

# 22

## ROTAÇÃO DE CULTURAS



SECRETARIA DE  
AGRICULTURA,  
PECUÁRIA, PESCA  
E ABASTECIMENTO

SUPERINTENDÊNCIA DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL



22 ROTAÇÃO DE CULTURAS





**MANUAL TÉCNICO, 22**

ISSN 1983-5671

# 22

## **Rotação de Culturas**

**José Barbosa Duarte Júnior  
Fábio Cunha Coelho**

**Niterói-RJ**

**Julho de 2010**



**RIO  
RURAL**



**PROGRAMA RIO RURAL**  
**Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento**  
**Superintendência de Desenvolvimento Sustentável**

Alameda São Boaventura, 770 - Fonseca - 24120-191 - Niterói - RJ  
Telefones : (21) 3607-5398 e (21) 3607-6003  
E-mail: microbacias@agricultura.rj.gov.br

**Governador do Estado do Rio de Janeiro**

Sérgio Cabral

**Secretário de Estado de Agricultura,  
Pecuária, Pesca e Abastecimento**

Christino Áureo da Silva

**Superintendente de  
Desenvolvimento Sustentável**

Nelson Teixeira Alves Filho

Duarte Júnior, José Barbosa

Rotação de culturas / José Barbosa Duarte Júnior, Fábio Cunha Coelho. -  
- Niterói: Programa Rio Rural, 2010.

13 p. ; 30cm. – (Programa Rio Rural. Manual Técnico ; 22).

Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do  
Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento.

Projeto: Gerenciamento Integrado em Microbacias Hidrográficas do Norte-Noroeste  
Fluminense.

ISSN 1983-5671

1. Rotação de cultura. 2. Adubação verde. 3. Palhada. I. Coelho, Fábio Cunha. II.  
Título. III. Série.

CDD 631.582



## ***Sumário***

1. Introdução.....	5
2. A formação de palhada no sistema de plantio direto com adubação verde e rotação de culturas.....	7
3. Referências bibliográficas.....	11





# Rotação de Culturas

José Barbosa Duarte Júnior <sup>1</sup>  
Fábio Cunha Coelho <sup>2</sup>

## 1. Introdução

Entende-se como rotação de culturas a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área.

A utilização de adubos verdes e a rotação de culturas em manejos conservacionistas mostraram-se indispensáveis desde o início das investigações do sistema de plantio direto. A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, dentro do mesmo período agrícola ao longo dos anos de cultivo, numa mesma área agrícola. As plantas de cobertura servem para formação da palhada na superfície do solo, culminando na redução de gastos com fertilizantes nitrogenados e herbicidas (MUZILLI et al., 1983; AITA et al., 1994). Dessa maneira, a principal função das plantas de cobertura é a reciclagem de nutrientes, principalmente o nitrogênio na fixação biológica de N<sub>2</sub>, no caso das leguminosas (HEINZMANN, 1985; SPAGNOLLO et al., 2002; PERIN et al., 2004) e no efeito alelopático e supressivo sobre plantas daninhas, como ocorre com o feijão-de-porco, a crotalária e a mucuna preta (FERNANDES et al., 1999).

Durante oito anos, Amado et al. (2001) constataram maiores adições anuais de carbono e nitrogênio pelos sistemas com plantas de cobertura e rotação de culturas (aveia preta, ervilhaca comum, tremoço azul, azevém, mucuna preta e feijão-de-porco), que variaram de 4.240 a 4.700 kg ha<sup>-1</sup> de C e de 141 a 217 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto no sistema sem plantas de cobertura e somente com a cultura do milho, obtiveram-se, apenas, 2.780 kg ha<sup>-1</sup> de C e 71 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A adubação verde, consorciada ou em sucessão de culturas, tem sido sugerida como prática para manutenção ou elevação do teor de matéria orgânica no solo (GONÇALVES; CERETTA, 1999). Assim, esta prática poderá ser uma das soluções para aumentar a produtividade agrícola nos tabuleiros, que é baixa devido à reduzida capacidade de retenção de água e nutrientes dos solos. Características como alto teor de areia na composição textural, presença de argilas de baixa atividade e baixos teores de matéria orgânica são determinantes para essa condição. O manejo da matéria orgânica em solos com tais características é de grande importância, já que ela é responsável por 56 a 82% da CTC dos solos tropicais (RAIJ, 1981).

---

<sup>1</sup> Engº Agrônomo, M.Sc. e D.Sc. em Produção Vegetal. Professor Adjunto A da UNIOESTE. Rua Pernambuco, 1.777, Centro - 85960-000 - Marechal Cândido Rondon-PR.  
E-mail: bduarte7@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, M.Sc. em Microbiologia do Solo, D.Sc. em Fitotecnia, Professor Associado I da UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia - 28015-620 - Campos dos Goytacazes-RJ.  
E-mail: fcoelho@uenf.br



Scivittaro et al. (2000) observaram que o rendimento de grãos do milho obtido pela utilização de mucuna preta associada a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia foi superior em 82% ao verificado para a testemunha sem adubação verde e química. O mesmo resultado foi encontrado por Spagnollo et al. (2002), entretanto, em comparação ao tratamento testemunha, as leguminosas, dentre elas o feijão-de-porco, aumentaram o rendimento do milho de 17 a 93% (423 a 2.256 kg ha<sup>-1</sup>).

O rendimento da cultura do feijão dobrou com a utilização da adubação verde com a mucuna preta em relação ao tratamento em sucessão à cultura do milho (ARF et al., 1999). Outro estudo mostrou que as plantas de cobertura do solo incrementaram em 32% a produtividade do feijão em comparação ao solo sem cobertura (ANDREOLA et al., 2000).

Embora a rotação de culturas seja tecnicamente recomendada pelos seus benefícios no controle da propagação de pragas e doenças e na reciclagem de nutrientes, a decisão final fica por conta do agricultor, que dá muito mais ênfase à questão econômica do que ao aspecto da sustentabilidade do sistema como um todo (SILVA; RESCK, 1997). Dessa forma, em análise econômica do uso de leguminosas na cultura do milho, Spagnollo et al. (2001) concluíram que o cultivo de leguminosas para cobertura do solo mostrou-se alternativa viável para aumentar significativamente a receita líquida da cultura do milho. Além disso, constataram que as espécies capazes de se destacar em relação ao seu efeito na receita líquida da cultura do milho foram a mucuna cinza, o feijão-de-porco e o guandu anão.

Outro problema são as restrições impostas pelo déficit hídrico, que dificulta, até mesmo, a produção da palha para a cobertura do solo, requisito básico para a implantação e manutenção do sistema de plantio direto (SALTON; MIELNICZUK, 1995).

De maneira geral, a escolha das espécies que apresentam rápido desen-volvimento inicial, tolerância ao Al tóxico, sistema radicular profundo e produção de massa suficiente para a cobertura do solo, baixa taxa de decomposição e a relação C/N apropriada às culturas sucessoras é que favorecerá o grau de sucesso obtido com a utilização dessa prática (FERNANDES et al., 1999; GONÇALVES; CERETTA, 1999). A relação C/N dos resíduos de coberturas verdes de 23-24 mostrou-se mais adequada para o milho, proporcionando mineralização uniforme de N. Entretanto, para o feijão e a soja, relação C/N superior a 25 é ideal para se obter cobertura morta estável, com condições favoráveis à formação e funcionamento dos nódulos (HEINZMANN, 1985).

A suscetibilidade do material orgânico à decomposição está ligada aos teores de lignina e polifenóis e às relações entre os seus constituintes, como C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (PALM; SANCHEZ, 1991). Resíduos vegetais que contenham baixas concentrações de N e P e alto conteúdo de lignina e polifenóis apresentam baixa taxa de decomposição e liberação lenta de nutriente (MYERS et al., 1994).

Em trabalho no qual se avaliaram espécies para cobertura do solo no Norte do Estado do Rio de Janeiro (LIMA, 2002), verificou-se que o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) apresentou maior velocidade inicial de cobertura, atingindo 100% aos 40 dias após a emergência, enquanto o guandu, o teosinto e o sorgo não atingiram 50% de cobertura durante o período de inverno. Quanto ao acúmulo de N, P e K, o tremoço branco (*Lupinus albus*) acumulou 1,85 e 2,0 vezes mais N em comparação ao milheto e à testemunha, respectivamente. A aveia preta (*Avena strigosa*) e o milheto (*Pennisetum glaucum*) acumularam 27 e 84% mais P em comparação com a testemunha e o tremoço branco. Já o milheto e a testemunha acumularam 1,89 vez mais K em comparação ao sorgo e ao tremoço branco. O nabo forrageiro, a aveia preta e o milheto reduziram significativamente o número e o peso de matéria seca das plantas daninhas.

Favero et al. (2000) constataram, em pesquisa na qual se avaliaram cinco leguminosas no Estado de Minas Gerais, que o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) apresentou maior produtividade de matéria seca e maior acúmulo de todos os nutrientes estudados (N, P, K, Ca e Mg), seguido por mucuna preta e feijão-de-porco. Dessa maneira, no Sul do Brasil, em estudo também com leguminosas de cobertura, Spagnollo et al. (2002) constataram que a matéria seca da parte aérea de leguminosas variou de 1,26 a 5,48 t ha<sup>-1</sup>, e o N na fitomassa, de 31 a 132 kg ha<sup>-1</sup>, na média de safras e de doses de N. Quanto ao potencial de produção de matéria seca e N na fitomassa, de maneira geral, as plantas de cobertura foram distribuídas em três grupos: mucuna cinza e guandu anão > feijão-de-porco > soja preta. Todas as espécies apresentaram relação C/N baixa (<20).



A produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nutrientes dos adubos verdes milho e crotalária foram determinados numa pesquisa na Zona da Mata Mineira. A crotalária apresentou maior produção de fitomassa, que foi 108% maior que a vegetação espontânea e 31% superior à do milho. A presença de crotalária resultou em maiores teores de N e Ca, enquanto o milho e as plantas espontâneas apresentaram maiores teores de potássio. O acúmulo de P e de Mg foi fortemente influenciado pela produção de fitomassa, atingindo valores elevados com a presença da crotalária, ao passo que o acúmulo de N e de Ca resultou tanto dos maiores teores quanto da maior produção de fitomassa nos tratamentos com a leguminosa. A crotalária contribuiu, em associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, via fixação biológica do nitrogênio, com 173 kg ha<sup>-1</sup> de N (PERIN et al., 2004).

Com respeito ao crescimento radicular de algumas espécies utilizadas como cobertura em solos compactados, Silva e Rosolem (2001) verificaram que os estados de compactação impostos em subsuperfície não impediram o crescimento de raízes de aveia preta, guandu, milho, mucuna preta, sorgo e tremoço azul, indicando que, em solo arenoso, a densidade crítica para essas espécies é superior a 1,6 t m<sup>-3</sup> (correspondendo à resistência à penetração de 1,22 MPa). O milho apresentou-se como a espécie mais indicada para cobertura por suas características de produção de matéria seca e crescimento radicular.

## **2. A formação de palhada no sistema de plantio direto com a adubação verde e rotação de culturas**

A viabilidade do sistema de semeadura direta é alcançada quando altas quantidades de palhada são produzidas e mantidas na superfície do solo. Assim, tem-se melhor conservação da umidade do solo em razão da permanência da palhada, permitindo o estabelecimento mais rápido, dando-lhe condições de maior capacidade competitiva com as plantas daninhas. A permanência da cobertura morta na superfície do solo atua como agente supressor ou, no mínimo, retardador da germinação das sementes e da emergência das plantas daninhas (GALVÃO et al., 1981). Agronomicamente, é importante que a palhada esteja distribuída uniformemente sobre o solo, pois vários são os efeitos negativos causados pela desuniformidade da palhada, como o controle das plantas daninhas e a germinação das sementes das culturas (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000). Muitas plantas produzem metabólitos secundários, aparentemente sem função fisiológica equivalente à dos metabólitos primários, os quais se acumulam nos diversos órgãos das plantas, mas com função ecológica importantíssima. Dessa maneira, muitas espécies interferem no crescimento de outras por meio da produção e liberação de substâncias químicas com propriedades de atração e estímulo ou inibição; essas substâncias são denominadas aleloquímicos, e esse fenômeno, como alelopatia (RICE, 1974).

As principais formas de liberação no ambiente ocorrem através dos processos de volatilização, exsudação pelas raízes, lixiviação e decomposição dos resíduos (DURIGAN; ALMEIDA, 1993). A ação alelopática, tanto durante o crescimento vegetativo quanto durante o processo de decomposição, exerce inibição interespecífica sobre outras espécies (ERASMO et al., 2004). No entanto, na prática, é difícil distinguir se os efeitos de uma planta sobre a outra se devem à alelopatia ou à competição (FUERST; PUTNAN, 1983).

Outro efeito importante que tem sido observado é a supressão de plantas daninhas pela palhada dos adubos verdes na superfície do solo. Dessa maneira, a fitomassa produzida pela adubação verde tem influência direta na supressão de plantas daninhas nos agroecossistemas, pois existe correlação linear entre a quantidade dessa fitomassa e a efetiva redução da infestação por plantas daninhas, e diferentes espécies de adubos verdes modificam a composição da população das plantas daninhas infestantes na área (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985; SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2001).

Em detrimento da formação de palhada, Galvão et al. (1981) detectaram, na cultura do feijão, eficiência relativa de, aproximadamente, 66% a mais no controle da tiririca quando comparado com a do sistema sem palhada na superfície do solo.



As temperaturas mais elevadas são determinadas em solo descoberto e as mais baixas em solo sob fitomassa seca, embora com a mesma insolação; no solo sem palha, o incremento é maior, pois leva maior fluxo de calor para seu interior, comparado ao de solos com palhada, além de ocorrer variação do fluxo de calor em função do tipo de resíduo depositado na superfície do solo (DERPSCH et al., 1985). Dessa maneira, Bortoluzzi e Eltz (2000) constataram que, nas horas mais quentes do dia, o solo sem palhada de cobertura chegou a 47°C, enquanto o solo coberto ficou em torno de 35,8°C. A maior amplitude térmica ocorreu no solo sem palha (17°C); por outro lado, a menor amplitude (11,9°C) foi verificada no solo protegido pela palhada. As elevadas temperaturas máximas do solo provocaram prejuízos às plantas, causando efeito deletério no seu crescimento, desenvolvimento e produção.

A cobertura do solo com a palhada protege a superfície do solo dos impactos das gotas de chuva e o escoamento superficial, que são agentes ativos de erosão hídrica (SCHICK et al., 2000).

Nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, percebe-se maior teor de água nos solos cobertos com palhada que em solos desnudos (GALVÃO et al., 1981), em razão da menor transferência de energia e da evaporação da água pela presença de cobertura, sendo seus efeitos mais pronunciados nas proximidades da superfície do solo. Esse fato reflete indiretamente no índice de velocidade de emergência (IVEM), pois, em solo desnudo, o IVEM apresentou-se significativamente menor que no solo coberto com cobertura morta ou palha (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000).

Nos preparos conservacionistas de solo, a palhada e a rugosidade diminuem o escoamento superficial e permitem aumentar a distância entre os terraços em relação aos preparos convencionais, apesar do aumento da consolidação da superfície, que ocorre especialmente na semeadura direta (BERTOL et al., 2000). De acordo com Boller e Caldato (2001), a palhada de centeio chega a cobrir 78% da superfície do solo, proporcionando maior proteção contra a erosão.

A palhada de mucuna preta proporcionou benefícios na nodulação mais eficientes na cultura do feijão e, conseqüentemente, maior acúmulo de N e matéria seca nas plantas de feijão (ABBOUD; DUQUE, 1986). Esse fato, certamente, está relacionado com as condições favoráveis de temperatura e umidade no solo promovido pela palha em cobertura. As diferentes palhadas das plantas de cobertura influenciam diretamente o rendimento de grãos da cultura do feijoeiro, sendo mais afetado pela espécie produtora de palha que pela sua forma de cultivo (OLIVEIRA et al., 2002).

Sidiras e Pavan (1985) argumentaram que, em decorrência da importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos, as práticas que envolvem o seu manejo (como da palhada das plantas de cobertura que forma uma serrapilheira natural na superfície do solo) proporcionam melhores níveis de fertilidade. Assim, para agricultores de limitada disponibilidade financeira e cultivando solo com baixo nível de fertilidade e declive acentuado, uma prática alternativa seria a seguinte: para cada hectare cultivado, outro deve ser manejado com cobertura permanente do solo, visando à recuperação da fertilidade, para posterior produção econômica de alimentos.

Em Campos dos Goytacazes-RJ, a crotalária, aos 35 dias após a emergência (DAE), apresentou maior taxa de cobertura do solo (87%) e, aos 92 DAE, produziu 17.852 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, sendo 41, 78 e 407% superior ao feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea, respectivamente, além de superá-las em acúmulos de K, Mg, S, Zn e Fe. O feijão-de-porco e a mucuna apresentaram maiores teores de N na parte aérea do que as demais plantas de cobertura. O feijão-de-porco apresentou teores de P e Ca maiores que crotalária e mucuna. A vegetação espontânea apresentou o maior teor de K na parte aérea em relação às plantas de cobertura. As leguminosas acumularam maiores quantidades de N e Cu do que a vegetação espontânea. A crotalária e o feijão-de-porco acumularam 66% a mais de P na parte aérea que a mucuna. O SPD, utilizando a adubação verde, contribuiu significativamente para a cana-de-açúcar obter produtividade de 135.863 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 37% superior ao PC com a vegetação espontânea, como apresentado no Quadro 1 (DUARTE JR., 2006).



Em termos nutricionais, a cana SPD sobre leguminosas foi 43% superior em teores de K, sendo que o feijão-de-porco e a mucuna proporcionaram, em média, 26% a mais de N foliar em relação à cana PC. A diagnose nutricional também indicou N e K como os principais nutrientes limitantes da produtividade da cana PC, enquanto Ca, Fe, Zn e Cu foram limitantes, independentes do sistema de manejo. O K mostrou-se como o principal nutriente limitante da produtividade da cana não adubada. O SPD de cana sobre leguminosas proporcionou maiores teores foliares de N e K, além de aumentar em 27, 32 e 37% o número, o diâmetro e a produtividade de colmos em relação à cana de PC. A cana-de-açúcar em SPD sobre leguminosas, além de ser mais produtiva, garante maior preservação do ambiente devido à colheita da cana sem prévia queimada (DUARTE JR., 2006).

As espécies *Cyperus rotundus* e *Sorghum halepense* foram as que apresentaram os maiores índices de valor de importância na área experimental. O SPD de cana-de-açúcar sobre feijão-de-porco foi o que apresentou o menor índice de similaridade na comunidade de plantas daninhas em relação à cana cultivada convencionalmente. A incidência de plantas daninhas na cana PC foi 531 e 525% superior à cana SPD e, dentre outros fatores, foi o que contribuiu para a redução de 27% na produtividade, que em SPD foi, em média, de 135.863 kg ha<sup>-1</sup> de colmos, conforme os Quadros 1 e 2 (DUARTE JR., 2006).

**Quadro 1.** Resultado de açúcares teoricamente recuperáveis (ATR) e de produtividade da cana-planta variedade SP80-1842, em função da utilização de adubos verdes nos sistemas de plantio direto e convencional em Campos dos Goytacazes-RJ.

Espécie de Cobertura e Sistema de Manejo	ATR (kg t <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Crotalaria Juncea - cana PD	126,8 <sup>a*</sup>	131.909a
Feijão de Porco - cana PD	130,7 <sup>a</sup>	141.278a
Mucuna Preta - cana PD	132,8 <sup>a</sup>	134.403a
Vegetação espontânea - cana convencional	130,1 <sup>a</sup>	99.008b
Média	130,1	126.650
CV (%)	6	8

Fonte: Duarte Jr., 2006.

\* Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Quadro 2.** Total de plantas folhas estreitas (TFE) e total de plantas daninhas (TPD) em função das espécies de plantas de cobertura em sistema de plantio direto e convencional da cana-de-açúcar, com e sem adubo no plantio, em Campos dos Goytacazes-RJ.

Plantas de Cobertura e Sistema de Manejo	Número de Plantas	
	TFE (m <sup>2</sup> )	TPD (m <sup>2</sup> )
Crotalaria Juncea - cana PD	43b*	43b
Feijão de Porco - cana PD	21b	22b
Mucuna Preta - cana PD	43b	43b
Vegetação espontânea - cana convencional	225a	225a
Média	83	83
CV (%)	39	40

Fonte: Duarte Jr. (2006).

\* Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o esquema de rotação de culturas para as culturas do feijão e do milho em Campos dos Goytacazes-RJ, constatou-se que os teores foliares de N, K, S, Mn, Fe e Cu na cultura do milho e de N, K, Ca e Mn na cultura do feijão comum foram maiores quando se utilizou o esquema de sucessão feijão-de-porco/feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD, quando cultivado sobre palhada remanescente de três cultivos consecutivos com leguminosas.

As maiores produtividades do milho e do feijão comum foram obtidas com as sucessões feijão-de-porco/milho/feijão-de-porco/milho e feijão-de-porco/ feijão comum/feijão-de-porco/milho em SSD. Essas produtividades se devem às melhores condições nutricionais e ao maior número de espigas e vagens por planta, propiciadas pela utilização de leguminosas e do sistema de semeadura direta, como demonstrado nos Quadros 3 e 4 (DUARTE JR., 2006).

**Quadro 3.** Número de plantas por área (PLA), número de espigas por planta (ESP), peso médio de espigas (PEE), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do milho 'UENF 506-8' em função da rotação ou sucessão e do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura, na Fazenda Abadia, em Campos dos Goytacazes-RJ.

Tratamentos	PLA (Nº de Plantas ha <sup>-1</sup> )	ESP	PEE (g)	PEC (g)	PRO (kg ha <sup>-1</sup> )
MT/MI/MT/MI SSD	67.250a**	1,1b	72,0a	28,0a	3.229c
MT/FE/MT/MI SSD	70.000a	1,1b	72,0a	27,1a	3.875b
FP/MI/FP/MI SSD	65.000a	1,4a	101,2a	29,7a	4.595a
FP/FE/FP/MI SSD	68.750a	1,3a	122,1a	30,1a	4.834a
VE/MI/VE/MI SC	64.500a	1,0b	86,9a	27,2a	3.724bc
VE/FE/VE/MI SC	67.500a	1,1b	87,2a	27,9a	3.898b
Média	67.167	1,2	90,2	28,3	4.026
CV (%)	8,7	6,6	25,3	9,2	6,5

Fonte: Duarte Jr. (2006).

\*MI=milho; FE=feijão; MT=milheto; FP=feijão-de-porco; VE=vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC=sistema convencional.

\*\* Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os trabalhos realizados em Campos dos Goytacazes (DUARTE JR., 2006) evidenciam que a utilização de espécies com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular alcançando profundidades variadas, somada à adubação de acordo com as recomendações vigentes, manteve a alta produtividade das culturas. Além disso, a estabilidade da produtividade nos dois anos de cultivo se deveu à aplicação de fertilizantes e à mineralização lenta e gradual dos resíduos vegetais, que, por sua vez, modificam a distribuição desses nutrientes nas diferentes profundidades. Essa alteração na distribuição pode influenciar positivamente a disponibilidade e o aproveitamento dos nutrientes pelas culturas, aumentando a produtividade.

**Quadro 4.** Número de plantas por área (PLA), número de vagens por planta (VAP), número de sementes por vagem (SEV), peso de 100 sementes (PEC) e produtividade (PRO) do feijão cultivar Pérola, em função do sistema de semeadura direta e convencional sobre palhada de plantas de cobertura, na Fazenda Abadia, em Campos dos Goytacazes-RJ.

Tratamentos	PLA (Nº de Plantas ha <sup>-1</sup> )	VAP	SEV	PEC (g)	PRO (kg ha <sup>-1</sup> )
MT/MI/MT/FE SSD	297.750a**	8,2bc	5,2a	25,5a	2.122abc
MT/FE/MT/FE SSD	310.000a	10,1ab	5,3a	27,7a	2.578abc
FP/MI/FP/FE SSD	336.000a	11,6a	5,7a	29,6a	2.715a
FP/FE/FP/FE SSD	324.000a	11,0a	6,0a	29,2a	2.670ab
VE/MI/VE/FE SC	338.750a	6,5c	5,5a	26,4a	1.814c
VE/FE/VE/FE SC	313.750a	6,6c	5,5a	25,6a	1.931bc
Média	320.042	9,0	5,5	27,3	2.305
CV (%)	10,2	10,7	13,6	10,8	14,4

Fonte: Duarte Jr. (2006).

\*MI=milho; FE=feijão; MT=milheto; FP=feijão-de-porco; VE=vegetação espontânea; SSD= sistema de semeadura direta e SC=sistema convencional.

\*\*Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O conhecimento produzido evidencia que a repetição, ano após ano, de uma mesma cultura na mesma área, contribui para a diminuição da biodiversidade e, conseqüentemente, estimula os desequilíbrios físicos, químicos e biológicos do solo. O planejamento cultural estratégico na propriedade proporciona o equilíbrio necessário quanto aos aspectos físicos, químicos, biológicos e econômicos dos sistemas de produção.

### 3. Referências bibliográficas

ABBOUD, A. C. de S.; DUQUE, F. F. Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a sequência feijão-milho-feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 21, n. 3, p. 227-236, 1986.

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 18: n. 1, p. 101-108, 1994.

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. Guia de herbicidas: recomendações para uso em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 468 p.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 25, p. 189-197, 2001.

ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 24, p. 867-874, 2000.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 417-425, 2000.

- BOLLER, W.; CALDATO, D. E. Desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de cobertura e de preparo do solo. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 21, n. 2, p. 167-173. 2001.
- BORTULUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 24: p. 449-457, 2000.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- DUARTE JR., J. B. Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes – RJ. 2006. 284 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006.
- DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. L. S. Noções sobre alelopatia. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.
- FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 2: 171-177 2000.
- FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 9, p.1593-1600, 1999.
- FUERST, E. P.; PUTNAN, A. R. Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. *Journal Chemical Ecology*, v. 9, p. 937-944, 1983.
- GALVÃO, J. D.; RODRIGUES, J. J. V.; PURÍSSIMO, C. Sistemas de plantio, direto e convencional, na cultura do feijão “da seca”, em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, v. 28, n. 158, p. 412-416, 1981.
- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 23, p. 307-313, 1999.
- HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.
- LIMA, E. A. de. Espécies para cobertura de solo e seus efeitos sobre a vegetação espontânea e rendimento da soja em plantio direto, em Campos dos Goytacazes, RJ. 2002. 62 f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) –, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2002.
- MUZILLI, O. et al. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas a adubação nitrogenada. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1983b.
- MYERS, R. J. K. et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: John & Wiley & Sons, 1994. p. 81-116.
- OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n.8, p. 1079-1087, 2002.
- PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology Biochemical*, v. 23, p. 83-88, 1991.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142 p.

RICE, E. L. Allelopathy. New York: Academic Press, 1974. 333 p.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 24, p. 427-436, 2000.

SCIVITTARO, W. B. et. Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 24, p. 917-926, 2000.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. *Revista Planta Daninha*, v.19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S. Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1996, Ponta Grossa, PR. Palestras... Ponta Grossa, PR: IAPAR, PRP/PG, 1997. 275 p. Editado por Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto, Dirk Claudio Ahrens e Michel Jorge Samaha.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 25, p. 253-260, 2001.

SPAGNOLLO, E. et al. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 25, p. 709-715, 2001.

SPAGNOLLO, E. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no Sul do Brasil. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 26, p. 417-423, 2002.

