8). Esta espécie é caracterizada pelo crescimento lento e constante sendo domesticada em áreas de planalto da Etiópia e mais ao Sul do Quênia. Os agricultores locais as cultivam em “jardins de couve” como fonte de legume e óleo.

2) *Brassica juncea* (n = 18) é um híbrido entre *B. rapa* (n = 10) e *B. nigra* (n = 8), sendo a *B. juncea* cultivada como fonte de óleo vegetal tendo importância na Índia, enquanto em toda a Ásia, especialmente na China e no Japão, a planta tem uma grande diversidade de formas de cultivo e são utilizados como legumes básicos de imensa importância na dieta. 3) *B. napus* (n = 19), este híbrido tem formas selvagens na Suécia, Dinamarca, Holanda e Reino Unido. É desenvolvido a partir de *B. rapa* (n = 10) e *B. oleracea* (n = 9). Este híbrido pode ter formado cultivares da *B. oleracea* que expandiu seu *habitat* ao longo da costa do Norte da Europa e a *B. rapa* expandindo nas regiões do Irã.

A notável diversidade de couve-flor (*B. oleracea* L. var. *Botrytis* L.) e de brócolis (*B. oleracea* L. var. *Italica Plenck*) desenvolvido na Europa podem ter origem de variedades da Itália que evoluíram a partir de germoplasma do mediterrâneo oriental, introduzido na época romana. Nos últimos 400 anos a couve-flor se espalhou da Itália para a Europa Central e do Norte, que se tornaram centros secundários importantes da diversidade para as couves-flor anuais e bienais agora cultivadas em todo o mundo em clima temperado. A couve-flor, adaptada às condições tropicais quentes e úmidas, evoluiu na Índia durante os últimos 200 anos a partir de couve-flor bienal trazidas da região britânica por comerciantes e colonizadores ingleses. A couve-flor é uma erva anual ou bienal, com 50 a 80 cm de altura na

fase vegetativa e 90 a 150 centímetros quando na floração. O sistema radicular é fortemente ramificado, concentrando-se nos primeiros 30 cm do solo, com laterais grossas penetrando nas camadas mais profundas. O caule é ramificado, de 20 a 30 cm de comprimento e engrossando a partir da base para cima. As folhas são em roseta com 15 a 25 unidades, de formato grande, oblongas e eretas que cercam a cabeça compacta composta de flores. Normalmente as gemas laterais não se desenvolvem nas axilas das folhas. As folhas são revestidas com uma camada de cera, possuem cor variando do cinza para o azul-verde composta por veias na cor esbranquiçada. As folhas variam a partir de duas formas básicas onde uma tem bordas curvas é curta e larga (40 a 50 cm por 30 a 40 cm) e outra com bordas lisas é longa e estreita (70 a 80 por 20 a 30 cm). A cabeça é constituída por uma cúpula de meristemas florais que vai da cor branca ao creme com numerosos pedúnculos curtos e carnudos que possuem uma estrutura que varia da frouxa para muito sólida, da achatada para a forma globular com diâmetro de 100 a 400 mm. As folhas jovens podem envolver a inflorescência até um estágio muito avançado de desenvolvimento. O pendramento na couve-flor pode ser composto por várias hastes florais.

O brócolis que se tornou popular no Norte da Europa do século 18 é uma palavra derivada do latim, *brachium*. Quando composto por vários “brotos” de flor com cor verde, roxa ou branca é denominado de “brócolo”. Brócolis com uma única cabeça verde foi introduzida na América por imigrantes italianos no início do século 20, tornando-se popular no Brasil a partir dos últimos 30 anos.

As civilizações antigas utilizavam diversas variedades de repolho e estes provavelmente foram refinados em domesticação no início da Idade Média no Noroeste da Europa como parte importante da dieta humana, na medicina e como forragem animal. Sugere-se que os seus progenitores foram as couves selvagens (*B. oleracea*) que são encontradas nas margens costeiras da Europa Ocidental, especialmente na Inglaterra e na França. Os romanos descreveram métodos para a preservação do repolho feito nas colônias, como o chucrute que se tornou fonte importante de vitaminas no inverno e em longas viagens

marítimas. Foram sendo selecionadas as plantas de couve com folhas próximas umas das outras ao longo da haste e sobrepondo-se para formar uma cabeça compacta, com coração rodeado por folhas jovens. A cabeça possui forma esférica, achatada ou cônica, com folha lisa ou ondulada. A produção de sementes de repolho é relativamente simples proporcionando um grande número de variedades regionais e locais que foram selecionadas para as características climáticas e de manejo particulares. A partir do século 16 em diante, os colonizadores europeus introduziram repolhos em todo o mundo. Imigrantes escandinavos e alemães introduziram o repolho na América, iniciando seu cultivo nas regiões tropicais restrito a áreas de altitudes e nas estações mais frias. A maioria dos cultivares são híbridos F1 provenientes de um grupo circunscrito de plantas com parentesco próximos.

A pequena erva de *Arabidopsis thaliana* tornou-se uma fonte para a biologia molecular, por apresentar ciclo rápido de desenvolvimento, sendo importante ferramenta de ensino e pesquisa. Incentivou estudos que elegeram as brássicas como alimento funcional e com papel na luta contra o câncer e doenças coronárias. Constitui boa fonte de vitaminas A, C, D, complexo B, potássio, fósforo, sódio e ferro. Na Tabela 1, estão apresentados alguns valores nutricionais do brócolis.

Os atributos ao bem-estar e à saúde proporcionados pelas brássicas se encontram em suas habilidades para reduzir a incidência de câncer humano e as doenças coronárias quando consumidas em longo período de tempo, como parte de uma dieta. A este respeito, há interesse especial pelo brócolis devido ao seu conteúdo em sulphorathane que está associada com a redução de espécies de oxigênio reativo em tecidos, podendo proporcionar proteção contra o câncer e as doenças coronárias. Anteriormente, este gênero era evitado pelo consumidor em grande parte devido à presença de aminoácidos contendo enxofre, que liberava odores inaceitáveis quando cozido e por ser ligeiramente tóxico.

Os benefícios à saúde estão relacionados com o seu conteúdo de glucosinolatos. Estes são um grupo de metabolitos secundários à base de enxofre que estão presentes em pelo menos 16 famílias das plantas dicotiledôneas (FAHEY *et al.*,



**Tabela 1.** Conteúdo de energia, água, fibras, minerais e vitaminas, presentes em 100 g de flores de brócolis.

| <b>Energia</b> | <b>Água</b> | <b>Fibras</b> | <b>Cu</b> | <b>S</b>   | <b>Mg</b> | <b>Mn</b>   | <b>Zn</b>     | <b>K</b> |
|----------------|-------------|---------------|-----------|------------|-----------|-------------|---------------|----------|
| (cal)          | (g)         | (g)           | (mg)      | (mg)       | (mg)      | (mg)        | (mg)          | (mg)     |
| 29,4           | 90,7        | 3,8           | 0,04      | ---        | 25        | 0,2         | 0,4           | 325      |
| Na             | Ca          | Fe            | P         | Vitamina A | Tiamina   | Riboflavina | Ac. Ascórbico |          |
| (mg)           | (mg)        | (mg)          | (mg)      | (µg)       | (µg)      | (mg)        | (µg)          |          |
| 27             | 400         | 15            | 70        | 350        | 54        | 350         | 83            |          |

**Fonte:** Luengo *et al.*, 2000 (adaptado).

2001). Couves selvagens e domesticadas contêm mais de 100 formas diferentes da molécula de glucosinolatos e todos eles possuem uma estrutura básica composto por três partes: um grupo  $\beta$ -D-thioglucoose, um radical sulfonado e uma cadeia lateral variável. Várias couves comuns, couve de Bruxelas e brócolis contêm as três porções. Eles permanecem inativos em células intactas, mas os danos são ocasionados pela enzima mirosinase que decompõe o glucosinolato em diversos produtos, como as nitrilas e isotiocianatos. Estas são as fontes de sabores amargos e pican-tes das brássicas. Sua função original pode ter sido a de defesa natural contra alguns insetos e vertebrados. Há um crescente corpo de evidências epidemiológicas e experimentais mostrando que o consumo de Brássica reduz especificamente o risco de câncer no pulmão humano e trato intestinal (CHU *et al.*, 2002; LESTER, 2006). As evidências sugerem, por exemplo, que sulphorathane, um isotiocianato presente no brócolis auxilia na desintoxicação de substâncias cancerígenas. Estes glucosinolatos são altamente ins-táveis, seus benefícios para a saúde dependem de muitas variáveis relacionadas à ingestão e metabolismo seguindo uma série de fatores que afetam as suas concentrações durante seu cul-tivo, colheita, armazenamento e processamen-to. Estudos laboratoriais recentes, utilizando planta de *B. rapa* sugerem que as influências do zinco no teor de glucosinolatos, dá gosto amargo com propriedades medicinais (COOLONG *et al.*, 2004). Em algumas culturas, como o repolho vermelho e branco, as concentrações de glucosi-nolatos permanecem estáveis por vários meses

após a colheita. No processo de industrialização que causam danos físicos pode ocorrer a ativa-ção de mirosinase e a liberação de produtos da degradação dos glucosinolatos. Quando as cultu-ras são submetidas a tratamento térmico como o branqueamento de brócolos picado, não haverá redução das concentrações de glucosinolatos. Há evidências de que a fermentação na produção de chucrute ou Kimchi provoca uma perda comple-ta de glucosinolatos.

## 2. Ecofisiologia

O brócolis e a couve-flor possuem caule curto composto por folhas jovens e primórdios foliares situados alternadamente e separados pela expansão de entrenós. Todas as folhas do repolho também saem alternadamente ao re-dor do caule, porém com a distância de entre-nós bem mais curta, sendo que as primeiras fi-cam abertas e as demais fecham-se em torno da gema apical, formando a cabeça.

Este estágio vegetativo, de emissão e ex-pansão foliar, é caracterizado como fase juvenil que é seguida pela fase adulta. Neste último está-dio de desenvolvimento, ocorrem a formação do primórdio floral, o florescimento e a produção de semente, fechando o ciclo da planta. É de interes-se alimentar nas plantas de brócolis e couve-flor a fase da floração ainda imatura, e o repolho é consumido ainda na fase vegetativa anterior a emissão do pendão floral.

Estas plantas são exigentes em temperatu-ra e luz. A emissão e expansão foliar, a formação

do primórdio floral (botão floral) e a iniciação da floração são dependentes da temperatura, acúmulo de fotoassimilados e da nutrição, em especial a quantidade de nitrogênio.

### 2.1. O clima e a fisiologia do desenvolvimento

A fisiologia descreve e mede os processos genéticos de crescimento e reprodução, relacionando estes a fatores ambientais, como temperatura, radiação, fotoperíodo e disponibilidade de nutrientes, num esforço para compreender a interação entre genótipo e ambiente. A fisiologia da produção tem significado prático imediato, permitindo a previsão das taxas de crescimento e da maturidade afetados pela mudança nos padrões de clima e outros eventos. Cada vez mais o conhecimento detalhado das fases de crescimento da planta e sua alteração pela temperatura está facilitando horticultores a planejar e prever datas de plantio e colheita.

Para muitas culturas, a utilização de valores de temperatura acumuladas acima do mínimo necessário, fornece uma escala de tempo pelo qual pode-se acompanhar a cultura do plantio até à maturidade. Este método só é aplicável quando a velocidade do desenvolvimento é uma função linear com a temperatura (MONTEITH, 1981). Em gramíneas, por exemplo, a taxa de aparecimento de folhas e o relacionamento com o tempo para ocorrer a antese (florescimento) está linearmente relacionada com a temperatura (GALLAGHER, 1979). Aparecimento de folhas em algumas dicotiledôneas como a beterraba (MILFORD *et al.*, 1985), também está relacionada com a temperatura. Lamentavelmente, a previsão do desenvolvimento das brássicas relacionado ao seu ambiente revelou-se menos simples (Figura 1).

Para uma melhor compreensão do crescimento e desenvolvimento em Brássica foi iniciado estudos com a couve de Bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifer*) possibilitando vasto conhecimento sobre as demais plantas deste gênero. As *Brassica* spp. são de fotoperiodismo neutro e a floração é induzida por baixas temperaturas. Em condições de temperaturas altas, as plantas permanecem na fase vegetativa. Se as plantas estão expostas a baixas temperaturas no outono e no inverno, a floração normalmente começa na próxima primavera. O grau e rapidez de floração são determinados pela idade da planta e pelo tempo de exposição ao frio (STOKES e VERKERK, 1951). Nas cultivares de verão, como a maioria dos brócolis e algumas couve-flor e repolho, a vernalização ocorre com temperaturas próximas a 25°C. A maioria das brássicas necessitam de vernalização com temperaturas abaixo de 10°C e precisam que o diâmetro do caule seja no mínimo de 10 mm e de preferência com 15 mm. Antes desta fase a planta pode não responder a temperaturas baixas.

Durante a fase juvenil, anterior à emissão do primórdio floral, há acúmulo intenso de matéria seca na haste, tornando-se um órgão de reserva nutricional. A quantidade de biomassa acumulada nas folhas e raízes atinge valores máximos na fase juvenil e depois permanece constante ao longo

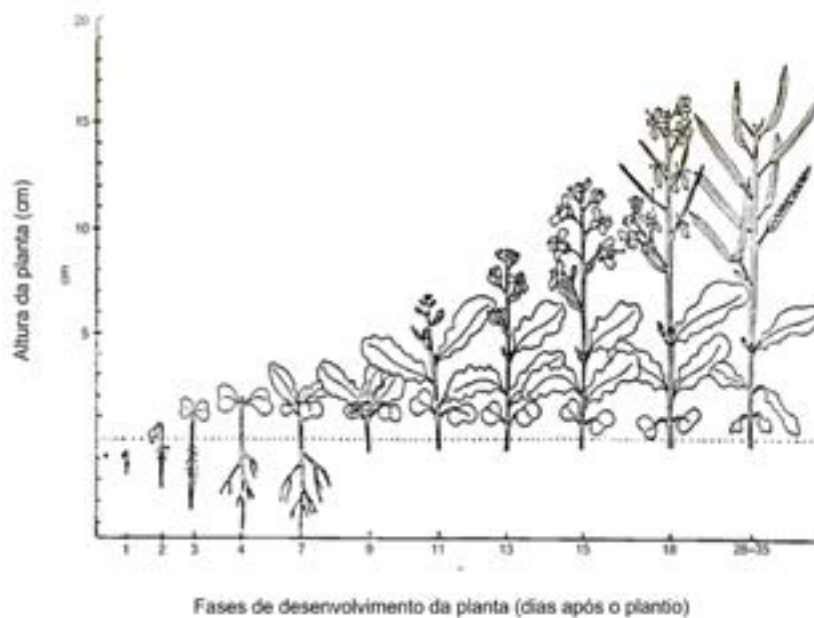


**Figura 1.** Representação esquemática das fases de germinação, crescimento, florescimento e formação de sementes em população de *Brassica rapa*. (Adaptado de P.H. Williams).

do ciclo cultural. A formação de gemas axilares e alteração da morfologia no ponto de crescimento apical são acompanhadas por acúmulo máximo de biomassa de armazenamento na haste.

A mudança para o estágio floral é acompanhada por alterações na morfologia geral da planta. Isto resulta numa redução do comprimento do pecíolo e produção de folhas, localizadas na parte superior da planta, na forma de cinta longa. Estas folhas têm um ângulo cada vez maior com a haste (STOKES e VERKERK, 1951).

Na primeira fase de crescimento da cultura, a densidade de planta na área de cultivo não tem qualquer influência sobre o número de folhas formadas. Porém, as folhas formadas em densidade elevada ficam menores em relação ao espaçamento mais largo. Índice de área foliar (IAF, área foliar por unidade de área de terreno) atinge valores máximos (5 a 6), até o pendoamento e depois diminui para valores de 1 a 2,5. O desenvolvimento do IAF é mais rápido em plantações do tarde, mas é fortemente influenciado pela densidade de plantio. A couve de Bruxelas pode interceptar até 90% da radiação disponível com IAF entre 3,5 a 3,8. Valores de IAF de 3,5 são alcançados mais rapidamente em plantios nas estações mais quentes. A estratégia mais eficaz é desenvolver alta IAF o mais cedo possível para interceptar ao máximo a radiação solar.

## 2.2. Couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*)

A couve-flor é uma planta de caule curto, composta de folhas jovens e primórdios foliares, situados ao redor de uma gema apical e separados por expansão dos entrenós. As fases de crescimento da couve-flor e brócolis podem ser divididas em oito estágios:

- 0 - estado vegetativo;
- 1 - estágio de formação da gema floral;
- 2 - início do estágio de formação da cabeça (iniciação do primórdio da inflorescência);
- 3 - fase intermediária de formação da cabeça (aumento de primórdios de inflorescência sem botões de flores);

4 - fase final de formação da cabeça (nova iniciação de primórdios de inflorescência em torno da inflorescência de primeira ordem);

5 - fase de iniciação dos órgãos florais na flor, formando as sépalas;

6 - fase de formação de pistilo e estame;

7 - formação da pétala;

8 - fase de alongamento da pétala.

Normalmente, o ponto de colheita da cabeça da couve-flor e brócolis corresponde ao primórdio da inflorescência que não se desenvolveu além do estado de protuberância primário (estágios 3 e 4). Seguido pelo amadurecimento, com o alongamento do pedúnculo da inflorescência e o desenvolvimento do botão floral com as sépalas, estames e pistilos (estágios 5, 6, 7 e 8). A cabeça madura é composta por uma única haste de flor e numerosas inflorescências que se ramificam várias vezes. Existem numerosos primórdios de inflorescência em um estado de protuberância primário sobre a superfície de uma cabeça de couve-flor e brócolis.

O desenvolvimento da planta, do plantio da muda até a colheita, pode ser dividido fisiologicamente em três fases distintas, que respondem de forma diferente a temperatura ambiental: juvenil, indução da inflorescência e inflorescência.

### 2.2.1. Fase juvenil

Também denominada fase vegetativa, é onde a altura da planta e o tamanho e número das folhas aumentam numa velocidade dependente da temperatura (Figura 2). O fim desta fase é identificado pela iniciação do primórdio floral. Essa mudança morfológica pode relacionar-se a planta ter produzido um número crítico de folhas, e isso varia de acordo com diferentes genótipos (BOOIJ e STRUIK, 1990). A presença de um número de folhas que varia de 8 a 19, marca o fim do período juvenil em diferentes cultivares. A taxa na qual as folhas são iniciadas não é uniforme e aumenta nos últimos estágios da juvenilidade. Este evento, no entanto, não está ligado ao final do período juvenil de acordo com Booi





**Figura 2.** Fase juvenil ou vegetativa do brócolis.

e Struik (1990). A couve-flor e o brócolis chegam a 'idade fisiológica' antes do aparecimento da cabeça, sendo iniciado na sequência de um período de temperaturas mais baixas. Algumas pesquisas sugerem que a taxa com que a idade fisiológica é atingida por ser manipulada por tratamento a frio em sementes (FUJIME e HIROSE, 1979).

### 2.2.2. Indução da formação da cabeça

Após a juvenilidade, segue uma fase de indução da formação da cabeça (Figura 3) para a qual são necessárias temperaturas relativamente baixas. O termo vernalização é por vezes utilizado para descrever a resposta da planta a temperatura, sendo que as condições frias aceleram a iniciação do primórdio floral em brássicas. Wurr *et al.* (1990a), em estudos ao longo de três temporadas de cultivo, mostrou que nem sempre a planta responde a vernalização para a iniciação floral. Temperaturas amenas da primavera podem retardar a formação da cabeça, mais que as temperaturas altas no verão. Na prática, altas temperaturas aceleram a formação da cabeça, mas resultam em cabeças pequenas, imaturas e de baixa qualidade.

Atherton *et al.* (1987) mostraram que a iniciação é mais rápida em planta mais pequena, numa fase mais precoce do desenvolvimento, depois de ser exposta a temperaturas de 5 ou 10°C durante 4 semanas. A resposta mais acentuada ao tratamento foi nas cultivares mais precoces onde a temperatura ideal para vernalização foi de 5,5°C (ROBERTS e SUMMERFIELD, 1987).

Temperaturas fora do intervalo entre 0 a 22°C são consideradas como inibidoras da iniciação dos primórdios florais. Em

cultivares de verão, foi necessário tratamento de refrigeração de 0 a 14°C, apesar do aumento de carboidratos na gema apical durante este período, mostrando que o simples processo de acúmulo de matéria seca não explica o efeito da



**Figura 3.** Iniciação floral na couve-flor.



vernalização. O efeito imediato da refrigeração é parar a iniciação foliar e o crescimento no ápice, que pode ser explicado pelo desvio do acúmulo dos fotoassimilados para o desenvolvimento do primórdio floral. As temperaturas ótimas de 10-12°C foram relatadas como necessárias para a indução da fase reprodutiva (WIEBE, 1972). Variações diárias de temperatura, no entanto, parecem ser de pouco significado. Na prática, o número de folhas e a temperatura irão fornecer informações sobre a indução floral relativa a cada cultivar.

### 2.2.3. Fase de crescimento da inflorescência

O diâmetro da cabeça aumenta com a temperatura, até um máximo (WIEBE, 1975; WURR *et al.*, 1990b). Os efeitos contrastantes da temperatura sobre o desenvolvimento em diferentes fases de crescimento são as prováveis causas dos principais problemas encontrados pelos produtores em manter a continuidade da formação da cabeça durante o cultivo no campo (Figura 4). A duração do período de crescimento da inflorescência imatura é relativamente constante, sendo que temperaturas mais baixas

aumentam o período de crescimento da inflorescência.

### 2.3. Particularidades do brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*)

As opiniões variam no que se refere ao brócolis depender da vernalização para a iniciação da inflorescência, indicando que pode ser uma exigência facultativa. Isto significa que as condições mais frias não aceleram a iniciação floral. A temperatura afeta o número de nós produzidos antes da iniciação da inflorescência. O crescimento da cabeça também é afetado pela radiação solar, refletindo nas altas densidades de plantio em que o brócolis é cultivado.

Morfologicamente, o brócolis segue padrões de desenvolvimento semelhantes aos da couve-flor, ou seja, juvenil, indução da cabeça (iniciação) e fases de crescimento da cabeça (Figura 5). A iniciação floral requer o desenvolvimento de pelo menos 14 folhas, das quais sete devem ser visíveis a olho nu. Períodos com temperaturas elevadas aumenta o número de dias para atingir este número de folhas. Há um forte efeito do genótipo, e algumas cultivares não

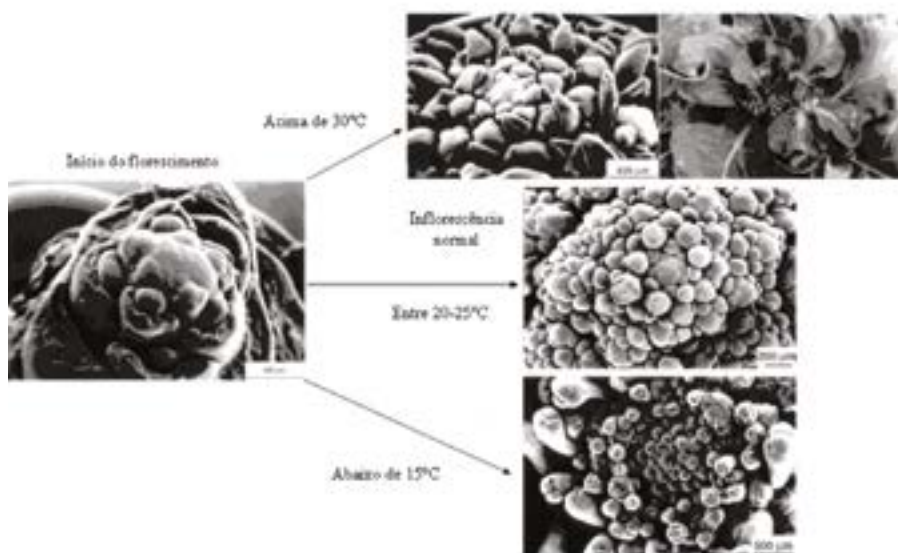


**Figura 4.** Ilustração de inflorescência anormal da planta de couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) cv. Snow Queen cultivada em várias temperaturas, após a formação da inflorescência (adaptado de Fujima e Okuda).

são adequadas para altas temperaturas, o que resulta em malformação da cabeça. O número mínimo de folhas necessárias antes da iniciação floral pode indicar a duração da fase juvenil em diferentes cultivares de brócolis. O número total de folhas iniciadas no ápice da haste está diretamente relacionado ao número de folhas visíveis (isto também se aplica a couve-flor). Isso fornece um meio de determinar as fases de crescimento da cultura no campo, contando folhas visíveis (Figura 6).



**Figura 5.** Ciclo do brócolis, da muda até a floração.



**Figura 6.** Iniciação floral em brócolis.

Em brócolis a iniciação da inflorescência e seu espessamento podem progredir com a floração. Assim, os botões florais chegam à fase de formação de pétala antes do ponto de colheita. A couve-flor possui um mecanismo que impede a progressão de botão de flor durante a formação e espessamento da cabeça. A inflorescência do brócolis é composta por órgãos semelhantes

à da couve-flor, mas o seu desenvolvimento progride de forma diferente. Isto significa que a qualidade da inflorescência do brócolis, tal como definido pela retenção de um estágio verde totalmente subdesenvolvido é mais difícil de preservar. O amarelecimento da inflorescência resultante do aparecimento de sépalas acontece muito mais rapidamente do que em couve-flor. A cabeça é colhida pouco antes das flores abertas. Neste caso, a radiação solar regula o crescimento da cultura e também afeta na precocidade da colheita. Não há relatos sobre o comprimento do dia (fotoperíodo) afetar o desenvolvimento do brócolis.

#### **2.4. Particularidades do repolho** (*Brassica oleracea* var. capitata)

A previsão da maturidade de cabeça do repolho, usando métodos de acumulação de unidade de calor sugerido por Isenberg *et al.* (1975), não foi aceito para uso prático. Estimativas de maturidade ainda permanecem

subjetivas e empíricas, com base em avaliações visuais e testes de firmeza com o dedo (Figura 7). O repolho responde a temperaturas indutivas na germinação e, aparentemente, não há na fase juvenil nenhum indício de iniciação floral quando a vernalização está concluída. O repolho necessita de temperatura mínima de 18°C para reduzir o florescimento no campo. Os processos



**Figura 7.** Estimativas de maturidade ainda permanecem subjetiva e empírica, com base em avaliações visuais e testes de firmeza com o dedo.

de vernalização e extensão do ponto de crescimento são controlados separadamente. Sabe-se que o alongamento do caule pode ocorrer sem a formação de flor. O florescimento também é incentivado por dias longos.

### 2.5. Influência da nutrição

A manipulação do fornecimento de nitrogênio inorgânico para as plantas de couve-flor e brócolis pode substituir a refrigeração e restringir o crescimento em termos de área foliar e tamanho do pecíolo. Em temperaturas altas, a deficiência de nitrogênio retardou a iniciação floral e o aparecimento de folhas. A restrição de nitrogênio não afetou a taxa de vernalização na presença de frio indutivo. A limitação de nitrogênio reduz os teores de biomassa da gema apical e das folhas jovens.

### 2.6. Influência do teor de carboidratos

Os hidratos de carbono têm sido associados com os processos de vernalização. Eles aumentam

na gema apical enquanto o processo avança. Atherton *et al.* (1987) postulou que a alocação de sacarose na gema apical de couve-flor intacta pode substituir parcialmente o estímulo da baixa temperatura na iniciação da inflorescência. Os autores sugeriram que os eventos que levam à iniciação da inflorescência em couve-flor incluem a redistribuição preferencial de hidratos de carbono para a gema apical à custa de folhas jovens, primórdios foliares e tecidos adjacentes.

O desenvolvimento da inflorescência em couve-flor e brócolis é um evento

distinto do processo de crescimento que envolve o acúmulo de matéria seca e aumento da área foliar. Para ambas as culturas, modelos que ajudam na previsão da época de colheita existem com base no uso de valores acumulados de tempo térmicos e valores logarítmicos do diâmetro da inflorescência (SALTER, 1969). Quando é conhecido o diâmetro da inflorescência, o tempo térmico necessário para atingir a maturidade pode ser estimado utilizando temperaturas médias obtidas a partir de registros meteorológicos para uma determinada localidade.

### 2.7. Influência do genótipo

Mais recentemente, Pearson *et al.* (1994) tentaram formular modelos que preveem o tempo necessário para a iniciação da inflorescência e da taxa de crescimento no verão e outono de couve-flor e brócolis. A temperatura ótima para o crescimento da inflorescência variou com o genótipo, como relatado por Wurr *et al.* (1990b), que deriva de um modelo de regressão com base na constante de tempo térmico entre o início da inflorescência e a obtenção de seu diâmetro específico.



Na safra onde o plantio é no final de verão há maior número de folhas na fase juvenil. As primeiras evidências produzidas por Wellington (1972) identificaram uma correlação empírica entre o início da inflorescência com a temperatura durante a fase vegetativa. Sua quantificação posterior mostrou que a planta mantida acima de 15,6°C manteve-se vegetativa, e o tempo de exposição a condições de calor era cumulativo (HAINE, 1959). A razão mais provável para estas variações são as diferenças no tempo de iniciação da inflorescência. Mais recentemente, Wurr *et al.* (1981b) mostraram que a influência da temperatura na indução da inflorescência é limitada pelo genótipo. Wurr e Fellows (1998) mostraram que tanto a luz como a temperatura são importantes reguladores da produção de folhas em duas seleções de couve-flor. O aumento da temperatura durante o crescimento da planta aumentou o período para a iniciação da inflorescência.

## 2.8. A produção e alocação de biomassa

A base deste capítulo são os resultados dos trabalhos experimentais realizados pela Epagri e UFSC-CCA (Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia – NEPEA/SC) em 2012 na unidade familiar dos Schuler, em Anitápolis (SC), onde determinou-se semanalmente o acúmulo e partição de biomassa em brócolis cv. Avenger e do trabalho da equipe de Castoldi *et al.* (2009) com couve-flor cv. Verona. A planta apresentou aos 35 dias após plantio (DAP) treze folhas, dos 42 aos 49 DAP quinze folhas, chegando ao máximo de dezenove folhas a partir dos 56 DAP até a

colheita. O diâmetro de flor aos 56 DAP foi de um centímetro, chegando na colheita aos 77 DAP, com aproximadamente 17 centímetros (Tabela 2).

Durante todo o ciclo analisado, do plantio até a colheita da inflorescência imatura, a planta apresentou acúmulos crescentes de biomassa seca em todos os órgãos chegando ao máximo de 96,7 g planta<sup>-1</sup>, aos 77 DAP distribuído na folha com 62,5 g planta<sup>-1</sup>; no talo com 13,0 g planta<sup>-1</sup> e na flor com 21,2 g planta<sup>-1</sup>. A curva de crescimento da planta não apresentou seu ponto de estabilização aos 77 DAP devido a interrupção do ciclo da planta ocasionado pela colheita da inflorescência imatura.

Observando o crescimento da planta que acumulou quantidade de massa seca em três fases distintas: a primeira até os 21 DAP com 2,79 g equivalendo a 2,9% do total acumulado de massa seca. Na segunda fase, entre 21 e 49 DAP, acumulou 24,01 g equivalendo a 24,8% do total e a última fase, entre 49 e 77 DAP, acumulou 69,9 g equivalendo a 72,3% do total de massa seca acumulada até a colheita da cabeça de brócolis (Figura 8).

A dinâmica de crescimento da couve-flor, cv. Verona, é semelhante ao do brócolis. Acumulou continuamente massa seca ao longo do seu cultivo até a colheita da cabeça aos 69 DAP, chegando ao máximo com o total de 283 g. Esta biomassa foi distribuída no caule com 23 g planta<sup>-1</sup>, nas folhas com 175 g planta<sup>-1</sup> e na cabeça com 90 g planta<sup>-1</sup>. Neste período, a planta aumentou o IAF até a colheita com o valor de 4,243 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>, índice maior que em repolho onde o melhor IAF para a cultura foi de 2,88 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>, encontrado pela equipe de Aquino *et al.* (2005).

**Tabela 2.** Acúmulo semanal de biomassa seca pela planta de brócolis e a alocada na folha, talo e inflorescência, cv. Avenger.

| Parte da planta | Quantidade de biomassa seca da planta (g planta <sup>-1</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | Idade da planta (dias após plantio)                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                 | Muda                                                            | 7    | 14   | 21   | 28   | 35   | 42   | 49   | 56   | 63   | 70   | 77   |
| Folha           | 0,11                                                            | 0,19 | 0,54 | 2,37 | 3,31 | 7,93 | 11,5 | 23,5 | 36,4 | 40,7 | 49,3 | 62,5 |
| Talo            | 0,02                                                            | 0,05 | 0,16 | 0,42 | 0,61 | 1,28 | 1,74 | 3,32 | 4,68 | 6,64 | 9,28 | 13,0 |
| Inflorescência  | -                                                               | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,12 | 1,13 | 3,68 | 21,2 |
| Total           | 0,13                                                            | 0,25 | 0,70 | 2,79 | 3,93 | 9,21 | 13,2 | 26,8 | 41,2 | 48,4 | 62,3 | 96,7 |



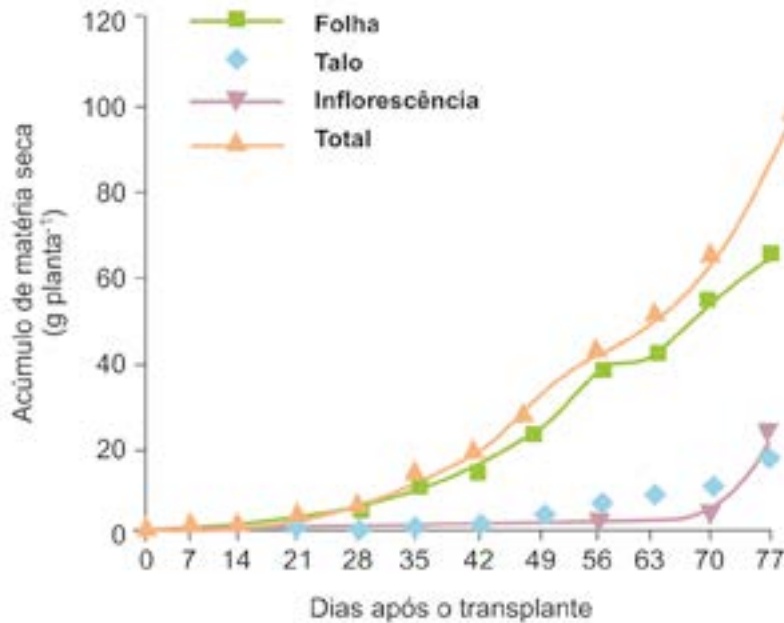


**Figura 8.** Acúmulo semanal de biomassa seca pela planta de brócolis e a alocada na folha, talo e inflorescência, cv. Avenger.

### 3. Critérios para escolha de espaçamento de plantio

Em culturas de couve-flor e brócolis, os resultados mostram que com o aumento do espaçamento na forma retangular, onde há diminuição do espaçamento na linha de plantio e aumento da entre linha, a produtividade das culturas diminuiu (CHUNG, 1982). Isso indica que é mais vantajoso o cultivo em formação quadrada, em vez do padrão retangular (SALTER *et al.*, 1984; SUTHERLAND *et al.*, 1989). Modificações nas densidades populacionais de plantas são usadas para controlar o peso e tamanho da cabeça do repolho e da inflorescência em couve-flor e brócolis. A tendência é das maiores

densidades diminuir o tamanho e o peso e aumentarem a produtividade, até certo ponto.

O espaçamento varia substancialmente dependendo do manejo da cultura (época de plantio, quantidade e parcelamento da adubação, entre outros), da localização e do genótipo. Por exemplo, cultivares de verão requerem menores espaçamentos em comparação com as cultivares de outono-inverno.

Os lavoureiros de brócolis normalmente utilizam os espaçamentos de 0,4 a 0,5 x 0,5 a 0,8 m e para couve-flor e repolho o espaçamento de 0,5 a 0,7 x 0,7 a 0,9 m (Figuras 9 e 10). É possível utilizar os espaçamentos maiores entre linhas e menores

entre plantas objetivando manejar o mato com a roçadeira costal. Porém, a tendência dos lavoureiros mais experientes que produzem grande quantidade de palhada em cobertura e realizam o acamamento das plantas de cobertura, é o plantio das mudas no mesmo momento



**Figura 9.** Lavoura de brócolis com espaçamento retangular em 0,5 x 0,7 m objetivando manejar as plantas espontâneas com roçadeira costal.



**Figura 10.** Lavoura de brócolis com espaçamento 0,5 x 0,6 m possibilitando o manejo das plantas espontâneas com roçadeira costal.

adotando espaçamentos mais quadrados (Figura 11). Neste caso, para brócolis tem-se utilizado o espaçamento 0,5 x 0,5 m e para repolho e couve-flor o espaçamento de 0,7 x 0,7 m. Experimentos recentes com repolho de verão cv. Kenzan, conduzido na UFV pela equipe de Aquino *et al.* (2005), permitem concluir que o aumento das doses de N aumenta o peso e tamanho da cabeça, enquanto a redução do espaçamento diminui o peso da cabeça do repolho colhido. Os espaçamentos utilizados no experimento foram de 80 x 30; 60 x 30 e 40 x 30 cm e as doses de N foram de 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup>. Encontraram no espaçamento 40 x 30 cm e na dose 253 kg ha<sup>-1</sup> a melhor combinação para atender as exigências do produtor e do consumidor, em condições de cultivo

convencional. Praticam-se plantios com duas linhas, principalmente na Europa, no espaçamento de 0,4 a 0,5 x 0,5 m distanciadas da outra fileira dupla por 0,7 m. Experiências de campo recentes na Austrália Ocidental (STIRLING e LANCASTER, 2005) demonstraram que as plantas cultivadas em uma configuração de quatro carreiras produziram significativamente mais do que as plantas cultivadas em uma configuração de duas linhas. A uniformidade de maturação da inflorescência melhorou quando

do o número de linhas de plantas foi aumentado de dois para quatro. O peso diminuiu significativamente quando a configuração de plantio foi alterada de duas para quatro fileiras. Dentro da configuração de quatro carreiras, houve



**Figura 11.** Lavoura de brócolis com espaçamento quadrado 0,5 x 0,5 m com grande quantidade de biomassa em cobertura e sincronização da rolagem dos adubos verdes e plantio das mudas, desfavorecendo o desenvolvimento de plantas espontâneas até a colheita.



significativo efeito linear do espaçamento entre plantas no peso médio de cabeça, que diminuiu com o aumento da densidade de plantas. Houve um aumento significativo na diminuição do diâmetro médio de todas as cabeças colhidas por tratamento quando as plantas foram cultivadas em quatro filas em comparação com duas. Esta é uma consideração importante para os produtores de couve-flor e brócolis, pois tem uma grande influência sobre os custos variáveis.

#### 4. Nutrindo a planta com base nas taxas de absorção de nutrientes, ajustada pelo estoque dinâmico de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas

Os organismos fotossintéticos saíram da água para habitar a terra há mais de 400 milhões de anos, evoluindo para os vegetais atuais, que aprimoraram sua relação com o meio em que vivem por meio de mecanismos em muito desconhecidos da ciência cartesiana, principalmente quando no campo da promoção de saúde em vegetais. No esforço em compreender esta relação, tem-se avançado na área da nutrição ajustando a taxa diária de absorção de nutrientes (TDA) pela interpretação dos sinais contidos na planta, correlacionando os estoques de nutrientes no solo e com as condições climáticas. Assim, a exigência de água e nutrientes pelas brássicas é variável com seu estágio de desenvolvimento, que pode ser dividido de forma simplificada em três fases, onde cada fase apresenta semelhança na taxa de produção de biomassa (G) e de absorção de nutrientes (TDA). Isso significa que o acúmulo de biomassa e de nutriente andam juntos ao longo do ciclo cultural (Figura 12): a) Juvenil-1 que vai do plantio da muda até os 21 DAP; b) Juvenil-2 que vai dos 21 DAP até a visualização do botão floral e c) Adulta que vai do botão floral até a

colheita da inflorescência imatura. A primeira fase é caracterizada por consumir aproximadamente 3% do total dos nutrientes absorvidos durante o ciclo das brássicas, isto porque a planta é pequena e está na fase juvenil-1. Nesta fase devemos evitar aquelas adubações absurdas de N, P e K na base. Na Juvenil-2, a planta consome em torno de 25% de todos os nutrientes adquiridos no seu ciclo cultural. Na última fase, correspondendo ao início do período reprodutivo, a planta consome 72% do total dos nutrientes absorvidos, por ser a fase adulta, com a formação da inflorescência imatura.

O entendimento básico das taxas diárias de produção de biomassa (G) e da taxa de absorção de nutriente (TDA) nas suas fases de crescimento, associados à ação direta da condição climática, traz avanços. Esta hortaliça é sensível principalmente à temperatura e à luminosidade, fatores que interferem no seu crescimento e desenvolvimento pois estão relacionados a atividade fotossintética e respiratória. Veja só, estas taxas variam diariamente com a interferência destas duas condicionantes climáticas que podem persistir por vários dias. É neste evento

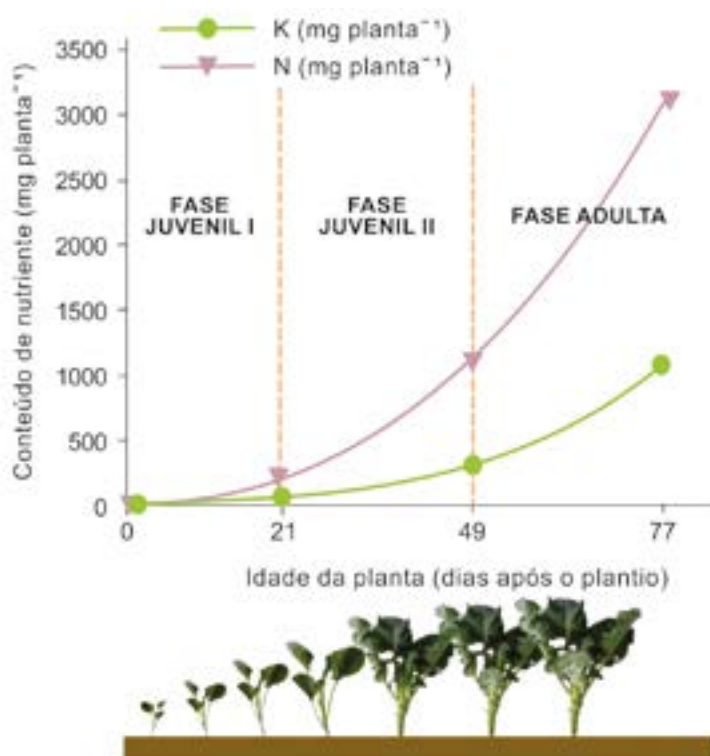


**Figura 12.** Conteúdo de N e K absorvido pelo brócolis, cv. Avenger.



persistente que podemos aumentar, diminuir e até eliminar a adubação recomendada na tabela, refletindo direto na produção e na saúde das brássicas. Assim, períodos com temperaturas ótimas para a fase da cultura, associados a dias de céu limpo, portanto com muita luminosidade, aumentam a produção fotossintética e também da evapotranspiração, sendo possível que a planta necessite de mais nutrientes (com certeza de mais água). Por outro lado, com a diminuição da fotossíntese que pode ocorrer em dias nublados e com temperatura abaixo do ótimo, é possível que a planta necessite de menos nutrientes (com certeza de menos água).

É possível, por quê? Há outro elemento a ser incorporado na tomada de decisão em abastecer a demanda de nutrientes pelas brássicas, obter boa produtividade e manter sua saúde. A planta expressa sinais característicos na parte aérea e radicular (Figura 13) que podem ser interpretados pelos técnicos e agricultores experientes na cultura e tomar decisões mais acertadas sobre seu manejo como: a) tamanho da folha e da intensidade do brilho e da cor; b) diferen-

ça na intensidade da cor verde entre as folhas velhas e novas, c) sinais de retranslocação dos nutrientes das folhas baixeras (saia da planta) para o dreno principal (inflorescência) e d) tamanho da planta.

Munidos com estes conhecimentos, entramos na lavoura para observar os sinais e entender o que está ocorrendo com as plantas no sistema de cultivo para poder melhor interferir no seu manejo, gastando menos energia em procurar “perebas”, pois nosso foco é saúde. Para o agente de ater-pesquisador e lavoureiro, o principal é olhar a lavoura em alguns aspectos gerais, como:

- a) Se as folhas baixeras estão verdes ou amareladas: sinalização de retranslocação em massa de nutrientes ocasionada pelo modo de adubar relacionada à força do dreno. Quando amarelada, a adubação não supriu a demanda da planta (Figuras 14 e 15);
- b) Se há uniformidade no tamanho e cor da planta: indicativo sobre manchas de fertilidade do solo e uniformidade na distri-

buição de fertilizante (Figura 16);

c) Formato do corpo da planta (folhas e talos eretos e uniformidade da cabeça e altura de planta): indica seu crescimento e desenvolvimento relacionado com o clima e manejo da água e adubo ao longo do ciclo cultural (Figura 17);

d) Vigor da planta (tamanho da folha e haste);

e) Cor verde intenso, apresentando cerosidade com forte brilho (Figuras 18 e 19);

f) Diferença de intensidade da cor verde entre folhas maduras e novas (Figuras 20).



**Figura 13.** Plantas com mesma idade apresentando diferenças entre profundidade e volume do sistema radicular. Planta com raízes mais profundas, ocupando maior volume de solo e em constante crescimento pode proporcionar adequada absorção de água e nutrientes, associando-se melhor à biota do solo e suportando eventos estressantes.



**Figura 14.** Folhas baixeras amareladas pela ocorrência de retranslocação em massa em brócolis (a) e em couve-flor (b).



**Figura 15.** A terceira e a quarta folha estão com cor verde normal e a última com verde passando ao intenso. A cor amarelada da primeira folha foi ocasionada pela retranslocação em massa de nutrientes.





**Figura 16.** Plantas de couve-flor com cor verde-clara característico, uniformidade no tamanho e folhas eretas, são sinais de saúde.



**Figura 17.** Planta de brócolis saudável, apresentando cor verde-clara e planta e folhas ereta, sem retranslocação.





**Figura 18.** Intensidade de cor e tamanho de folha em brócolis, sendo as duas primeiras com cor verde normal e as demais com coloração e brilho intensos, geralmente ocasionado pelo excesso de nitrogênio. Lavouras com plantas com falta e excesso de nutrientes são mais suscetíveis às doenças.



**Figura 19.** Intensidade de cor, brilho (cerosidade) e tamanho de folha em couve-flor a esquerda e brócolis a direita, sinais de excesso de nitrogênio. Sem diferença de cor entre folhas velhas e novas. Nesta lavoura haverá maior possibilidade da presença de bacteriose e hérnia nas plantas.





**Figura 20.** Diferença de intensidade da cor verde entre a folha velha e nova e sem retranslocação. Sinal de que as plantas estão sendo nutridas conforme a taxa de crescimento.

Nas lavouras de estudo, aprende-se a alocar os adubos de cobertura conforme os eventos climáticos que, em caso assertivo, pode-se melhorar a produtividade, a saúde da planta e a uniformidade da inflorescência do brócolis, do couve-flor e da cabeça de repolho. Eventos de céu aberto e temperatura amena com duração de uma a duas semanas e planta com folhas de coloração verde-clara e com diferença da intensidade do verde entre folhas desenvolvidas e novas, deve-se aumentar a quantidade dos nutrientes e água. Neste caso, ao deixar de disponibilizar a quantidade de fertilizante que a planta está demonstrando, caracteriza um erro conhecido por estresse nutricional e que pode prejudicar a saúde e produtividade da planta.

A absorção de nutrientes pode ser afetada por temperatura abaixo de 15°C e acima de 30°C, por interferência notória nos processos bioquímicos. Este conhecimento se reveste de importância conforme a presença de oxigênio no sistema radicular. Este elemento afeta na atividade respiratória das raízes, que necessitam de energia para construir a diferença de pH

entre a parte interna e externa da membrana das células radiculares e desencadear a absorção de nutrientes via “proteínas transportadoras”. Não menos importante na velocidade e quantidade de absorção dos nutrientes, é a umidade do solo, que influencia na taxa de transpiração por meio do fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Portanto, de nada adianta adubar as plantas sem promover condições de solo estruturado, local onde a planta irá habitar com seu sistema radicular e se relacionar com a biota, minerar os nutrientes e beber água para sua manutenção, seu crescimento e desenvolvimento da inflorescência.

## 5. Absorção de nutrientes

A base deste capítulo são os resultados dos trabalhos experimentais realizados pela Epagri e UFSC-CCA (NEPEA/SC) em 2012 na unidade familiar dos Schuler, em Anitápolis (SC), onde determinou-se semanalmente o acúmulo e partição

de biomassa em brócolis cv. Avenger. Também serão discutidos resultados encontrados pela equipe de Castoldi *et al.* (2009) em couve-flor cv. Verona.

Em Anitápolis (SC) foi determinado o acúmulo de nutrientes na planta e sua partição nas folhas, talo e inflorescência. Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentados os teores de nitrogênio e potássio acumulados semanalmente. As plantas acumularam, em média, 4.703,4 mg planta<sup>-1</sup> de N e 1.404,8 mg planta<sup>-1</sup> de K. É possível separar em três períodos a intensidade de acúmulo de N e K, que vai do plantio da muda até os 21 DAP, fase a qual caracterizamos por Juvenil-1 a

Juvenil-2 que vai dos 21 DAP até a visualização do botão floral e a fase Adulta, que vai do botão floral até a colheita da inflorescência imatura. A taxa de absorção de nitrogênio nas três fases corresponde a 4,3%; 28,9% e 66,8% do total absorvido pela planta, respectivamente. A taxa de absorção de potássio nas três fases corresponde a 2,6%; 18,9% e 78,5% do total absorvido pela planta, respectivamente. O acúmulo de P, Ca e Mg na planta aos 77 DAP foi de 0,18; 0,59 e 0,20 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 21). O Fe, Mn, Zn, Cu e B acumularam aos 77 DAP a quantidade de 26,7; 9,0; 3,8; 0,9 e 1,3 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 22).

**Tabela 3.** Acúmulo semanal de nitrogênio pela planta de brócolis e alocada na folha, talo e flor, cv. Avenger.

| Parte da planta | Quantidade de nitrogênio na planta (mg planta <sup>-1</sup> ) |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | Idade da planta (dias após plantio)                           |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                 | Muda                                                          | 7    | 14   | 21    | 28    | 35    | 42    | 49    | 56    | 63    | 70    | 77    |
| Folha           | 4,00                                                          | 10,2 | 31,7 | 136,9 | 188,3 | 453,4 | 688,8 | 1443  | 2112  | 2163  | 2539  | 3096  |
| Talo            | 0,50                                                          | 1,40 | 4,20 | 13,10 | 18,10 | 38,30 | 53,70 | 119,5 | 183,6 | 237,1 | 360,2 | 491,2 |
| Flor            |                                                               |      |      |       |       |       |       |       | 9,70  | 88,90 | 271,1 | 1116  |
| Total           | 4,50                                                          | 11,6 | 35,9 | 150   | 206,4 | 491,7 | 742,5 | 1563  | 2305  | 2489  | 3170  | 4703  |

**Tabela 4.** Acúmulo semanal de potássio pela planta de brócolis e alocada na folha, talo e flor, cv. Avenger.

| Parte da planta | Quantidade de potássio na planta (mg planta <sup>-1</sup> ) |     |     |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | Idade da planta (dias após plantio)                         |     |     |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|                 | Muda                                                        | 7   | 14  | 21   | 28   | 35   | 42    | 49    | 56    | 63    | 70    | 77    |
| Folha           | 0,9                                                         | 1,6 | 4,4 | 21,1 | 30,5 | 76,1 | 117,3 | 258,5 | 432,5 | 561,1 | 537,1 | 888,3 |
| Talo            | 0,2                                                         | 0,5 | 1,6 | 5,0  | 7,2  | 15,9 | 22,4  | 44,8  | 66,5  | 112,2 | 151,3 | 222,2 |
| Flor            |                                                             |     |     |      |      |      |       |       | 1,2   | 11,7  | 42,7  | 294,3 |
| Total           | 1,1                                                         | 2,1 | 6,0 | 26,1 | 37,7 | 92,0 | 139,7 | 303,3 | 500,2 | 685,0 | 731,3 | 1405  |

No cultivo da couve-flor o acúmulo total de N foi 9000 mg planta<sup>-1</sup> e destes 3500 mg planta<sup>-1</sup> (aproximadamente 38,9% do total) foram alocados na inflorescência. O total de K acumulado foi de 5810 mg planta<sup>-1</sup> e deste total (aproximadamente 5,1%) foram alocados na inflorescência. Portanto, do total de K acumulado 94,9% foram alocados na parte vegetativa da planta. A relação entre N:K foi de 1,55:1. O acúmulo de P, Ca, S e Mg na planta aos 69 DAP foi de 590; 440; 990 e

920 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente. O Fe, Mn, Zn, Cu e B acumularam aos 69 DAP a quantidade de 31; 9,71; 6,19; 0,87 e 4,57 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

Foram realizados outros dois experimentos pela Epagri e UFSC-CCA (NEPEA/SC), em 2013 e 2014, sendo o primeiro testando épocas de aplicação de nitrogênio e o segundo as doses de nitrogênio. No primeiro experimento envolvendo épocas de aplicação de N (Figura 23), aplicou-se



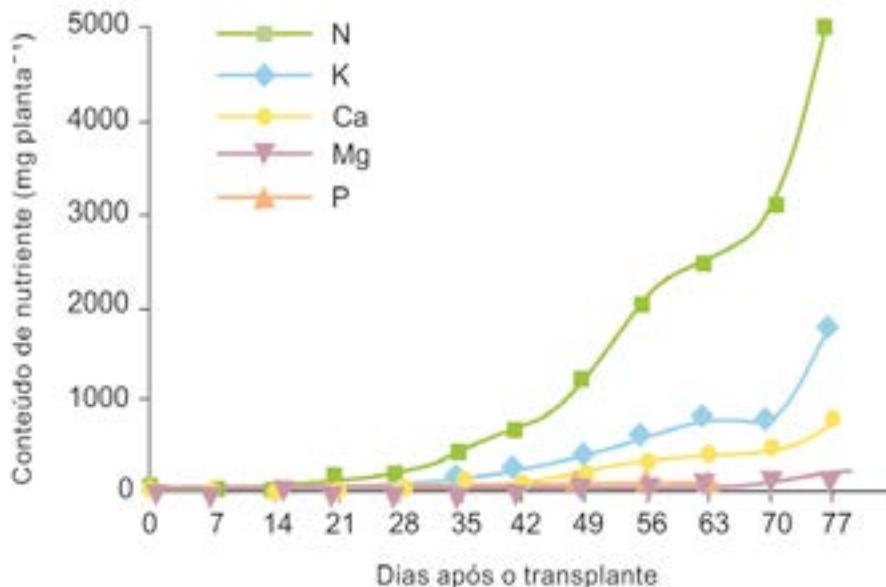


**Figura 21.** Acúmulo dos macronutrientes na planta de brócolis ao longo do ciclo da cultura, cv. Avenger.

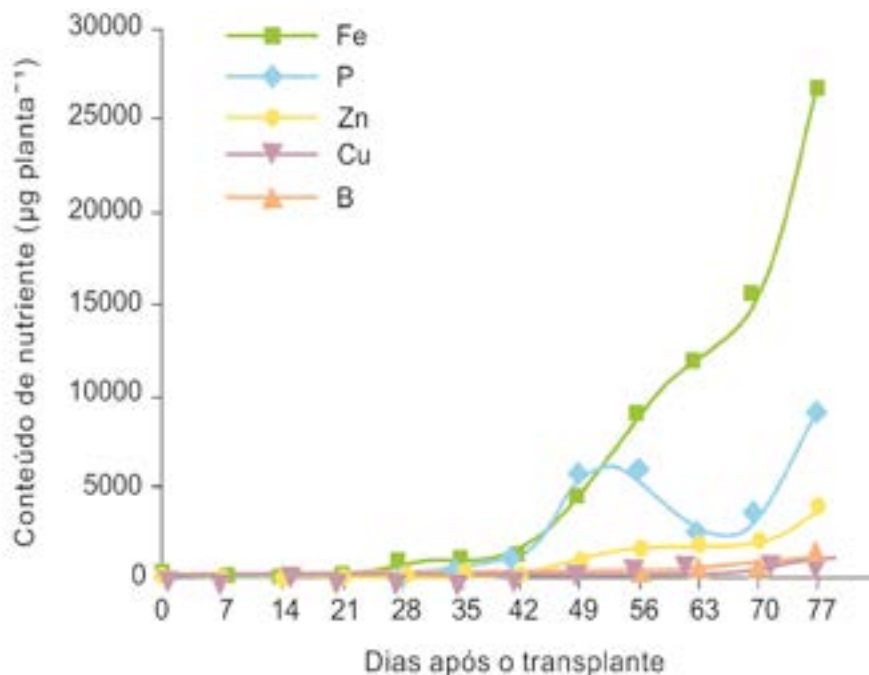


**Figura 22.** Acúmulo dos micronutrientes na planta de brócolis ao longo do ciclo da cultura, cv. Avenger.

150 kg de N ha<sup>-1</sup>, divididos em seis tratamentos com diferentes épocas de aplicação, sendo que não houve diferença da produção comercial entre os diferentes parcelamentos. Porém, as plantas que receberam o tratamento conforme a TDA, correspondentes a 6,5 kg de N (4,3% aos 21 DAP),

43,5 kg de N (28,9% aos 35 DAP) e 100 kg de N (66,8% aos 49 DAP), apresentaram as melhores características visuais de saúde como: uniformidade de inflorescência e altura de planta, ausência de sinais de translocação de nutrientes, cor verde-clara e planta, folhas e talos eretos e uniformes.

Já no segundo experimento onde avaliou-se doses de N variando de 0 a 400 kg de N ha<sup>-1</sup>, concluiu-se que doses crescentes de até 263 kg de N ha<sup>-1</sup> incrementaram a produção de inflorescência, com redução de produção nas doses mais elevadas. Aqui, vale salientar que na avaliação qualitativa, tendo como eixo a saúde de planta, observou-se que nas doses mais elevadas de N (300, 350 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) as plantas apresentaram coloração verde intenso, o que implica em maior vulnerabilidade às condições estressantes de clima e "perebas".

Em trabalho já apresentado em capítulo anterior com repolho de verão cv. Kenzan, conduzido na UFV pela equipe de Aquino *et al.* (2005), mostram que o aumento das doses de N aumentou o peso e tamanho da cabeça, enquanto

a redução do espaçamento diminuiu o peso da cabeça do repolho colhido. Os espaçamentos utilizados no experimento foram de 80 x 30; 60 x 30 e 40 x 30 cm e as doses de N foram de 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup>. O espaçamento 40 x



**Figura 23.** Experimento testando época de aplicação de adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do brócolis, cv. Avenger.

30 cm e na dose  $253 \text{ kg ha}^{-1}$  apontou a melhor combinação para atender as exigências do produtor e do consumidor. Para o espaçamento  $80 \times 30 \text{ cm}$  a resposta da produção foi linear até a dose de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### 5.1. Propondo a adubação de cobertura

Os progenitores selvagens das brássicas cultivadas foram capazes de sobreviver em condições inóspitas de aridez e disponibilidade mínima de nutrientes, conferindo a elas a capacidade de responder, até certo ponto, a adição de água e adubação, principalmente nitrogenada. Em geral, as plantas provenientes de ambientes com poucos recursos possuem um sistema radicular maior (GRIME, 1979) constituído de raízes finas e ativas, alta razão raiz/parte aérea e muitos pelos radiculares, mantendo um crescimento equilibrado com baixa disponibilidade de nitrogênio (ROBINSON, 1991).

Para manejar a adubação de cobertura é recomendado considerar que um terreno em início de SPDH, mesmo que tenha sua fertilidade química corrigida ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , saturação de base próximo a 70% e micronutrientes

adicionados por meio de adubos orgânicos), aresenta a estrutura do solo ainda em processo de recuperação dos efeitos negativos do manejo no sistema convencional. Lembre-se que de nada adianta adubar se não houver uma “terra fofa”. Nessa situação, é possível que a planta venha a necessitar de acréscimo na primeira adubação, aos 10 DAP, por apresentar sinais na muda recém-plantada de baixo crescimento e folhas de coloração verde-amarelada a arroxeada, sendo as mais velhas com sintomas mais acentuados.

As adubações de cobertura para as culturas do brócolis, couve-flor e repolho serão recomendadas em duas a três aplicações, sendo que a escolha de duas aplicações só é justificada, neste caso, pela falta de condição prática. Relembrando, nas avaliações qualitativas dos tratamentos em nossos experimentos as três aplicações de nitrogênio como na Taxa Diária de Absorção (TDA) atingiram as melhores notas em promover saúde na planta.

### 5.2. Propostas de adubação para brócolis

Nossos técnicos e lavoureiros chamam a atenção que, na colheita, fica a maior parte da planta sobre o solo e, consequentemente, a maior parte dos nutrientes (Figura 24). Estes aumentarão o estoque no solo, que devem ser acompanhados periodicamente com análise química para evitar excessos nos planos de rotação de culturas e criações.

#### Proposta I.

Realizada com duas aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

- a) A primeira entre 12 e 21 DAP de  $38 \text{ kg}$  de cloreto de potássio +  $180 \text{ kg}$  de nitrato de amônio;





**Figura 24.** Folhas, talos e raízes permanecem na lavoura após a colheita, devolvendo boa parte dos nutrientes absorvidos.

- b) A segunda quando da visualização do botão floral (Figura 25) de 38 kg de cloreto de potássio + 180 kg de nitrato de amônio.

Proposta II.

Realizada com três aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

- a) A primeira entre 12 e 21 DAP de 19 kg de cloreto de potássio + 87 kg de nitrato de amônio;
- b) A segunda entre 30 e 35 DAP de 29 kg de cloreto de potássio + 131 kg de nitrato de amônio;
- c) A terceira quando da visualização do botão floral (Figura 25) de 29 kg de cloreto de potássio + 131 kg de nitrato de amônio.

Observação:

- a) Para ajuste da adubação de cobertura devem-se considerar

os sinais da planta, o clima e o estoque de nutrientes no solo. Como exemplo, dependendo do ciclo da cultivar e da sua época de plantio, as adubações de cobertura recomendadas para o período, poderão ser adiantadas, atrasadas ou eliminadas. Nas cultivares de verão com ciclo mais curto, essas adubações devem ser adiantadas. Nas cultivares de inverno, de ciclo mais longo, as adubações devem ser atrasadas.

b) Na situação onde o desenvolvimento da muda recém-plantada estiver apresentando folhas pe-

quenas e amareladas, devido a adversidades encontradas pela planta, deve-se adiantar a primeira adubação recomendada para 10 DAP e acrescentar a quantidade de 15 kg de cloreto de potássio + 50 kg de nitrato de amônio.



**Figura 25.** Desenvolvimento inicial da inflorescência, momento para realizar a última adubação de cobertura.



### 5.2.1. Propostas de adubação para couve-flor

Alguns comerciantes trabalham com couve-flor sem a maior parte das folhas que ficam na lavoura após a colheita, devolvendo parte dos nutrientes ao solo. Estes irão contribuir com os próximos cultivos nos planos de rotação.

#### Proposta I.

Realizada com duas aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

- A primeira entre 12 e 21 DAP de 50 kg de cloreto de potássio + 220 kg de nitrato de amônio;
- A segunda quando da visualização do botão floral (Figura 26) de 50 kg de cloreto de potássio + 220 kg de nitrato de amônio.

#### Proposta II.

Realizada com três aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

- A primeira entre 12 e 21 DAP de 30 kg de cloreto de potássio + 100 kg de nitrato de amônio;
- A segunda entre 30 e 35 DAP de 40 kg de cloreto de potássio + 170 kg de nitrato de amônio;
- A terceira quando da visualização do botão floral (Figura 26) de 40 kg de cloreto de potássio + 170 kg de nitrato de amônio.

#### Observação:

a) Na situação onde o desenvolvimento da muda recém-plantada estiver apresentando folhas pequenas e amareladas, devido a adversidades encontradas pela planta, deve-se adiantar a primeira adubação recomendada para 10 DAP e acrescentar a quantidade de 15 kg de cloreto de potássio + 50 kg de nitrato de amônio.

### 5.2.2. Proposta de adubação para repolho

Na colheita do repolho fica pouco da planta sobre o solo e, conseqüentemente, a maior parte dos nutrientes absorvidos pela planta durante seu ciclo de cultivo são exportados.

#### Proposta I.

Realizada com duas aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):



**Figura 26.** Desenvolvimento inicial da inflorescência da planta de couve-flor, momento para realizar a última adubação de cobertura.

- A primeira entre 12 e 21 DAP de 70 kg de cloreto de potássio + 240 kg de nitrato de amônio;
- A segunda quando da visualização do botão floral de 70 kg de cloreto de potássio + 240 kg de nitrato de amônio.

#### Proposta II.

Realizada com três aplicações ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

- A primeira entre 12 e 21 DAP de 30 kg de cloreto de potássio + 100 kg de nitrato de amônio;
- A segunda entre 30 e 35 DAP de 40 kg de cloreto de potássio + 180 kg de nitrato de amônio;
- A terceira quando do início do fechamento da cabeça (Figura 27), de 40 kg de cloreto de potássio + 180 kg de nitrato de amônio.

#### Observação:

a) Na situação onde o desenvolvimento da muda recém-plantada estiver apresentando folhas pequenas e amareladas, devido adversidades encontrada pela planta, deve-se adiantar a



**Figura 27.** Fechamento da cabeça do repolho, momento para realizar a última adubação de cobertura.

primeira adubação recomendada para 10 DAP e acrescentar a quantidade de 15 kg de cloreto de potássio + 50 kg de nitrato de amônio.

Estamos recomendando o nitrato de amônio e cloreto de potássio principalmente por apresentarem o menor custo econômico por unidade de N e K. Porém, por necessidade técnica em alterar a salinidade, o pH do solo ou da rizosfera, evitar excesso de Cl ou alocar outros nutrientes como S e Ca, podem ser utilizados outros adubos como o nitrato de cálcio, nitrato de potássio e sulfato de potássio.

Para o uso das recomendações de adubação de cobertura vale alertar aos técnicos e agricultores familiares que as condições experimentais que determinaram a quantidade e época de aplicação dos fertilizantes, jamais se repetirão. Portanto, são necessários alguns ajustes levando em consideração a época e região de plantio, a intensidade da cor verde da planta, vigor e coloração do corpo da haste, a diferença da cor-verde mais escuro das folhas maduras com o verde claro das folhas novas e iniciação da inflorescência (Figura 27). Estes sinais devem ser associados às condições do clima como temperatura, radiação solar, ventos e umidade relativa do ar. Além destes fatores, é necessário atualizar a ta-

bela ao cultivo atual com aquelas apresentadas nas condições experimentais que geraram a tabela em vigor. Como exemplo: em condições climáticas mais quentes onde a planta cresce mais rapidamente, será necessário antecipar a adubação e, ao contrário, nas regiões mais frias, atrasar as adubações.

Assim, tempo ensolarado, com temperaturas amenas (entre 18 e 25°C), presença de gradiente da cor verde das folhas maduras e verde-claro das novas e presença de vento ameno indica a necessidade de aumento da adubação em

até 30% do recomendado para o período (Figura 28). Pode-se adiar o aumento ou diminuir a adubação se a planta não estiver apresentando gradiente na cor verde intensa entre as folhas maduras e novas, significando que a planta recebeu carga de adubação indevida no período anterior ou ocorreu uma situação de baixo crescimento vegetativo ocasionado por período com baixa temperatura, nublado e ventos frios.

Apresentamos na Tabela 5 uma breve esquematização dos sinais da planta relacionadas às condições climáticas para o ajuste das recomendações de adubação de cobertura com N e K. A finalidade deste trabalho é de subsidiar aos iniciantes nesta atividade essencialmente qualitativa, a qual exige aperfeiçoamento e adequação constante da leitura dos sinais apresentados pela planta relacionados com o clima. Cremos que para os técnicos experientes na cultura, agricultores familiares e lavoureiros do SPDH, esta evolução em associar estas condicionantes qualitativas vem da repetição de situações e da diversificação de respostas da planta frente às interferências humanas e climáticas.

Numa outra situação, onde a temperatura está abaixo daquelas para o bom crescimento vegetativo e formação de cabeça e inflorescência,



**Figura 28.** Planta na fase de floração com folhas de coloração verde claro e com tamanho normal, indicando que foi bem nutrida.

tempo nublado e ventos fortes, indicam a diminuição da quantidade de adubo recomendado na tabela. Pode-se até zerar a adubação do período, principalmente se o vigor vegetativo e a cor verde da folha nova for intenso (Tabela 5).

O erro na leitura dos sinais da planta e sua relação com o clima, poderá facilitar a entrada de “doenças e insetos, pragas” por seu excesso ou falta de adubação. Caso se incorra na repetição do erro pela pouca adubação, é provável que ocorra intensa retranslocação de nutrientes das folhas mais velhas para os drenos mais fortes que é a cabeça ou inflorescência. Por outro lado, o excesso de adubação vai ocasionar um crescimento vegetativo exagerado e rápido, tendo, em ambas as situações, um quadro de facilidades para a entrada das “perebas” e como consequência o uso de fungicida, acaricida e inseticida.

## 6. Ambiente estressante

Em geral, os problemas fitossanitários relatados pelos lavoureiros de brássicas têm uma relação direta com o desenvolvimento e crescimento da cultura em época adversa em que

fatores externos, sobretudo temperatura, nutrição, água e luminosidade, estão fora dos limites requeridos pela planta. Em consequência, ocorrem alterações, geralmente irreversíveis, originando anomalias ou desordens fisiológicas que podem comprometer significativamente o desempenho da cultura e consequentemente levar ao uso de agroquímico. Porém, vale repetir que este gênero é constituído por plantas que evoluíram em solos rasos e pobres, em regiões áridas e em condições inóspitas.

Assim, a sua evolução as

tornou menos susceptíveis entre as hortaliças, e consequentemente falar de desordem fisiológica, hérnia e bacteriose, é sinal de erro no manejo e no sistema de produção.

A maior parte dos problemas pode ser evitado instalando a lavoura no SPDH (Figura 29) (rotação de culturas, coquetéis de plantas de cobertura, fertilização seguindo a TDA, espaçamento e disposição espacial adequados), preferencialmente nas faces do terreno voltadas para o Norte, evitando baixadas frias e áreas com sombra, principalmente nas primeiras horas da manhã durante a estação fria.

Nas condições de excesso ou deficiência de nitrogênio, a planta promove crescimento com tecidos incompletos na sua estrutura físico-química, facilitando a entrada de patógenos. Condições de excesso de nitrogênio ocasionam crescimento rápido sem que outros nutrientes, principalmente os de taxa de absorção intermediária e lenta possam compor os novos tecidos (Tabela 6). Esse comportamento também pode ocorrer em condições de indisponibilidade temporária dos demais nutrientes. Por outro lado, a deficiência de nitrogênio torna a planta debilitada e de crescimento lento. Na deficiência



**Tabela 5.** Ajuste da quantidade de adubação de cobertura, principalmente N e K, contida nas “propondo adubação de cobertura”, com base na associação entre os sinais de planta, condições climáticas e estoque de nutriente no solo.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0 - Período com temperatura ótima (verão: 20 - 25°C; inverno: 18 - 22°C), tempo ensolarado, planta ereta, folhas grandes de verde-clara e posição ereta, com discreto brilho. Talo ereto e verde claro. Folhas maduras de verde mais escuro que folhas novas. Fase juvenil: MANTER OU AUMENTAR EM 30% A QUANTIDADE DE ADUBOS RECOMENDADOS PARA O PERÍODO; |
| 1.1 - Repetindo as condições anteriores (1.0), porém aparecendo botão floral ou iniciando cabeça: AUMENTAR EM 30% A ADUBAÇÃO CONTIDA NO PERÍODO OU DIMINUIR;                                                                                                                                                                                                |
| 1.2 - Repetindo as condições anteriores (1.1), planta vigorosa, folhas enormes e arcadas para baixo com verde-escura e brilho intenso. Talo verde-escura, alguns curvados. Não há diferença do verde entre folhas maduras e novas: DIMINUIR APROXIMADAMENTE 50% A ADUBAÇÃO PARA O PERÍODO;                                                                  |
| 1.3 - Repetindo as condições anteriores (1.0), planta pequena, folha verde-clara e pequena. Folhas mais maduras verde-amareladas. Talo claro, fino e alguns curvados: AUMENTAR EM 30% A ADUBAÇÃO CONTIDA NO PERÍODO.                                                                                                                                        |
| 2.0 - Período com temperatura ótima (verão: 20 - 25°C; inverno: 18 - 22°C), tempo nublado, planta ereta, folhas grandes de verde-clara e posição ereta, com discreto brilho. Talo ereto e verde-clara. Folhas maduras de verde mais escuro que folhas novas. Fase juvenil: DIMINUIR EM 30% A ADUBAÇÃO CONTIDA NA PROPOSTA DE ADUBAÇÃO;                      |
| 2.1 - Repetindo as condições anteriores (2.0), porém aparecendo botão floral ou iniciando cabeça: MANTER A ADUBAÇÃO CONTIDA NA PROPOSTA DE ADUBAÇÃO;                                                                                                                                                                                                        |
| 2.2 - Repetindo as condições anteriores (2.1), planta vigorosa, folhas enormes e arcadas para baixo com verde-escura e brilho intenso. Talo verde-escura, alguns curvados. Não há diferença do verde entre folhas maduras e novas: PODE-SE DIMINUIR EM MAIS DE 50% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO OU DEIXAR DE APLICAR;                                              |
| 2.3 - Repetindo as condições anteriores (2.0), planta pequena, folha verde-clara e pequena. Folhas mais maduras verde-amareladas. Talo claro, fino e alguns curvados: MANTER A ADUBAÇÃO CONTIDA NA PROPOSTA DE ADUBAÇÃO.                                                                                                                                    |
| 3.0 - Período com temperatura baixa (verão: <16°C; inverno: <10°C), tempo ensolarado, planta ereta, folhas grandes de verde-clara e posição ereta, com discreto brilho. Talo ereto e verde-clara. Folhas maduras de verde mais escuro que folhas novas. Fase juvenil: DIMINUIR EM 50% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO;                                                |
| 3.1 - Repetindo as condições anteriores (3.0), porém na fase aparecendo botão floral ou iniciando cabeça: MANTER OU DIMINUIR EM 30% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO;                                                                                                                                                                                                  |
| 3.2 - Repetindo as condições anteriores (3.1), planta vigorosa, folhas enormes e arcadas para baixo com verde-escura e brilho intenso. Talo verde-escura, alguns curvados. Não há diferença do verde entre folhas maduras e novas: DIMINUIR EM MAIS DE 50% OU DEIXAR DE APLICAR A ADUBAÇÃO DO PERÍODO;                                                      |
| 3.3 - Repetindo as condições anteriores (3.0), planta pequena, folha verde-clara e pequena. Folhas mais maduras verde-amareladas. Talo claro, fino e alguns curvados: MANTER OU DIMINUIR EM 30% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO.                                                                                                                                      |
| 4.0 - Período com temperatura baixa (verão: <16°C; inverno: <10°C), tempo nublado, planta ereta, folhas grandes de verde-clara e posição ereta, com discreto brilho. Talo ereto e verde-clara. Folhas maduras de verde mais escuro que folhas novas. Fase juvenil: DIMINUIR EM MAIS DE 50% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO OU DEIXAR DE APLICAR;                      |
| 4.1 - Repetindo as condições anteriores (4.0), porém aparecendo botão floral ou iniciando cabeça: DIMINUIR EM ATÉ 50% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO;                                                                                                                                                                                                                |
| 4.2 - Repetindo as condições anteriores (4.1), planta vigorosa, folhas enormes e arcadas para baixo com verde-escura e brilho intenso. Talo verde-escura, alguns curvados. Não há diferença do verde entre folhas maduras e novas: DEIXAR DE APLICAR O ADUBO CONTIDO NA PROPOSTA DE ADUBAÇÃO;                                                               |
| 4.3 - Repetindo as condições anteriores (4.0), planta pequena, folha verde-clara e pequena. Folhas mais maduras verde-amareladas. Talo claro, fino e alguns curvados: MANTER OU DIMINUIR EM 50% A ADUBAÇÃO DO PERÍODO.                                                                                                                                      |



**Figura 29.** Ambiente de cultivo no SPDH propiciando conforto e saúde às plantas.

**Tabela 6.** Taxa de absorção aproximada dos nutrientes por plantas cultivadas em solução nutritiva.

| Grupo | Taxa de absorção | Nutriente                                        |
|-------|------------------|--------------------------------------------------|
| 1     | Rápida           | N-NO <sub>3</sub> ; N-NH <sub>4</sub> ; P; K; Mn |
| 2     | Intermediária    | Mg; S; Fe; Zn; Cu; Mo                            |
| 3     | Lenta            | Ca e B                                           |

**Fonte:** Compilado de Fernandes (2006) que adaptou de Bugbee (1995).

de nitrogênio há uma menor produção de aminoácidos, proteínas, fitoalexina, hormônios e fenóis, comprometendo a formação de novos tecidos, os processos fotossintéticos e a respiração.

### 6.1. Evitando desordem fisiológica

A desagregação necrótica dos tecidos marginais das folhas em cabeças de repolho, é atribuída à deficiência de cálcio e relacionada ao genótipo, às condições meteorológicas prevalentes e a disponibilidade de fertilizante nitrogenado. Grande disponibilidade de nitrogênio pode aumentar a taxa de crescimento da planta a uma velocidade maior que a capacidade

de entrada e assimilação dos demais nutrientes em seus respectivos sítios de ligação, prejudicando a composição dos novos tecidos. Em plantas com sistema radicular composto por poucas raízes novas e ativas (tecidos menos suberificados), a absorção daqueles nutrientes pouco móveis e imóveis no interior das células, como o cálcio e o boro, é prejudicada, promovendo um quadro de distúrbios fisiológicos. Este problema facilita a entrada de doenças e pragas, refletindo a estreita base ge-

nética das cultivares comerciais que privilegia a produção vegetativa e reprodutiva em detrimento do sistema radicular. Raízes de repolho, couve-flor e brócolis podem atingir 100 cm ou mais e a forma do sistema radicular é de cone invertido onde a maior intensidade de enraizamento está nos primeiros 20 cm de solo (Figura 30). Deficiência de cálcio localizada nas folhas, em tecidos de crescimento rápido e com baixa taxa de transpiração, é agravado pela elevada umidade relativa, o que estimula a perturbação relacionada com cálcio e boro. Estes nutrientes são transportados principalmente no xilema, chegando aos tecidos meristemáticos de crescimento dependendo da taxa de transpiração. Os tecidos com baixa transpiração irão apresentar deficiências de cálcio. O cálcio se acumula nas folhas externas durante o dia por fluxo de massa, impulsionado pela transpiração (pressão negativa), e na cabeça durante a noite, quando ocorre o mecanismo da “pressão de raiz” (pressão positiva), empurrando o cálcio até os tecidos que formam a cabeça. Uma vez que o cálcio e boro são absorvidos preferencialmente pelas raízes não suberificadas, a quantidade de raízes jovens é referência para absorção destes elementos. Consequentemente, a arquitetura da



**Figura 30.** Sistema radicular profundo e bem desenvolvido, indicando a capacidade de suprir as demandas de água e nutriente da planta.

raiz é um fator importante na expressão deste transtorno. As plantas com vigoroso e profundo sistema radicular são menos propensas ao distúrbio que leva principalmente a má formação da parede celular, também conhecida por tecido mole. Outro problema é com as quantidades de cátions no solo ou pelo aporte via adubação ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{NH}_4^+$ ) envolvidos na concorrência por proteína transportadora e pela geração do equilíbrio elétrico na planta, resultando em um excesso ou deficiência de determinados elementos nos tecidos (CUBETA *et al.*, 2000).

## 7. Colheita

Normalmente são realizadas três a quatro colheitas durante o período de maturidade da cabeça e da inflorescência, pela desuniformidade na maturação. A colheita deve ser realizada nas primeiras horas da manhã, evitando horários mais quentes. O brócolis e a couve-flor são acondicionados em caixas plásticas, e o repolho,

normalmente a granel ou em caixas de madeira para serem transportados até a instalação de processamento mínimo (embalagem e ou refrigeração) (Figuras 31 e 32). Após a etapa de limpeza e embalagem, as cabeças e inflorescências são acondicionadas em caminhão baú refrigerado e transportados até seu destino. A cada dia os consumidores exigem dos seus fornecedores alimentos de maior qualidade. Por sua vez, parte desta exigência é transferida ao agricultor, que precisa manejar estes alimentos de forma a aumentar a sua durabilidade e qualidade. Cada vez mais, a investigação e o desenvolvimento são impulsionados pelas demandas dos consumidores de brássicas, dando maior enfoque na manutenção da qualidade pós-colheita, no armazenamento, no transporte e na durabilidade de prateleira. Este fato contrasta com os objeti-



**Figura 31.** Acondicionamento das cabeças de brócolis em caixas de plástico.



**Figura 32.** Etapa de embalagem com filme plástico.



vos anteriores, que foram quase exclusivamente dirigidos à melhora da eficácia e eficiência das operações na fase de campo, visando somente o maior retorno econômico das unidades familiares rurais.

### 7.1. Manejo na colheita e ambiente de armazenamento

A maioria das pesquisas mostram que as melhores taxas de conservação de brássicas em ambiente controlado ou são alcançadas pela diminuição da temperatura, do aumento substancial da concentração de dióxido de carbono e da diminuição da concentração de oxigênio. Em termos gerais, temperaturas reduzidas combinadas com concentrações de dióxido de carbono entre 2,5 e 7% e de oxigênio entre 2,5 a 6% são necessários para manter a coloração verde, aparência fresca e a textura do alimento (crocância). Brássicas armazenadas em condições de atmosfera modificada e com uso de controladores de níveis de etileno podem manter-se comercializáveis por mais de 10 meses.

A taxa de perda de água aumenta com o aumento da temperatura e é exacerbada através da diminuição da umidade relativa do ar e da pressão atmosférica. Para a maioria dos vegetais uma perda de água entre 5 e 10% provoca a deterioração visual. Após a colheita, as mudanças no conteúdo de carboidratos, ácidos orgânicos e metabólitos secundários, afetam a qualidade do alimento. Provavelmente, a liberação de etileno tem o efeito mais importante sobre a qualidade. O etileno está envolvido na aceleração do amadurecimento e na senescência dos

tecidos. Para culturas de flores como couve-flor e brócolis, basta a presença de pequenas quantidades de etileno para acelerar a senescência e aumentar a deterioração do alimento. As taxas de respiração dos vegetais aumentam em resposta ao aumento das temperaturas, principalmente em tecidos jovens e imaturos como o brócolis e a couve-flor.

O brócolis e a couve-flor são colhidos no ponto de floração imatura, sendo altamente perecíveis, com tempo de armazenamento de 2 a 3 dias em temperaturas de 20°C (MAKHLouF *et al.*, 1989). Por isso, a refrigeração é o principal meio de abrandar a taxa de senescência e manter a qualidade destes alimentos. A principal limitação do armazenamento em temperatura ambiente é o rápido amarelecimento dos botões florais, devido à quebra de clorofila, produção de etileno e abertura das flores.

As recomendações de armazenamento padrão para brócolis são de 2°C de temperatura, com umidade relativa de 95%, 1 a 2% de dióxido de carbono e 5 a 10% de oxigênio. Para a couve-flor mantém-se as mesmas condições, porém com temperatura entre 4 e 6°C para evitar danos nas inflorescências pelo frio. Nestas condições, esses vegetais podem ser armazenados por um período de até seis semanas, desde que este armazenamento seja feito imediatamente após a colheita. Neste sentido, é importante que seja aplicado resfriamento rápido, diminuindo a água livre na inflorescência, além de evitar condições de umidade e temperatura elevadas. Durante o processo de colheita, é aconselhável evitar ferimentos nas partes comerciais (cabeça e inflorescência) evitando a entrada de patógenos.

### Bibliografia

AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; CASTRO, M.R.S.; LADEIRA, I.R. Características produtivas do repolho em função de espaçamentos e doses de nitrogênio. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p. 266-270, 2005.

ATHERTON, J.G.; HAND, D.J.; WILLIAMS, C.A. Curd initiation in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). In: Atherton, J.G. (Ed.) **Manipulation of Flowering**. Butterworth, London, p. 133-145, 1987.

- BOOIJ, R. and STRUIK, P.C. Effects of temperature on leaf and curd initiation in relation to juvenility of cauliflower. **Scientia Horticulturae** 44, p. 201-214, 1990.
- CASTOLDI, R.; CHARLO, H.C.O.; VARGAS, P.F.; BRAZ, L.T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p. 438-445, 2009.
- CHU, Y.F.; SUN, J.; WU, X. and LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** n.50, p. 6910-6916, 2002.
- CHUNG, B. Effects of plant density on the maturity and once-over harvest yields of broccoli. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology** n.57, p. 365-372, 1982.
- COOLONG, T.W.; RANDLE, W.M.; TOLER, H.D. and SAMS, C.E. Zinc availability in hydroponic culture influences glucosinolate concentrations in *Brassica rapa*. **HortScience** n.39, p. 84-86, 2004.
- CUBETA, M.A.; CODY, B.R.; SUGG, R.E. and CROZIER, R.C. Influence of soil calcium, potassium and pH on development of leaf tipburn of cabbage in Eastern North Carolina. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** n. 31, p. 259-275, 2000.
- DIXON, G.R. **Vegetable Brassicas And Related Crucifers**. Wallingford: CABI. 327 p., 2007.
- FAHEY, J.W.; ZALCMANN, A.T. and TALALAY, P. The Chemical Diversity and Distribution of Glucosinolates and Isothiocyanates among Plants. **Phytochemistry**, n.56, p. 5-51, 2001.
- FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. SBCS, Viçosa-MG, 432 p., 2006.
- FRANDSEN, K.J. The experimental formation of *Brassica juncea* (Czern and Coss). **Dansk Botanisk Arkiv** n. 11, p. 1-17, 1943.
- FUJIME, Y. & HIROSE, T. Studies on the thermal deformation conditions of curd development in cauliflower and broccoli. **Journal of the Japanese Society of Horticultural Science** n.114, p. 552-556, 1979.
- GALLAGHER J.N. Field studies of cereal leaf growth. I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. **Journal of Experimental Botany** n.30, p. 625-636, 1979.
- GRIME, J.P. **Plant Strategies and Vegetation Processes**. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, New York-Brisbane-Toronto, 222 p., 1979.
- HAINE, K.E. Time of heading and quality of curd in winter cauliflower. **Journal of the National Institute of Agricultural Botany** n.8, p. 667-674, 1959.
- ISENBERG, F.M.R.; PENDERGRASS, A.; CARROLL, J.E.; HOWELL, L. and OYER, E.B. The use of weight, density, heat units, and solar radiation to predict the maturity of cabbage for storage. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** n.100, p. 313-316, 1975.
- LESTER, G.F. A regulamentação ambiental de nutrientes para a saúde humana (ácido ascórbico, B-caroteno e ácido fólico) em frutas e vegetais. **Hort. Ciência** n.41, p. 59-64, 2006.
- LUENGO, R.F.A. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 4p. il.: Tabela. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 26).
- MAKHLOUF, J.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J.; WILLEMOT, C. and GOSSELIN, A. Long term storage of broccoli under controlled atmosphere. **HortScience** n.24, p. 637-639, 1989.
- Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. SBCS, Porto Alegre: 2004, 400 p.
- MILFORD, G.F.J.; POCKOCK, T.O. and RILEY, J. An analysis of leaf growth in sugar beet. I. Leaf appearance and expansion in relation to temperature under controlled conditions. **Ann. Appl. Biol.** n.106, p.163-172, 1985.
- MONTEITH, J.L. Climatic variation and the growth of crops. **Q. J. Royal Meteorol. Soc.** n.107, p.749-774, 1981.
- PEARSON, S.; HADLEY P. and WHELDON, A.E. A model of the effects of temperature on the growth and development of cauliflower (*Brassica oleracea L. botrytis*). **Scientia Horticulturae** n.59, p. 91-106, 1994.
- ROBERTS, E.H. & SUMMERFIELD, R.J. Measurement and prediction of flowering in annual crops. In: **Manipulation of flowering**. Atherton. J.G. (ed.), Harnoll Ltd., London. p. 17-50, 1987.
- ROBINSON, D. Strategies for optimising growth in response to nutrient supply. In *Plant Growth: Interaction with Nutrition and Environment*, eds. J.R. PORTER & D.W. LAWLOR, **Society for Experimental Biology**,

Seminar Series Vol. 43. Cambridge University Press, Cambridge, p. 177-205, 1991.

SALTER, P.J. Studies on crop maturity in cauliflower. I. Relationship between the times of curd initiation and curd maturity of plants within a cauliflower crop. **Journal of Horticultural Science** n.44, p. 129-140, 1969.

SALTER, P.J.; ANDREWS, D.J. & AKEHURST, J.M. The effect of plant density, spatial arrangement and sowing date on yield and head characteristics of a new form of broccoli. **Journal of Horticultural Science**, 59, 79-85, 1984.

STIRLING, K. & LANCASTER, R. Alternative planting configurations influence cauliflower development. **Acta Horticulturae** n.694, p. 301-305, 2005.

STOKES, P. & VERKERK, K. The flower formation on Brussels sprouts. **Mededelingen van de Landbouw Hogeschool te Wageningen** n.50, p. 143-160, 1951.

SUTHERLAND, R.A.; CRISP, P. and ANGELL, S.M. The effect of spatial arrangement on the yield and quality of 2 Cultivars of Autumn Cauliflower and Their Mixture. **Journal of Horticultural Science** n.64, p. 35-40, 1989.

WELLINGTON, P.S. & QUARTLEY, C.E. A practical system for classifying, naming and identifying some cultivated Brassicas. **Journal of the National Institute of Agricultural Botany** n.12, p. 413-432, 1972.

WIEBE, H.J. Effect of temperature and light on growth and development of cauliflower.II. Optimal ver-

nalization temperature and exposure time. **Gartenbauwissenschaft** n.37, p. 293-303, 1972.

WIEBE, H.J. Effect of temperature on the variability and maturity date of cauliflower. **Acta Horticulturae** n.52, p. 69-75, 1975.

WURR D.C.E.; FELLOWS J.R.; HIRON R.W.P. The influence of field environmental conditions on the growth and development of four cauliflower cultivars. **J. Hort. Sci.** n.65, p. 565-572, 1990a.

WURR, D.C.E. & FELLOWS, J.R. Leaf production and curd initiation of winter cauliflower in response to temperature. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** n.73, p. 691-697, 1998.

WURR, D.C.E.; FELLOWS, J.R.; HIRON, R.W.P. Relationships between the time of transplanting, curd initiation and maturity in cauliflower. **Journal of Agricultural Science** n.114, p. 193-199, 1990b.

WURR, D.C.E.; KAY, R.H. & ALLEN, E.J. The effect of cold treatments on the curd maturity of winter-heading cauliflowers. **Journal of Agricultural Science, Cambridge** n.97, p. 421-425, 1981.

WURR, D.C.E.; KAY, R.H.; ALLEN, E.J. & PATEL, J.C. Studies of the growth and development of winter-heading cauliflowers. **Journal of Agricultural Science, Cambridge** n.97, p. 409-419, 1981.





## CULTIVO DA CEBOLA<sup>1</sup>

Claudinei Kurtz

Édio Zunino Sgrott

Jucinei José Comin

Fábio Satoshi Higashikawa

Monique Souza

### 1. O cultivo da cebola em Santa Catarina e o Sistema de Plantio Direto de Hortalças (SPDH)

A cebola (*Allium cepa*, L.) é uma das mais antigas hortalças cultivadas e remonta mais de 5.000 anos. Possivelmente tenha sido domesticada inicialmente nas regiões montanhosas da Ásia Central que inclui Turcomenistão, Uzbequistão, Tajiquistão, Norte do Irã, Afeganistão e Paquistão (BREWSTER, 2008).

No Brasil, o marco inicial da cultura da cebola é atribuído aos imigrantes açorianos que colonizaram a região de Rio Grande (RS), no século 18. Em Santa Catarina o cultivo de cebola teve início na década de 1930 e na sequência foi introduzida no Estado de São Paulo. No Nordeste do país, a cebola começou a ser cultivada no final da década de 1940, no Vale do São Francisco (BARBIERI & MEDEIROS, 2007).

Atualmente, a cebola é uma espécie olerácea amplamente cultivada e consumida em todo o mundo, fazendo parte de diversas culinárias. O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais desta hortalça sendo a terceira em importância econômica no país, superada apenas pela batata e pelo tomate.

Foram cultivados 55,9 mil ha de cebola no Brasil em 2016, cuja produção foi de 1,58 milhão de toneladas, com rendimento médio de 28,2 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017). O Estado de Santa Catarina é o principal produtor nacional de cebola e na úl-

tima década foi responsável por mais de 30% da produção brasileira. No Sul do Brasil, que responde por mais de 50% da produção nacional, a cebolicultura é uma atividade predominantemente desenvolvida por agricultores familiares e possui grande importância socioeconômica contribuindo significativamente para a geração de renda e empregos.

#### 1.1. Cultivares

Segundo Barbieri (2007), as variedades de cebola cultivadas no Sul do Brasil têm origem em três categorias principais: Baia Periforme, a Pêra Norte e a Crioula que são mantidos até hoje por pequenos produtores. A primeira delas é composta por populações derivadas de uma cebola portuguesa conhecida como Garrafal. Foi trazida por imigrantes açorianos para a região de Rio Grande (RS), em particular no distrito de Quitéria.

Por mais de um século, dezenas de subpopulações de Baia Periforme foram mantidas por produtores locais. Estes materiais apresentam notável adaptação ao cultivo em condições de clima úmido, com bulbos de formato periforme, coloração amarelada, pungente e casca fina.

<sup>1</sup> Esse capítulo é adaptação de Fayad *et al.* (2018).

Possui também intensa cerosidade foliar, o que contribui para sua adaptação à região tropical e subtropical de clima úmido (BARBIERI & MEDEIROS, 2007).

O grupo Pêra Norte agrupa genótipos tardios, possivelmente originados a partir de genótipos egípcios da África do Norte que após introdução, na Ilha de Açores, chegaram ao Brasil trazidos pelos imigrantes açorianos. Este material ainda é mantido por produtores dos municípios de Rio Grande, (RS) e São José do Norte (RS). Apresenta bulbos de formato piramidal, de coloração acastanhada e boa retenção de escamas. Possui dormência prolongada, pungência alta e com boa capacidade de armazenamento. Também possui boa cerosidade foliar, permitindo adaptabilidade às condições de clima úmido.

A cultivar Crioula surgiu na região produtora de cebola do Alto Vale do Itajaí (SC). Provavelmente, resultou do cruzamento entre populações do tipo Pêra Norte e do tipo Baia Periforme, seguido de seleção feita por produtores locais. Apresenta bulbos globosos com casca de coloração marrom acastanhada. Há também variedades locais de populações do tipo Crioula, que apresentam bulbos com coloração roxa, denominados de Crioula-Roxa.

### 1.2. Escolha do cultivar

Escolher um cultivar adequado é um dos principais pontos a serem observados. A escolha equivocada de um cultivar certamente comprometerá o restante do sistema produtivo, culminando com perdas ou até mesmo inviabilizando a lavoura. Cultivares mal adaptados às condições edafoclimáticas, com ciclo vegetativo irregular ou muito suscetíveis aos estresses contribuem para a redução da produção e tornam necessário o aumento das aplicações de agrotóxicos (LOPES & SIMÕES, 2007).

A falta de adaptação do cultivar é o fator que mais limita o uso de um mesmo cultivar em diferentes regiões, principalmente pela peculiaridade da cultura no que se refere ao binômio

fotoperíodo-temperatura (ALVES *et al.*, 2016). De maneira geral, os cultivares híbridos têm maior potencial produtivo comparativamente aos cultivares polinização livre, porém os híbridos exigem maior cuidado na lavoura e tendem a ser mais suscetíveis a efeitos adversos do meio (ALVES *et al.*, 2016). Estes fatores têm dificultado a adaptação destes materiais na região Sul do Brasil que apresenta clima subtropical úmido.

Atualmente, para Santa Catarina, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri – recomenda seis cultivares de cebola para plantio (Tabela 1 e Figura 1).

## 2. Produção de mudas

No Estado de Santa Catarina e nos demais estados do Sul, a produção de cebola é em sua maioria realizada via transplante. A produção de mudas é uma etapa importante dentro do sistema de produção de cebola. Entretanto, ainda não se dispõe de tecnologias consolidadas a nível de produtores para a produção de mudas no SPDH, embora a nível de pesquisa já foi demonstrado principalmente com o uso da solarização do solo. Em trabalho de pesquisa realizado na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, foi avaliado produção de mudas em canteiros com plantas de cobertura que após serem roladas é realizado o “processo de solarização” nos meses de dezembro até abril quando é retirado o plástico e semeado a cebola (Figura 2). Esses canteiros são permanentes para produção de mudas de cebola em rotação com adubos verdes e outras culturas e processo longo de solarização. O local onde será estabelecido o canteiro de produção de mudas deve ser de fácil acesso, preferencialmente plano, com exposição solar norte, próximo a uma fonte de água e afastado de locais que propiciem a formação de sombra e neblina (EPAGRI, 2013).

O canteiro deve ser implantado em áreas com pH, fósforo e potássio corrigidos com base na análise de solo. Devem ser “levantados”,



**Tabela 1.** Cultivares de cebola recomendados pela Epagri para plantio em Santa Catarina.

| Cultivar                           | Ciclo             | Cor                     | Forma                | Data           |                     |                       |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------------------|
|                                    |                   |                         |                      | Semeadura      | Transplante         | Colheita              |
| SCS366<br>Poranga                  | Super-<br>precoce | Amarela                 | Globular             | Abril          | Junho               | Outubro               |
| Epagri 363<br>Superprecoce         | Super-<br>precoce | Amarela                 | Globular             | Abril          | Junho               | Outubro/<br>novembro  |
| Empasc 352<br>Bola Precoce         | Precoce           | Amarela                 | Globular             | Abril/<br>maio | Julho/<br>agosto    | Novembro              |
| SCS373<br>Valessul                 | Precoce           | Marrom                  | Globular             | Abril/<br>maio | Julho/<br>agosto    | Novembro              |
| Empasc 355<br>Juporanga            | Médio             | Amarelo-<br>avermelhada | Globular<br>alongada | Maio           | Julho/<br>agosto    | Novembro/<br>dezembro |
| Epagri 362<br>Crioula Alto<br>Vale | Médio             | Marrom                  | Globular             | Maio           | Agosto/<br>setembro | Dezembro              |

Fonte: Alves *et al.*, 2016.

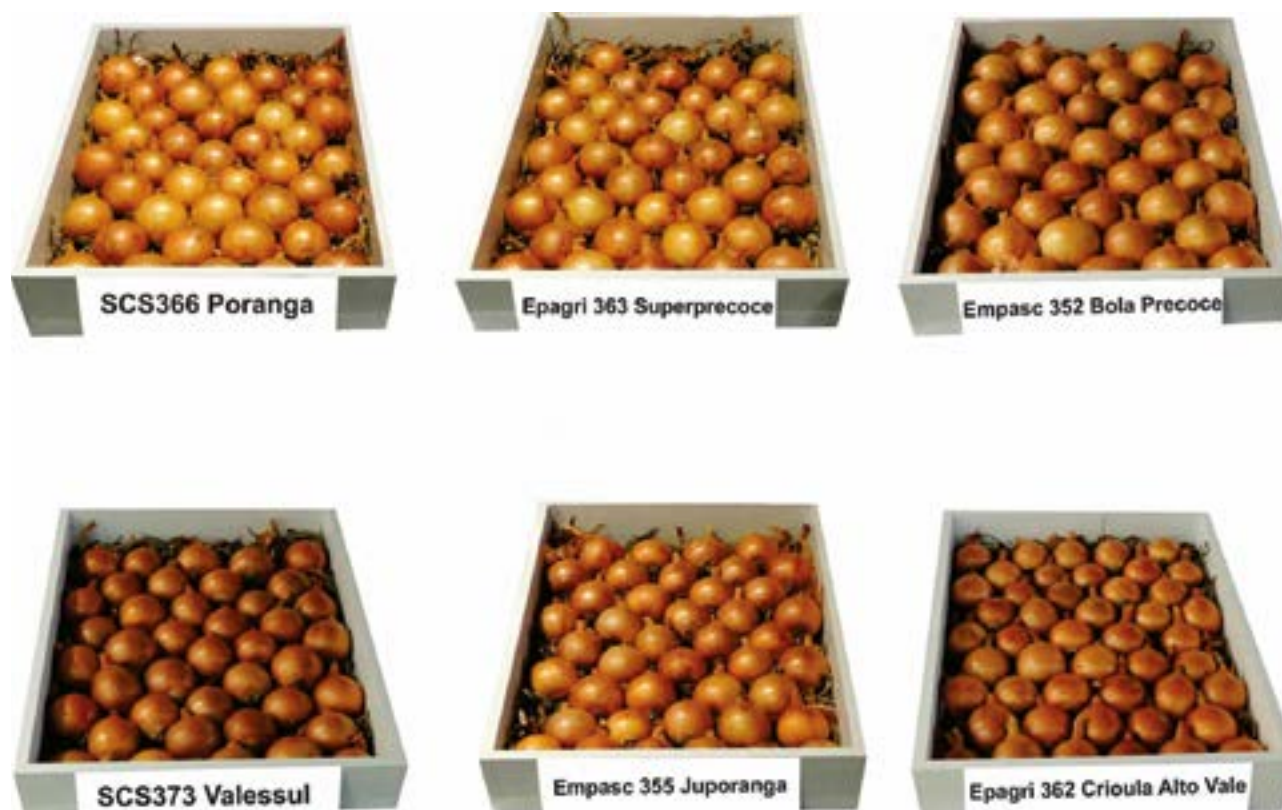
**Figura 1.** Cultivares de cebola desenvolvidos e recomendados pela Epagri para plantio na região Sul do Brasil, em especial para Santa Catarina. Fonte: Alves *et al.* (2016).



**Figura 2.** Construção de canteiros para posterior solarização para produção de mudas no SPDH.

seguindo as linhas de nível do terreno, a uma altura de 10 a 15 cm, com largura de 1,0 a 1,2 m e comprimento variável de acordo com a área disponível e a necessidade de mudas a serem produzidas. Recomenda-se que a superfície do canteiro seja uniforme, melhorando a germinação da semente. Faz-se a semeadura do adubo verde com máquina de semeadura direta ou a lanço (Figura 3). Quando estas plantas estiverem com aproximadamente 20 cm de altura pode ser realizada

a adubação orgânica com o objetivo de complementar a disponibilidade dos nutrientes essenciais e corrigir manchas de fertilidade.

### 2.1. Semeadura

A semeadura a lanço é o método mais utilizado pelos produtores catarienses. Ela consiste em distribuir as sementes nos canteiros com posterior cobertura com no máximo 2 cm de serragem, casca de arroz incinerada, composto orgânico ou “vermicomposto” (húmus de minhoca) peneirados. Ensaios de

pesquisa indicam o composto como a melhor cobertura a ser utilizada após a semeadura. Esta também pode ser realizada em pequenos sulcos transversais, de 1 a 1,5 cm de profundidade, abertos transversal ou longitudinalmente no canteiro, distanciados em 10 cm entre si, nos quais as sementes serão distribuídas uniformemente. A semeadura recomendada é de 2,5 a 3,0 g de sementes por m<sup>2</sup> de canteiro. Assim, são necessários cerca de 2 kg de semente para



**Figura 3.** Semeadura dos adubos verdes de verão e inverno nos canteiros de produção de mudas para o transplante. O sistema a ser adotado pode ser com e sem a solarização. No primeiro, a semeadura será realizada após retirada do plástico e o sem solarização após rolagem das plantas de cobertura, atendendo as épocas de semeaduras recomendadas para cada cultivar.



obtenção das mudas destinadas ao transplante de 1 hectare de lavoura de cebola. É importante salientar que densidades menores proporcionam ambiente mais arejado facilitando a saúde da planta.

### 3. Ecofisiologia

É uma planta bianual, sendo no primeiro ciclo a fase vegetativa responsável pela formação do órgão de reserva (bulbos) e a estrutura basilar do caule, que é um disco-rizoma, contendo o meristema vegetativo, reprodutivo e radicular. A planta é herbácea e as folhas são simples, incompletas e constituídas de duas partes: a bainha e o limbo. As bainhas das folhas exteriores (mais velhas) são coriáceas e brilhantes e formam as escamas ou casca da cebola. Atuam como protetoras das bainhas das folhas mais internas e dos primórdios foliares que se sobrepõem e acumulam substâncias de reserva na base, formando um bulbo tunicado. As folhas são cobertas por uma camada cerosa. O caule é de formato discoidal com entrenós muito curtos, constitui a base do bulbo e localiza-se abaixo do nível do solo. No centro do disco caulinar está o meristema apical, de onde surgem as folhas, opostas e alternadas. O sistema radicular é do tipo fasciculado, formado por raízes adventícias que emergem ao redor do caule durante o ciclo vegetativo. No segundo ciclo, ocorre a fase reprodutiva com a formação de inflorescências que são umbelas constituídas de agregados de pequenas inflorescências que se desenvolvem na extremidade do escapo floral. A inflorescência possui em média 300-400 botões, podendo variar de 50 a 2000 botões florais (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O fotoperíodo em interação com a temperatura são os fatores climáticos que controlam a formação de bulbos. A cebola é fisiologicamente de dias longos para bulbificação e, de modo geral, não bulbifica em dias com duração inferior a 10 horas de luz. Sob fotoperíodos inferiores ao mínimo fisiologicamente exigido, as plantas emitem folhas continuamente e não bulbificam,

mesmo após períodos longos de crescimento. Satisfeitas as exigências em fotoperíodo, tem início a mobilização de reservas para a base das folhas e consequente formação dos bulbos, independentemente do tamanho da planta. A bulbificação apenas se inicia quando a combinação dos fatores determinantes da bulbificação (fotoperíodo e temperatura) de cada cultivar é atingida e a taxa de bulbificação é diretamente proporcional ao fotoperíodo e temperatura (BREWSTER, 2008).

#### 3.1. Fotoperíodo

É definido como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o pôr do sol, estando o disco solar visível ou não. Entre os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento e a adaptação de cultivares de cebola a diferentes regiões geográficas, o fotoperíodo é um dos mais limitantes, considerando-se que a planta de cebola só formará bulbos se o comprimento do dia for igual ou superior a um mínimo fisiologicamente exigido. Quanto à exigência de luz para que ocorra a bulbificação, os cultivares de cebola são classificados em três grupos: cebolas de dias curtos (DC), cebolas de dias intermediários (DI) e cebolas de dias longos (DL). Os cultivares de DC são aqueles que requerem fotoperíodo de 10 a 12 horas para que a bulbificação seja induzida. Os cultivares de DI requerem fotoperíodo de 12 a 14 horas para que haja bulbificação e os cultivares de DL exigem um fotoperíodo igual ou superior a 14 horas (BREWSTER, 2008).

Os cultivares de cebola também são denominados precoces, médios e tardios. Seguindo essa classificação, os cultivares precoces são sinônimos de DC, os médios de DI e os tardios de DL (LEITE, 2007). Na prática, essa denominação se refere ao ciclo de maturação da cebola, podendo haver subdivisões, por exemplo: super-precoces, hiperprecoces e semitardios. A escolha do cultivar deve ser realizada em concordância com o fotoperíodo do local de cultivo, sabendo-se que o fotoperíodo varia com a latitude e a época do ano. O plantio de cultivares em locais ou em



épocas do ano em que o fotoperíodo não esteja de acordo com as necessidades do cultivar poderá comprometer toda a produção (ALVES *et al.*, 2016).

### 3.2. Temperatura

O fotoperíodo é um dos principais fatores para a indução da bulbificação, porém, sua interação com a temperatura deve ser cuidadosamente analisada. Em condições indutivas de fotoperíodo, a bulbificação é acelerada a altas temperaturas e atrasada quando em condições de baixas temperaturas (BREWSTER, 2008). Dessa forma, a bulbificação tem início somente após ser atingido um patamar mínimo do binômio fotoperíodo-temperatura para o cultivar. Assim, a bulbificação é, de modo geral, diretamente proporcional ao fotoperíodo e à temperatura (BREWSTER, 2008).

A temperatura ideal para bulbificação fica entre 15 e 30°C. Temperaturas superiores a 30°C podem acelerar muito o processo de bulbificação, levando à formação de bulbos pequenos, enquanto temperaturas menores que 15°C podem aumentar o florescimento precoce, um fator indesejável, pois esses bulbos não possuem valor comercial. Dessa forma, optar por cultivares que se adequem à região de cultivo para evitar perdas na produção devido às condições climáticas (ALVES *et al.*, 2016).

### 4. Crescimento, absorção de nutrientes e produção

Foram conduzidos dois experimentos para determinar o crescimento e a produção da cebola, um no sistema agroecológico com o cultivar Crioula Alto Vale na safra de 2004 e outro com o

cultivar Bola Precoce no sistema convencional, em 2011. Ambos foram conduzidos na Estação Experimental da Epagri em Ituporanga, Santa Catarina, em área de SPDH consolidado. O conhecimento dos padrões de acúmulo de massa seca de uma cultura permite entender melhor os fatores relacionados com a nutrição mineral e consequentemente com a adubação, visto que a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta (MARSCHNER, 2012), numa correlação direta.

#### 4.1. Cebola em SPDH agroecológico (Cv. Crioula Alto Vale)

##### 4.1.1. Crescimento e acúmulo de biomassa

A dinâmica do acúmulo de massa seca na planta inteira (parte aérea + bulbo) foi contínuo do plantio da muda de cebola até a colheita dos bulbos, totalizando 16,1 g planta<sup>-1</sup> (Figura 4). Deste total o bulbo ficou com 12,7 g e as folhas com 3,4 g, correspondendo a 78,9% e 21,1%, respectivamente. Do plantio da muda ao início da bulbificação, aos 35 dias, a planta acumulou 1,9 g de matéria seca, correspondendo a 11,8%

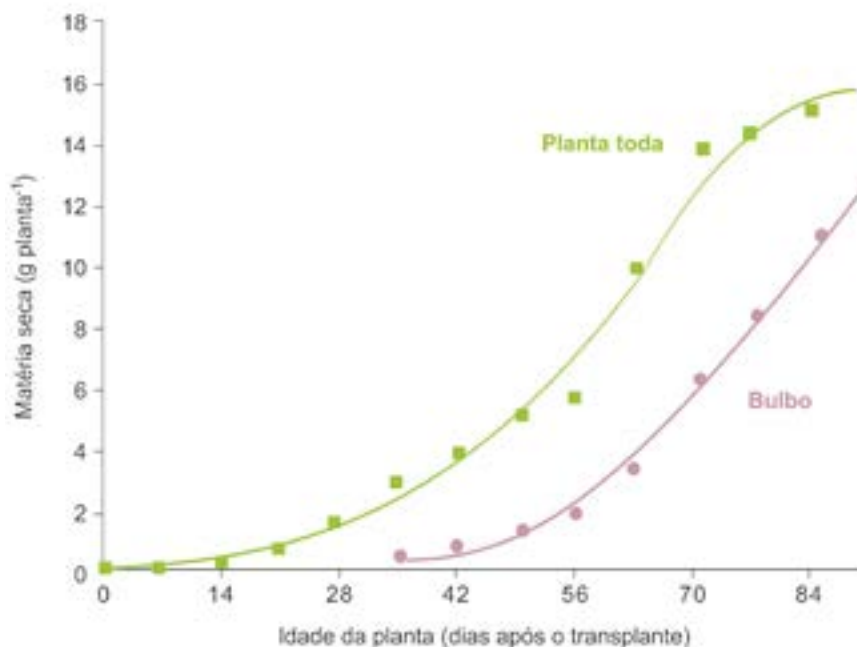


**Figura 4.** Dinâmica do acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural da cebola cultivada em plantio direto agroecológico, cv. Crioula, 2004.

do total acumulado ao longo do ciclo cultural. Do início da bulbificação até a colheita, a planta acumulou 14,2 g de matéria seca, correspondente a 88,2% do total. Os resultados encontrados por Haag *et al.* (1970) diferem destes na quantidade de matéria seca acumulada na planta inteira que foi de 36,7 g planta<sup>-1</sup> e no bulbo de 22 g planta<sup>-1</sup>, devido, provavelmente, ao sistema de cultivo em ambiente protegido e em hidroponia. Porém, Porto *et al.* (2006) encontraram dados semelhantes para a planta inteira de 18,61 g planta<sup>-1</sup> e de 13,2 g planta<sup>-1</sup> para o bulbo. A produção total de bulbos do experimento (massa fresca) foi de 17,65 t ha<sup>-1</sup>.

A taxa de crescimento absoluto (G) foi crescente até aos 59 dias após o transplante (DAT) com 0,361 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo o dia que a planta mais acumulou biomassa durante seu ciclo e a partir daí decresceu até a colheita (Figura 5). No início da bulbificação, aos 34 DAT, o G chegou a 0,143 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e na colheita de 0,086 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. No bulbo o G máximo foi de 0,370 g bulbo<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aos 76 DAT ou aos 42 dias após o início da bulbificação. Observa-se que neste dia de maior alocação de biomassa no bulbo, a planta produziu somente 0,224 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, representando um saldo negativo de 0,146 g planta<sup>-1</sup> neste dia, massa realocada das folhas.

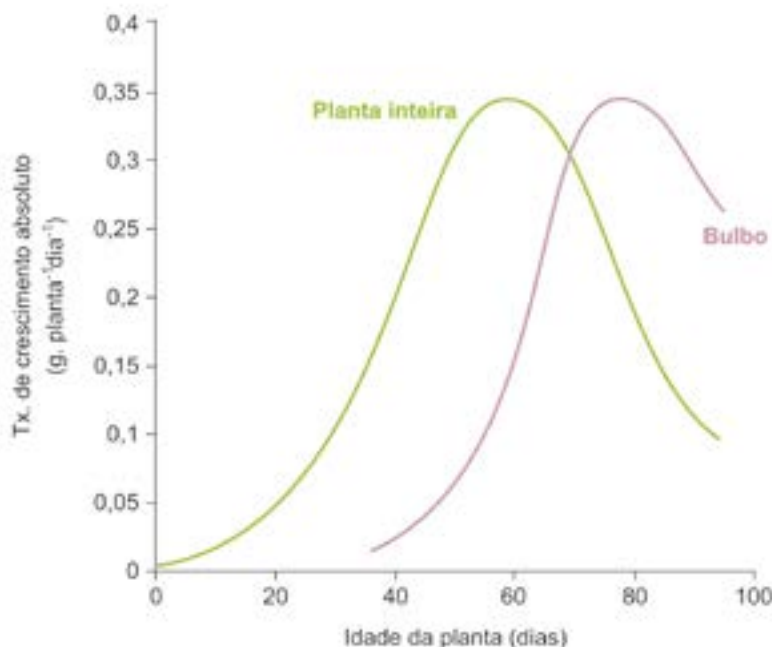


**Figura 5.** Taxa de crescimento absoluto ocorrido ao longo do ciclo cultural da cebola cultivada em plantio direto agroecológico, cv. Crioula, 2004.

A dinâmica de saldo negativo tem início aos 67 DAT, equivalente aos 32 dias após o início da bulbificação, indo até a colheita do bulbo, representado pela taxa de crescimento absoluto da planta (G) menor que o alocado no bulbo, indicando retranslocação de matéria seca, principalmente, das folhas para os bulbos. Este fato pode ser explicado em parte pelo padrão de translocação na relação fonte-dreno (TAIZ & ZEIGER, 2009), onde a força do dreno, representado pelo bulbo, foi maior no requerimento de biomassa que a produzida pelo sistema fotossintético da planta. Assim, o requerimento de biomassa foi suprido pelas reservas contidas principalmente nas folhas. Esta dinâmica de altas taxas diárias de produção e de transferência de biomassa ocorreu aproximadamente a partir dos 49 DAT até a colheita, fato que propicia suscetibilidade às doenças.

Assim, constata-se três fases distintas quanto ao acúmulo de biomassa na parte aérea da planta, ao longo do ciclo seu cultural. A primeira fase é caracterizada por ganhos crescentes e vai do plantio aos 52 DAT. A segunda fase vai dos 53 aos 66 DAP e está caracterizado por ganhos decrescentes de massa seca, seguido pela terceira fase onde há transferência de biomassa seca da parte aérea da planta para seu dreno principal, o bulbo. Esta última fase vai dos 67 DAT até a colheita.

**Experimentos** realizados por Vidigal *et al.* (2002) e Pôrto *et al.* (2006) produzem dados que se aproximam a esses no que se refere à dinâmica de acúmulo de biomassa seca na planta inteira e no bulbo que foram crescentes até o final do ciclo. Eles obtiveram uma distribuição de 36% e 64% para os primeiros autores e de 30% e 70% para os segundos autores,

respectivamente, porém, diferem na dinâmica de acúmulo de biomassa seca na folha em que encontraram acúmulos crescentes até o final do ciclo, fato que pode ser explicado pelas diferenças de cultivares e na disponibilidade de água e nutrientes às plantas ao longo do ciclo cultural, em especial durante a bulbificação.

#### 4.1.2. Absorção de nutrientes

Para compreender parte da relação planta-ambiente e a promoção de saúde de planta, tem-se ajustando a taxa diária de absorção de nutrientes (TDA) pela interpretação dos sinais apresentados pela planta, correlacionado com o estoque dinâmico de nutrientes no solo e com as condições climáticas. Assim, a exigência de nutrientes é variável conforme o seu estágio de desenvolvimento, que pode ser dividido de forma simplificada em vegetativa e bulbificação, sendo que do plantio até o início da bulbificação é absorvido aproximadamente 13% e do início da bulbificação até a colheita 87% do total de nutrientes absorvidos pela planta.

O acúmulo dos nove nutrientes determinados seguiu tendência semelhante ao do acúmulo da matéria seca. A ordem decrescente da quantidade de nutriente contido na planta inteira foi K; N; Ca; P; Mg nas quantidades de 329; 288; 100; 53 e 30 mg planta<sup>-1</sup> seguido pelos microelementos Mn; B; Zn e Cu com 472; 332; 314 e 158 µg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. No bulbo a ordem decrescente foi N; K; P; Ca; Mg; Mn; Zn; B e Cu nas quantidades de 232; 222; 49; 39 e 20 mg planta<sup>-1</sup> e 304; 293; 209 e 132 µg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. As taxas diárias de absorção chegaram ao máximo de 6,6; 5,6; 2,5; 1,3 e 0,6 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 10,8; 9,4; 6,1 e 3,2 µg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> aos 57; 52; 48; 52; 50; 55; 55; 58 e 59 DAT de K; N; Ca; P; Mg; Mn; B; Zn e Cu, respectivamente. Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades acumuladas de nutrientes proporcionalmente no período de 7 dias do plantio até a colheita. Evidencia-se que a biomassa formada ocorre em proporção semelhante a todos os nutrientes.

Na Tabela 3 é apresentada a quantidade de nutriente acumulado na planta inteira e a exportada pelo bulbo para uma população de 166.666 plantas e uma produção de 17.653 kg ha<sup>-1</sup> produzida em SPDH agroecológico.

**Tabela 2.** Acúmulo de nutrientes em relação ao conteúdo total em porcentagem ao longo do ciclo da cultura da cebola, cv. Crioula, 2004.

| DAP       | Nutrientes (%) |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-----------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | N              | P           | K           | Ca          | Mg          | Mn          | Zn          | Cu          | B           |
| 7         | 1,8            | 0,9         | 1,3         | 1,0         | 1,7         | 0,8         | 1,3         | 1,1         | 0,3         |
| 14        | 2,6            | 1,5         | 1,9         | 1,8         | 2,3         | 1,4         | 1,9         | 1,6         | 0,6         |
| 21        | 4,1            | 2,8         | 2,9         | 3,4         | 4,0         | 2,5         | 2,9         | 2,6         | 1,3         |
| 28        | 6,0            | 4,9         | 4,5         | 6,1         | 6,3         | 4,2         | 4,5         | 4,1         | 2,8         |
| 35        | 8,6            | 8,1         | 6,7         | 10,1        | 9,3         | 6,9         | 6,5         | 6,1         | 5,5         |
| 42        | 11,1           | 12,0        | 9,3         | 14,7        | 12,6        | 10,4        | 8,9         | 8,7         | 10,0        |
| 49        | 13,1           | 15,4        | 11,8        | 17,3        | 14,6        | 13,8        | 11,4        | 11,5        | 15,6        |
| <b>56</b> | <b>13,6</b>    | <b>16,5</b> | <b>13,5</b> | <b>16,5</b> | <b>14,6</b> | <b>15,8</b> | <b>13,1</b> | <b>13,5</b> | <b>19,3</b> |
| 63        | 12,5           | 14,4        | 13,7        | 12,6        | 12,6        | 15,0        | 13,6        | 14,1        | 18,1        |
| 70        | 10,2           | 10,5        | 12,3        | 8,2         | 9,3         | 12,1        | 12,4        | 13,0        | 12,9        |
| 77        | 7,6            | 6,8         | 9,8         | 4,7         | 6,3         | 8,5         | 10,3        | 10,6        | 7,6         |
| 84        | 5,3            | 3,9         | 7,2         | 2,5         | 4,0         | 5,4         | 7,7         | 7,8         | 4,0         |
| 91        | 3,5            | 2,3         | 4,9         | 1,3         | 2,3         | 3,2         | 5,5         | 5,4         | 2,0         |



**Tabela 3.** Acúmulo de nutrientes pela planta inteira e a alocada no bulbo ao longo do ciclo da cultura da cebola, cv. Crioula, cultivada em SPDH agroecológico, 2004.

| Órgão          | Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) |     |      |      |     |      |      |      |      |
|----------------|-----------------------------------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|
|                | N                                 | P   | K    | Ca   | Mg  | Mn   | Zn   | Cu   | B    |
| Planta inteira | 48,0                              | 8,8 | 54,8 | 16,7 | 5,0 | 0,79 | 0,52 | 0,26 | 0,55 |
| Bulbo          | 38,7                              | 8,2 | 37,0 | 6,5  | 3,3 | 0,51 | 0,49 | 0,22 | 0,35 |

## 4.2. Cebola no SPDH (Cv. Bola Precoce)

### 4.2.1. Crescimento e acúmulo de biomassa

O experimento realizado por Kurtz *et al.* (2016) demonstrou que o acúmulo de massa seca (MS) das plantas de cebola do cultivar Empasc 352 Bola Precoce foi muito lento até a metade do ciclo aos 60 dias após o transplante (DAT), acumulando 3,9 g planta<sup>-1</sup> de MS, o que representou 16% do total acumulado (Figura 6a). Após esse período, quando iniciou a fase de bulbificação, o acúmulo de MS foi intensificado (61 a 119 DAT), acumulando 20,7 g planta<sup>-1</sup>, equivalente a 84% da MS total acumulada. A planta acumulou lentamente MS, no início do ciclo, ocorre independente do cultivar utilizado e do local de cultivo, pois resultados similares também foram observados por Vidigal *et al.* (2010) para o cv. Alfa Tropical no verão em sistema de transplante e semeadura direta no estado de Minas Gerais e por Pôrto *et al.* (2007) e May *et al.* (2008) para os híbridos Superex e Optima cultivados em sistema de semeadura direta em São Paulo. Da mesma forma, Vidigal *et al.* (2010) também observaram um acúmulo rápido de MS no início da bulbificação, aos 88 dias após a semeadura para o cultivar Alfa Tropical, o que também foi verificado para outros cultivares e condições de cultivo (HAAG *et al.*, 1970; WIEDENFELD, 1994; INIA, 2005). Segundo Kurtz *et al.* (2016), ao final do ciclo as plantas acumularam 24,6 g planta<sup>-1</sup> no total de MS, sendo 9,29 g na parte aérea e 15,33 g no bulbo. A massa fresca média de bulbo foi de 149,4 g planta<sup>-1</sup> e o rendimento total de bulbos frescos foi de 37,34 t ha<sup>-1</sup>. Para este rendimento,

os autores observaram uma produção de 6.155 kg ha<sup>-1</sup> de MS na planta toda, distribuídos em 2.324 kg ha<sup>-1</sup> na parte aérea e 3.831 kg ha<sup>-1</sup> nos bulbos, ou seja, 38% e 62%, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Pôrto *et al.* (2006), que, ao avaliar o híbrido Optima em sistema de semeadura direta, obteve contribuições de 30% e 70%, para a parte aérea e bulbos, respectivamente. Para Vidigal *et al.* (2002), em sistema de transplante de mudas com o cultivar Alfa Tropical, as contribuições de parte aérea e bulbo foram de aproximadamente 36% e 64%, respectivamente, muito próximas às obtidas no estudo realizado em Santa Catarina.

A taxa máxima de crescimento absoluto (G) para a planta toda ocorreu aos 89 DAT, quando atingiu 0,447 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS (111,75 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), desacelerando nos 30 dias que antecederam a colheita (Figura 6b) (KURTZ *et al.*, 2016). Neste mesmo estudo, o bulbo iniciou sua formação aos 60 DAT e a taxa de crescimento máxima ocorreu aos 101 DAT com acúmulo de 0,46 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (115 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS). A partir dos 96 DAT até a colheita, a taxa de crescimento absoluto da planta inteira foi menor que o alocado no bulbo diariamente, indicando redistribuição de fotoassimilados, principalmente das folhas para os bulbos. Esse comportamento também foi observado por Pôrto *et al.* (2006, 2007) e Vidigal *et al.* (2010). De acordo com Brewster (2008), por ocasião desenvolvimento dos bulbos, há redistribuição de fotoassimilados e outros compostos das folhas para os bulbos, resultando na redução da massa seca das folhas e aumento na massa seca dos bulbos. Essa transferência de fotoassimilado são compostos do tecido da planta, abrindo porta aos organismos prejudiciais.

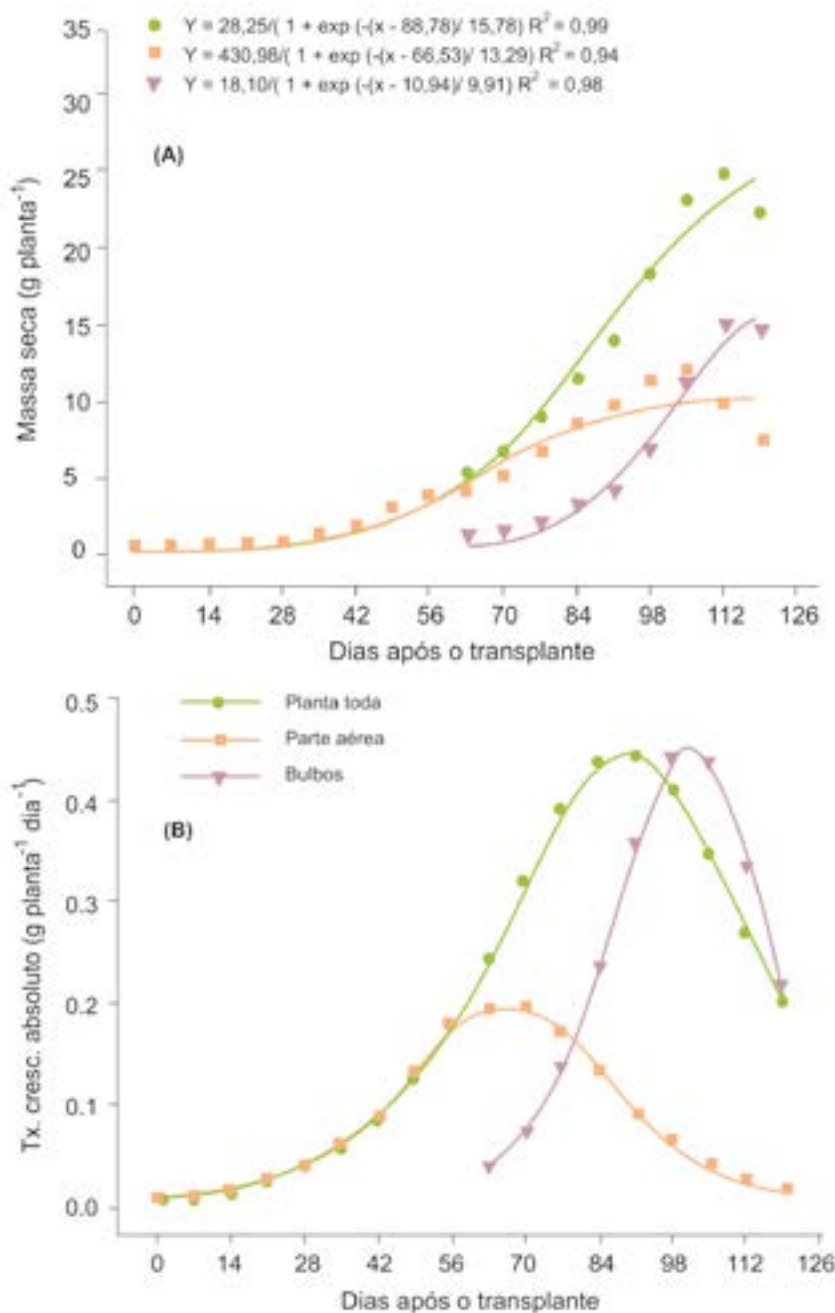


**Figura 6.** Acúmulo de matéria seca (a) e taxa de crescimento absoluto (G) (b) na planta toda (●), parte aérea (■) e bulbos (▼) de cebola da cv. Bola Precoce cultivada em sistema de transplante.

Conforme resultado do experimento de Kurtz *et al.* (2016), da massa seca total acumulada, 4,6% foi composta por minerais dos dez nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B e Cu). Na parte aérea (9,26 g) o acúmulo dos dez nutrientes foi de 5,4% da MS, superior proporcionalmente ao acumulado nos bulbos (15,33 g), que foi de 4,1% da MS.

#### 4.2.2. Absorção de nutrientes

As curvas de acúmulo de nutrientes para a planta de cebola possuem comportamento similar às curvas de acúmulo de massa seca. Segundo Kurtz *et al.* (2016), ocorre um acúmulo menor de MS na primeira metade do ciclo (16%) do que a absorção da maioria dos nutrientes, exceto para K, Mg e B (Tabela 4). De maneira geral, verificam-se grandes acúmulos e maiores taxas de acúmulo de nutrientes na segunda metade do ciclo da cultura, durante a fase de bulbificação. As taxas diárias de acúmulo de todos os nutrientes, exceto Fe, na parte aérea, aumentaram até início da bulbificação e decresceram após essa fase. Dessa forma, observa-se que a planta de cebola prioriza a alocação de fotoassimilados e nutrientes para o bulbo, assim que inicia a formação desse órgão (BREWSTER, 2008), que é o dreno maior da planta no período do início da bulbificação até a colheita.

Avaliando a proporção de acúmulo de matéria seca e de nutrientes durante as quatro fases do ciclo, com duração de aproximadamente 30 dias cada, verifica-se um acúmulo muito baixo nos primeiros 30 dias (fase de pegamento das mudas), acumulando em média 4% do total de nutrientes e 2% de MS (Figura 7). Nessa primeira fase há um maior acúmulo de N, Zn e Cu, equivalente a 6% do total e me-

**Tabela 4.** Acúmulo de nutrientes na planta inteira, no bulbo, por tonelada produzida, antes e após a bulbificação e período das taxas máximas de acúmulo de nutrientes pelo cultivar de cebola Bola Precoce para uma produtividade de 37,34 t ha<sup>-1</sup>.

| Acúmulo de nutrientes |                     |                     |      |                    |                            |                           | Tx. máxima de acúmulo |       |
|-----------------------|---------------------|---------------------|------|--------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| Nutrien-te            | Planta toda         | Bulbo               |      | tonelada bulbo     | Antes bulbif. <sup>2</sup> | Após Bulbif. <sup>3</sup> | Planta toda           | Bulbo |
| Macron.               | kg ha <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | %    | kg t <sup>-1</sup> | %                          | %                         | DAT <sup>1</sup>      |       |
| N                     | 101,4               | 58,3                | 57,4 | 2,72               | 27,0                       | 73,0                      | 73                    | 119   |
| P*                    | 34,9                | 23,9                | 68,5 | 0,93               | 17,3                       | 82,7                      | 86                    | 96    |
| K**                   | 86,5                | 45,7                | 52,8 | 2,32               | 13,2                       | 86,8                      | 80                    | 97    |
| Ca                    | 46,6                | 19,7                | 42,3 | 1,25               | 20,6                       | 79,4                      | 78                    | 116   |
| Mg                    | 12,1                | 7,0                 | 57,3 | 0,33               | 11,2                       | 88,8                      | 83                    | 112   |
| Micron.               | g ha <sup>-1</sup>  | g ha <sup>-1</sup>  |      | g t <sup>-1</sup>  |                            |                           |                       |       |
| Fe                    | 761,2               | 285,9               | 37,6 | 20,38              | 16,8                       | 83,2                      | 99                    | 114   |
| Mn                    | 149,6               | 62,7                | 41,9 | 4,01               | 17,0                       | 83,0                      | 79                    | 105   |
| Zn                    | 84,1                | 61,9                | 73,6 | 2,25               | 27,3                       | 72,7                      | 73                    | 94    |
| Cu                    | 33,7                | 24,1                | 71,6 | 0,90               | 21,2                       | 78,8                      | 86                    | 104   |
| B                     | 220,6               | 155,9               | 70,7 | 5,91               | 10,8                       | 89,2                      | 95                    | 105   |

<sup>1</sup> DAT: Dias após o transplante; <sup>2</sup> Período do plantio aos 60 DAT; <sup>3</sup> Período dos 61 até a colheita (119 DAT).

\* 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; \*\* 104 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Fonte: Kurtz *et al.* (2016).

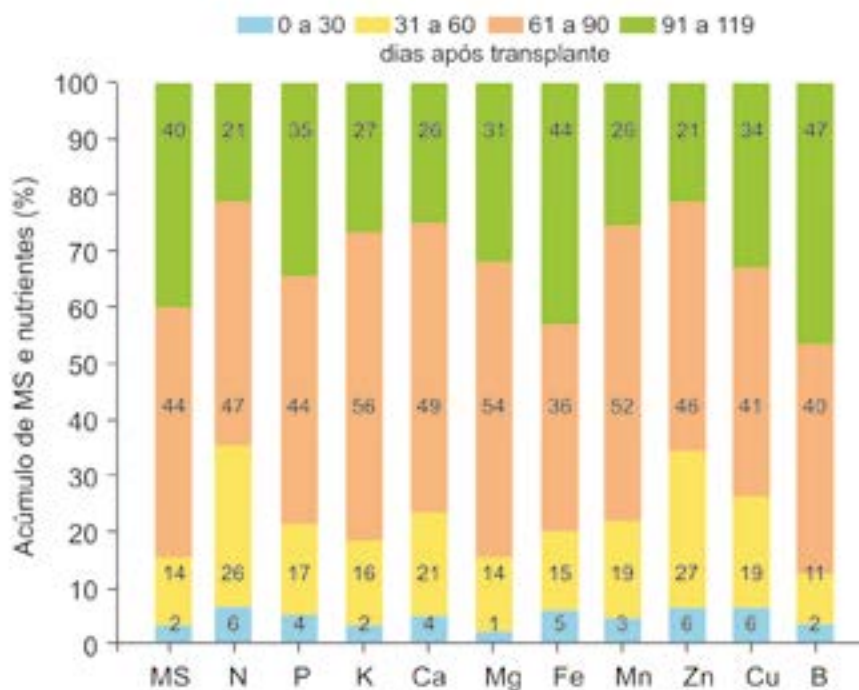


**Figura 7.** Acúmulo proporcional (%) de MS e nutrientes durante quatro fases do ciclo do cultivar de cebola Bola Precoce (0 a 30; 31 a 60; 61 a 90 e 91 a 119 DAT). Adaptado de Kurtz *et al.* (2018).

nor acúmulo de Mg, apenas 1% do total absorvido. Na segunda fase do ciclo (31 a 60 DAT), houve um acúmulo médio geral de 19% e 14%, de nutrientes e MS do total, respectivamente. Os nutrientes mais acumulados nessa fase foram também o Zn e N com 27 e 26%, respectivamente, enquanto os nutrientes menos acumulados foram o Mg e o B. Na terceira fase do ciclo (61 a 90 DAT), observou-se um acúmulo intenso de nutrientes e de MS, com acúmulo médio geral de 46% e de 44% do total, respectivamente. O início da bulbificação nesta fase, por sua vez, carac-



terizou-se como a fase de maior crescimento e absorção de nutrientes com aproximadamente 50% do total acumulado de nutrientes e MS. Os nutrientes com maior acúmulo foram o K, Mg e Mn com 56, 54 e 52% do total, respectivamente. Na última fase (91 a 119 DAT), quando ocorre o pleno enchimento de bulbos também se observou um importante acúmulo de MS e nutrientes, totalizando em média, 31 e 40%, respectivamente. Os nutrientes com destaque em acúmulo nessa fase foram o B e o Fe com 47 e 44%, respectivamente.

### 5. Critérios para escolha de espaçamento de plantio/semeadura

Em regiões sujeitas a neblina durante parte do dia e frequentemente como a região produtora de menor altitude do Alto Vale do Itajaí, devido ao aumento de problemas fitossanitários, indica-se o uso de no máximo 400 mil plantas por hectare (EPAGRI, 2013). Nas regiões com altitudes maiores (superior a 800 m) como nas regiões produtora do planalto catarinense é possível adotar populações de até 600 mil plantas por hectare, principalmente, no sistema de semeadura direta em campo definitivo.

No SPDH a movimentação do solo é restrito a linha de plantio, o espaçamento entre linhas irá variar segundo a distância entre os conjuntos dos

equipamentos que ajudarão a construir o berçário para o plantio (Figura 8 e 9). Na maioria dos casos, a distância entre linhas está ajustada para o intervalo de 33 a 40 cm.

Em sistemas orgânicos e agroecológicos de produção podem ser utilizadas densidades



**Figura 8.** Área sistematizada no “liso” para atender o plantio da muda, tratos culturais da cultura e adubos verdes contidas no plano de rotação.



**Figura 9.** Plantio das mudas de cebola sobre palhada de aveia preta com preparo do solo restrito a linha na propriedade de Valdemar L. da Silva. Alfredo Wagner/SC.



populacionais menores que as indicadas. Nesse caso, recomendam-se espaçamentos maiores, de 40 a 50 cm entre linhas e de 10 a 15 cm na linha, porque nas densidades populacionais menores proporcionarão maior ventilação entre as plantas, menor sombreamento e menor competição por nutrientes, água e luz tornando-as mais vigorosas e mais resistentes às doenças foliares.

Recomenda-se quando do aumento da densidade de plantas, que seja obtida pelo estabelecimento de mais linhas de plantio, porque a competição entre plantas pelos fatores de produção (luz, água, nutrientes etc.) sempre será maior.

## 6. Sistema de semeadura direta

A semeadura direta na área de cultivo pode ser realizada por máquinas e implementos que devem ser adaptadas ao SPDH, principalmente, no disco de corte da palhada. Também carece de maior precisão na profundidade de semeadura, fator primordial para emergência uniforme das plântulas. Isso também influencia diretamente no estande final da lavoura e, consequentemente, na produtividade e qualidade da produção (Figura 10). O espaçamento entre linhas utilizado varia de 25 a 35 cm, sendo em média de 30 cm, com densidade de semeadura de 18 sementes por metro linear, visando ao estabelecimento de 10 a 14 plantas por metro linear, o

que proporcionará uma densidade populacional de, aproximadamente, 400 mil plantas por hectare (Figura 11).

O desafio é de melhorar o desempenho da semeadura direta de cebola em SPDH sobre coberturas de palhadas mais densas (10 a 12 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca). Outras prioridades de



**Figura 10.** Semeadura direta em campo definitivo em SPDH sobre palhada de milho com aproximadamente 8 t/ha de massa seca.



**Figura 11.** Semeadura direta em campo definitivo em SPDH sobre palhada de aveia por ocasião da colheita (170 dias após a semeadura).

pesquisa no sistema de semeadura direta são o manejo de plantas de cobertura associado às máquinas de semeadura e manejo de plantas espontâneas sem o uso de herbicida.

## 7. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes, ajustada pelo conteúdo de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas

No esforço de compreender parte da relação planta-ambiente e a promoção de saúde de planta, tem-se ajustando a Taxa Diária de Absorção de nutrientes (TDA) pela interpretação dos sinais apresentados pela planta, correlacionado com o estoque dinâmico de nutrientes no solo e com as condições climáticas. Assim, a exigência de nutrientes é variável conforme o seu estágio de desenvolvimento que pode ser dividido de forma simplificada em vegetativa e bulbificação, sendo que do plantio até o início da bulbificação a planta acumula entre 13 a 23% e do início da bulbificação até a colheita entre 87% a 77% do total de nutrientes absorvidos, respectivamente para SPDH agroecológico e convencional (FAYAD & MONDARDO, 2004; KURTZ *et al.*, 2016).

### 7.1. Absorção, manejo dos nutrientes e recomendações de adubação

#### 7.1.1. Fósforo

##### Absorção do Fósforo

Kurtz *et al.* (2016), ao avaliarem o acúmulo de P pela cebola para a cv. Bola Precoce, observaram que o P foi o quarto nutriente mais acumulado pela planta de cebola depois de N, K e Ca, com acúmulo de 140,13 mg planta<sup>-1</sup>, totalizando 34,9 kg ha<sup>-1</sup> ou 80,3 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 12a). Dentre os macronutrientes, o P foi o que, proporcionalmente, teve maior acúmulo no bulbo com 69% do total, enquanto a parte aérea contribuiu com 31%. As taxas máximas de acúmulo, consi-

derando a planta toda, ocorreram aos 86 DAT e verificou-se uma taxa de alocação de P para o bulbo elevada no período próximo aos 96 DAT, momento que ocorreu a taxa máxima de alocação do elemento (Figura 12b). Cerca de 83% do total de P foi acumulado no período de bulbificação. Após o início da bulbificação, ocorre o decréscimo rápido da taxa de alocação de P para a parte aérea, o que também foi observado por Pôrto *et al.* (2007). Segundo Araújo & Machado (2006), ocorre intenso processo de redistribuição de P dos tecidos vegetativos para órgãos reprodutivos. Para esses autores, nas culturas de grãos, a proporção entre a quantidade de nutrientes nos grãos e a quantidade de nutrientes na biomassa também é maior para o P do que para os demais macronutrientes, indicando uma redistribuição preferencial de P para os órgãos drenos de maior força.

#### Resposta da cebola a adição de fósforo (P)

De maneira geral, a cultura da cebola apresenta uma resposta alta à adição de fósforo quando os teores do elemento são baixos no solo. Normalmente as doses aplicadas de P são semelhantes às de N e K, mas o conteúdo de P nas plantas e a extração são menores que estes nutrientes e semelhantes aos de S, Mg e Ca (BISSANI *et al.* 2008). Isso ocorre devido à alta fixação de P no solo e a formação de complexos pouco solúveis com Fe e Al em pH baixo e com cálcio em pH alto, além de sua ligação com a superfície de argilominerais que diminuem, desse modo, a eficiência da adubação fosfatada. Dos nutrientes essenciais às plantas, o fósforo é aquele que mais frequentemente limita o desenvolvimento, pois encontra-se em concentrações muito baixas na solução do solo (com valores normalmente menores do que 0,1 mg L<sup>-1</sup>), em função de ser adsorvido muito fortemente pelos compostos sólidos minerais do solo (ERNANI, 2016).

Por ser um nutriente de pouca mobilidade no solo e considerando que o sistema radicular da cebola é do tipo fasciculado, com raízes bastante superficiais, raramente ramificadas e



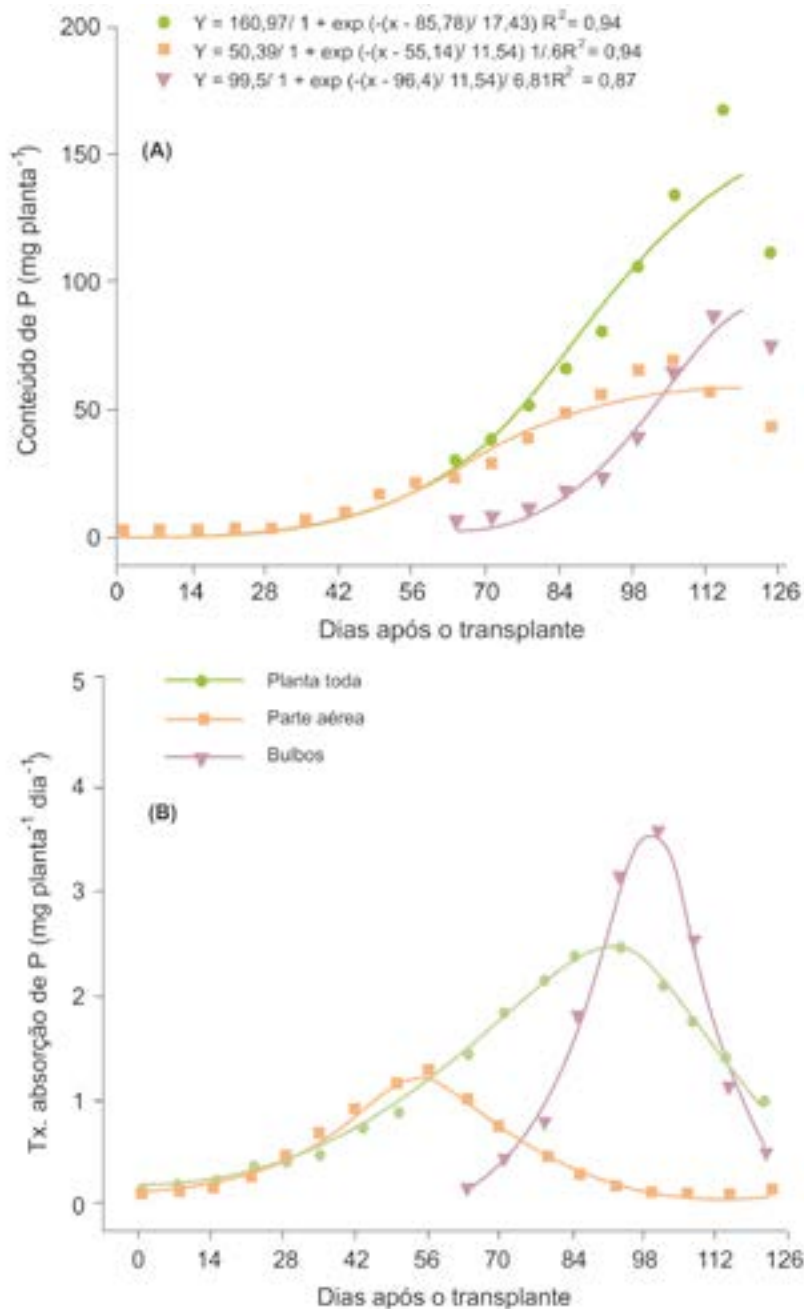


**Figura 12.** Acúmulo (a) e taxa de absorção diária (b) de fósforo pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce. Fonte: Kurtz *et al.* (2016).

sem pelos radiculares, exige alta quantidade de P para compensar a baixa exploração do solo pelas raízes (LEE, 2010). Segundo Costa *et al.* (2009), a cebola apresenta um sistema radicular limitado se comparado a outras plantas. As raízes de cebola podem alcançar a profundidade de 60 cm e lateralmente até 65 cm, mas isso ocorre em solos bem estruturados, com boa aeração e onde não existem impedimentos físicos (WEINGÄRTNER, 2016).

ção de altos rendimentos, pois elas visam atender à extração pela cultura somada às possíveis perdas por fixação em argilominerais e outras reações no solo anteriormente mencionadas.

No sistema de plantio direto sob rotação de culturas tem sido registrado maiores teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na camada superficial do solo, em relação às camadas mais profundas (SÁ, 1993; DE MARIA *et al.*, 1999; SILVEIRA & STONE, 2001)

Em trabalhos experimentais conduzidos em Ituporanga em um solo Cambissolo Húmico em sistema convencional, verificou-se uma alta resposta da cebola para a adubação fosfatada (superfosfato triplo) em área com baixo teor de P ( $4 \text{ mg dm}^{-3}$  – extrator Mehlich-1). Na média de três safras, as respostas foram lineares com aumento de 56% na produtividade na maior dose avaliada de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em relação à testemunha, sem adição de P (Figura 13).

Para concentração alta de P no solo (20 e  $32 \text{ mg dm}^{-3}$ , extrator Mehlich-1) não houve resposta para a adição de P em experimentos conduzidos por duas safras em Ituporanga num solo Cambissolo Húmico também em manejo convencional (Figura 14). Desse modo, quando os teores de P no solo são altos ou muito altos, as doses de P indicadas pelas tabelas de recomendação são relativamente baixas em comparação aos solos pobres em P, mesmo para a obten-

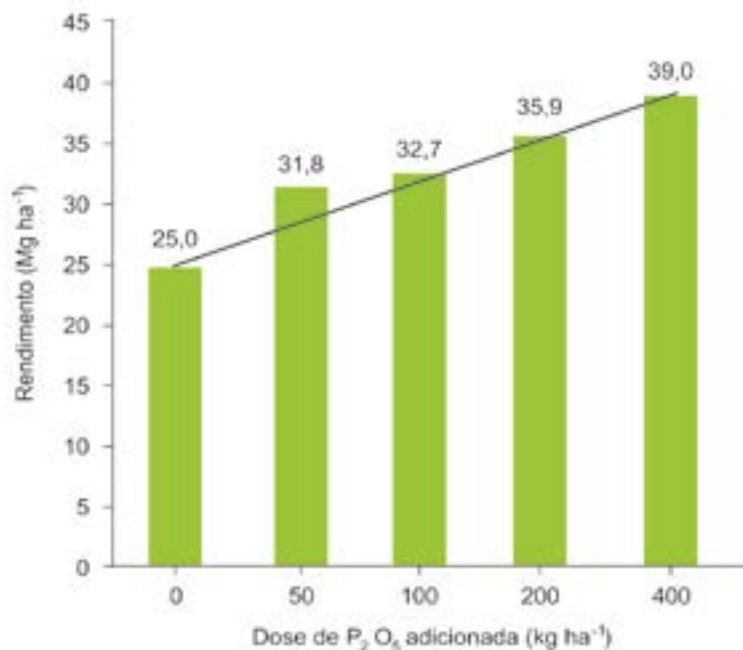


**Figura 13.** Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de fósforo e solo com baixo teor ( $4 \text{ mg dm}^{-3}$  – extrator Mehlich-1). Média de 3 safras (2010/11, 2011/12 e 2012/13). Ituporanga/SC.

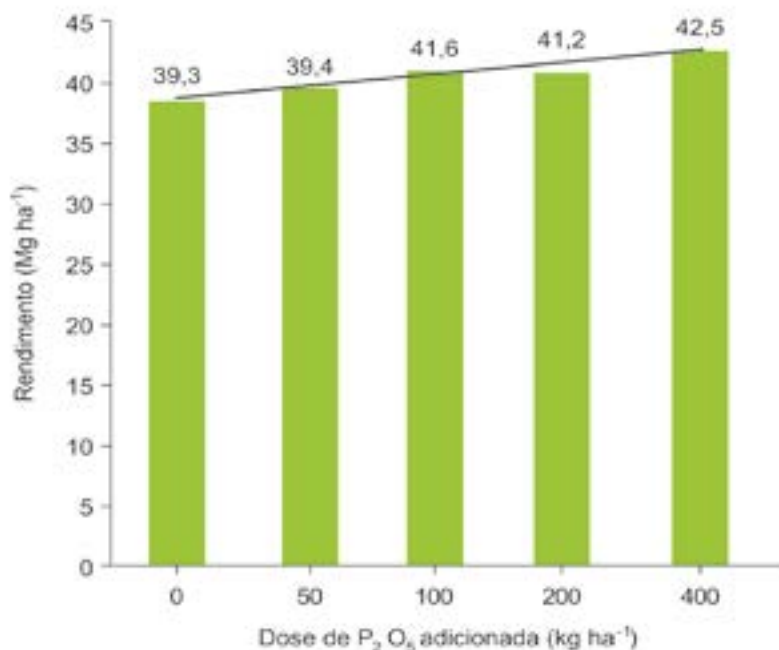


**Figura 14.** Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de fósforo em solo com teor alto de P ( $20$  e  $32 \text{ mg dm}^{-3}$  – extrator Mehlich-1). Média de 2 safras (2009/10, 2011/12). Ituporanga/SC. Fonte: Kurtz *et al.*, 2018.

e, conseqüentemente, manutenção de maior quantidade de nutrientes liberados na solução e mantidos no solo. A distribuição de nutrientes no perfil do solo, no plantio direto é afetada pela ciclagem feita pelas plantas e influenciada

pela ausência do preparo, ocasionando sua concentração na camada superficial, principalmente dos elementos menos móveis a exemplo do P (CAMARGO, 2011). Outras alterações importantes desses processos no sistema de plantio direto são o aumento da capacidade de troca de cátions, a diminuição da toxidez de alumínio e a diminuição do potencial do solo em reter fósforo em formas indisponíveis. A mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos libera e a redistribui formas orgânicas de fósforo, mais móveis no solo e menos susceptíveis às reações de adsorção (ANGHINONI, 2009). Segundo o mesmo autor, os ácidos orgânicos diminuem a sorção de fósforo pela competição pelos sítios de adsorção do solo, aumentando a concentração deste elemento na solução.

Em experimento realizado em Ituporanga, Santa Catarina, avaliando sistemas de rotação de culturas em SPDH comparado ao sistema convencional em sucessão de culturas, observou-se um acúmulo de fósforo na camada superficial (CAMARGO, 2011). Após 4 anos neste

sistema, o P na camada de 0-5 cm ( $128 \text{ mg dm}^{-3}$ ) foi 60% superior em relação a camada de 5-10 cm ( $80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e 300% superior que na camada de 10-20 cm ( $42 \text{ mg dm}^{-3}$ ) de profundidade. Estes resultados evidenciam o acúmulo de P em

função da deposição dos resíduos na superfície, da adubação superficial e das menores perdas em função da menor fixação de P neste sistema sem revolvimento. Estes resultados também demonstram a possibilidade de redução das doses de fósforo a serem adicionadas no SPDH após a consolidação do sistema.

#### Recomendação de P para a cebola

A recomendação do fósforo para a cultura da cebola com base na análise de solo é necessário interpretar o teor de P no solo contido na Tabela 5, prosseguindo a recomendação da dose contida na Tabela 6.

Com uma expectativa de rendimento maior do que 30 toneladas  $\text{ha}^{-1}$ , acrescentar aos valores da tabela 6, 3 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos.

Quando os teores de P no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico (valor do limite superior da interpretação de teor médio), não se recomenda adicionar fósforo no plano de adubação da cebola.

Para a cultura da cebola são utilizados em geral fontes solúveis de P. No entanto, podem ser usadas fontes orgânicas. Os fosfatos parcialmente acidulados como o termofosfato e os fosfatos naturais reativos, que são boas fontes deste nutriente, apresentam respostas semelhantes aos fosfatos solúveis com a vantagem da liberação gradual, aproximando mais à dinâmica de absorção da planta.

**Tabela 5.** Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para a cultura da cebola (Grupo 2) (CQFS-RS/SC, 2016).

| Classe de disponibilidade | Classe de teor de argila <sup>(1, 2)</sup> |             |             |             |
|---------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                           | 1                                          | 2           | 3           | 4           |
| mg de P/dm <sup>3</sup>   |                                            |             |             |             |
| Muito baixo               | ≤3,0                                       | ≤4,0        | ≤6,0        | ≤10,0       |
| Baixo                     | 3,1 – 6,0                                  | 4,1 – 8,0   | 6,1 – 12,0  | 10,0 – 20,0 |
| Médio                     | 6,1 – 9,0                                  | 8,1 – 12,0  | 12,1 – 18,0 | 20,1 – 30,0 |
| Alto                      | 9,1 – 12,0                                 | 12,1 – 24,0 | 18,1 – 36,0 | 30,1 – 60,0 |
| Muito alto                | >12,0                                      | >24,0       | >36,0       | >60,0       |

<sup>(1)</sup> Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = 20%.

<sup>(2)</sup> Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação  $\text{PM1} = \text{PM3}/(2 - (0,02 \times \text{argila}))$ .

**Tabela 6.** Recomendação de  $\text{P}_2\text{O}_5$  a ser adicionada para a cultura da cebola (CQFS-RS/SC, 2016).

| Interpretação do teor de P no solo | Fósforo kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ |
|------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Muito baixo                        | 280                                                  |
| Baixo                              | 200                                                  |
| Médio                              | 160                                                  |
| Alto                               | 120                                                  |
| Muito alto                         | ≤80                                                  |

#### 7.1.2. Potássio

##### Absorção de K pela cebola

Experimento realizado em Ituporanga com o cultivar Bola Precoce (Kurtz *et al.*, 2016) o K foi o segundo nutriente em quantidade acumulada pela cebola, totalizando 345,9 mg planta<sup>-1</sup> ou 86,5 kg  $\text{ha}^{-1}$  (104 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), sendo superado apenas pelo N (Figura 15a). Resultados estes semelhantes aos de May *et al.* (2008), Santos (2007) e Menezes Júnior *et al.* (2014). No



entanto, para Fayad & Mondardo (2004) o K foi o nutriente mais absorvido pela cultura da cebola.

Ao final do ciclo da cultura, 53% (182,7 mg planta<sup>-1</sup>) do K foi acumulado nos bulbos. O acúmulo de K pela planta, no período de bulbificação, foi de aproximadamente 87% do total. A taxa máxima de acúmulo pela planta foi aos 80 DAT com 7,38 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, o equivalente a 1,84 kg dia<sup>-1</sup> de K (Figura 15b).

O potássio desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico celular e, por consequência, na abertura e fechamento estomático (TAIZ & ZEIGER, 2009). Esse primeiro processo provavelmente explica a grande demanda de K na bulbificação, quando promove a redução do potencial osmótico favorecendo a entrada de água e de fotoassimilados, o que contribui para o enchimento dos bulbos.

Segundo Kurtz *et al.* (2016) considerando a prática da adubação, com K, é necessária uma disponibilidade aproximada de 2,21 kg por dia de K<sub>2</sub>O no pico de absorção deste nutriente. Esse valor é semelhante ao do N, que demandou 1,71 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no período de maior demanda (73 DAT). Esses dados são importantes orientadores para definição da época de aplicação desses nutrientes para a cebola, uma vez que apresentam mobilidade, principalmente em solos arenosos ou de baixa CTC (SANGOI *et al.*, 2003;

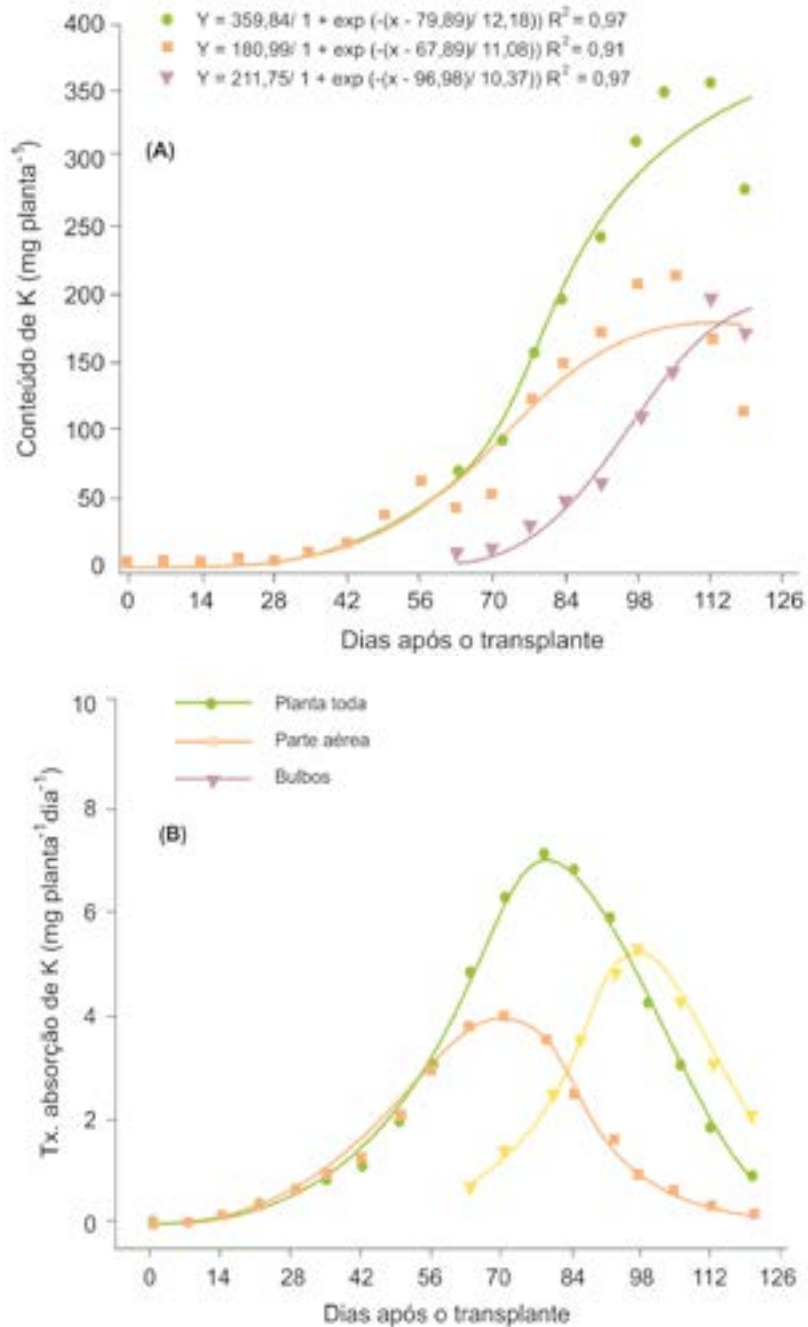


**Figura 15.** Acúmulo (a) e taxa de absorção diária (b) de potássio pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce). Fonte: Kurtz *et al.* (2016).

CANTARELLA, 2007; ERNANI *et al.*, 2007) e se aplicados muito antes dessa data, podem não atender à demanda da planta. Considerando o início da bulbificação aos 60 DAT, ou seja, 13 e 20 dias antes da maior taxa de acúmulo de N (73 DAT) e K (80 DAT), respectivamente, essa seria a fase (60 DAT) da cultura sugerida para aplicação de adubações de cobertura com esses nutrientes.

### Resposta da cebola a adição de K

Apesar de a cebola extrair grandes quantidades de potássio, as respostas da cultura à adição desse nutriente são, em geral, limitadas, ao contrário do que ocorre com o nitrogênio (BREWSTER, 2008).

Em experimentos conduzidos em um Cambissolo Húmico, no município de Ituporanga, verificou-se uma resposta baixa da cebola para a adubação potássica, mesmo em solo com baixo teor de K ( $55 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Em três safras avaliadas, as respostas não foram significativas para o rendimento nas duas primeiras, havendo resposta significativa na terceira safra (2013/14) avaliada com um incremento de 14% no rendimento para doses a partir de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 16).

No experimento conduzido em Ituporanga (SC), em Cambissolo Húmico, (KURTZ, *et al.*, 2018), a cebola não apresentou resposta para a adição de K (Figura 17) em função do teor alto de K no solo ( $170 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Desse modo, quando os teores de K no solo são altos ou muito altos, as doses de K indicadas pelas tabelas de recomendação visam atender a extração da cultura somada às possíveis perdas.

Em trabalho de pesquisa realizado na EEItu-

poranga, Santa Catarina, avaliando sistemas de rotação de culturas em SPDH comparado ao sistema convencional em sucessão de culturas, observou-se de maneira semelhante ao fósforo um acúmulo de potássio na camada superficial (CAMARGO, 2011). Os resultados evidenciam o

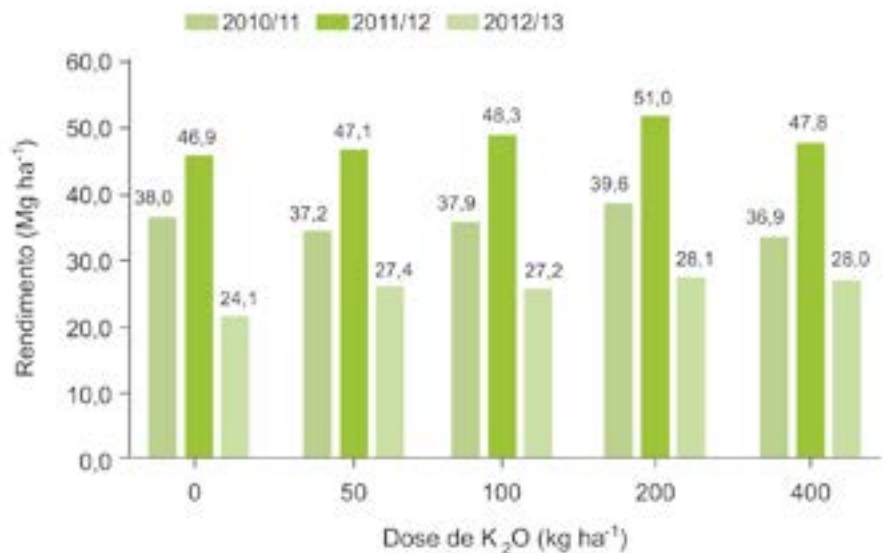


**Figura 16.** Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de potássio em solo com baixo teor de K ( $55 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Média de 3 safras (2010/11, 2011/12 e 2012/13). Ituporanga/SC. Fonte: Kurtz *et al.*, 2018.

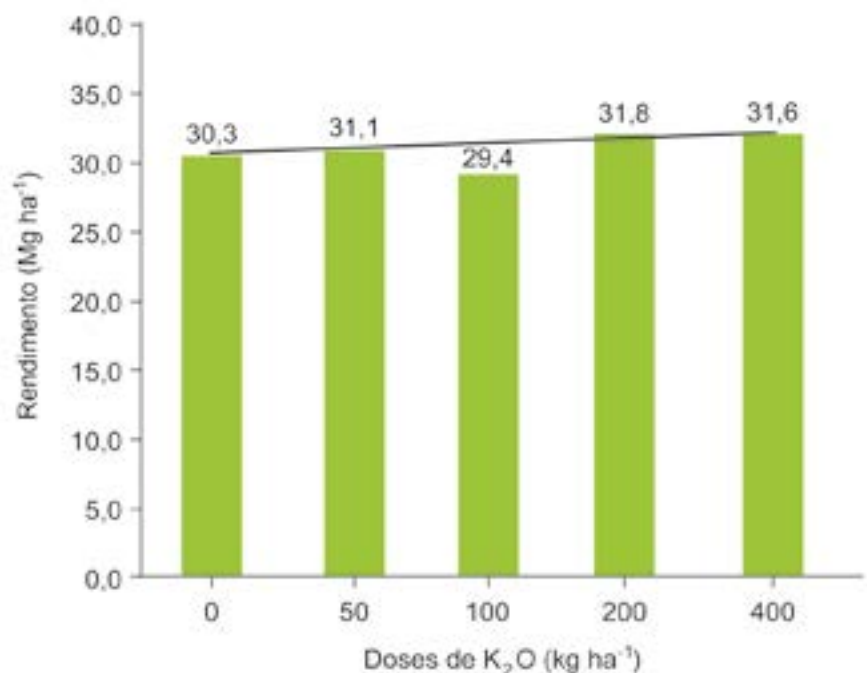


**Figura 17.** Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de potássio em solo com teor alto de K ( $170 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Safra 2009/10. Ituporanga/SC. Fonte: Kurtz *et al.*, 2018.

acúmulo de K em função da deposição dos resíduos na superfície, da adubação superficial e das menores perdas e maior eficiência da adubação neste sistema sem revolvimento. Estes resultados também demonstram a possibilidade de redução das doses de potássio a serem adicionadas no SPDH após a consolidação do sistema.

#### Recomendação de potássio para cebola

Para a recomendação do potássio na cultura da cebola com base na análise de solo é necessária associar a interpretação do teor de K no solo conforme a Tabela 7 à indicação das doses contidas na Tabela 8.

Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t ha<sup>-1</sup>, acrescentar aos valores da

Tabela 8, um adicional de 3 kg de K<sub>2</sub>O por tonelada de bulbos a serem produzidos. Caso os teores de K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico (nível superior da interpretação de teor médio), não se recomenda adicionar potássio.

O fertilizante potássico (mineral ou orgânico) utilizado para adubação de manutenção pode ser aplicado antes da semeadura a lanço ou no sulco de semeadura/plantio. Não é recomendável a adição de doses superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de potássio na linha de semeadura ou transplante. Para doses médias e altas, aplicar parte do K (50%) a lanço no transplante/semeadura e o restante em cobertura juntamente com o N aos 60 e 85 dias após o transplante ou aos 110 e 135 dias após a semeadura direta em campo definitivo (Figura 18 e 19)

**Tabela 7.** Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme CTC do solo para a cultura da cebola (Grupo 2) (CQFS-RS/SC, 2016).

| Classe de disponibilidade | CTC <sub>pH 7,0</sub> do solo <sup>(1)</sup> |            |             |           |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------|-------------|-----------|
|                           | ≤7,5                                         | 7,6 a 15,0 | 15,1 a 30,0 | >30,0     |
| mg de K/dm <sup>3</sup>   |                                              |            |             |           |
| Muito baixo               | ≤20                                          | ≤30        | ≤40         | ≤45       |
| Baixo                     | 21 – 40                                      | 31 – 60    | 41 – 80     | 46 – 90   |
| Médio                     | 41 – 60                                      | 61 – 90    | 81 – 120    | 91 – 135  |
| Alto                      | 61 – 120                                     | 91 – 180   | 121 – 240   | 136 – 270 |
| Muito alto                | >120                                         | >180       | >240        | >270      |

<sup>(1)</sup> Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação  $KM^1 = KM^3 \times 0,83$ .

**Tabela 8.** Recomendação de dose de potássio a ser adicionado para a cultura da cebola (CQFS-RS/SC, 2016).

| Interpretação do teor de K no solo | Potássio<br>kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Muito baixo                        | 210                                                 |
| Baixo                              | 150                                                 |
| Médio                              | 120                                                 |
| Alto                               | 90                                                  |
| Muito alto                         | ≤60                                                 |



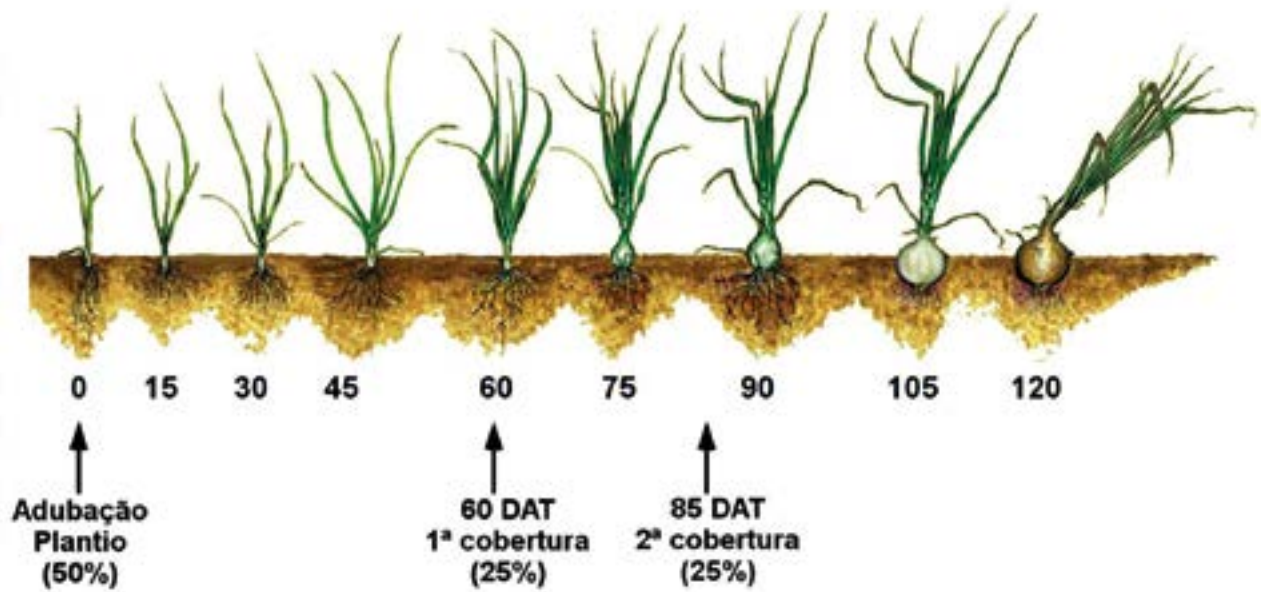


**Figura 18.** Estádios fenológicos (dias após o transplante – DAT) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de transplante com a indicação do momento adequado para realização da adubação de plantio e cobertura com potássio.

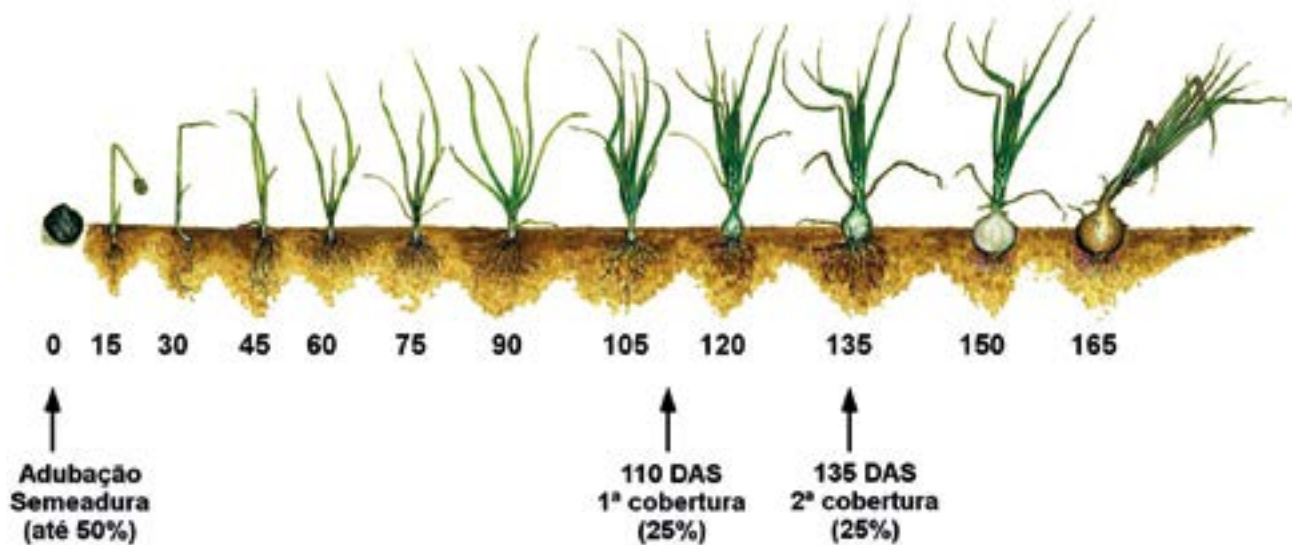


**Figura 19.** Estádios fenológicos (dias após a semeadura – DAS) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de semeadura direta em campo definitivo com a indicação do momento adequado para realização da adubação de plantio e cobertura com potássio.

### 7.1.3. Nitrogênio

#### Absorção de N pela cebola

A absorção de nitrogênio pelas raízes das plantas de cebola pode ser feita de diferentes formas. Em geral, o nutriente é absorvido nas formas dos íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  sendo essa a forma predominantemente absorvida em condições naturais e aeróbicas. Nos estudos realizados por Kurtz *et al.* (2016) em Ituporanga (SC), o N foi o nutriente mais acumulado pela cebola, estimado em  $409 \text{ mg planta}^{-1}$ , o que equivale a uma extração de  $101,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para um rendimento médio de  $37,34 \text{ t ha}^{-1}$ , equivalente a  $2,72 \text{ kg de N para cada tonelada produzida}$  (Figura 20a). Na mesma localidade e com o mesmo cultivar (Empasc 352 Bola Precoce), Menezes Júnior *et al.* (2014), em ensaios de sistemas de cultivo mínimo de cebola convencional e orgânico, observaram maior acúmulo de nitrogênio em relação aos demais nutrientes. May *et al.* (2008), ao estudar o híbrido Optima em semeadura direta no Estado de São Paulo, também obteve o N como o nutriente mais acumulado com  $106,36 \text{ mg planta}^{-1}$ . Santos (2007) também verificou que o N foi o nutriente mais acumulado pelo cultivar de cebola Alfa São Francisco em sistema de transplante, na região Nordeste, observando acúmulo de  $103,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. No entanto, alguns estudos demonstraram que o N foi o segundo nutriente mais absorvido, geralmente sendo superado pelo K (HAAG *et al.*, 1970; PÔRTO *et al.*, 2006, 2007 e VIDIGAL *et al.*, 2010). Essa falta de consenso quanto ao nutriente

mais absorvido, demonstra variação da absorção em função do cultivar, solo, clima ou sistema de cultivo.

Do total de N acumulado pela planta, 43% foi alocado na parte aérea e 57% no bulbo (KURTZ *et al.*, 2016). Os mesmos valores foram observados por Pôrto *et al.* (2006). Na primeira metade do ciclo, antes do início da bulbificação, as plantas acumularam menos de 1/3 (27%) do N total. A grande demanda (73%) ocorreu após esse período e a taxa máxima de absorção foi aos

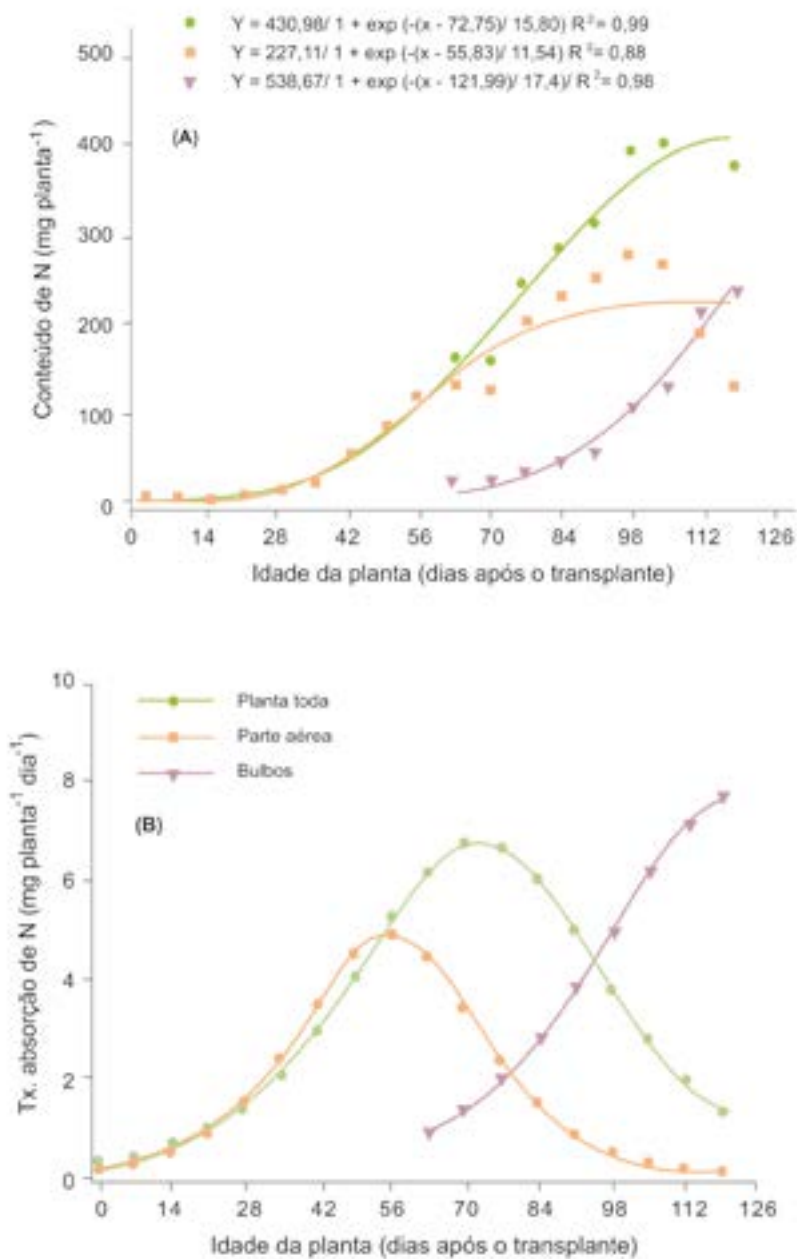


**Figura 20.** Acúmulo (a) e taxa de absorção diária (b) de nitrogênio pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce). Fonte: Kurtz *et al.* (2016).

73 DAT para a planta toda com  $6,82\text{mg planta}^{-1}\text{dia}^{-1}$ , o que equivale a  $1,71\text{ kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$  (Figura 20b). No bulbo, o N também foi o nutriente mais acumulado e teve maiores taxas de acúmulo e demanda crescente até no final do ciclo. A quantidade de N maior no bulbo do que na parte aérea no final do ciclo pode ser atribuída à redistribuição do N presente na parte aérea.

#### Resposta da cebola a adição de N

A cultura da cebola frequentemente apresenta alta resposta à adição de N. O suprimento de N inferior às exigências da cebola reduz, significativamente, o rendimento. Entretanto, a demasia de N ou o suprimento na época inadequada em relação às exigências das plantas afeta a sanidade, a qualidade dos bulbos e aumenta as perdas de bulbos na colheita e pós-colheita (MAY, 2006; KURTZ *et al.*, 2012, 2013; HIGASHIKAWA & MENEZES JÚNIOR, 2017).

A quantidade de N que proporciona a máxima produtividade depende do cultivar (MAY *et al.*, 2007; RESENDE & COSTA, 2014) e de atributos de solo, principalmente dos teores de argila e de matéria orgânica (MAGALHÃES, 1988; VIDIGAL, 2000), além das condições de cultivo (BATAL *et al.*, 1994) e, normalmente, se situa entre  $100$  e  $200\text{ kg ha}^{-1}$  (MAY *et al.*, 2007; KURTZ *et al.*, 2012, 2013; RESENDE & COSTA, 2009). Entretanto, é evidente que a magnitude de resposta e a quantidade de N a ser empregada na cultura da cebola dependem de fatores climáticos, da população de plantas, do teor de água no solo, do parcelamento da dose e, principalmente, do teor de matéria orgânica do solo e de sua taxa de decomposição (MAGALHÃES, 1988; MENEZES JÚNIOR & KURTZ, 2016).

#### Sistema de transplante

Para o sistema de transplante com manejo convencional do solo (aração + gradagem), Kurtz *et al.* (2012) demonstraram que as doses para o maior retorno econômico para a cebola foram de até  $200\text{ kg ha}^{-1}$  de N, em solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (MO) e de  $116$  a  $142\text{ kg ha}^{-1}$  de N, em solos com teores médios de argila e MO (Figura 21). Diversos trabalhos realizados em outros estados brasileiros também indicaram a necessidade de doses acima de  $100\text{ kg ha}^{-1}$  de N para obtenção de altos ganhos de bulbos de cebola (MAY *et al.*, 2007; RESENDE & COSTA, 2009; FACTOR *et al.*, 2009; VIDIGAL *et al.*, 2010; RESENDE & COSTA, 2014).

No sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH) com o transplante das mudas sem nenhum revolvimento do solo, o efeito da adição de N ao solo no rendimento de bulbos de cebola variou entre as safras avaliadas (Figura 22) e a resposta foi menor em relação ao sistema convencional de manejo do solo permitindo uma redução da quantidade aplicada de nitrogênio neste sistema (KURTZ *et al.*, 2013). As pesquisas permitiram concluir que o rendimento de cebola aumentou

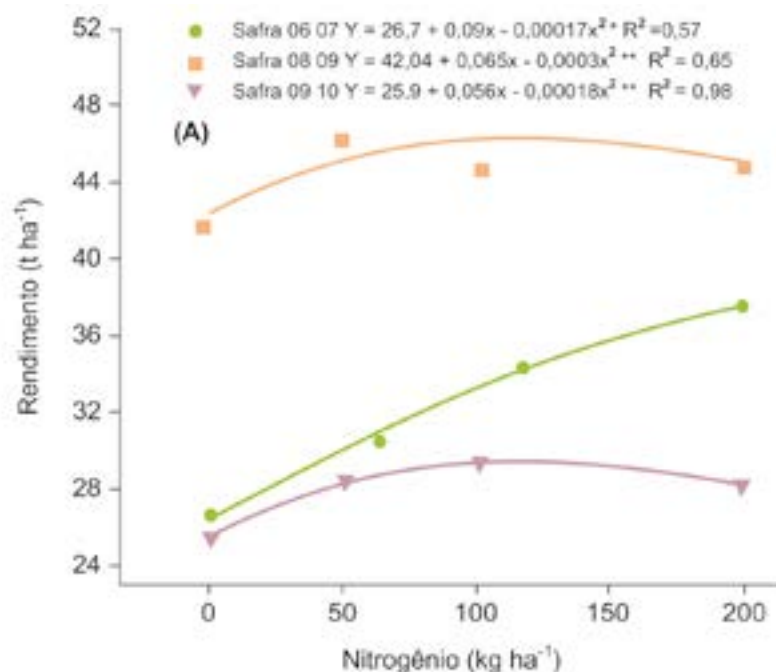


**Figura 21.** Rendimento de cebola em transplante em sistema de manejo convencional do solo em função da adição de doses crescentes de nitrogênio nas safras 2006/07, 2008/09 e 2009/10. Fonte: Kurtz *et al.* (2012).



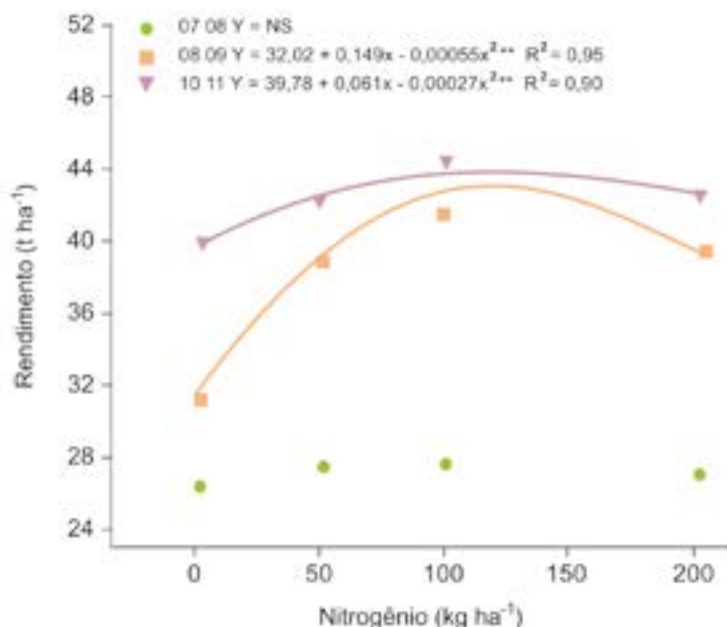


**Figura 22.** Rendimento de cebola em transplante em sistema plantio direto (na palha) em função da adição de doses crescentes de nitrogênio nas safras 2007/08, 2008/09 e 2010/11. Fonte: Kurtz *et al.* (2013).

com a aplicação N em duas das três safras avaliadas e as doses que proporcionaram o máximo retorno econômico foram de 131 e 102 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente nas safras 2008/09 e 2010/11. Em relação ao parcelamento da adubação com N, verificou-se na safra 2008/09, quando houve maior vigor de chuvas, que o parcelamento da adubação nitrogenada não afetou o rendimento, porém reduziu as perdas em pós-colheita, passando de 25% quando a aplicação do N em cobertura foi realizada em apenas uma vez, para 15% quando a aplicação foi parcelada em três vezes. O parcelamento também influenciou a arquitetura de plantas onde a adubação nitrogenada em cobertura parcelada em três vezes proporcionou plantas mais baixas em média de 5 cm e folhas mais eretas, comparado com a aplicação do N em cobertura em apenas uma vez.

#### Sistema de semeadura direta

No sistema de semeadura direta (semeadura em campo definitivo), as respostas à adição de N são maiores do que para o sistema de transplante em aproximadamente 20%. A necessidade de doses maiores de N no sistema de semeadura direta em relação ao sistema de transplante de mudas

pode ser atribuída ao maior ciclo que ocorre a campo na semeadura direta, que é de, aproximadamente, 170 dias; ao passo que no sistema de transplante é de cerca de 120 dias. Além disso, no sistema de semeadura direta geralmente se utilizam populações de plantas maiores do que no sistema de transplante, ampliando assim a exigência por N (MAY *et al.*, 2007).

Segundo Kurtz (2015), o rendimento de bulbos ampliou de forma quadrática para os cultivares Bola Precoce e Crioula com o incremento das doses de N nas três safras avaliadas (Figura

23). Na safra 2012/13, o rendimento médio das duas cultivares passou de 24,7 t ha<sup>-1</sup> no tratamento sem adição de N, para 29,0 t ha<sup>-1</sup> na dose de máxima eficiência técnica (MET), estimada com a adição de 157 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que representou um incremento de 17,3%. Nas safras seguintes de 2013/14 e 2014/15, o rendimento total teve aumento mais expressivo, passando de 23,6 e 19,0 t ha<sup>-1</sup> na testemunha sem N, para 43,5 e 35,0 t ha<sup>-1</sup> na dose de MET que se situou em 192 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, representando um incremento de 84% no rendimento em ambas as safras pela adição do nutriente. As quantidades necessárias de N para o máximo rendimento neste estudo foram acima daquelas observadas por May *et al.* (2007), em trabalho realizado no Estado de São Paulo. Portanto, a necessidade de adição de N deve considerar, entre outros fatores, a localidade, as condições de cultivo e o cultivar.

#### Recomendação de nitrogênio para a cebola

Para a recomendação de nitrogênio é usado como parâmetro os teores de matéria orgânica do solo, conforme indicado na Tabela 9.

Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t ha<sup>-1</sup>, acrescentar aos valores da

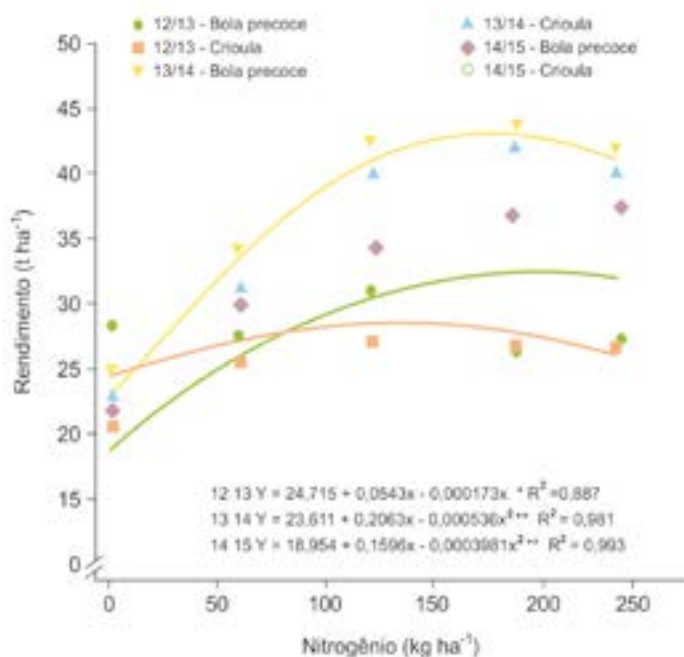


**Figura 23.** Rendimento de bulbos dos cultivares de cebola Bola Precoce e Crioula nas safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15, em função da aplicação de doses crescentes de nitrogênio. \*, \*\*: significativo a 5 e 1%, respectivamente. Fonte: Kurtz (2015).

tabela, 4 kg de N ha<sup>-1</sup> por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos. No manejo do solo em sistema de plantio direto de hortaliças já consolidado e no caso de armazenamento da produção por período longo, sugere-se diminuir as doses em até 25% em relação aos valores indicados na Tabela 9.

No sistema de transplante, acrescentar aproximadamente 15% da dose no plantio e o restante da dose fracionar em pelo menos três parcelas de 25, 35 e 25% da dose em cobertura aos 35, 60 e 85 dias após o transplante (Figura 24).

**Tabela 9.** Recomendação de nitrogênio com base nos teores de matéria orgânica do solo (CQFS-RS/SC, 2016).

| Teor de matéria orgânica no solo | Nitrogênio               |
|----------------------------------|--------------------------|
| %                                | kg de N ha <sup>-1</sup> |
| ≤2,5                             | 120                      |
| 2,6 – 5,0                        | 100                      |
| >5,0                             | ≤80                      |

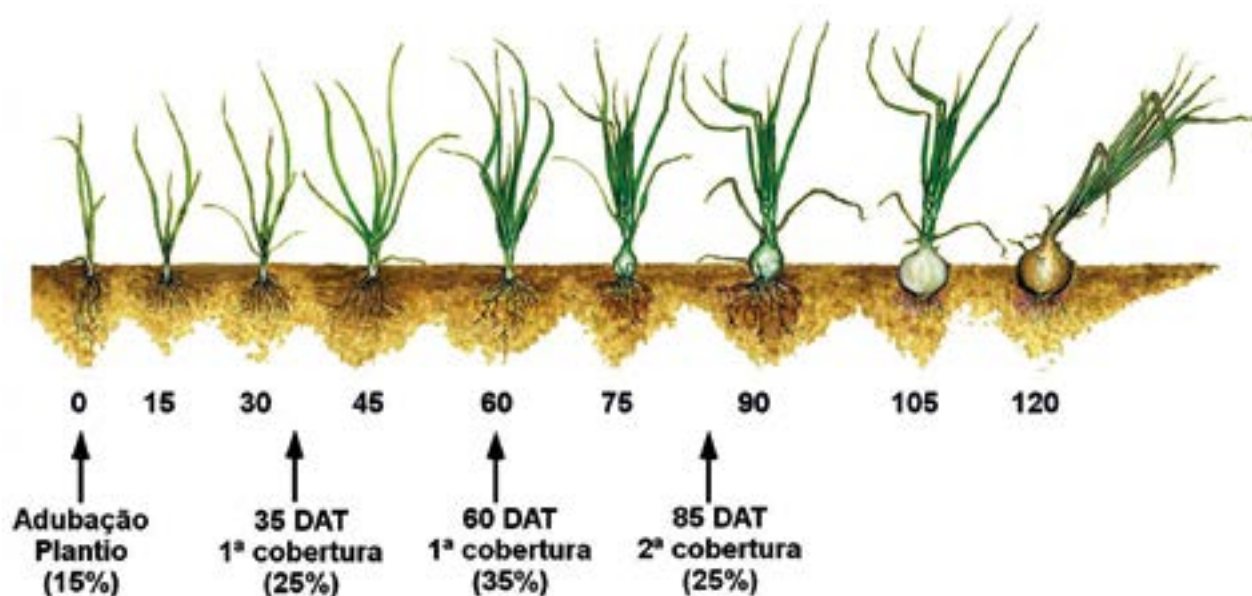


**Figura 24.** Estádios fenológicos (dias após o transplante – DAT) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de transplante e a indicação do momento adequado para realização da adubação com nitrogênio.

Para o sistema de semeadura direta (semeadura em área definitiva) aumentar 20% para as doses orientadas na tabela acima, aplicando-se  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  (10%) na semeadura e o restante da dose dividir em pelo menos quatro aplicações em cobertura aos 45, 80, 110 e 135 dias após a semeadura (Figura 25). No manejo do solo em sistema de plantio direto de hortaliças (na palha) já consolidado ou no caso de armazenamento da produção por longo período, sugere-se diminuir as doses em até 25% em relação aos valores indicados na Tabela 9.

Neste sistema de recomendação a adubação nitrogenada busca seguir a curva de absorção de N com parcelamento em maior número

de vezes e doses, conforme a necessidade da cultura em cada época. O parcelamento do N orientado anteriormente para ambos os sistemas de cultivo indica um número mínimo de aplicações do N em cobertura, se houver possibilidade de parcelar estas adubações em maior número de vezes, pode ser vantajoso.

Neste sistema de adubação parcelada com base nas taxas diárias de absorção de nutrientes, principalmente do N, é indispensável a utilização da irrigação. Isto é fundamental para que no momento da bulbificação a planta tenha alcançado o desenvolvimento foliar necessário à formação do bulbo, frustrando a produção de bulbos de classe inferior a 3.

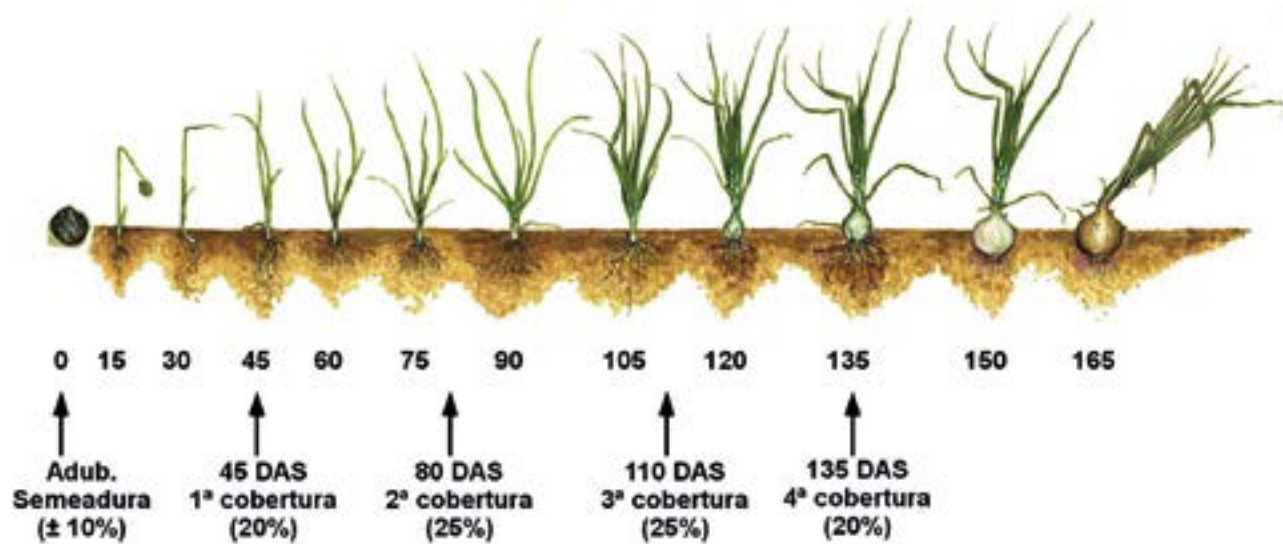


**Figura 25.** Estádios fenológicos (dias após a semeadura – DAS) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de semeadura direta em campo definitivo e a indicação do momento adequado para realização da adubação com nitrogênio.

#### 7.1.4. Enxofre

##### Resposta da cebola a adição de S

Nas últimas safras, em especial a partir de 2010, diversas lavouras de cebola na região do Alto Vale do Itajaí (SC), apresentaram sintomas da deficiência de S. Em áreas de semeadura direta (semeadura em campo definitivo), o problema tem ocorrido com maior assiduidade, ocasionando redução da população pela morte

das plantas, mas essa carência também é observada em áreas em sistema de transplante de mudas. Por estudos realizados pela Epagri e UFPR (Universidade Federal do Paraná) em casa de vegetação com a supressão de nutrientes e em lavouras deficientes, foi possível chegar ao diagnóstico da deficiência do enxofre em 2013 (KURTZ, 2013), que até então era confundida com a ausência de outros nutrientes, especialmente zinco. Nas lavouras afetadas com a deficiência de S, se a adubação corretiva com esse nutriente não for realizada de imediato, pode ocorrer redução dramática de produtividade, su-



perior a 50%, mesmo com adoção de um bom padrão tecnológico. A carência de S é mais comum em solos mal manejados, em sistema convencional, degradados, arenosos e com menor teor de matéria orgânica, mas também ocorre em solos bem manejados em SPDH.

Segundo o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), não se orienta a adição de S quando os teores no solo forem acima de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  para a cultura da cebola. No entanto, conforme os resultados obtidos em experimento (KURTZ *et al.*, 2018), essa recomendação não está adequada para a cultura da cebola para os dois Cambissolos avaliados, os quais abrangem a grande maioria das áreas cultivadas com cebola em Santa Catarina, pois nesses solos houve resposta para a adição de S mesmo quando os teores foram de  $16,6 \text{ mg dm}^{-3}$  no Cambissolo Húmico e de  $18,7 \text{ mg dm}^{-3}$  no Cambissolo Háplico. Desse modo, é indicado a adição de S nestes dois solos sempre que os teores de S forem inferiores a  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ . Já para o Nitossolo Bruno avaliado, mesmo com teores menores ( $13,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ), não houve resposta para a adição de S para a cultura da cebola, indicando que o nível crítico de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  estaria adequado, conforme recomendação da CQFS-RS/SC (2016). Isso possivelmente decorre da maior disponibilidade do S para a cultura devido ao maior teor de argila neste solo (54%), enquanto nos dois Cambissolos o teor de argila é inferior a 40%. O pH do solo, os teores de matéria orgânica, a argila e os óxidos se relacionam com a disponibilidade de  $\text{S-SO}_4^{2-}$  e as respostas à adubação sulfatada são mais prováveis em solos com baixos teores de matéria orgânica e argila e também com pH elevados.

#### Recomendação de enxofre para cebola

Com base nos trabalhos de pesquisa realizados pela Epagri em associação com a UFPR, recomenda-se a reposição desse elemento quando os teores no solo forem inferiores a  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  para os solos Cambissolos e quando forem menores de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  para Nitossolos (KURTZ *et al.*, 2018). Com base nessas pesqui-

sas, orienta-se para Cambissolos a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de S quando os teores do nutriente no solo forem inferiores a  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  e a adição de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de S quando os teores estiverem na faixa  $15$  a  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  e não adicionar S quando o teor for superior a  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ . Para os Nitossolos recomenda-se a adição de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de S quando os teores estiverem inferiores a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ .

#### 7.1.5. Micronutrientes

As respostas a adição de micronutrientes, comumente, são menores ou inexistentes em solos bem manejados como no SPDH. Entretanto, a cultura da cebola tem demonstrado resposta para a adição de zinco e manganês mesmo em solos bem manejados em SPDH e teores médios e altos de matéria orgânica. Já para o B, em solos com teores médios e altos de matéria orgânica (MO) e bem manejados em SPDH, rotação de culturas ou com adição de adubos orgânicos a possibilidade de resposta a adição de B é baixa.

#### Resposta da cebola a adição de Mn

Em Santa Catarina, nas áreas onde as plantas têm apresentado sintomas de deficiência de Mn, o pH do solo geralmente é superior a 6,0 ou a incorporação do calcário é inadequada, há predomínio de monocultivo e, em geral, os solos são intensivamente cultivados (EPAGRI, 2013). A deficiência de Mn também é comum nos solos Cambissolos Húmicos (chamados na região de "faxinais"). Esses solos, comuns na região do Alto Vale do Itajaí e no Planalto Catarinense, apresentam coloração escura por causa dos teores altos de matéria orgânica, nesses solos provavelmente também há uma quelação dos íons de Mn pela fração orgânica do solo, tornando o elemento com baixa disponibilidade na solução do solo. Nestes solos, mesmo conduzidos com manejo adequado em SPDH observa-se comumente deficiência deste elemento. Segundo trabalhos realizados por Kurtz & Ernani (2010), em Ituporanga

(SC), em Cambissolo Háplico, a aplicação de Mn não alterou a produtividade, o peso médio de bulbos e a perda no armazenamento em nenhuma das três safras avaliadas, independentemente do método de aplicação (ao solo ou via foliar). A ausência de resposta neste estudo para a aplicação de Mn, provavelmente se deve ao valor de pH relativamente baixo das áreas experimentais (5,6 a 5,9) e pelo adequado manejo do solo adotado na área com adubação equilibrada, revolvimento mínimo do solo e rotação de culturas. Entretanto, Bühner *et al.* (1996) obtiveram aumentos na produtividade de cebola com aplicação de sulfato de manganês tanto ao solo quanto por meio de pulverizações foliares, em Ituporanga (SC). Os melhores resultados ocorreram com pulverizações foliares nas concentrações de 1 e 0,5% ou com 8 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de Mn adicionado ao solo. Resultados similares foram obtidos em outras áreas da região que mostravam sintomas de deficiência de Mn (BOING *et al.*, 1996).

#### Recomendação de manganês para cebola

Em áreas deficientes de manganês, orienta-se realizar de 2 a 4 pulverizações foliares com sulfato de manganês na concentração de 0,5 a 1% em intervalos de uma a duas semanas. A correção do Mn via solo também pode ser adotada com a adição de 5 a 20 kg ha<sup>-1</sup>, preferencialmente, na linha de plantio ou semeadura, contudo, a adubação com Mn via solo, normalmente, apresenta baixa eficiência em função da imobilização do nutriente no solo.

#### Resposta da cebola a adição de Zn

Em trabalho de pesquisa realizado por Kurtz & Ernani (2010) em Ituporanga (SC), em solo Cambissolo Háplico, observou-se que a adição de Zn ao solo aumentou a produtividade de bulbos de cebola. Nas três safras avaliadas (2006/07, 2007/08 e 2008/09) houve um acréscimo médio no rendimento superior a 11%. Para obtenção da máxima eficiência técnica estimada,

foi necessário adicionar em média 3,5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. A aplicação de Zn nas folhas não alterou a produtividade de cebola em nenhuma das safras. A aplicação de seis pulverizações foliares com sulfato de zinco, na concentração de 0,5%, proporcionou produtividade de bulbos semelhante à da testemunha, onde não foi aplicado Zn. Outros autores também observaram que a adição de Zn aumenta a produtividade de cebola em diversas situações. Foi o que verificou Peña *et al.* (1999), na Venezuela, que obtiveram incremento de 28% pela aplicação de 2,52 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; com Gupta *et al.* (1985), na Índia, onde o incremento foi de 30% pela adição de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; e com Asif *et al.* (1976) em solo arenoso da Nigéria. El-Tohamy *et al.* (2009) avaliaram o efeito da aplicação de micronutrientes na produtividade de cebola em um solo arenoso do Egito. Eles pulverizaram as folhas de cebola com Zn, na concentração de 0,3 g L<sup>-1</sup>, e verificaram incrementos no rendimento de 60 e de 43% nas safras 2006 e 2007, respectivamente. Em algumas circunstâncias, entretanto, não tem havido resposta da cultura da cebola à adição de Zn ao solo (CAMPBELL & GUSTA, 1965).

As tabelas oficiais de recomendação de adubação usadas nos estados do RS e de SC, mencionam que, a partir de 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de Zn no solo, é baixa ou nula a possibilidade de resposta à aplicação desse nutriente aumentar a produtividade das culturas (CQFS-RS/SC, 2016). Entretanto, mesmo em solo que apresentava teor entre 2,2 e 3,2 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, a aplicação desse nutriente incrementou o rendimento de bulbos de cebola (KURTZ & ERNANI, 2010). Isso pode ser elucidado pela alta exigência da cebola por Zn e, também, pelo seu pequeno sistema radicular, o que resulta na exploração de um menor volume de solo em relação a outras culturas, requerendo, portanto, maior concentração de Zn no solo. Na safra 2010/2011 foram conduzidos experimentos com Zn em três propriedades de produtores de cebola em Santa Catarina nos municípios de Vidal Ramos, Aurora e Atalanta. Das três áreas estudadas, todas manejadas em sistema convencional de manejo do solo, duas apresentaram resposta significativa para rendimento pela adição de Zn via solo com incremento de 6 e 18%, nas áreas dos municípios de Atalanta e Vidal Ramos, respectivamente.

### Recomendação de zinco para a cebola

Aplicar 3 a 4 kg ha<sup>-1</sup> no solo anterior do plantio da muda ou semeadura podendo ser adicionado a lanço (ou via pulverização) com incorporação ou no sulco juntamente com a adubação contendo NPK. A adubação com Zn possui efeito residual. Outra alternativa para o fornecimento deste nutriente via solo é o uso de esterco e de outros fertilizantes orgânicos. Para suprir eventuais deficiências de zinco durante o desenvolvimento das plantas pode-se aplicar via foliar o sulfato de zinco a 0,5%, fazendo-se de duas a quatro aplicações em intervalos de uma a duas semanas. A aplicação de sulfato de zinco pode causar injúrias nas folhas quando o ambiente estiver seco e quente, neste caso fazer a aplicação ao final da tarde.

### Resposta da cebola a adição de B

No experimento realizado por Kurtz & Ernani (2010) em Ituporanga (SC) em solo Cambissolo Háplico, a aplicação de B, independentemente da dose e da forma aplicada e com médio teor de matéria orgânica (via solo ou por meio de pulverizações foliares) não alterou a produtividade de bulbos. Outros autores também não têm encontrado aumento de produtividade de cebola pela aplicação de B (RAO & DESHPANDE, 1971; PEÑA *et al.*, 1999). Entretanto, Rao (1974) verificou que a aplicação de 1,8 kg ha<sup>-1</sup> de B combinada com 13,4 kg ha<sup>-1</sup> de Cu aumentou em 43% o rendimento dos bulbos na Índia. A ausência de resposta da cultura da cebola à aplicação de B no estudo realizado por Kurtz & Ernani (2010) pode ser explicada, em parte, pelos valores relativamente altos de matéria orgânica no solo (38 g kg<sup>-1</sup>) e pelo manejo do solo em sistema de cultivo mínimo e rotação de culturas. Outro fator que também pode ter contribuído para isso são os valores moderados de pH do solo (5,6 a 5,9), que favorecem a permanência de B na sua solução. Soprano & Silva Junior (1996) avaliaram o efeito do pH de um solo catarinense na produtividade de cebola em casa

de vegetação e verificaram que as melhores produções foram obtidas entre pH 5,0 e 6,5; acima de pH 7,0, a produção de matéria seca teve redução drástica e as plantas apresentaram sintomas de deficiência de B, provavelmente devido à formação de boratos de cálcio de baixa solubilidade. Por outro lado, em experimento realizado por Kurtz *et al.* (2001 – dados não publicados), em um Cambissolo Háplico (Atalanta, SC) com baixo teor de matéria orgânica (20 g kg<sup>-1</sup>) com manejo em sistema convencional, verificou-se resposta significativa para rendimento de bulbos com a adição de B, tanto via solo como via foliar para a cultura. Nesse trabalho, o rendimento passou de 22,9 t ha<sup>-1</sup> na testemunha para um máximo de 32,9 t ha<sup>-1</sup>, representando um incremento de 43,7%, com a adição de 1,65 kg ha<sup>-1</sup> de B usando como fonte o bórax. Já na realização de três pulverizações foliares com bórax a 0,25%, observou-se um incremento no rendimento de 23,1%, demonstrando que a adubação via solo é mais eficiente. Adicionalmente, na safra 2010/11 foram conduzidos experimentos com B em três propriedades de produtores de cebola de Santa Catarina nos municípios de Vidal Ramos, Aurora e Atalanta. Das três áreas avaliadas, todas manejadas em sistema convencional de manejo do solo, duas apresentaram resposta significativa para rendimento pela adição de B via solo com incremento de 8 e 23%, nas áreas dos municípios de Atalanta e Vidal Ramos, respectivamente. Com base nos resultados obtidos pode-se afirmar que em solos com teores médios e altos de matéria orgânica (MO) e manejados em SPDH, rotação de culturas e com adição de adubos orgânicos a possibilidade de resposta a adição de B é baixa. No entanto, em solos intensivamente revolvidos em sistema de preparo convencional, com MO baixa e quimicamente desequilibrados e na ausência de rotação de culturas, há grande possibilidade de resposta pela adição de B, principalmente via solo para a cultura da cebola.

### Recomendação de boro para a cebola

Em solos com teor baixo de matéria orgânica e intensivamente cultivados nos primeiros anos após a implantação do SPDH, adicionar 1,5-



2,0 kg ha<sup>-1</sup> via solo previamente ao plantio ou semeadura. Após a consolidação do SPDH, 4-5 anos após sua implantação, provavelmente poderá ser suprimida a aplicação de B. A adição do B pode ser realizada a lanço (ou via pulverização) com incorporação ou no sulco juntamente com a adubação contendo NPK. Por possuir efeito residual baixo pode ser necessário aplicar anualmente. Outra fonte de fornecimento desse nutriente é o uso de esterco e outros fertilizantes orgânicos. Para suprir eventuais deficiências de boro durante o desenvolvimento das plantas pode-se aplicar via foliar o ácido bórico ou bórax na concentração de 0,25%, realizando-se de duas a quatro aplicações em intervalos de uma a duas semanas.

## 7.2. Cultivando a cebola fertirrigada

No sistema fertirrigado as adubações parceladas com base nas taxas diárias de absorção de nutrientes são sugeridas na Tabela 10 para os nutrientes N e K. Outros nutrientes também podem ser complementados via fertirrigação. Na Tabela 10 é sugerido a proporção (%) da dose semanal, pois as doses totais são indicadas nas tabelas correspondentes de cada nutriente e podem variar de acordo com a disponibilidade do elemento no solo, do rendimento desejado, do estoque de nutrientes, das condições climáticas e sinais de planta.

**Tabela 10.** Recomendação de N e K proporcional (percentual da dose total) semanal para a cultura da cebola em sistema de transplante fertirrigado com base nas curvas de absorção de nutrientes (Adaptado de KURTZ *et al.*, 2016).

| Semana       | Percentual (%) da dose total de N a adicionar | Percentual (%) da dose total de K a adicionar |
|--------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1ª Semana    | 0,70                                          | 0,13                                          |
| 2ª Semana    | 0,95                                          | 0,21                                          |
| 3ª Semana    | 1,41                                          | 0,37                                          |
| 4ª Semana    | 2,08                                          | 0,65                                          |
| 5ª Semana    | 3,01                                          | 1,14                                          |
| 6ª Semana    | 4,26                                          | 1,97                                          |
| 7ª Semana    | 5,82                                          | 3,31                                          |
| 8ª Semana    | 7,60                                          | 5,37                                          |
| 9ª Semana    | 9,36                                          | 8,19                                          |
| 10ª Semana   | 10,72                                         | 11,41                                         |
| 11ª Semana   | 11,31                                         | 14,02                                         |
| 12ª Semana   | 10,94                                         | 14,81                                         |
| 13ª Semana   | 9,72                                          | 13,34                                         |
| 14ª Semana   | 8,02                                          | 10,40                                         |
| 15ª Semana   | 6,22                                          | 7,23                                          |
| 16ª Semana   | 4,59                                          | 4,63                                          |
| 17ª Semana   | 3,27                                          | 2,82                                          |
| <b>Total</b> | <b>100%</b>                                   | <b>100%</b>                                   |

**OBS.:** As recomendações são com base no sistema de transplante e ciclo normal da cultura (120 dias do transplante a colheita) considerando plantio dentro da época ideal e condições climáticas normais. Plantios antecipados ou tardios e eventuais anormalidades climáticas podem alterar o ciclo pós transplante, necessitando nestes casos, ajustes da adubação conforme o ciclo da cultura.

### **7.3. Ajustando as adubações de cobertura pelos sinais de planta e condições climáticas**

Nestes eventos de taxas de crescimentos e de absorção de nutrientes podemos observar uma correlação positiva entre acúmulo de matéria seca e absorção de todos os nutrientes determinados nos trabalhos apresentados. Segue-se o mesmo padrão quando os resultados quantitativos são transformados em percentual do total produzido e absorvido. Aqui, o raciocínio é que ao aumento diário de matéria seca é necessário que todos os nutrientes estejam disponíveis para a planta nas devidas quantidades e proporções e “produzir todos os dias tecidos e metabolismo plenos”. Ao contrário daquelas adubações sucessivas de N, P e K, e do Ca e Mg adicionados pela correção da acidez do solo com calcário dolomítico, que somam-se cinco dos quatorze elementos minerais essenciais conhecidos na atualidade como necessários para promover o desenvolvimento completo das plantas. Ao longo de vários cultivos as plantas apresentam sintomas de deficiência de elementos minerais decorrentes da sua falta ou pelo excesso de outro ocasionando retranslocações em massa daqueles locais forçados a serem fontes de nutrientes aos drenos em crescimento. A resultante desta forma de pensar e executar adubação tem produzido estresses à planta na forma de sintoma de deficiência e de suscetibilidade a doenças e pragas.

As condições que envolveram os experimentos e as lavouras de estudos que produziram as quantidades de nitrogênio e potássio para as adubações de cobertura jamais se repetirão. Portanto, serão necessários ajustes na quantidade e época destas recomendações. Primeiramente, fazer estes ajustes considerando que esta hortaliça é sensível principalmente à temperatura e à luminosidade, as quais interferem no seu crescimento, desenvolvimento e absorção de nutrientes. Outrossim, as taxas de produção de fotoassimilados e de absorção de nutrientes variam diariamente com a mediação destas duas condicionantes climáticas, que podem persistir por vários dias. É neste evento persistente que poderemos

aumentar, diminuir e até eliminar a adubação recomendada para o período, com reflexo direto na produção e na saúde da planta. Assim, períodos com temperaturas ótimas para a fase da cultura, associados a dias de céu limpo, portanto com muita luminosidade, haverá aumento na produção fotossintética e também da transpiração, sendo possível que a planta necessite de mais nutrientes. Por outro lado, diminuindo a fotossíntese, o que pode ocorrer em dias nublados e ainda mais com temperatura abaixo do ótimo, é possível que a planta necessite de menos nutrientes. A planta expressa sinais característicos na parte aérea e radicular, principalmente na folha: a) em seu tamanho, forma (ereta ou curva) e cor (intensidade e brilho); b) diferença de intensidade da cor verde entre as folhas maduras e novas; c) sinais de realocação em massa dos nutrientes das pontas das folhas para o dreno principal (formação de novas folhas e do bulbo); d) uniformidade e tamanho das plantas e bulbos; e) fase da planta (vegetativo e bulbificação). Adicionando os sinais de planta às condições climáticas, a decisão em alterar a adubação de cobertura recomendada na tabela, ficará assim: a planta apresenta diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas (sinal de planta adubada adequadamente), está bulbificando (dreno forte que precisam de nutrientes e fotoassimilados), período ensolarado e temperatura ótima (bom para fotossíntese), indicam que a planta está “bombada”, com sua produção a todo vapor, pedindo o aumento da adubação recomendada. Nestas mesmas condições, porém, se a planta não apresenta diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas (provável excesso de adubação), indica que devemos diminuir a adubação recomendada para o período. Noutra condição onde não há diferença de intensidade do verde entre folhas velhas e novas, período nublado e temperaturas baixas para o crescimento, diminuimos em mais de 50% ou suprimimos a adubação recomendada para o período. Assim, as orientações das adubações de coberturas com N e K, incluindo a Tabela 10, deverão ser relacionados com a Tabela 11. No caso de interpretação errônea dos sinais da planta e da sua relação com o clima, pode haver diminuição da produtividade por falta de adubação. Caso incorra na repetição do erro

**Tabela 11.** Adaptação da quantidade de adubação de cobertura com N, baseado na associação entre os sinais de planta, condições climáticas e estoque de nutriente no solo.

1.0 - Período com temperaturas ótimas (de 15 a 28°C), tempo ensolarado, folhas de cor verde-clara (amarelecimento e/ou secando as pontas) e eretas em fase vegetativa: ANTECIPAR E AUMENTAR EM ATÉ 20 A 30% A QUANTIDADE DE NITROGÊNIO RECOMENDADO NA TABELA PARA A ÉPOCA/PARCELA;

2.0 - Período com dias nublados ou chuvosos frequentes com temperaturas baixas e folhas de cor verde-clara (amarelecimento e/ou secando as pontas) e eretas em fase vegetativa: MANTER A QUANTIDADE DE NITROGÊNIO RECOMENDADO NA TABELA PARA A ÉPOCA/PARCELA;

3.0 - Período com dias nublados ou chuvosos frequentes com temperaturas baixas e folhas de cor verde-clara (amarelecimento e/ou secando as pontas) e eretas em fase vegetativa: MANTER A QUANTIDADE DE NITROGÊNIO RECOMENDADO NA TABELA PARA A ÉPOCA/PARCELA;

4.0 - Período com dias nublados ou chuvosos frequentes com temperaturas baixas e plantas com coloração de verde intenso com arquitetura foliar “embaraçada” (folhas mais velhas “deitadas” e quebradas): DIMINUIR DE 20 A 30% A QUANTIDADE DE NITROGÊNIO RECOMENDADO NA TABELA PARA A ÉPOCA/PARCELA.

em função de adubação deficitária, é provável que ocorra intensa retranslocação de nutrientes das folhas para o bulbo (drenos mais fortes). Por outro lado, a demasia de adubação vai ocasionar um crescimento vegetativo rápido, gerando tecidos malformados (“moles”) e coloração verde exuberante e brilhoso. Ambas situações, que devem ser evitadas, geram quadros de facilidades para a entrada de organismos prejudiciais e ataque de insetos e, como consequência, o uso de fungicidas, acaricidas e inseticidas. “Lembre-se que pouco adianta adubar as plantas se não houver uma terra estruturada (“fofa”), construída pela biomassa, sistema radicular e atividade biológica”.

A cultura da cebola apresenta respostas de várias maneiras pela adição de nitrogênio. São respostas comuns relacionadas ao crescimento, expressividade na cor verde das folhas, rendimento e outras como, por exemplo, a arquitetura foliar apresentando plantas mais eretas, que é o desejado, ou plantas com folhas

menos eretas, tortas e quebradas que indicam o excesso de N (Figura 26). Estes sinais das plantas podem ser relevantes orientadores no ajuste da adubação nitrogenada.

A expressividade do verde das folhas também tem sido utilizada com sucesso em diversos estudos como critério indireto para avaliar o nível de nitrogênio na planta em tempo real, de maneira não destrutiva. Isso devido ao fato de di-

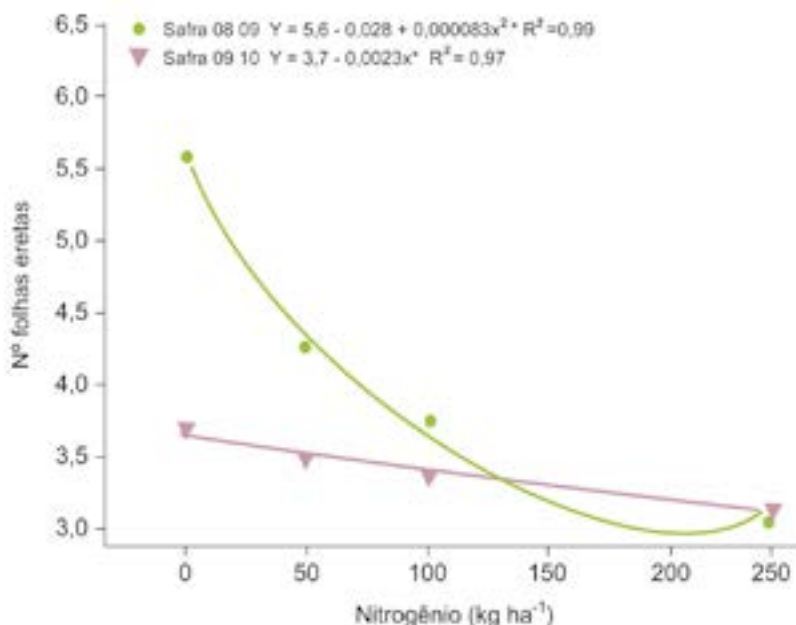


**Figura 26.** Número de folhas eretas de cebola em função da adição de doses crescentes de nitrogênio ao solo, em duas safras. \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Kurtz *et al.* (2012).



ferentes doses de N proporcionarem diferentes concentrações de clorofila e de tons de verde na folha que determinam a intensidade da radiação absorvida e refletida pelo dossel (FONTES, 2011). Esse método destaca-se recentemente

como alternativa para avaliar o estado de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade da cor verde, teor de clorofila (Figura 27) e a concentração de N na folha (KURTZ, 2015).

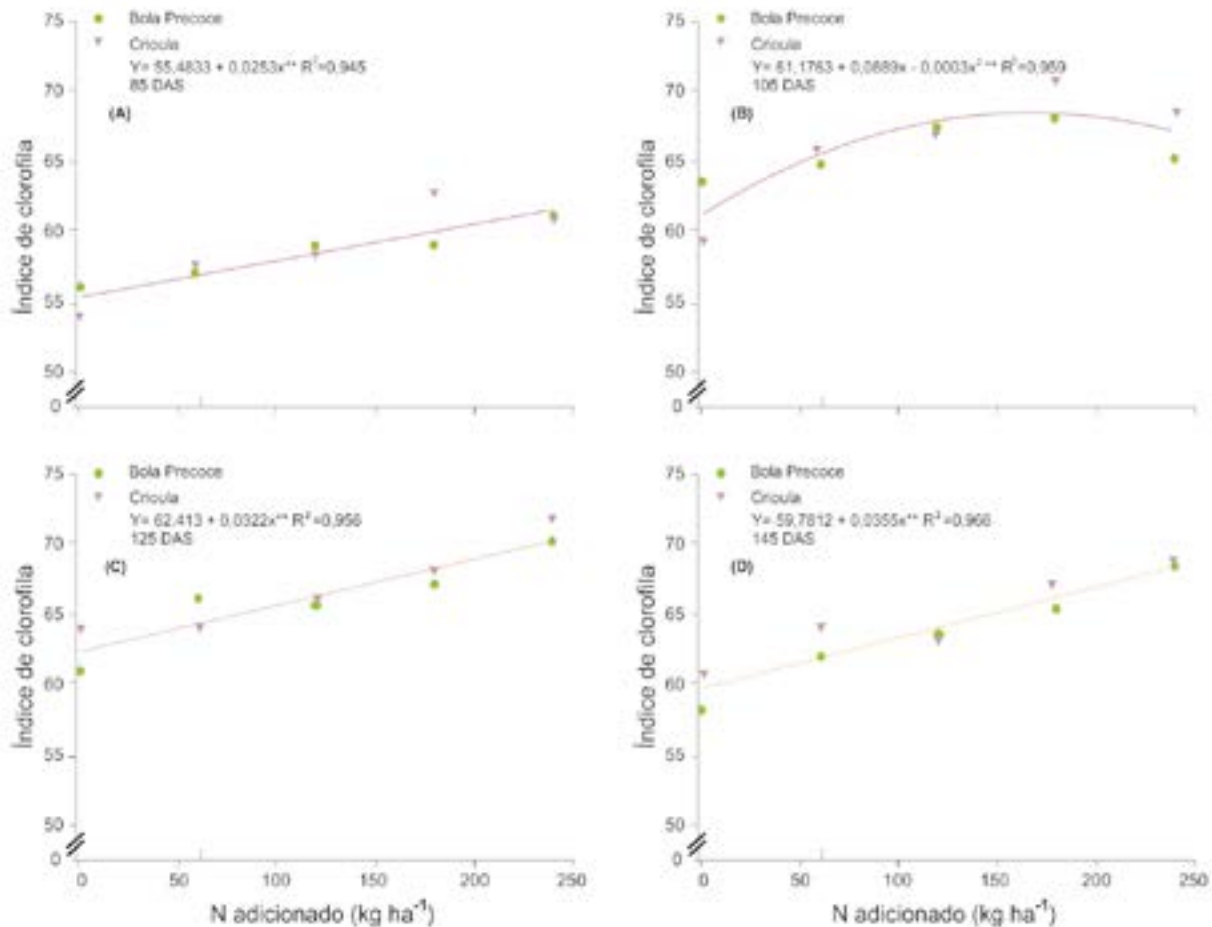


**Figura 27.** Intensidade de cor verde avaliada pelo índice de clorofila em folhas de cebola dos cultivares Bola Precoce e Crioula em função da adição de doses crescentes de N em quatro épocas na safra 2013/14. Fonte: Adaptado de Kurtz (2015).

## 8. Colheita, cura e armazenagem

A cebola é um produto perecível, o que propicia perdas pós-colheita se não forem devidamente observadas as técnicas de produção, o ponto de colheita, a adequada cura, um eficiente sistema de armazenamento, os zelos no manuseio e no transporte etc. Todos esses fatores conjugados são importantes, porque os bulbos, mesmo depois de colhidos, são estruturas vivas que continuam seus processos fisiológicos (EPAGRI, 2013).

### 8.1. Colheita

A colheita da cebola é um dos principais fatores a intervir na qualidade do produto no período de armazenamento. O ponto ideal de colheita é quando o bulbo alcança a maturação fisiológica, que é manifestada pelo tombamento ou estalo da planta, devido ao murchamento do pseudocaule. Essa é uma indicação de que o bulbo pode ser colhido, contudo a lavoura apresenta plantas com distintos graus de maturação. Recomenda-se iniciar o arranquio da lavoura

desde que os bulbos estejam bem formados, quando houver entre 5% e 20% de “estalamento” para variedades de ciclo médio, 50% a 70% de “estalamento” para as de ciclo precoce, e mais de 70% de “estalamento” para as de ciclo superprecoce (Figura 28), (EPAGRI, 2013).

## 8.2. Cura

O processo de cura consiste na secagem das películas externas e do pseudocaule (pescoço), tornando o bulbo mais resistente a danos e infecções por microrganismos, incrementando a qualidade comercial da cebola e aumentando seu período de conservação. A cura serve para eliminação da umidade externa dos bulbos e para secagem das partes verdes, tornando o colo bem fechado, diminuindo a respiração e proporcionando a cor característica de cada variedade de cebola. Bulbos bem curados podem ser armazenados por longo período de tempo e transportados a longas distâncias, enquanto a cebola colhida prematuramente, ou que foi mal curada, é de difícil conservação durante o transporte e o armazenamento. A cura deve ser iniciada no campo, por um período de 3 a 14 dias, dependendo do clima. Por ocasião da colheita, deixam-se os bulbos em molhes sobre o chão, arrumados em fileiras com as folhas de uns cobrindo os outros para protegê-los da insolação direta, evitando-se, assim, o desenvolvimento de pigmentação verde e queimaduras. Como o objetivo da cura é secar as plantas, é relevante que a lavoura esteja livre de alta infestação de plantas espontâneas, pois o sombreamento delas poderá dificultar a cura. Chuvas leves durante o período de cura, praticamente não acometem os bulbos, porém, se chover muito pode haver prejuízo à cura e um produto mal curado não se armazena bem. Depois de curada, os bulbos devem ser



**Figura 28.** Estalamento da cebola indicando ponto de colheita. Nesta lavoura de estudos foi realizado o corte das folhas para facilitar colheita, transporte e armazenagem.

recolhidos e transportados até o armazém acondicionados em caixas plásticas, “big bags”, sacos que permitam a ventilação ou em caixotes de madeira (“bins”) (Figura 29), os quais os bulbos podem ser armazenados até a comercialização. No armazém, a cura se completa em poucas semanas, obtendo-se um produto seco, de melhor coloração e facilmente conservado. Em períodos chuvosos, todo o processo de cura pode ser efetuado em galpões, sobre estaleiros com boa ventilação. Após a cura, os bulbos poderão ser em seguida comercializados ou, então, armazenados em condições adequadas para aguardar o momento oportuno de venda (EPAGRI, 2013).

## 8.3. Armazenamento

Após o arranquio ou a cura, a cebola pode ser comercializada ou armazenada. Neste caso, o sistema de armazenagem em estaleiros é o mais empregado para a cebola. No entanto, nos últimos anos tem aumentando rapidamente a armazenagem em caixotes de madeira buscando facilidade e redução de mão de obra (Figura 30). Em galpões apropriados, ventilados naturalmente, a cebola é disposta nos estaleiros em pilhas de 30 a 50 cm,





**Figura 29.** Recolhimento dos bulbos curados em caixa de madeira adaptada para ser usada no armazenamento. Valdemar L. da Silva. Alfredo Wagner/SC.



**Figura 30.** Armazenamento em caixotes com 500 kg de cebola e detalhamento da abertura lateral do galpão para troca de ar. Valdemar L. da Silva. Alfredo Wagner/SC.

onde permanecem até o momento da comercialização. Em regiões mais quentes, esse sistema pode ser utilizado por apenas 2 ou 3 meses e em regiões mais frias, por até 6 meses. O agricultor deve monitorar as perdas na armazenagem a fim de decidir pelo prolongamento ou não do período de estoca-

gem da cebola. A capacidade de conservação dos bulbos no armazenamento depende do manejo e dos tratos culturais da lavoura no campo, das condições climáticas durante a colheita e da cura e do manuseio após a colheita. Bulbos provenientes de lavouras que tiveram severos ataques de pragas e doenças ou que apresentam traumatismos devidos ao manejo inadequado antes ou depois da colheita estão sujeitos a uma má conservação no armazenamento. Bulbos grandes ou florescidos ou com pescoço grosso não se conservam bem e devem ser eliminados, se possível, antes da armazenagem, pois apodrecem e estragam também os bulbos sadios. Os bulbos colhidos e curados com chuva dificilmente se conservam adequadamente, pois vêm do campo para o armazém com maior carga microbiana. Nas operações de colheita, transporte e carregamento do armazém, deve-se ter o máximo de cuidado para não ferir a cebola, nem mesmo romper a película, pois qualquer ferimento ou abertura na casca servirá de porta de entrada para contaminação de microorganismos, que vão provocar apodrecimentos, principalmente a “camisa d’água”, doença que provoca

apodrecimento externo do bulbo.

Os cultivares usados em Santa Catarina são naturalmente resistentes à armazenagem e podem ser bem conservados por 4 a 5 meses no sistema de caixotes ou convencional de armazenamento em estaleiros.



## Bibliografia

- ALVES, D.P.; WAMSER, G.H.; OLIVEIRA, V.R. Escolha do cultivar. In: MENEZES JÚNIOR., F.O.G.; MARCUZZO, L.L. (Orgs.). **Manual de práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 143 p., 2016.
- ANGHINONI, I. Adubação fosfatada e potássica em plantio direto. In: FONTOURA, S. M.V.; BAYER, C. (Org.). **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**, 2. ed., Guarapuava: Fundação de Pesquisa Agropecuária, p. 91-109, 2009.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, p. 253-280, 2006.
- ASIF, M.I.; KHAN, A.A.; AJAKAIYE. Zinc nutrition of onions as influenced by phosphorus. **Journal Agricultural Science**, Nigéria, 87, p.277-279, 1976.
- BARBIREI, R.L. **Cebola: ciência, arte e história**. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 150p. 2007.
- BARBIERI, R.L. & MEDEIROS, A. cebola ao longo da história. In: BARBIREI, R.L. **Cebola: ciência, arte e história**. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2007, 150p.
- BATAL, K.M.; BONDARI, K.; GRANBERRY, D. M.; MULLINIX, B. G. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. *granex-33*). **Journal Horticultural Science**, 69:1043-1051, 1994.
- BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.
- BOING, J.; WERNER, H.; DEBARBA, J.F. Unidade de observação de adubação de manganês na cultura da cebola no município de Imbuia (SC). In: REUNIÃO DE PESQUISA DA CEBOLA NO MERCOSUL, Ituporanga, 1996. **Resumo de Anais**. Ituporanga, Epagri, 1996. 56p.
- BREWSTER, J.L. **Onions and other vegetable alliums**. 2 ed. Wellesbourne, UK. 2008. 455p.
- BÜHRER, R.R.; WERNER, H.; DEBARBA, J.F. Unidade de observação de adubação de manganês na cultura da cebola. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA CEBOLA NO MERCOSUL, Ituporanga, 1996. **Resumo de Anais**. Ituporanga, Epagri, 1996. 55p.
- CAMARGO, E.S. Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para cebola. Lages, 2011. 80p. (Dissertação de Mestrado).
- CAMPBELL, I.D.; GUSTA, L.V. The response of carrots and onion to micronutrients on organic soil in Manitoba. **Canadian Journal Plant Science**, 47:419-423, 1965.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, R.L.F.E.; CANTARUTTI, R.B. NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.375-470.
- COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. de; ARAUJO, J. F.; SANTOS, C. A. F.; LIMA, M. A. C.; CANDEIA, J. C.; BANDEIRA, G. R. L. Resposta de cultivares de cebola (*Allium cepa* L.) a doses de fósforo em cultivo orgânico no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira** 27: S3428-S3432. 2009.
- CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. de. Longterm tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.51, n.1, p.71-79, 1999.
- EL-TOHAMY, W.A.; KHALID, A.K.; EL-ABAGY, H.M.; ABOU-HUSSEIN, S.D. Essential oil, growth and yield of onion (*Allium Cepa* L.) in response to foliar application of some micronutrients. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 3:2001-2005, 2009.
- EPAGRI. **Sistema de produção para a cebola** – Santa Catarina. Florianópolis: Epagri. 106p. (Sistemas de Produção, 46) 2013.

- ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas**. 2a edição. Lages (SC), 2016. 256p.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, R.L.F.E.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.551-594.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 22 de agosto, 2017.
- FACTOR, T.L.; LIMA, J.R.S.; PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W.; TRANI, P.E.; BREDÁ JR.; J.M.; ROCHA, M.A.V. Manejo da adubação nitrogenada na produção de cebola em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA 49. **Horticultura Brasileira**. 27: Suplemento CD-ROM. 2009.
- FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; KURTZ, C.; MAFRA, A. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**: o cultivo da cebola. Florianópolis: Epagri, 2018. 78 p. (Epagri. Boletim Didático, 146).
- FAYAD, J.A.; MONDARDO, M. **Determinação das taxas diárias de absorção de nutrientes pela cebola, cv. Crioula, cultivada no sistema de plantio direto de hortaliças**. Florianópolis: Epagri. 8p. (Boletim Técnico, 5) 2004.
- FONTES, P.C.R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa (MG), 2011. 296p.
- GUPTA, V.K.; RAJ, H.; GUPTA, S.P. A note on effect of zinc application on the yield and zinc concentration of onion (*Allium cepa* L.). **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, 12: p.141-142, 1985.
- HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças. VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. **Anais... ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**, Piracicaba. p.143-153, 1970.
- HIGASHIKAWA, F.S.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v.18, n.2, p.1-10, 7 jul. 2017.
- INIA – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria del Uruguay. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo: Unidade de Agronegocios y Difusión Del INIA. 2005. 247p. (**Boletín de Divulgación** 88)
- KURTZ, C. Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola. Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, PR. 2015. 96p. (Tese de Doutorado).
- KURTZ, C., Epagri identifica novo problema nutricional da cultura da cebola. **Jornal A Comarca** – Ituporanga (SC), 10 a 16 de outubro, p.11. 2013.
- KURTZ, C.; ERNANI, P.R. Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 34: 133-142, 2010.
- KURTZ, C.; ERNANI, P.R.; COIMBRA, J.L.M.; PETRY, E. Rendimento e conservação de cebola alterados pelo solo e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36:865-876, 2012.
- KURTZ, C.; ERNANI, P.R.; PAULETTI, V.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; VIEIRA NETO, J. Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira** 31: 559-567, 2013.
- KURTZ, C.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; HIGASHIKAWA, F.S. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri, 2018. 104p. (Epagri, Boletim Técnico, 184).
- KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J.A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira** 34: 279-288, 2016.
- LEE, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. **Scientia**, 124: 299- 305. 2010
- LEITE, D.L. Melhoramento genético de cebola. In: Barbieri, R.L. (Ed.). **Cebola ciência, arte e história**. Embrapa Informação Tecnológica, 2007, p.80-113.
- LOPES, A.; SIMÕES, A.M. **Produção integrada em hortícolas, famílias das Aliáceas e Asparagáceas** – Alho, alho-francês (alho-porro), cebola e espargos. Direção-geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Lisboa, Portugal, 227p. 2007.
- MAGALHÃES, J.R. Nutrição mineral da cebola. in: CHURATA-MASCA, M.G.C. & CANALEZ, J.I., eds. Seminário Nacional da Cebola, 3., Piedade, 1988. **Anais**.

Jaboticabal (SP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988. p.93-118.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press. 2012. 643p.

MAY, A. Desempenho de híbridos de cebola em função da população de plantas e fertilização nitrogenada e potássica. Jaboticabal (SP), Universidade Estadual Paulista, 2006. 142p. (Tese de Doutorado).

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; PORTO, D.R.Q.; VARGAS, P.F.; BARBOSA, C.B. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, 25: 53- 59, 2007.

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; PORTO, D.R.Q.; VARGAS, P.F.; BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes por duas cultivares de cebola produzidas em sistema de semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, 25:53-59, 2008.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; GONCALVES, P.A.S.; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.475-481, 2014.

OLIVEIRA, V.R.; LEITE, D.L.; SANTOS, C.A.F; RESENDE, G.M. In: SOUZA, R.J.; ASSIS, R.P.; ARAÚJO, J.C. (Orgs.). **Cultura da Cebola**. Lavras: Ed. UFLA, 2015, p.339- 370.

PEÑA. C.; AÑES, B.; DÁVILA, M. Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la aplicación de azufre, magnesio, cinc, y boro en un suelo alcalino. **Revista Florestal Mérida** (Venezuela) 43: p.173-182, 1999.

PÔRTO, D.R.Q.; CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A.; BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Optma" estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira** 24:470-475, 2006.

PÔRTO, D.R.Q.; CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A.; VARGAS, P.F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Superex" estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural** 37: 949-955, 2007.

RAO, J. M. Effect of copper and boron on the mineral composition of onion (*Allium cepa* L). **Andhra Agricultural Journal**, 17:170-172, 1974.

RAO, V.J.M.; DESHPANDE, R. Effect of micronutrients (copper and boron) on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). **Indian Journal of Agricultural Research**, 5:257-260. 1971.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Dose econômica de nitrogênio na produtividade e armazenamento de cultivares de cebola. **Horticultura Brasileira** 32:357-362, 2014.

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA, 1993. SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação de ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural** 33:65-70, 2003.

SANTOS, E.E.F. Acúmulo de nutrientes e relação Ca: Mg no cultivo da Cebola, no Submédio São Francisco. Botucatu: UNESP – FCA. 2007. 120p. (Tese Doutorado).

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25, n.2, p.387-394, 2001.

SOPRANO, E.; SILVA JUNIOR, A.A. efeito de níveis de pH do solo sobre o crescimento da cebola em casa de vegetação. In: REPECEM – Reunião de Pesquisa da Cebola no Mercosul. 1996, Ituporanga. **Resumo de Anais**. Ituporanga: Epagri, 1996. p.59.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 819p. 2009.

VIDIGAL, S.M. Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão - Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa: UFV. 2000. 136p (Tese doutorado).

VIDIGAL, S.M.; MOREIRA, M.A.; PEREIRA, P.R.G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta de cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplanto de mudas. **Bioscience Journal** 26:59-70, 2010.

VIDIGAL, S.M.; PEREIRA, P.R.G.; PACHECO, D.D. Nutrição mineral e adubação de cebola. In: **Informe Agropecuário** 23: 36-50, 2002.

WEINGÄRTNER, S. Doses e modo de aplicação de fósforo na produtividade de cebola. Lages: UDESC/CAV. 2016. 50p. (Dissertação de Mestrado).

WIEDENFELD R. Nitrogen rate and timing effects on onion growth and nutrient uptake in a subtropical climate. **Subtropical Plant Science** 46: 32-37, 1994.



## CULTIVO DA MANDIOQUINHA-SALSA<sup>1</sup>

*Nuno Rodrigo Madeira  
Tatiana da Silva Duarte  
Carlos Alberto Koerich  
Renato Guardini*

### 1. O cultivo da mandioquinha-salsa em Santa Catarina e o Sistema de Plantio Direto de Hortalças (SPDH)

O cultivo da mandioquinha-salsa em Santa Catarina está associado ao preparo convencional do solo, a utilização de elevadas doses de adubos na base (plantio), em cobertura e nas folhas, associado ao cultivo intensivo do solo com duas ou mais safras seguidas na mesma área. O seu cultivo comercial estava restrito à agricultura familiar do Alto Vale do Rio do Peixe compondo a sua complexa diversificação de renda até final da década de 90. As Estações Experimentais da Epagri de Caçador e Ituporanga mantiveram até os anos 2000 coleções de variedades de mandioquinha-salsa, que também funcionavam como fornecedores de mudas, alimentando e promovendo o plantio. Após a perda destas coleções abortou-se a possibilidade de promoção técnica e reposição de mudas aos agricultores familiares da região. Entretanto, no final da década de 1990 e início dos anos 2000, o cultivo

também foi iniciado na região de Canoinhas e Grande Florianópolis, através de um trabalho conjunto entre Embrapa e Epagri, com a cultivar Amarela de Senador Amaral. Trabalho este que foi consolidado pelos agricultores familiares da comunidade de Rio Fortuna em Angelina, como polo produtor deste alimento e distribuidor de mudas (Figura 1).



**Figura 1.** Reunião entre técnicos, lavoureiros e estudantes em experimento instalado na lavoura de estudo com mandioquinha-salsa. Angelina/SC, 2012.

<sup>1</sup> Esse capítulo é adaptação de Fayad *et al.* (2018).

## 2. A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*, Bancroft)

Encontra-se a maior diversidade de planta do gênero *Arracacia* em estado silvestre nos países andinos, tendo como centro de origem primário a região que vai do Centro-Norte do Peru ao Sul da Colômbia (HERMANN, 1997). A região tem por característica o clima constante, praticamente sem distinção entre inverno e verão, o que promove crescimento contínuo à planta, observando-se a oportunidade de plantio e de colheita em qualquer época do ano, sem que seja necessária nenhuma alteração no manejo adotado. Isso traz grande implicação na fisiologia da planta e no sistema produtivo adotado no Brasil.

Em algumas regiões dos Andes, com destaque no Peru, além das raízes consomem-se as folhas. Na Colômbia é corriqueiro utilizar as coroas (parte aérea) na alimentação animal, principalmente de mulas, que são usadas no transporte da produção. No Brasil, é comum em algumas regiões as coroas serem utilizadas como alimentação ao gado, havendo inclusive relatos de aumento na produção de leite, sugerindo-se que não passe de 25% da dieta dos animais (Nuno Rodrigo Madeira, informação pessoal). Também há relatos de consumo humano de partes do caule central e dos perfilhos da

coroa, por vezes chamado de toco, prática que ocorre esporadicamente no Brasil, mas que é muito comum em Porto Rico, por exemplo (GIRALDO-ZAPATA, 2017). Câmara (1984) evidencia que a coroa (folhas e propágulos) tem maiores quantidades de nutrientes que as raízes de reserva e um melhor balanço de aminoácidos, indicando que esta parte da planta também pode ser utilizada na alimentação, apesar de ser mais fibroso pelo maior teor de celulose quando comparada às raízes.

As raízes tuberosas são o nosso principal alimento pelo aspecto visual e facilidade de manuseio, sendo muito valorizado por seu paladar característico, suave e saboroso. É considerado um alimento de função energética, com altos teores de carboidratos de fácil digestibilidade (Tabela 1), com níveis consideráveis de nutrientes minerais e uma fonte importante de vitaminas (SEDIYAMA, *et al.*, 2005). Segundo Añes *et al.* (2002), a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) considera a mandioquinha-salsa como uma planta de elevado valor nutritivo, com características medicinais e com potencial econômico e produtivo.

A mandioquinha-salsa é um alimento altamente energético, fonte de vitaminas e minerais como o zinco, manganês, cálcio, potássio, fósforo e ferro (Tabela 2), e entre as vitaminas presentes, resalta-se as vitaminas A retinol e do complexo B tiamina e B2 riboflavina (LUENGO, 2000).

**Tabela 1.** Análise bromatológica da raiz de mandioquinha-salsa em base úmida.

| Componente                   | Média | Senador Amaral | Variação      |
|------------------------------|-------|----------------|---------------|
| Umidade (%)                  | 78    | 77,91          | 76,06 - 81,97 |
| g 100g <sup>-1</sup> de raiz |       |                |               |
| Cinzas                       | 1,05  | 1,13           | 0,93 - 1,16   |
| Matéria graxa                | 0,15  | 0,11           | 0,10 - 0,22   |
| Fibra bruta                  | 0,64  | 0,47           | 0,47 - 0,89   |
| Proteína bruta               | 0,53  | 0,67           | 0,39 - 0,68   |
| Açúcares redutores           | 0,72  | 0,30           | 0,30 - 1,17   |
| Açúcares totais              | 1,63  | 0,73           | 0,73 - 2,48   |
| Amido                        | 18,48 | 16,86          | 14,96 - 21,41 |

**Fonte:** Carmo & Leonel, 2012. (Adaptado).

**Tabela 2.** Algumas vitaminas e minerais determinados em raiz de mandioquinha-salsa.

| <b>Mandioquinha-salsa (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) sem casca</b> |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Vitamina A retinol (µg)                                             | 20    |
| Vitamina B tiamina (µg)                                             | 60    |
| Vitamina B2 riboflavina (µg)                                        | 40    |
| Vitamina B5 niacina (mg)                                            | 3,4   |
| Vitamina C ácido ascórbico (mg)                                     | 28    |
| Cobre (mg)                                                          | 0,59  |
| Manganês (mg)                                                       | 2,8   |
| Zinco (mg)                                                          | 1,8   |
| Potássio (mg)                                                       | 586,6 |
| Sódio (mg)                                                          | 61,5  |
| Cálcio (mg)                                                         | 45    |
| Ferro (mg)                                                          | 0,67  |
| Fósforo (mg)                                                        | 101   |

Fonte: Luengo, 2000. (Adaptado).

### 2.1. Cultivares

As raízes de melhor aceitação pelo consumidor são de coloração amarela. A primeira variedade comercial no Brasil foi a Amarela Comum, introduzida da Colômbia, em 1907, por uma missão oficial colombiana em visita ao Rio de Janeiro. Ela foi inicialmente cultivada na região serrana do Rio de Janeiro, difundindo-se pelas regiões de clima ameno do Sudeste e do Sul do Brasil. A partir dos anos 1990, expandiu-se para o Planalto Central, já no bioma Cerrado, em regiões com altitude superior a 900 m.

Somam-se três cultivares registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA desenvolvidas por meio de melhoramento genético tradicional e lançadas pela Embrapa. A cultivar Amarela de Senador Amaral, lançada em 1998, é cultivada atualmente em cerca de 90% da área de produção. Recentemente, foram lançadas as cultivares BRS Rubia 41 ou simplesmente Rubia e BRS Catarina 64 ou simplesmente Catarina. Observa-se tendência

de crescimento da área de plantio dessas cultivares em função da superioridade produtiva nas regiões produtoras em que foram testadas, especialmente no Sul de Minas Gerais e no Distrito Federal e Goiás (região do entorno do DF). Outro clone novo, o EH-56, comumente chamado de “Carijó”, de grande porte, alta produtividade e voltado para nichos de mercado, em especial para processamento e para manejo orgânico, está em fase final de desenvolvimento e registro (MADEIRA e CARVALHO, 2016). Existem, pelo menos, outras duas variedades não registradas. Uma de raízes brancas, aparentemente introduzida junto com a Amarela Comum da Colômbia em 1907, de grande vigor e produtividade, pecíolos e folhas verde-clara, porém com sabor e odor bem menos pronunciados e outra de folhagem roxa, raízes de coloração creme e cônicas e perfilhos duros e pouco numerosos. Observam-se alguns poucos campos cultivados com essas duas variedades ou sua manutenção de forma pontual em meio a campos das cultivares melhoradas nas regiões produtoras. Diversas lavouras de estudos na região da grande Florianópolis, em Santa Catarina, estão cultivando uma



nova cultivar com raiz de coloração amarelada e alta produtividade, vigor e saúde.

Há uma variedade mantida nos bancos de germoplasma da Epagri, coletada no município de Agrônômica (SC), chamada de Epagri-Agro-

nômica, muito produtiva. Aparentemente, pode ser a Amarela Comum devido à grande similaridade de características morfológicas. A seguir, as variedades cultivadas no Brasil são apresentadas na Tabela 3 e nas Figuras 2, 3 e 4.

**Tabela 3.** Variedades de mandioquinha-salsa cultivadas no Brasil, suas principais características agrônômicas e empresas que lançaram e promovem a cultivar.

| Variedade                 | Características de raízes                      | Ciclo (meses) | Empresa (ano)  | Outras características                                     |
|---------------------------|------------------------------------------------|---------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| Amarela Comum             | Amarela intensa: côni-co-cilíndricas           | 10-12         | - (1907)       | Elevado teor de matéria seca                               |
| Branca                    | Branca: cilíndricas e muito alongadas          | 10-12         | - (1907)       | Grande porte da planta; sabor e odor muito suaves          |
| Folhagem Roxa             | Amarela clara: cônicas e alongadas             | 10-12         | - (?)          | Poucos propágulos e duros de destacar                      |
| Amarela de Senador Amaral | Amarela intensa: uniformes e cilíndricas       | 7-10          | Embrapa (1998) | Tolerância média a Nematóide das galhas                    |
| BRS Rúbia 41              | Amarela intensa: uniformes e cilíndricas       | 8-10          | Embrapa (2014) | Alta produção de propágulos                                |
| BRS Catarina 64           | Amarela intensa: uniformes e cilíndricas       | 9-10          | Embrapa (2015) | Vigorosa e com mudas graúdas de fácil preparo              |
| Gigante Angelina          | Amarela intensa: muito alongadas e cilíndricas | 9-10          | - (?)          | Vigorosa e com arroxamento esporádico nas raízes           |
| Coqueiral (Angelina)      | Amarela intensa, alongada e cilíndrica         | 9-12          | Epagri         | Alta produtividade, vigorosa e alta produção de propágulos |

**Fonte:** Madeira e Carvalho (2016).



**Figura 2.** Cultivar “Coqueiral” de alta produtividade de raízes longas, cilíndricas e amareladas.

### 3. Ecofisiologia

São poucos os estudos que tratam da fisiologia da mandioquinha-salsa e sua interação com os fatores ambientais e o manejo cultural empregado. Geralmente, é considerada uma olerícola rústica por responder pouco à adubação química e ser tolerante às condições estressantes, principalmente de nutrientes. Possui um mecanismo fisiológico complexo e ainda



**Figura 3.** Cultivares provenientes de três plantas colhidas da unidade de observação, em Angelina/SC, entre elas: Amarela de Senador Amaral (ASA), Catarina (64), Rúbia (41), Epagri-Agrônômica e os clones Carijó ou EH-56 (56) e a EH-48 Roxinha (48).



**Figura 4.** Plantas do clone Gigante Angelina (A) e cv. Amarela Senador Amaral (B) colhidas aos 10 meses de idade, na comunidade de Rio Fortuna em Angelina/SC.

pouco estudado, respondendo de forma diferenciada às condições de manejo, podendo acumular quantidades consideráveis de nutrientes, quando disponibilizados no solo (ORTIZ & ACIN, 1997; ORTIZ *et al.*, 1998).

nos parte aérea, quando as folhas chegam a secar completamente. Nos países de origem, observa-se na colheita distribuição em peso de 1:3 a 1:5 entre raízes e parte aérea (Informação pessoal de Nuno Madeira).

Por outro lado, esse acúmulo nem sempre se reflete em maior produtividade de raízes comerciais. É comum observar lavouras exuberantes que apresentam baixa produtividade. De fato, o que parece ocorrer é que as plantas que recebem grande aporte de nutrientes e que não sofrem estresse climático por frio e/ou seca tendem a reagir, apresentando vigor excessivo da parte aérea e não acumulando reservas nas raízes.

Nas condições climáticas encontradas no Brasil observa-se comportamento distinto do que ocorre nos países de origem, com maior acúmulo de nutrientes nas raízes pela melhor distribuição de fotoassimilados ocasionado pelas condições definidas em duas estações: verão e inverno. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, o inverno é ameno a frio e seco e na região Sul, apesar de úmido, o inverno é mais frio que o ideal para a cultura. Assim, em resposta a esse estresse, seja pelo frio ou pela seca, as plantas reagem translocando nutrientes da parte aérea para as raízes de reserva, aumentando sua produtividade (Figura 5).

É comum observar-se na colheita, a proporção de 1:1 entre raízes e parte aérea, muitas vezes até me-





**Figura 5.** Plantas apresentando intensa realocação de nutrientes minerais e fotoassimilados ocasionados por baixa temperatura e déficit hídrico. Dependendo do momento, da intensidade e da duração, esse estresse é benéfico para a produtividade.

### 3.1. O clima

É uma planta de clima ameno, sendo tradicionalmente cultivada em regiões com altitude superior a 800m na região Sudeste e 650m na região Sul, com temperatura média anual variando entre 15°C e 18°C, entretanto verifica-se seu cultivo em áreas mais baixas na Zona da Mata mineira, assim como sua expansão para o Planalto Central, no Distrito Federal e Goiás, onde a temperatura média anual supera os 20°C.

Os cultivos realizados em locais ou em épocas muito quentes, com temperaturas frequentemente acima dos 30°C, apresentam elevado índice de apodrecimento de mudas, devido à ação de bactérias e fungos associada à exposição do córtex das mudas pela ação do corte realizado no ato de preparo da muda. Em consequência disso, verifica-se a redução da taxa de pegamento e, consequentemente, da produtividade (MADEIRA *et al.*, 2017) e saúde das plantas.

É tolerante a geadas brandas, mas pode haver esgotamento das reservas e morte das plantas no caso da ocorrência de geadas fortes e consecutivas, especialmente no estágio inicial,

quando ainda não possui grande quantidade de reservas. Na Região Sudeste, entretanto, raramente as geadas são limitantes ao desenvolvimento das plantas, a não ser em microclimas acima dos 1500m de altitude como em Senador Amaral-MG, município tradicional na produção de mandioquinha-salsa.

Fatores climáticos, como calor e geada, definem a época de plantio e o manejo da cultura. Ocorre predominância de plantios de março a junho no Sudeste em função do maior risco de perdas em épocas quentes e chuvosas e de junho a agosto na região Sul, evitando que as geadas de

junho-julho prejudiquem o plantio, visto que as mudas ainda estão protegidas sob o solo, mas com o plantio usando pré-enraizamento ou pré-brotação de mudas, reduz-se o risco de perdas e pode-se realizar plantios fora de época (MADEIRA e CARVALHO, 2016).

### 3.2. A produção e a alocação de biomassa

As principais informações deste capítulo são os resultados dos trabalhos experimentais realizados na Estação Experimental de Ituporanga – EEITU –, em Lavouras de Estudos e da revisão bibliográfica apresentando resultados de pesquisas realizadas em várias regiões do Brasil.

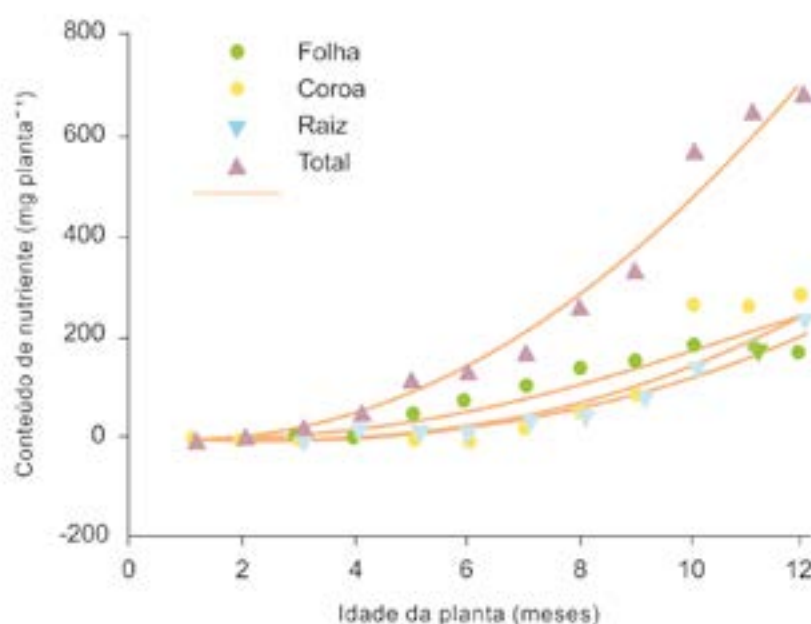
Em experimentos conduzidos na EEITU nos anos de 2012 e 2013 para determinar o acúmulo de matéria seca e sua partição, onde a planta produziu em média um total de 636 g, distribuídos 165 g nas folhas, 255 g nos perfilhos e 216 g na raiz (Tabela 4 e Figura 6). O total de raízes comercializáveis chegou a 927 g planta<sup>-1</sup>, colhido aos doze meses de idade.

Apresentou taxas máximas de crescimento (R) na passagem do nono para o décimo mês



**Tabela 4.** Formação de matéria seca ao longo do ciclo cultural da mandioquinha-salsa, cv. Senador Amaral

| Tratamento    | FOLHA<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | COROA<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | RAIZ<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Total<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| T0 (plantio)  | 0,00                               | 4,96                               | 0,00                              | 4,96                               |
| T1 (30 DAP)   | 0,12                               | 1,18                               | 0,00                              | 1,30                               |
| T2 (60 DAP)   | 2,14                               | 0,84                               | 0,00                              | 2,98                               |
| T3 (90 DAP)   | 12,01                              | 1,92                               | 0,87                              | 14,80                              |
| T4 (120 DAP)  | 19,93                              | 3,32                               | 6,36                              | 29,61                              |
| T5 (150 DAP)  | 56,92                              | 8,05                               | 27,27                             | 86,07                              |
| T6 (180 DAP)  | 69,43                              | 12,48                              | 23,42                             | 109,71                             |
| T7 (210 DAP)  | 94,15                              | 23,26                              | 35,00                             | 152,35                             |
| T8 (240 DAP)  | 133,61                             | 60,96                              | 45,84                             | 240,41                             |
| T9 (270 DAP)  | 142,88                             | 82,70                              | 88,84                             | 314,42                             |
| T10 (300 DAP) | 176,47                             | 250,80                             | 145,05                            | 572,32                             |
| T11 (330 DAP) | 174,08                             | 204,37                             | 134,14                            | 597,59                             |
| T12 (360 DAP) | 165,10                             | 254,92                             | 215,90                            | 635,92                             |

**Figura 6.** Acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural da mandioquinha-salsa, cv. Senador Amaral (2013).

após o plantio com ganho de 257,9 g planta<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>. Nas folhas, as maiores taxas ocorreram com dois picos, sendo o maior do sétimo para o oitavo mês com 39,5 g planta<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> e do oitavo

para o nono mês com 33,6 g planta<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>. Para as raízes, os ganhos decisivos ocorreram entre o nono e o décimo segundo mês com 127 g planta<sup>-1</sup>, perfazendo 59% do total acumulado. Neste mesmo período houve intenso acúmulo nos perfilhos, de 172 g planta<sup>-1</sup>, o que corresponde a 68% do total acumulado de matéria seca. O prolongamento do ciclo foi condicionado pelo longo período de seca na época de formação das raízes de reserva.

No experimento de Portz *et al.* (2006), a raiz se comportou como o órgão preferencial de reserva na planta diferindo desse trabalho onde a coroa foi o órgão que mais acumulou massa seca seguido pelas raízes. Este fato pode ser explicado, possivelmente, pelo

experimento da EETU ter sido realizado em SPDH, onde se espera que o maior aporte de matéria orgânica e a maior capacidade de retenção de água no solo tenham favorecido o desenvolvimento vegetativo e induzido a uma menor necessidade de acúmulo de reservas nas raízes. Segundo Câmara (1984), a planta é estruturada de modo a ter suas reservas na parte subterrânea, menos sujeitas a variações climáticas e ao ataque de insetos, garantindo energia para sua fase reprodutiva, a partir do segundo ciclo de desenvolvimento. Cabe lembrar que em sua região de origem, como não ocorre estresse climático, verifica-se um único ciclo de desenvolvimento contínuo, sendo raríssima a indução ao florescimento (HERMANN, 1997; RIVERA VARÓN *et al.*, 2015), havendo inclusive citações de se tratar de planta que aparentemente não floresce, reproduzindo somente de forma vegetativa (HODGE, 1949).

#### 4. Propagação e produção de mudas

Para formação de lavouras comerciais a multiplicação da mandioquinha-salsa é feita via vegetativa através dos rebentos, filhotes ou propágulos produzidos na parte superior e lateral da coroa. O ideal é fazer classificação da muda, rebento ou filhote por tamanho (idade fisiológica dos rebentos), no mínimo em três classes, sempre eliminando o rebento do centro da touceira que gerou toda a nova touceira (Figura 7). O objetivo desse procedimento é a uniformidade de brotação e crescimento, diminuindo o risco de falhas na lavoura, sendo recomendado plantá-las em áreas separadas por idade fisiológica. Estas mudas possuem as características do clone que as originou. Na Figura 8 (a) e (b) são apresentadas mudas

cortadas com o objetivo de aumentar a área de exposição vascular, onde serão formados os calos para emissão das novas raízes (CÂMARA, 1990) e mudas brotadas e com raízes, respectivamente.

Segundo Casali & Sediya (1997), o preparo dos propágulos têm diversas variações que determinam diferenças na velocidade de enraizamento, crescimento e que, por sua vez, influem na produção e ciclo vegetativo.

Madeira e Carvalho (2016) apresentam sistema de produção de mudas desinfestadas com cloro ativo e para as técnicas de pré-enraizamento em canteiros e pré-brotação em água, seragem (Figuras 8 e 9) ou areia. Essas técnicas asseguram maior taxa de pegamento, economia em irrigação na fase inicial e proteção às intempéries, em especial geadas nas primeiras semanas de desenvolvimento, assegurando maior estande e produtividade (Figuras 10 e 11). Madeira *et al.*, (2017) apresentam uma proposição de sistema de produção de mudas certificadas, inclusive com uma primeira proposta de limites máximos de insetos e doenças causadoras de danos como alguns nematoides, broca, mofo-branco, entre outros, visando reduzir sua disseminação.



**Figura 7.** Separação dos rebentos conforme sua posição na coroa, observando sua idade fisiológica. O filhote original, que possui a maior idade, é para descarte. A idade diminui do 1 ao 4, que são separados para o preparo das mudas e plantio.





**Figura 8.** Área vascularizada aumentada pelo corte em bisel do propágulo e o início da formação dos calos (a). Muda pré-brotada no sistema de serragem e pronta para o plantio (b).



**Figura 9.** Produção de muda no sistema de pré-brotação na serragem umedecida (a e b).





**Figura 10.** Planta em desenvolvimento inicial e com saúde obtida a partir de mudas com qualidade definida pelas técnicas desenvolvidas na pesquisa e nas lavouras de estudos.



**Figura 11.** O estande ideal e a uniformidade das plantas na área mantêm alta a produtividade, constituindo os principais fatores que influem na qualidade das mudas.





**Figura 12.** Plantio em leira larga com duas linhas de plantio espaçadas entre si por 50 cm e entre leira de 120 cm.

## 5. Critérios para escolha do manejo da cultura

A escolha do manejo a ser empregado, a começar pelo sistema de plantio, método de propagação e espaçamento de um campo de mandiocquinha-salsa vai depender da época, das características da área como o tipo de solo e topografia, da variedade, da diversidade de culturas que o produtor normalmente cultiva e da sua estrutura de equipamentos.

Em terrenos sistematizados em camalhões distanciados para rotacionar com culturas exigentes em espaçamentos maiores é possível plantar duas linhas de mandiocquinha-salsa (Figura 12). Em áreas que estão no SPDH há muito tempo, é possível plantar as mudas de mandiocquinha-salsa no “liso”, isto é, sem leira ou camalhões (Figuras 13, 14 e 15). O espaçamento vai depender, em especial, da variedade e do sistema. É comum no SPDH a utilização dos mochões preparados para o fumo, seguido do plantio de plantas de cobertura como aveia preta (Figura

16), coquetel de adubos verdes de inverno composto por aveia ou centeio, ervilhaca e nabo-forrageiro (Figura 17) ou de plantas espontâneas (Figura 18), seguido pela mandiocquinha-salsa, vindo depois o milho e novamente o fumo. Assim, os mochões têm aproximadamente 1,2 m de espaçamento entre si, de centro a centro. Pode-se, nesse caso, plantar a mandiocquinha-salsa em linhas duplas nas laterais dos mochões, distando as plantas 50 cm entre as linhas e 30 a 40 cm entre plantas nas linhas. A disposição nos mochões deve ser feita em ziguezague, no caso das variedades de porte normal ‘Amarela de Senador Amaral’, ‘Rúbia’ ou ‘Catarina’.

Para variedades de maior porte como a Gigante Angelina e a Carijó, sugere-se o plantio em linhas simples, no meio dos mochões e distando 50 cm entre plantas.

Em Santa Catarina a época de plantio ocorre do final de maio até início de agosto, período com ocorrência de geadas, os agricultores têm optado pelo sistema de produção de muda pré-brotada na serragem e em galpão com ambiente seco e arejado.





**Figura 13.** Em agricultura de montanha o plantio de mudas de mandioquinha-salsa sem fazer o corte da palhada e sem revolvimento do solo na linha dupla de plantio. Angelina/SC, 2018.



**Figura 14.** Colheita da mandioquinha-salsa cultivada sem mochão em área de SPDH com mais de 10 anos de cultivo rotacionado de culturas e adubos verdes de inverno e verão.





**Figura 15.** Colheita da mandioquinha-salsa cultivada sem mochão em área de SPDH consolidado onde a estrutura do solo torna-se favorável para o desenvolvimento das raízes e da colheita.



**Figura 16.** Lavoura de estudo sendo preparada para o cultivo da mandioquinha-salsa sistematizada em camalhões com aveia preta como planta de cobertura de inverno.





**Figura 17.** Adubação verde de inverno composto por aveia, ervilhaca e nabo forrageiro. A aveia está na fase de enchimento do grão, o nabo em floração e a ervilhaca iniciando a floração



**Figura 18.** Área contendo coquetel de plantas espontâneas com predomínio do papuã após o final de ciclo pronta para o plantio.



## 6. Nutrindo as plantas com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes, ajustada pelo conteúdo de nutrientes no solo, sinais de planta e condições climáticas

As principais informações deste capítulo resultam dos trabalhos realizados na Estação Experimental de Ituporanga - EEITU, em Lavouras de Estudos junto aos lavoureiros e resultados experimentais publicados.

A mandioquinha-salsa é uma planta acidófila, exigente em quantidades de micronutrientes e pouco responsiva a altas quantidades de macronutrientes, desenvolvendo-se com mais saúde em pH mais ácidos numa faixa de 5,5 a 5,8. Relatam-se boas produções associadas à saúde das plantas em pH menores que essa recomendação e, por outro lado, constatações de pH acima de 6,2 associado ao subdesenvolvimento da planta, apresentando clorose e morte de folhas, com prejuízos significativos na produção de raízes (Figura 19). Apresenta melhor desempenho em áreas novas, onde não se pratica a olericultura intensiva. Tem mostrado boa adaptação em SPDH maduro, portanto em sistema mais complexo por se

associar com outros organismos, principalmente no sistema radicular, facilitando a disponibilidade e absorção de nutrientes.

Foi determinado a dinâmica do acúmulo de nutrientes (Figura 20) e quantificado o potássio e o nitrogênio com 23.346 e 10.097 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente, porém, ao alocar esta quantidade via adubação de cobertura, a resposta é o aumento da parte vegetativa e do ciclo da planta em detrimento da produção de raízes. Possivelmente, a planta possui mecanismo fisiológico complexo, capaz de mobilizar nutrientes de forma específica, exigindo estudos mais detalhados com o objetivo de contribuir com a saúde e a expressão máxima do potencial produtivo da mandioquinha-salsa.

### 6.1. Absorção de nutrientes

Foram conduzidos dois experimentos na EEITU nos anos de 2012 e 2013, para determinar o acúmulo de nutrientes e sua partição na folha, na coroa e na raiz. Calculou-se a taxa mensal de absorção (TMA) e suas máximas (TMAMax) para os dez nutrientes essenciais de interesse no trabalho experimental. O total absorvido de N, P, K,



**Figura 19.** Plantas de mandioquinha-salsa cultivadas na mesma lavoura, apresentando diferença no sistema radicular. Uma com sistema radicular pouco desenvolvido, cultivada em solo com pH 6,5 (a). Na figura (b) planta com sistema radicular desenvolvido em solo com pH 5,6.





**Figura 20.** Preparo de material para análise de acúmulo de nutrientes e matéria seca em mandioquinha-salsa, EEITU.

Ca e Mg foi de 10.097; 1.638; 23.346; 1.914 e 641 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Para Fe, Mn, Zn, Cu e B foi de 82.767; 3.762; 11.528; 5.863 e 5.137 µg planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 21).

Importante observar que as TMA acompanharam as taxas de crescimento mensais (R) e, consequentemente, as TMA<sub>max</sub> também coincidiram com as máximas de acúmulo mensal de matéria seca que ocorreram no décimo mês após o plantio da muda com 257,9 g mês<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>. Para o N, P, K e Mg também ocorreu no décimo e para Ca no nono mês com os valores 3.861; 500; 7.484; 641 e 604 mg mês<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Para Fe, Mn, Zn, Cu e B as TMA<sub>max</sub> foram no décimo mês, sendo para o Fe o décimo primeiro mês, nos valores de 39.477; 1.387; 5.135; 2930 e 2.087 µg mês planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

Portanto, a planta possui mecanismo de acúmulo de nutrientes e matéria seca ao longo do ciclo cultural, seguindo proporcionalidade na quantidade deste acúmulo e, consequentemente, da sua respectiva taxa mensal. Este fato indica que andam juntas a absorção de nutrientes e a produção de fotoassimilados, residindo aí uma das possibilidades em promover saúde vegetal. Observa-se, como exemplo, aos 300 DAP que o percentual mensal de acúmulo de matéria seca foi de 40,6% em relação ao total, seguido por semelhante dinâmica

para quase todos os nutrientes. Outra observação simples é que alguns nutrientes não apresentam esta dinâmica aos 270 e 330 DAP. De outra forma, para cada taxa de crescimento absoluto (R) ocorre uma TDA proporcional (Tabela 5).

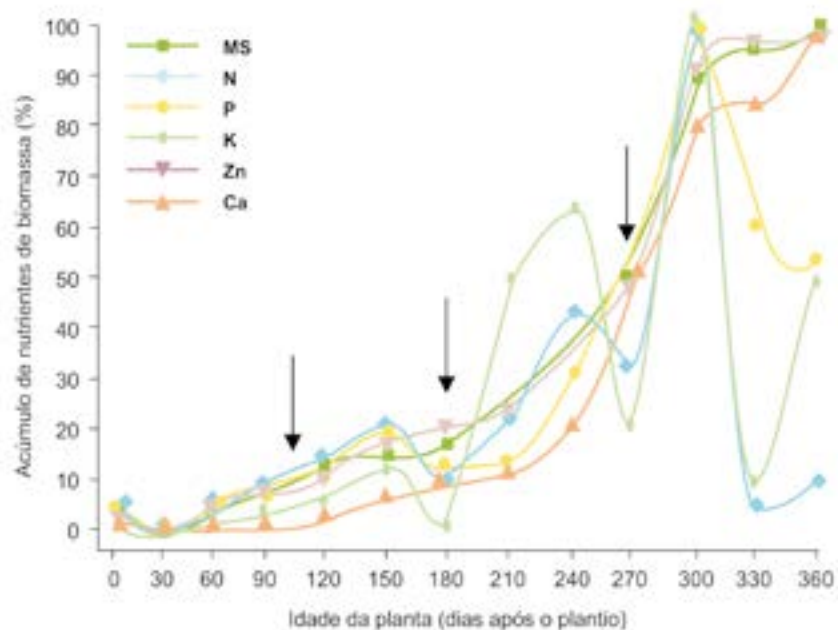


**Figura 21.** Absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca (%), pela mandioquinha-salsa ao longo do ciclo de produção, com a indicação das épocas de aplicação das adubações de cobertura com nitrogênio e potássio, representadas pelas flechas vermelhas

**Tabela 5.** Acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca (%) em relação ao conteúdo total, ao longo do ciclo da mandioquinha salsa, cv. Senador Amaral.

| Nutrientes e Matéria Seca (%) |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |       |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|
| DAP                           | M.S. | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe    | Mn    | Zn   | Cu   | B     |
| 30                            | 0,3  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,2   | 0,2   | 0,2  | 0,2  | 0,2   |
| 60                            | 0,3  | 0,4  | 0,2  | 0,1  | 0,2  | 0,5  | 0,5   | 0,9   | 0,4  | 0,3  | 0,4   |
| 90                            | 1,9  | 1,9  | 1,3  | 0,5  | 0,9  | 2,3  | 0,7   | 2,1   | 1,8  | 2,7  | 1,8   |
| 120                           | 2,3  | 2,1  | 1,1  | 0,6  | 1,2  | 2,0  | 1,2   | 2,8   | 2,2  | 2,0  | 1,9   |
| 150                           | 8,9  | 8,9  | 6,1  | 2,7  | 5,6  | 8,8  | 4,6   | 13,2  | 10,3 | 9,1  | 7,8   |
| 180                           | 3,7  | 3,6  | 3,8  | 1,3  | 1,1  | 1,6  | 3,2   | 5,4   | 3,4  | 3,9  | 3,5   |
| 210                           | 6,7  | 7,8  | 3,9  | 15,8 | 2,7  | 4,2  | 5,9   | 10,7  | 3,6  | 3,5  | 7,6   |
| 240                           | 13,8 | 17,6 | 10,1 | 20,4 | 7,3  | 13,9 | 13,2  | 21,1  | 16,0 | 14,3 | 12,9  |
| 270                           | 11,6 | 12,4 | 7,0  | 7,3  | 31,5 | 6,2  | 7,2   | 1,4   | 9,6  | 11,9 | 15,5  |
| 300                           | 40,6 | 38,2 | 30,5 | 32,1 | 28,9 | 24,6 | 47,7  | 36,9  | 44,6 | 50,0 | 40,6  |
| 330                           | 4,0  | 2,9  | 18,8 | 2,9  | 4,8  | 18,2 | 22,8  | 12,3  | 3,0  | 0,7  | 11,7  |
| 360                           | 6,0  | 4,2  | 17,2 | 16,4 | 15,5 | 17,8 | (7,2) | (6,9) | 5,1  | 1,4  | (4,1) |

Pela dinâmica de absorção de nutrientes, em particular para nitrogênio e potássio, é possível observar que esses nutrientes devem ser fornecidos parceladamente. O acúmulo de nutrientes até os 90 DAP foi menor que 3% do total, dos 90 aos 210 DAP 24% do total e até 360 DAP aproximadamente 75%. A partir destes dados, podem-se construir programas de adubação de cobertura segundo as necessidades da planta nas suas diversas fases de desenvolvimento.

Ao iniciar o SPDH, em áreas cultivadas intensivamente e esgotadas pelo manejo do solo, é recomendado corrigir manchas de fertilidade adicionando adubos



**Figura 22.** Neste estágio de desenvolvimento das plantas de cobertura é possível identificar manchas de fertilidade e corrigi-las com a ajuda de adubos orgânicos em cobertura, Angelina/SC, 2013.

orgânicos no estágio inicial de desenvolvimento, sobre as plantas de cobertura (Figura 22).

## 6.2. Adubação de plantio com fósforo

Em dois experimentos conduzidos para conhecer a dinâmica de absorção de fósforo pela mandioquinha-salsa em Lavouras de Estudos na comunidade de Rio Fortuna, município de Angelina (SC), encontrando-se baixa resposta da planta a níveis maiores que 25 ppm naquele solo. Recordando, o fósforo é suprido por difusão e sua mobilidade no solo é pequena, devendo ser disponibilizado na base das plantas, o que nos orienta, para que seu fornecimento

deva ser todo na adubação da base. Mediante este resultado, associado aos dados de acúmulo do fósforo de  $1,64 \text{ g planta}^{-1}$  determinado nos experimentos na EEITU, equivalendo a  $52,5 \text{ Kg}$  de fósforo por hectare para uma produtividade total de raízes de  $29.674 \text{ kg.ha}^{-1}$ , é possível elaborar recomendações para a cultura, como exposto na Tabela 6. Indica-se a necessidade de adubação em  $\text{P}_{205}$  e sugere-se uma fonte exclusiva de fósforo, de alta concentração e de menor custo; daí a sugestão de superfosfato triplo. Sendo uma cultura de ciclo longo é possível utilizar termofosfato.

**Tabela 6.** Níveis de P ( $\text{mg/dm}^3$ ) no solo e recomendação de adubação na linha de plantio com superfosfato triplo (SFT) por hectare.

| Níveis de P ( $\text{mg/dm}^3$ ) | Baixo<br><10 | Médio<br>10-20 | Alto<br>20-40 | Muito Alto<br>>40 |
|----------------------------------|--------------|----------------|---------------|-------------------|
| $\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/ha)   | 200          | 150            | 100           | 55                |
| SFT (kg/ha)                      | 450          | 350            | 225           | 120               |

## 6.3. Adubação de cobertura com nitrogênio e potássio

Nesses experimentos, a mandioquinha-salsa acumulou  $10.097$  e  $23.346 \text{ mg planta}^{-1}$  de N e K o que equivale a  $323 \text{ Kg.ha}^{-1}$  e  $746 \text{ Kg.ha}^{-1}$ , respectivamente, porém, quando estas quantidades são adicionadas como adubação de cobertura, a planta responde aumentando a parte vegetativa e o ciclo cultural. Em condições de excesso, pode diminuir a produtividade, a qualidade de raízes e afetar a saúde da planta.

### 6.3.1. Potássio

A dinâmica do potássio no solo em parte é por difusão e em parte por fluxo de massa, ou seja, pelo transporte de água que a planta absorve do solo em seu fluxo de transpiração. Por sua alta mobilidade no solo sugere-se fornecer o potássio em cobertura, parceladamente à medida que a planta necessita, associada ao estoque do nutriente no solo (Tabela 7), às condições climáticas e sinais da planta.

**Tabela 7.** Níveis de potássio no solo e recomendação de K ( $\text{mg/dm}^3$ ) e da adubação de cobertura com cloreto de potássio (KCl) em kg/ha.

| Níveis de K ( $\text{mg/dm}^3$ ) | Baixo<br><60 | Médio<br>61-90 | Alto<br>91-120 | Muito Alto<br>>120 |
|----------------------------------|--------------|----------------|----------------|--------------------|
| $\text{K}_2\text{O}$ (kg/ha)     | 390          | 300            | 210            | 150                |
| KCl (kg/ha)                      | 650          | 500            | 350            | 250                |



### 6.3.2. Nitrogênio

Deve-se tomar cuidado especial com o fornecimento de adubos nitrogenados, visto que o nitrogênio em excesso pode favorecer a formação da parte vegetativa em detrimento do acúmulo de reservas nas raízes ou, no mínimo, atraso na produção pelo alongamento do ciclo da cultura, entretanto, uma planta com a parte aérea bem desenvolvida, assim que submetida a estresse, tem, em geral, maior potencial produtivo. A questão está relacionada ao ciclo da cultura e ao mercado, sendo comum colheitas precoces atingirem melhores cotações.

Foi comentado anteriormente que a fisiologia dessa planta em seu ambiente original nos Andes é distinta do que ocorre no Brasil. Lá, se

verifica clima ameno semelhante o ano inteiro, sem estresse climático e com temperaturas constantes entre 15°C e 25°C, o que proporciona um ciclo de crescimento contínuo. No Brasil, as temperaturas e a intensidade e distribuição de chuvas variam entre e dentro das estações climáticas promovendo períodos de estresse nos cultivos, favorecendo a concentração de fotoassimilados nas raízes de forma diferenciada ao que acontece nos países andinos.

Portanto, o que se tem como orientação básica para a determinação da quantidade a ser aplicada está relacionada ao teor de matéria orgânica do solo ajustado pelos sinais nas plantas e às condições climáticas. Desta forma, sugere-se o uso de nitrato de amônio por conter a proporção igual da forma nítrica e amoniacal do nitrogênio, podendo ser substituído pelo sulfato de amônio (Tabela 8).

**Tabela 8.** Níveis de matéria orgânica (%) no solo e recomendação da adubação de cobertura com nitrogênio, na forma de nitrato de amônio  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ou sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  nas épocas recomendadas.

| <b>Matéria orgânica (%)</b> | <b>Baixo<br/>(&lt;2,5 %)</b> | <b>Médio<br/>(2,6-4,0 %)</b> | <b>Alto<br/>(&gt;4,0 %)</b> |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Nitrogênio (kg/ha)          | 150                          | 100                          | 50                          |
| Nitrato de amônio (kg/ha)   | 450                          | 300                          | 150                         |
| Sulfato de amônio (kg/ha)   | 750                          | 500                          | 250                         |

### 6.4. Época de adubação de cobertura

As recomendações da época de aplicação de N e K em cobertura deve ser, preferencial-

mente, iniciada por volta de 80 DAP (Tabela 9) porque a planta já apresenta sistema radicular desenvolvido, proporcionando maior capacidade de absorção de nutrientes e água, evitando maiores perdas e contaminação no ambiente.

**Tabela 9.** Época da adubação de cobertura associada à quantidade de N e K ao longo do ciclo cultural.

| <b>Época<br/>(dias após<br/>plantio)</b> | <b>Quantidade de N e K</b>              |                                           |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                          | <b>Adubo nitrogenado<br/>(Tabela 8)</b> | <b>Cloreto de Potássio<br/>(Tabela 7)</b> |
| 80 a 100                                 | 30% do recomendado                      | 15% do recomendado                        |
| 150 a 180                                | 25% do recomendado                      | 20% do recomendado                        |
| 200 a 230                                | 25% do recomendado                      | 30% do recomendado                        |
| 250 a 280                                | 20% do recomendado                      | 35% do recomendado                        |

### 6.5. Ajustando a adubação de cobertura pelo manejo e sinais de planta

As adubações recomendadas de N e K em cobertura devem suprir a planta com esses nutrientes e promover sua saúde desde que realizados os devidos ajustes (Figura 23). É comum observarem-se folhas baixas amareladas em plantas oriundas de mudas preparadas no sistema de pré-brotação ou de pré-enraizamento, indicando retranslocação de nutrientes em massa para a região de crescimento vegetativo e radicular. Isto pode ocorrer no período compreendido entre o plantio e aproximadamente 50 dias após, porque o sistema radicular é pouco desenvolvido (Figura 24), limitando sua capacidade de absorver a quantidade de nutrientes e água requerida pela planta. Neste caso, sugere-se antecipar a primeira adubação de cobertura em aproximadamente 30 dias.

Quando a planta apresentar folhagem exuberante e verde escura e folíolos grandes, pode ser atrasada, reduzida ou até mesmo eliminada, conforme a intensidade desses sinais, a adubação nitrogenada em cobertura, principalmente a última que é recomendada aos 250 a 280 DAP.

Quando a colheita for realizada no nono mês de idade a segunda e a terceira adubação de



**Figura 23.** Planta de mandioquinha-salsa apresentando todas as folhas na cor verde claro, inclusive as baixas e uniformidade de tamanho. Isso indica que a correção da acidez e fertilidade e a adubação de base foram realizadas segundo as recomendações técnicas e a adubação de cobertura feita pela TDA, ajustada pelos sinais e condições climáticas.



**Figura 24.** Muda produzida no sistema de pré-brotação em serragem, aos 35 dias após plantio, apresentando sistema radicular pouco desenvolvido.

cobertura com N e K deve ser antecipada para 150 a 170 e 210 a 230 DAP, respectivamente.



## 7. Colheita, classificação e armazenagem

A colheita pode ser inteiramente manual, sendo mais comum em pequenas áreas e em terrenos de topografia acidentada ou semi-mecanizada, usada em áreas maiores e onde a topografia é mais plana.

Nas unidades familiares de produção é mais comum a colheita manual que consiste no arranquio das plantas, facilitado nas áreas com SPDH consolidado, e com auxílio de enxada ou cavadeira quando as plantas estão mais presas ao solo, seguindo-se o destaque das raízes e acondicionamento em caixas para transporte (Figura 25).

Na colheita semi-mecanizada utiliza-se arado de aiveca, subsolador ou lâmina (chapa) abaixo das raízes para soltá-las, facilitando a colheita, mas revolvendo em demasia o solo. Segue-se o destaque das raízes e seu acondicionamento em caixas para transporte.

Para facilitar a colheita e o transporte é comum usar caixas plásticas retornáveis com capacidade para 30 ou até 40 kg. Assim acondicionado chega até a unidade de lavagem e classificação, que pode ser feita na propriedade ou em lavadores especializados nesta atividade.

O preparo e limpeza das raízes pode ser feita

em diferentes estruturas, conforme o volume de produção e os recursos disponíveis pelo proprietário, havendo variados mecanismos adaptados por produtores. O mais comum para mandioca-salsa são os lavadores pendulares com panos pendurados em um quadro movido por força



**Figura 25.** Acondicionamento da mandioca-salsa colhida em caixa plástica com aproximadamente 32 Kg de raízes preparada para limpeza e classificação.



**Figura 26.** Lavador pendular com panos pendurados em um quadro movido por força motriz excêntrica, acionado por motor elétrico em Senador Amaral/MG, 2018.



motriz excêntrica (biela em uma roda ou mancal) que, por sua vez, é tocado por um motor, normalmente malmente elétrico (Figura 26).

Os lavadores de cenoura e batata danificam as raízes de mandioquinha-salsa devido ao processo mecânico abrasivo desse processo ou ao excessivo movimento, comprometendo a qualidade e levando a perdas por apodrecimento ou por quebra das raízes. Outras opções são adaptações utilizando banheiras ou tambores plásticos cortados ao meio. É importante ter a superfície lisa. Após a lavagem, deve-se dispor as raízes em bancadas ou girais para secagem, se necessário com ventiladores.

Existem mercados comercializando mandioquinha-salsa sem lavar, o que certamente aumenta a vida útil do alimento nas prateleiras e diminui quebra de raízes.

A classificação difere nos variados mercados, sendo feita basicamente em função do tamanho (comprimento e largura). A Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) utiliza as classes comerciais Extra AAA, Extra AA e Extra A e disponibiliza uma cartilha que classifica a mandioquinha-salsa por classe, subclasse e tipos de defeitos (CEAGESP, 2002).

Caixa plástica que comporta aproximadamente 32 kg é a embalagem mais utilizada pelo produtor, em especial o familiar. Mais recentemente, visando obter melhor acondicionamento e diferenciação do alimento, tem-se verificado tendência do uso de caixas de papelão ou caixas plásticas padronizadas, com cerca de 10 kg, e de bandejas de isopor com filme de polietileno (Figura 27), o que aumenta sua conservação pós-colheita.

É uma raiz delicada e com conservação pós-colheita e bastante curta, de 2 a 4 dias. Deve-se efetuar manuseio cuidadoso e acondicionamento adequado, quanto a ambiente e embalagem.



**Figura 27.** Acondicionamento da mandioquinha-salsa em bandejas de isopor com filme de polietileno, o que aumenta sua conservação pós-colheita.

O acondicionamento em bandeja com filme de polietileno e com refrigeração da classificação até a gôndola nos pontos de venda, pode ampliar o prazo de validade do alimento em até 15 dias. Outra possibilidade de armazenamento por um período maior é dispor as raízes em água, em recipientes abertos em câmara fria ou geladeira, efetuando-se a troca de água uma vez por semana. Botrel e Madeira (2012) mostraram que a mandioquinha-salsa preservou aspecto visual apto à comercialização por até 123 dias em recipientes abertos com água a 6°C.

## 8. Ambiente estressante

Normalmente os problemas fitossanitários relatados pelos produtores de mandioquinha-salsa têm uma relação direta com o desenvolvimento e crescimento da cultura em época adversa em que fatores externos, sobretudo geadas na fase inicial de desenvolvimento, disponibilidade irregular de água (lembrando que a grande maioria dos cultivos na região Sul não são irrigados), altas temperaturas no verão, assim como pouco conhecimento acerca do pH e nutrição ideais

para a cultura, muitas vezes fora dos limites requeridos pela planta. Em consequência, ocorrem alterações fisiológicas, geralmente irreversíveis, originando anomalias ou desordens que podem comprometer significativamente o desempenho da cultura e, conseqüentemente, levar ao uso de agrotóxicos.

É fundamental entender o processo de propagação e a fase de preparo de mudas como ponto chave para o sucesso no estabelecimento do campo e nos resultados da colheita. Apesar de óbvio, ainda é bastante comum a obtenção de mudas a partir de plantas com problemas fitossanitários, baixo vigor, sem o devido tratamento e sem pré-brotção ou pré-enraizamento.

As informações sobre o efeito do N, P e K na resistência ou suscetibilidade das plantas a fungos foram adaptadas de Marschner (2012), como o caso do N, onde os efeitos sobre fungos são diferentes para parasitas obrigatórios e facultativos. Os parasitas obrigatórios dependem de assimilados fornecidos por células vivas, enquanto parasitas facultativos são semi saprófitos, preferem tecidos em senescência (tecidos velhos) ou liberam toxinas que danificam ou matam as células vegetais do hospedeiro. Assim, os fatores que suportam as atividades metabólicas do hospedeiro e atrasam a senescência, aumentam a resistência ou tolerância de plantas a parasitas facultativos. Este efeito geral do N sobre a suscetibilidade às doenças das plantas pode ser modificado por fatores adicionais, tais como a espécie de planta, condições de crescimento da planta e a quantidade associado aos ajustes preconizados anteriormente.

A maior suscetibilidade da planta está relacionada com o aumento da oferta de N e explicado pelas necessidades nutricionais do parasita e pelas alterações na anatomia e fisiologia da planta hospedeira. O N aumenta a taxa de crescimento, de modo que durante a fase de crescimento vegetativo, a proporção de tecidos jovens aumenta em relação àquela de tecidos maduros e o tecido jovem é mais susceptível ao ataque de parasitas. Além disso, um aumento na concentração de aminoácidos no apoplasto (espaço entre células) e na superfície da folha,

induzido por aumento da concentração de N na planta, pode estimular a germinação e o crescimento dos conídios (esporos assexuados) do fungo. Também o aumento da concentração de N pode reduzir a atividade de certas enzimas-chave para o metabolismo e síntese de compostos fenólicos (com ação fungistática) e a deposição de lignina (que funciona como barreira física ao patógeno).

As alterações anatômicas e bioquímicas das células, juntamente com o aumento de compostos orgânicos de baixo peso molecular nos espaços entre células, que são substratos para os parasitas, são os principais fatores responsáveis para a correlação estreita entre o fornecimento de N e susceptibilidade da planta para parasitas obrigatórios. Este efeito do aumento do N é reforçado pelo aumento da permeabilidade da membrana celular, também induzida por deficiência de B, Ca e Zn.

O aumento da concentração de K na planta diminui a incidência de parasitas obrigatórios e facultativos, no entanto, além do suprimento ótimo de K para o crescimento, não existe aumento da resistência com o aumento do suprimento de K ou da sua concentração. A adição de K só é eficaz no controle de doenças se aliviar a deficiência do mesmo. A deficiência de K reduz a síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) e conduz a uma acumulação de compostos orgânicos de baixo peso molecular, que servem como fontes de nutrientes facilmente disponíveis para os parasitas.

## 9. Beneficiamento e industrialização

A comercialização de mandioquinha-salsa é in natura, mas é crescente a demanda da raiz como matéria-prima para indústrias de alimentos processados na forma de sopas, cremes, pré-cozidos, alimentos infantis ("papinhas"), fritas (palha, fatiadas na forma de "chips") e "purês".

O consumo mais frequente de mandioquinha-salsa dá-se na forma cozida pura ou em caldos ou sopas, o que a faz ser mais utilizada no

inverno, entretanto, outras formas de preparo são particularmente saborosas: fritas fatiadas ou em palitos, suflês, nhoques, cozida com carnes de sabor característico como frango caipira, rabada ou costela bovina, cremes especiais com catupiry ou requeijão, bolinhos empanados, pães doces ou salgados, entre outras receitas.

## Bibliografia

- AÑES, B.; ESPINOZA, W.; VÁSQUEZ, J. Producción de apio andino em respuesta al suministro de fertilizantes. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 46, n.2, p. 39-45, 2002.
- BOTREL, N.; MADEIRA, N.R. Diferentes condições de embalagem para comercialização de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.2, p. 7574-7580, 2012.
- CÂMARA, F.L.A. Estudo de tecnologias objetivando precocidade de produção de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Viçosa, 1984: UFV. 50 p. (Tese mestrado).
- CÂMARA, F.L.A. Sintomatologia de carências de macronutrientes e boro em mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Piracicaba: ESALQ, 1990. 66 p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).
- CARMO, E.L. & LEONEL, M. Composição físico-química e cor de clones de mandioquinha-salsa. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 27, n.1, p.62-81, 2012.
- CASALI, V.W.D.; SEDIYAMA, M.A.N. Origem e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 190, p. 13-14, 1997.
- FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; KURTZ, C.; MAFRA, A.; MADEIRA, N.R. **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH): o cultivo da mandioquinha-salsa**. Florianópolis: Epagri, 2018. 68 p. (Epagri. Boletim Didático, 147).
- CEAGESP – CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA **Classificação da Mandioquinha-salsa**. Ceagesp: São Paulo, 2002. (Cartilha).
- GIRALDO-ZAPATA, M.C. Solving the Problem of Apio (*Arracacia xanthorrhiza*) Corm Rot Disease. **Scientia Global**, 2017.
- HERMANN, M. **Arracacha** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Gatersleben, Germany e Rome, Italy: IPGRI, 1997. p. 75-172.
- HODGE, W.H. La arracacha comestible. **Revista de la Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín, v.10, n. 35, p. 232-254, 1949.
- LUENGO, R.F.A. Tabela de composição nutricional das hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 4p. il.: Tabela. (**Embrapa Hortaliças**. Documentos, 26).
- MADEIRA, N.R.; CARVALHO, A.D.F. Produção de mudas de mandioquinha-salsa. In: Hortaliças de propagação vegetativa: tecnologia de multiplicação. NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA, R.B. (Eds.). Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2016. p. 129-150.
- MADEIRA, N.R.; CARVALHO, A.D.F.; SILVA, G.O.; PINHEIRO, J.B.; PEREIRA, R.B.; MICHEREFF FILHO, M.; FELDBERG, N.P.; MOREIRA, S.O.; SILVEIRA, G.S.R.; CÁSSIA, R.M. Proposição de um sistema de produção de mudas de mandioquinha-salsa. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2017. 24 p. (Circular Técnica 161).
- MARSCHNER, H., MARSCHNER, P. **Marscher's mineral nutrition of higher plants**. 3 rd. Ed. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 651 p., 2012.
- ORTIZ, C.E., ACIN N.M. **Estimate of macronutrients uptake by arracacha at harvest**. San Juan: University of Puerto Rico. 7p., 1997.
- ORTIZ, C.E.; ORENGO-SANTIAGO E; ACIN N.M. **Dry weight accumulation and nutrient uptake by ar-**



**racacha grown under controlled conditions.** San Juan: University of Puerto Rico. 9p., 1998.

PORTZ, A. *et al.* Teores e acúmulo de nutrientes durante o ciclo da mandioquinha-salsa em função da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.329-333, 2006.

RIVERA VARÓN, J. J.; GARNICA MONTAÑA, P. J.; RUBIO BONILLA, S. L.; LOZANO TOVAR, M. D.; ROSERO ERAZO, J. A.; TRUJILLO CALLEJAS, L. Y.; HERRERA SÁN-

CHEZ, Y. A. **Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft): manejo fitossanitario de la semilla vegetativa de araracacha. Bogotá (Colômbia): Corpoica, 2015. 72 p.

SEDIYAMA, M.A.N. *et al.* Cultura da mandioquinha-salsa ou batata-baroa. **Boletim Técnico da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n.77, p. 1-28, 2005.



## A CULTURA DO MARACUJAZEIRO

*Henrique Belmonte Petry*

*Darlan Rodrigo Marchesi*

*Sandoval Miguel Ferreira*

*Diego Adílio da Silva*

*Elaine Rossoni*

### 1. Introdução

A produção de frutas, assim como de qualquer outro alimento, em sistemas de base sustentável é uma necessidade global, devido a exigência por parte da população em alimentos de alta qualidade, isentos de contaminantes (principalmente os intencionais, como os agrotóxicos) e que sejam produzidos em sistemas amigáveis ao ambiente e a sociedade.

O consumo de frutas é incentivado devido ao seu alto potencial nutritivo, basicamente pelo fornecimento de minerais, vitaminas e antioxidantes associados a baixas calorias que estes alimentos exibem. Além disso, o consumo de frutas está associado a hábitos de vida saudáveis, proporcionando longevidade e qualidade ao homem. Há um incentivo para que haja incremento no consumo de frutas em todas as faixas etárias, principalmente pelas crianças. Este hábito saudável deve, em poucos anos, gerar aumento na demanda. Com o consumo de alimentos inócuos em expansão, a fruticultura tem como desafio a oferta de frutas produzidas em sistema de base sustentável, reduzindo ao máximo o uso de insumos externos associado a uma maximização da eficiência do uso dos recursos naturais, principalmente solo, luminosidade solar, CO<sub>2</sub> e água.

Nesse contexto, o cultivo do maracujá no SPDH vem se expandindo junto aos fruticultores familiares. Esse sistema apresenta um conjunto de

princípios e bases sólidas passíveis de adaptação para a construção de um novo modelo de produção, sendo essa uma possibilidade de transição efetiva para a fruticultura de base ecológica. Isto é, o resultado da geração e adaptação coletiva do conhecimento e pelo fato de diminuir custo de produção, aumentar a produtividade e diminuir até eliminar o uso de agroquímico, são benefícios econômicos, sociais e ambientais.

### 2. O maracujazeiro no Sistema de Plantio Direto de Hortaliças em Santa Catarina

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*) é uma das cinco frutas mais produzidas e é a base da economia de aproximadamente 800 famílias em Santa Catarina. Em 2017, o estado se tornou o terceiro maior produtor nacional dessa fruta (PAM/IBGE, 2019). É uma planta de rápido crescimento e pode começar a produzir no mesmo ano em que foi implantado o pomar.

O cultivo do maracujazeiro no sistema convencional maneja o solo limpo de vegetação com o uso de herbicidas, várias pulverizações com inseticidas e fungicidas, adubações excessivas com N, P e K. Essa condição aumenta o custo de produção e ambiental e também causa instabilidade na produtividade (Figura 1).





**Figura 1.** Pomar de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*) sob sistema de cultivo convencional. Sombrio/SC.

Na safra 2012/13, alguns agricultores da região de Araranguá, participaram de uma viagem de estudo aos municípios de Antônio Carlos e Anitápolis, visitando as famílias de lavoureiros de chuchu no SPDH. Entusiasmados com a produção do chuchu com cobertura vegetal permanente, entrada de luz no interior da latada, redução drástica de agrotóxicos e do uso de adubos orgânicos e minerais, iniciaram o desenvolvimento e adaptação do cultivo anual do maracujazeiro com as seguintes características:

1. Promoção de conforto às plantas pela melhoria do microclima com planejamento e instalação adequada de quebra-ventos da estrada, da estrutura de produção e preservação ao máximo da estrutura original do solo;
2. Utilização de plantas de cobertura cultivadas e espontâneas (Figuras 2 e 3) visando a diversificação do sistema de cultivo ao longo do ciclo produtivo e adição anual de massa seca superior a 10 toneladas por hectare. Estas práticas visam o aumento da biodiversidade de plantas e da biota, a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo à erosão hídrica gerando conforto às plantas;
3. A nutrição da planta tendo como base as curvas de absorção dos nutrientes, adaptada de Haag *et al.* (1973), adequando as doses e época de aplicação do adubo de acordo com as condições ambientais, às reservas nutricionais do solo e aos sinais (aparência) apresentados pelas plantas;
4. Diversificação do entorno das propriedades com quebra-vento multifuncional e multiespecífico, favorecendo o surgimento e manutenção de inimigos naturais e polinizadores, no caso da cultura do maracujazeiro,





**Figura 2.** Pomar de maracujazeiro-azedo implantado em área com cobertura de aveia-preta (*Avena strigosa*) e plantas espontâneas. Sombrio/SC.

das mamangavas do gênero *Xylocopa*;

5. Produção de mudas saudáveis e construção de vazios sanitários regional de 30 dias entre uma safra e outra, para manejo de viroses.

Os pomares de maracujá devem ser protegidos pela instalação de quebra-ventos visando diminuir o estresse causado pela ação do vento. Além disso, uma cortina bem instalada é capaz de aumentar a eficiência do uso de água, aumentando o crescimento da planta, a eficiência e

frequência do trabalho das mamangavas, a produtividade, além de reduzir os danos nos frutos, ramos e folhas e a disseminação de insetos e microorganismos prejudiciais. Dependendo das espécies recomendadas para a composição do quebra-vento arbóreo como cipreste, eucalipto e pinus, a formação dos mesmos pode levar anos, o que requer a instalação de uma cortina provisória (Figura 4), como o capim-elefante 'Cameroon' (*Pennisetum purpureum*).

Para a instalação ou renovação do pomar, indica-se selecionar as mudas com as folhas sem sinais de retranslocação em massa de nutrientes e fotoassimilados, com gradiente de coloração do verde entre folhas novas e desenvolvidas (Figura 5) e que apresente sistema de raízes compatível com o tamanho da copa e com volume bem distribuído dentro do recipiente, sem enovelamento. Devem ser produzidas em ambiente que permita o manejo e controle de afídeos e patógenos prejudiciais, com o uso de tela antiafídica e cobertura plástica.

A polinização é realizada principalmente de forma manual, sendo o principal custo operacional da lavoura atingindo 30%, sendo limitante para expansão da área cultivada. A



**Figura 3.** Pomar de maracujazeiro-azedo com manutenção de cobertura vegetal espontânea permanente em área total.



**Figura 4.** Quebra-vento de capim 'Cameroon' em pomar de maracujazeiro-azedo. Balneário Gaivota/SC.



**Figura 5.** Mudas avançadas de maracujazeiro-azedo com desenvolvimento de raízes adequados e sem sinais de retranslocação de nutrientes.

elevada produtividade e qualidade dos frutos alcançada nos pomares de maracujá da região Sul de Santa Catarina se deve, em parte, a esse trabalho. A polinização natural, realizada pelas mamangavas (Figura 6), é dificultada pelo

uso de inseticidas nas lavouras convencionais que acabam impactando na sua reprodução e sobrevivência. A falta de alimento e locais para nidificação das mamangavas são outros entraves para sua reprodução e manutenção.

Após cinco anos de trabalho do maracujá em SPDH, houve redução em mais de 50% das aplicações com agrotóxicos, sendo que as de herbicidas tiveram maior redução, e na quantidade de fertilizantes minerais e orgânicos, principalmente a utilização de cama de aviário, reduzindo os problemas com excesso de P e K.

Nos pomares de estudo observa-se aumento na quantidade de insetos polinizadores e, conseqüentemente, melhoria no processo de polinização natural. Isso decorre da preservação desses insetos pelo menor uso de agrotóxicos e aumento da diversidade florística, seja pelas plantas de cobertura do solo ou pela diversificação das espécies presentes nos quebra-ventos. Houve aumento e posterior estabilização da produtividade no decorrer das safras e de maior resiliência dos pomares frente aos eventos extremos, tais como secas, chuvas, ventos e temperatura.

O diferencial dessas práticas é a construção coletiva do conhecimento entre agricultores, lavoureiros e técnicos, com ênfase na promoção de saúde na planta, pela construção de ambiente confortável e da capacidade de nutrí-la observando seus sinais e as condições climáticas.

### 3. Perspectivas e desafios para o SPDH na fruticultura

O conceito do SPDH se desenvolveu inicialmente em culturas de ciclos anuais, sendo a fruticultura um desafio na aplicabilidade dos seus





**Figura 6.** Mamangavas (*Xylocopa* sp.) polinizando a flor do maracujazeiro-azedo.

princípios e perspectivas. Isso por ser cultivo permanente, com características fisiológicas diferenciadas em cada estágio de desenvolvimento, desde o plantio até final do ciclo de produção, que em algumas espécies supera 20 anos.

Mesmo em pomares onde se utiliza cobertura vegetal para o controle da erosão, melhoria da estrutura do solo, adição de nitrogênio e abrigo para inimigos naturais, ainda se utiliza altas cargas de agroquímicos. Há uma necessidade de construção de um sistema de produção que não

fique limitado apenas na diminuição das perdas de solo, água e nutrientes, mas também na diminuição gradativa até a eliminação do uso de agrotóxicos e adubos altamente solúveis, diminuindo, assim, o custo ambiental e de produção. O olhar abrangente que o SPDH tem, mas ao mesmo tempo focado na produção de saúde de planta e consequentemente do sistema de produção como um todo, contribui em muito para a realização desses objetivos.

### Bibliografia Consultada

FERREE, D. C.; STREETER, J. G; YUNCONG, Y. Response of container-grown apple trees to soil compaction. **HortScience**, Alexandria, v. 39, n. 1, p. 40-48, 2004.

HAAG, H. P; OLIVEIRA, G. D; BORDUCHI, A. S.; SARRUGE, J. R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.30, p.267-279, 1973

MEDEIROS, J. C. *et al.* Deep subsoiling of a subsurface-compacted typical hapludult under citrus orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 911-919, 2013.

MILLARD, P.; GRELET, G. A. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. **Tree physiology** v. 30, p. 1083–1095, 2010.

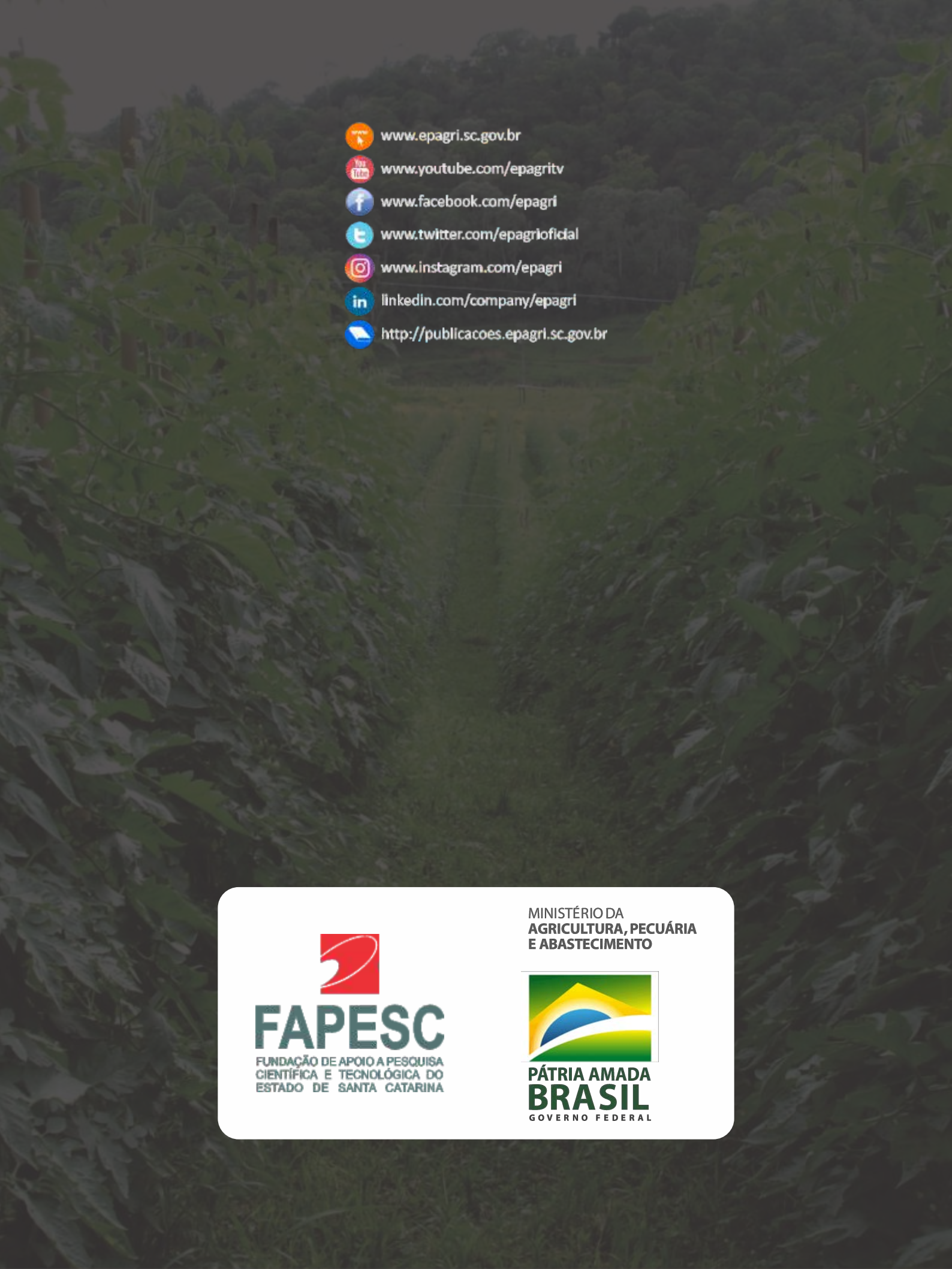
MINATEL, A. L. G. *et al.* Efeitos da subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 86-95, 2006

PAM/IBGE. Produção Agrícola Municipal (vários anos) Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 18 fev. 2019.

PETRY HB, MAZURANA M, MARODIN GAB, LEVIEN R, ANGHINONI I, GIANELLO C, SCHWARZ SF. Root Distribution of Peach Rootstocks Affected by Soil Compaction and Acidity. **Rev Bras Cienc Solo**. 2016;40:e0150135.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 29-48, 2003.

TOLÓN-BECERRA, A. *et al.* Soil compaction distribution under tractor traffic in almond (*Prunus amygdalus L.*) orchard in Almería España. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 107, n. 1, p. 49–56, 2010.

- 
-  [www.epagri.sc.gov.br](http://www.epagri.sc.gov.br)
  -  [www.youtube.com/epagritv](http://www.youtube.com/epagritv)
  -  [www.facebook.com/epagri](http://www.facebook.com/epagri)
  -  [www.twitter.com/epagrioficial](http://www.twitter.com/epagrioficial)
  -  [www.instagram.com/epagri](http://www.instagram.com/epagri)
  -  [linkedin.com/company/epagri](http://linkedin.com/company/epagri)
  -  <http://publicacoes.epagri.sc.gov.br>



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

