

28

ADUBAÇÃO VERDE NA CULTURA DO MILHO

28 ADUBAÇÃO VERDE NA CULTURA DO MILHO



SECRETARIA DE
AGRICULTURA,
PECUÁRIA, PESCA
E ABASTECIMENTO

SUPERINTENDÊNCIA DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL





MANUAL TÉCNICO, 28

ISSN 1983-5671

28

ADUBAÇÃO VERDE NA CULTURA DO MILHO

**Priscila Pixoline Eiras
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

Eiras, Priscila Pixoline

Adubação verde na cultura do milho / Priscila Pixoline Eiras, Fábio Cunha Coelho. -
- Niterói: Programa Rio Rural, 2010.

14 p. ; 30 cm. – (Programa Rio Rural. Manual Técnico; 28).

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. Adubação verde. 2. Milho. 3. Leguminosa. I. Coelho, Fábio Cunha. II. Título.
III. Série.

CDD 631.874





Sumário

1. Apresentação.....	5
2. Introdução.....	5
3. Leguminosas.....	6
4. Leguminosas herbáceas utilizadas como adubo verde.....	6
5. Leguminosas arbóreas utilizadas como adubo verde.....	9
6. Comparação entre leguminosas arbóreas utilizadas como adubo verde.....	11
7. Referências bibliográficas.....	12







ADUBAÇÃO VERDE NA CULTURA DO MILHO

Priscila Pixoline Eiras ¹
Fábio Cunha Coelho ²

1. Apresentação

O objetivo deste manual é apresentar informações sobre as principais espécies de leguminosas herbáceas e arbustivas para adubação verde do milho.

As espécies apresentadas são crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), mucuna (*Mucuna* sp.), guandu (*Cajanus cajan*), leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia (*Gliricidia sepium*) e canafistula (*Peltophorum dubium*). Todas resultam em acréscimo de produtividade do milho quando comparadas ao milho sem adubação.

Este trabalho tem foco maior em leguminosas arbóreas e arbustivas, principalmente no sistema de aléia. O manejo desse sistema é feito por podas da parte aérea das leguminosas durante a estação de crescimento da cultura principal e o produto das podas é aplicado no solo, onde se decompõem e fornecem nutrientes às plantas. O número de cortes realizados depende da velocidade de rebrota das leguminosas após cada corte e da demanda por nutrientes apresentada pelo milho.

2. Introdução

O uso da adubação verde é uma forma viável de amenizar os impactos da agricultura, trazendo sustentabilidade aos solos agrícolas (ALCÂNTARA et al., 2000). Entre os efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo, estão o aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (CALEGARI et al., 1993).

Em levantamento efetuado por Almeida et al. (1986) no Estado do Rio de Janeiro, foi demonstrado que a utilização de leguminosas como adubação verde é pouca expressiva. Este estudo revelou que as principais causas dessa baixa utilização de leguminosas nas propriedades rurais eram a falta de conscientização da importância das leguminosas, a pouca disponibilidade de sementes e a falta de divulgação dos resultados de pesquisa relacionados ao assunto.

¹ Eng. Agrônoma, Mestranda do Curso de Produção Vegetal da UENF/CCTA/LFIT. Av. Alberto Lamego, 2.000, Parque Califórnia, 28015-620. Campos dos Goytacazes-RJ. e-mail: priscilapixoline@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, M.Sc. Microbiologia do Solo, D.Sc. Fitotecnia, Professor Associado I da UENF.
e-mail: fcoelho@uenf.br





As leguminosas herbáceas podem ser compradas em lojas especializadas em produtos agropecuários. O preço pode variar de R\$5,00 a R\$9,00/kg para crotalária, R\$4,00 a R\$13,00/kg para mucuna e R\$7,00 a R\$10,00/kg para feijão-de-porco. Já as leguminosas arbóreas podem ser adquiridas nas universidades. Pedindo-se com antecedência, pode-se conseguir sementes e estacas, ou fazer a coleta de sementes onde se encontrarem as árvores na própria região do agricultor.

A adubação verde melhora a fertilidade do solo porque o adubo verde mobiliza os nutrientes das camadas mais profundas, tornando-os disponíveis para as culturas subsequentes. Kiehl (1985) afirma que os adubos verdes, ao absorverem os nutrientes do solo, contribuem para a redução das perdas por lixiviação. O autor recomenda, ainda, não atrasar a implantação da cultura comercial, pois os adubos verdes, após a incorporação, tendem a se decompor e a liberar rapidamente os nutrientes.

Schroth et al. (1995) prefere a deposição sobre o solo do material do adubo verde podado (mulch) ao adubo verde incorporado por razões de proteção do solo e economia de trabalho. O autor destaca também a menor oscilação na temperatura do solo e a melhor retenção da umidade no solo com a cobertura, promovendo-se condições mais favoráveis ao crescimento da população de minhocas.

Um dos sistemas utilizados para adubação verde é o cultivo em alamedas ou aleias (“alley cropping”), que consiste no crescimento de culturas alimentares ou comerciais entre ruas formadas por árvores e arbustos, em fileiras suficientemente espaçadas entre si para permitir o plantio de culturas alimentares ou comerciais entre elas (KANG et al., 1990). O manejo desse sistema é feito por podas da parte aérea das leguminosas durante a estação de crescimento da cultura principal e o produto das podas aplicado no solo, onde se decompõem e fornecem nutrientes às plantas. O número de cortes realizados por ano depende da velocidade de rebrota das leguminosas, após cada corte, e da adequação às características das espécies semeadas nas entrelinhas. Essa semeadura nas entrelinhas ocorre no início das chuvas, ocasião em que é feita uma poda drástica da leguminosa para retardar a rebrota e a recomposição da copa e com isso atenuar seu efeito competitivo (BARRETO; CARVALHO FILHO, 1992). Com a incorporação periódica de quantidades expressivas de biomassa das leguminosas nas entrelinhas, obtêm-se melhorias nas características químicas, físicas e biológicas dos solos, com consequente aumento do seu potencial produtivo.

De maneira geral, a escolha das espécies de leguminosas que apresentam rápido desenvolvimento inicial, tolerância ao Al tóxico, sistema radicular profundo e produção de fitomassa suficiente para a cobertura do solo, baixa taxa de decomposição e a relação C/N apropriada às culturas subsequentes é que favorecerá o grau de sucesso obtido com a utilização dessa prática (FERNANDES et al., 1999). Relação C/N dos resíduos de coberturas verdes próximo de 23/1 mostrou ser a mais adequada para o milho, proporcionando mineralização uniforme de N (HEINZMANN, 1985).

3. Leguminosas

As plantas da família das Leguminosas (ou Fabaceae) são as mais utilizadas como adubo verde. De acordo com Silva e Menezes (2007), a principal razão para essa preferência está em sua capacidade de simbiose com bactérias fixadoras do N₂ atmosférico. O autor cita também a rusticidade, a elevada produção de matéria seca e o sistema radicular geralmente profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo.

Além disso, Fernandes et al. (1999) destacam, também, o efeito alelopático e supressivo sobre as plantas daninhas, como ocorre com o feijão-de-porco, a crotalária e a mucuna preta.

4. Leguminosas herbáceas utilizadas como adubo verde

As mais utilizadas em regiões tropicais são a crotalária, o feijão-de-porco e a mucuna.

Crotalária (*Crotalaria juncea*)

A crotalária é cultivada em toda região tropical, vegeta muito bem em solos pobres, inclusive nos arenosos de várias fertilidades e bem drenados. É exigente em calor, luz e umidade, suportando geadas leves (CALEGARI et al., 1993).





Em pesquisa realizada por Perin et al. (2004), na Zona da Mata Mineira, a produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nutrientes dos adubos verdes milho e crotalária foram determinados. 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 Mg foi 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⁻¹ de N.

Duarte Junior (2006), avaliando plantas de cobertura para sistema de plantio direto, em Campos dos Goytacazes, observou maior taxa de cobertura do solo proporcionada pela crotalária, em torno de 87% aos 35 dias após a emergência (DAE), sendo 15, 40 e 748% superior, respectivamente, ao feijão-de-porco, mucuna preta e vegetação espontânea. A crotalária, aos 92 DAE, produziu 17.852 kg ha⁻¹ de matéria seca, 41, 78 e 407% superior à do feijão-de-porco, da mucuna preta e da vegetação espontânea. Essas leguminosas avaliadas acumularam maior quantidade de N e Cu na fitomassa que a vegetação espontânea. A crotalária e o feijão-de-porco, em média, acumularam 66% a mais de P na parte aérea que a mucuna preta. A crotalária apresentou maior acúmulo de K, Mg, S, Zn e Fe que feijão-de-porco, mucuna e vegetação espontânea.

Reis et al. (2007) estudaram diferentes sistemas de manejo (rolo-faca e triturador de palhas) das espécies crotalária e mucuna-cinza. As análises dos valores obtidos permitiram verificar que o manejo não interfere na decomposição da massa seca das coberturas vegetais e que as duas culturas de cobertura apresentaram massas semelhantes aos 30; 70 e 125 dias após a semeadura, diferindo aos 97 dias, época em que a crotalária apresentou maior quantidade de massa seca devido à escassez de chuvas e ao rápido crescimento inicial da crotalária. Aos 30; 51 e 71 dias após o manejo, as massas secas das culturas foram semelhantes.

Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*)

O feijão-de-porco é leguminosa anual ou bianual, de crescimento inicial lento, resistente a altas temperaturas, tolerante ao sombreamento parcial, entretanto, não suporta geada. São plantas muito resistentes à seca, rústicas e se desenvolvem bem em solos compactados e argilosos (CALEGARI et al., 1993).

Entre os adubos verdes, o feijão-de-porco tem apresentado bom desempenho em consórcio com o milho, pois se adapta à condição de luz difusa e explora profundidades e volumes de solo diferente das plantas de milho.

Heinrichs et al. (2005) avaliaram as espécies mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) em cultivo consorciado com o milho. O feijão-de-porco apresentou maior produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Além de o feijão-de-porco apresentar melhor desenvolvimento e adaptação ao sistema proposto em relação aos demais tratamentos, constatou-se redução na ocorrência de plantas daninhas, causando, possivelmente, efeito supressor alelopático a estas plantas. Os autores destacaram a necessidade do desenvolvimento de máquinas agrícolas apropriadas à semeadura dessa cultura, dificultada pelo uso de máquinas convencionais, em virtude do acentuado tamanho de suas sementes.

Verificaram, também que, no primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos de milho não foi influenciado pelo cultivo consorciado com adubos verdes. No entanto, no segundo ano, o rendimento de milho foi beneficiado pelo cultivo consorciado com feijão-de-porco. Comparando o tratamento com feijão-de-porco nos dois anos de cultivo, a média de rendimento de grãos de milho foi 23 % maior no segundo ano em relação ao primeiro cultivo. Possivelmente, o milho cultivado no segundo ano foi beneficiado pela maior disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, proporcionada pela maior produção de fitomassa do adubo verde no ano anterior. Os autores salientaram que a consorciação de milho com feijão-de-porco não atrapalhou a colheita mecânica do milho, por ser o feijão-de-porco uma espécie de hábito de crescimento prostrado.



Mucuna

Entre as várias espécies de mucuna, as principais são mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), mucuna cinza (*Stylobium cinereum*) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum*). A mucuna preta é uma planta anual que vegeta bem nas regiões tropicais e subtropicais, necessita de climas quentes, de invernos suaves, sem ocorrência de geadas, sendo bastante resistente à seca.

Desenvolve tanto nos solos arenosos como nos argilosos e intermediários, podendo ainda tolerar solos ácidos, sombreamento, temperaturas elevadas e encharcamento por períodos curtos (CALEGARI et al., 1993). A mucuna anã possui hábito herbáceo determinado, com altura de 0,6 a 1,0 m. Cresce bem em solos tropicais e subtropicais, apresentando resistência à seca e é pouco exigente quanto à fertilidade. É uma planta de razoável rusticidade, que pode ser utilizada como adubação verde. Segundo Costa et al. (1993), pode ciclar até 76 kg ha⁻¹ de N e produz cerca de 2 a 4 Mg ha⁻¹ de matéria seca.

Características	Leguminosa herbácea		
	Crotalária	Feijão-de-porco	Mucuna preta
Altura (m)	2,0 a 3,0	0,8 a 1,0	0,5 a 1,0
Ciclo até o florescimento (dias)	90 a 120	90 a 100	150 a 180
Profundidade (cm)	2 a 3	2 a 5	2 a 3
Espaçamento (m)	0,50	0,50	0,50
Sementes/metro linear	22 a 27	4 a 5	4 a 5
Densidade (kg ha ⁻¹)	25	100	70
Massa verde (Mg ha ⁻¹)	40 a 60	20 a 40	40 a 50
Massa seca (Mg ha ⁻¹)	10 a 15	3 a 6	7 a 8
Época de semeadura ideal	out. a nov.	out. a nov.	out. a nov.
Época de semeadura possível	set. a mar.	set. a mar.	set. a mar.

Fonte: Piraí Sementes (2008)

Spagnollo et al (2001), em análise econômica sobre a utilização de leguminosas na cultura do milho, concluíram que o cultivo de leguminosas para a cobertura do solo demonstrou-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 nesta receita foram a mucuna cinza e o feijão-de-porco.



5. Leguminosas arbóreas utilizadas como adubo verde

Guandu (*Cajanus cajan*)

O guandu ocupa mundialmente o 6o lugar em importância alimentar dentre as leguminosas, sendo usado extensivamente na Ásia para alimentação animal e humana. Para o produtor rural, o guandu proporciona baixos custos de produção, que refletem diretamente no lucro da atividade pecuária e em melhorias na fertilidade do solo, decorrentes da habilidade que essa forrageira apresenta para a fixação simbiótica do nitrogênio (RAO et al., 2002).

Alvarenga et al. (1995), avaliando diferentes espécies de adubos verdes, observaram que o guandu destacou-se como a espécie de maior potencial para recuperação do solo, com maior produção de biomassa seca. Alcântara et al. (2000) verificaram alta capacidade do guandu na produção de fitomassa seca. Esses autores obtiveram, respectivamente, 13.800 kg ha⁻¹ no Sudoeste do Paraná e 13.200 kg ha⁻¹ em Lambari-MG de fitomassa seca com o guandu, comprovando a alta capacidade de produção de massa seca.

O guandu tem se mostrado excelente leguminosa para inclusão em sistema de cultivo em aleia, que pode produzir até 11.000 kg ha⁻¹ de fitomassa seca, podendo incorporar ao sistema até 283 kg ha⁻¹ de N e 23 kg ha⁻¹ de P (ALVES et al., 2004).

Salmi et al. (2006), avaliando a produção de fitomassa aérea, seus teores de N, P e K e a dinâmica de liberação desses nutrientes, em seis genótipos de guandu, em sistema de cultivo em aleias, observaram a produtividade média de biomassa de 5,9 Mg ha⁻¹; o acúmulo de N variou de 188,3 a 261,3 kg ha⁻¹, o de P de 7,2 a 9,4 kg ha⁻¹ e o de K de 29,3 a 45,5 kg ha⁻¹; não houve diferença estatística entre os genótipos avaliados. As curvas de liberação mostraram que, aos 56 dias, aproximadamente, 60% do N e 65% do P e do K contidos na biomassa remanescente tinham sido liberados para o solo. Todavia, considerando-se a elevada taxa de liberação do N, P e K das leguminosas, logo depois do seu manejo, é importante a busca de estratégias para maximizar o aproveitamento de nutrientes pelas culturas comerciais. Os resultados indicam que os seis genótipos avaliados foram igualmente eficientes em produzir biomassa e em liberar nutrientes de modo satisfatório, no primeiro ano de estudos. Os autores também destacaram que aproximadamente 75% da fitomassa ainda restava sobre o solo aos 30 dias após a deposição. Isso acarretou ao sistema uma boa cobertura do solo. Essa proteção ao solo, nos primeiros 30 dias depois do corte, coincide com o período mais crítico, caso uma lavoura comercial seja implantada entre as faixas, diminuindo, assim, a competição com plantas daninhas e favorecendo a conservação da umidade do solo.

Queiroz (2006), avaliando, nos anos de 2003 a 2005, a produtividade de fitomassa da parte aérea de sete espécies de leguminosas (*Albizia lebbbeck*, *Peltophorum dubium*, *Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, *Sesbania virgata*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Gliricidia sepium*) e o acúmulo de N, P e K nessas leguminosas arbóreas em sistemas agroflorestais de aleias, bem como o efeito da adição de fósforo sobre as leguminosas, verificou, tanto em experimento com adição de P, quanto sem aplicação de P, que a maior produtividade de fitomassa seca da parte aérea foi obtida pelo guandu, respectivamente 5.371 kg ha⁻¹ e 6.017 kg ha⁻¹. O autor afirma que o guandu é menos exigente em P que as demais leguminosas avaliadas, e que, possivelmente, possua associação bastante eficiente com micorrizas, uma vez que conseguiu manter elevada produtividade de fitomassa seca em baixo conteúdo de P no solo, em comparação com as demais espécies. Entretanto, Eiras (2007) cultivou feijão nessa mesma área, em sistemas de aléias, observando que o guandu não resistiu às podas após os dois primeiros anos de seu plantio.

Suzuki e Alves (2006) verificaram valores de produção de massa verde para o guandu de 32.708 kg ha⁻¹. No entanto, Pirai (2004) menciona que a produção de massa verde de feijão guandu anão, cultivar IAPAR 43 Aratã, é de 20.000 a 30.000 kg ha⁻¹.

Rao e Mathuva (2000) conseguiram, com o cultivo intercalar de milho-guandu, 24% a mais na produtividade da cultura de milho do que no cultivo contínuo de milho solteiro. Entretanto, no milho em rotação com guandu a produção foi equivalente ao milho solteiro em cultivo contínuo.

Juo et al. (1995) observaram, em estudo de longa duração, que a produção de milho foi sustentável quando cultivado em aleias de leucena ou guandu. O guandu teve alto valor de N (2,6%) nos resíduos que foram aplicados ao solo.





Leucena (Leucaena leucocephala)

A leucena é leguminosa perene, arbustiva, originária do Peru. É pouco exigente em nutrientes e tolera solos ácidos. Seu uso como planta de elevado potencial forrageiro para regiões tropicais e semiáridas tem sido relatado. Destaca-se a sua capacidade de manter a folhagem verde, de alto valor nutritivo, graças ao sistema radicular capaz de explorar as reservas de águas nas camadas mais profundas do solo, o que lhe confere resistência à seca. Apresenta folhas com alto teor de nitrogênio e habilidade para resistir a sucessivas podas (SEIFFERT; THIAGO, 1983). Segundo Barreto e Carvalho (1992), o uso de leucena em consórcio com milho e feijão, além de proporcionar expressiva produção de forragem, pode ser alternativa viável para a produção de lenha em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro. Os autores obtiveram 3.400 kg ha⁻¹ de lenho seco de leucena plantada no espaçamento de 2,5 m entre fileiras e uma planta por metro, consorciada com milho ou feijão.

De acordo com Vanlauwe et al. (1996), uma aplicação das folhas de leucena (6,25 Mg de matéria fresca por hectare) fornece 78 kg ha⁻¹ de N. Kang et al. (1990) reportaram aumento da produção de grãos de milho de 13% com aplicação de folhas podadas da leucena, quando comparada com a do milho solteiro sem aplicação de fertilizantes. Os autores não relatam se esse aumento na produção levou em consideração a perda de área.

Ngambeki (1985) demonstrou que, no sul da Nigéria, sistemas em aleias com leucena aumentaram e sustentaram a produtividade de milho em 60% acima daquela do milho como cultura única, além de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados.

Gliricídia (Gliricidia sepium)

A gliricídia é leguminosa arbórea, originária da América Central, amplamente difundida nos trópicos e que apresenta uso múltiplo, podendo ser utilizada como quebra-vento, cerca-viva, forrageira, para produção de madeira e adubo verde e tem grande potencial para contribuir com a fertilidade de áreas degradadas, pois tolera solos ácidos e pobres, resiste a podas anuais, produz grande quantidade de biomassa e concentra relativamente mais nutrientes que outras leguminosas.

O plantio é feito por estacas, por razões óbvias a maneira mais generalizada no estabelecimento da gliricídia, que tanto podem ser diretamente plantadas no local definitivo, como também enviveiradas (estacas mais finas) para produção de mudas em sacos plásticos. Tem-se observado índices de pega ao redor de 50% em plantios diretos e acima de 70% em condições de viveiro.

Esta leguminosa tem sido utilizada em sistemas em aleias no semiárido da região Nordeste do Brasil por apresentar bom desenvolvimento em condições de estresse hídrico. A adubação verde de gliricídia, utilizada como cerca-viva em sistemas agroflorestais, forneceu 5.500 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, aumentando a disponibilidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio (COSTA; ARRUDA, 2006).

Os aumentos na fertilidade do solo e na produção de milho são possíveis quando a gliricídia é cultivada em aleias. Estudos na África têm mostrado que a gliricídia pode produzir acima de 5.400 kg ha⁻¹ de biomassa seca por ano, no espaçamento de 4,5 m entre fileiras e 0,9 m entre plantas (MAGHEMBE; PRINS, 1994).

Marin et al. (2006), na Paraíba, avaliaram a influência da distância de plantas de gliricídia sobre características da cultura do milho e do solo e microclima. A massa seca de folhas caídas embaixo da fileira de árvores foi de 1.390 kg ha⁻¹ e diminuiu, gradativamente, para 270 kg ha⁻¹ a 3 m de distância das árvores. As concentrações de P, K e matéria orgânica leve (MOL) embaixo das árvores foram maiores do que a 1 e 3 m de distância das fileiras. As médias mensais das temperaturas mínimas do ar e do solo, embaixo e a 3 m das árvores, foram similares. Entretanto, as médias mensais das temperaturas máximas do solo e do ar foram de 6 e 2°C mais altas a 3 m das árvores, respectivamente, ao longo do período de estudo. Essa influência foi observada principalmente durante os meses de plena estação chuvosa (maio a junho), ou seja, durante o período de crescimento das copas das árvores após a poda. Já na plena seca e no final da seca (outubro a janeiro), não foram observadas diferenças entre as temperaturas máximas do ar em ambas as posições de amostragem. Provavelmente, isso aconteceu por causa da poda das árvores no final das chuvas (julho) e da característica caducifolia da *G. sepium*, que permanece sem folhas durante os períodos de maior estresse hídrico. A poda realizada ao final das chuvas fez com que as copas das árvores permanecessem bastante reduzidas durante a estação seca, com menor capacidade de sombreamento. Já na estação chuvosa, as árvores após a poda tiveram rápida reposição das suas folhas e, conseqüentemente, maior capacidade de sombreamento.





A umidade do solo foi significativamente menor embaixo das árvores do que a 1 e 3 m de distância. Tais resultados revelam que a presença da *G. sepium* leva à maior absorção de água nas posições próximas às fileiras de árvores, ou seja, as raízes laterais das árvores nesse sistema aparentemente são capazes de capturar significativamente mais água a distâncias pelo menos cerca de 1 m, mas menores que 3 m das fileiras. Os autores consideram que é também possível que a menor umidade do solo embaixo das árvores seja, em parte, resultante da interceptação pela copa de uma fração da água precipitada. Essa água interceptada pode ficar parcialmente retida nas folhas e escorrer pelos galhos das árvores e se infiltrar no solo imediatamente adjacente ao caule das árvores. Foi observado, entretanto, que o milho produziu mais grãos e palha e acumulou mais nutrientes nas posições mais próximas das fileiras de *G. sepium*.

Canafístula (*Peltophorum dubium*)

A canafístula é espécie nativa do Brasil, heliófita, com boa resistência ao frio e cresce adequadamente em solos pobres em N disponível, fato similar ao que ocorre com leguminosas arbóreas nodulíferas. É considerada promissora por apresentar valor econômico comprovado, em função da qualidade da madeira. O seu crescimento é rápido, sendo utilizada como espécie com aptidão à regeneração artificial. É também considerada espécie promissora para a produção de madeira no Centro-Sul do Brasil (CARVALHO, 1994). A semeadura direta de canafístula é alternativa para a implantação da espécie, possibilitando transformar áreas de capoeiras em sistemas agroflorestais no futuro (MATTEI; ROSENTHAL, 2002).

Para Dias et al. (2007), a canafístula é uma espécie não-nodulífera considerada não fixadora de nitrogênio (FBN), mas isso não garante que não seja beneficiada ou mesmo que receba contribuição da fixação biológica de nitrogênio, o que explicaria seu bom crescimento e acúmulo de N mesmo em solos com baixos teores de N.

Características	Leguminosa Arbórea	
	Leucena	Canifístula
Altura (m)	5 e 10	Até 40
Ciclo vegetativo	Perene	Perene
Profundidade (cm)	3 a 5	0,5
Espaçamento (m)	0,50	3
Sementes/metro linear	5 a 8	3 a 8
Massa Seca (Mg ha ⁻¹)	6 a 8	1 a 3
Época de semeadura ideal	Estação chuvosa	Estação chuvosa

Fonte: Pirai Sementes (2008)

6. Comparação entre leguminosas arbóreas utilizadas como adubo verde

Quando as podas de gliricídia foram adicionadas nas entrelinhas do milho, Ikerra et al. (1999) observaram aumento significativo de nitrogênio inorgânico (N) na superfície do solo. Devido à alta contribuição do N da folhagem, a gliricídia é considerada espécie promissora para suprir o nitrogênio para as culturas em consórcio com esta leguminosa. Barreto e Fernandes (2001), em Lagarto-SE, encontraram 27,3 e 26,9 g kg⁻¹ de N na matéria seca da gliricídia e da leucena, respectivamente. Lawson e Kang (1990) notaram que o sombreamento causado pela aleia é maior em espécies de rápido crescimento, como Leucaena e Gliricidia, e maior o sombreamento quanto mais perto estava a cultura do milho em relação à fileira das árvores leguminosas. Notaram também que o material obtido das podas dessas leguminosas contribui enormemente para aumentar a retenção de água no solo.





Decomposição de resíduos de plantas e liberação de nutrientes são conhecidas por afetar a composição química e os organismos do solo. Resíduos de plantas com alto teor de N mostram alta taxa de decomposição e liberação de nutrientes, enquanto o alto teor de lignina nos resíduos poderia aumentar a imobilização, especialmente de nitrogênio (TIAN et al., 1992). Segundo esses autores, dentre as espécies por eles avaliadas (*Acioa barteri*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* e palhada de arroz), a leucena e a gliricídia apresentaram as menores relações C/N e as menores percentagens de lignina e de polifenóis, mostrando, portanto, que podas de gliricídia seguidas pela leucena foram as que apresentaram maiores taxas de decomposição. Concluíram ainda que todos os resíduos das plantas analisadas liberaram rapidamente o potássio, mas nas podas de leucena houve imobilização de fósforo.

Heineman et al. (1997), avaliando oito espécies de árvores leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *L. collinsii*, *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania sesban*, *S. grandiflora*, *Senna siamea* e *S. spectabilis*), no Quênia, obtiveram maior produtividade de milho na associação desta cultura com leucena e gliricídia do que com sesbânia. O rendimento do milho foi positivamente correlacionado à quantidade de folhas aplicadas no solo. Concluíram ainda que folhas de decomposição rápida (leucena, gliricídia e sesbânia) foram mais efetivas para elevar a produtividade que aquelas de decomposição mais complexa.

Barreto e Fernandes (2001), testando o cultivo de gliricídia e leucena em alamedas, notaram que a gliricídia exerceu menor competição com a mandioca na entrelinha, e com incorporação dessas leguminosas ao solo elevaram-se o pH e os teores de cálcio+magnésio, não sendo alteradas, porém, a matéria orgânica e a CTC. Nesse trabalho, também foi observada redução da densidade do solo e elevação da macroporosidade em resposta à adição das leguminosas, sendo esses efeitos mais pronunciados em menores profundidades, em dois anos de ensaio.

Segundo Queiroz (2006), o guandu e a gliricídia, devido à alta produtividade de fitomassa seca, são capazes de beneficiar o rendimento de grãos, sem o custo com a aquisição de fertilizantes químicos, na maioria das vezes oneroso para a agricultura familiar. O milho na aleia com gliricídia apresentou bons resultados e ainda pode ser utilizada como forragem para ruminantes. O autor acredita, porém, que, pelo fato de o guandu ser uma cultura amplamente divulgada entre os pequenos agricultores da região e pelos resultados apresentados de produtividade de fitomassa seca e fornecimento de nutrientes como o N, o que beneficiou a produtividade da cultura, pode ter melhor aceitação pelos agricultores.

7. Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, F. A. de, et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, out. 2000.

ALMEIDA, R. T.; VASCONCELOS, L.; NESS, R. L. L. Infecção micorrízica vesículo-arbuscular e nodulação de leguminosas arbóreas no Ceará, Brasil. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 17, n. 1, p. 89-97, 1986.

ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, fev. 1995.

ALVES, S. M. C. et al. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, nov. 2004.

BARRETO, A. C.; CARVALHO FILHO, O. M. Cultivo de leucena em consórcio com feijão, milho e algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 11, p. 1533-1540, nov. 1992.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, out. 2001.

CALEGARI, A. et al. Adubação verde no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346 p.



- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade de uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- COSTA, J. R. da; ARRUDA, M. R. de. O uso de leguminosas em sistemas agroflorestais: Disponível em: <<http://www.fazendeiro.com.br/Cietec/artigos/ArtigosTexto.asp>>. Acesso em: 03 mar. 2006.
- COSTA, M. B. B. et al. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.
- DIAS, P. F. et al. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 20, p. 352-356, 2007.
- DUARTE JUNIOR, 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, Campos dos Goytacazes, 2006.
- EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Leguminosas arbóreas como fonte de nitrogênio para a cultura do feijão, em Campos dos Goytacazes-RJ. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2007, Campos dos Goytacazes. Resumos... Campos dos Goytacazes: UENF, 2007. 1 CD-ROM.
- 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*, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1593-1600, set. 1999.
- HEINEMAN, A. M. et al. Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effects on maize yields and soil properties. *Forest Ecology and Management*, v. 91, p. 103-135, 1997.
- HEINRICHS, R. et al. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29, p. 71-79, 2005.
- HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, set. 1985.
- IKERRA, S. T. et al. Soil nitrogen dynamic and relationships with maize yields in a gliricídia-maize intercrop in Malawi. *Plant and soil*, v. 211: p. 155-164, 1999.
- JUO, A. S. R. et al. Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after first clearing in Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 56, p. 8-9, 1995.
- KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. Alley farming. *Advanced Agronomy*, v. 43, p. 15-359, 1990.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. *Agrônômica Ceres*, Piracicaba, 1985. 492 p.
- LAWSON, T. L., KANG, B. T. Yield of maize and cowpea in an alley cropping system in shifting cultivation. Ibadan, Nigéria: International Institute of Tropical Agriculture, 1990. 42 p.
- MAGHEMBE, J. A., PRINS, H. Performance of multipurpose trees for agroforestry two years after planting at Makota, Malawi. *Forest Ecology and Management*, v. 64, p. 171-182, 1994.
- MARIN, A. M. P. et al. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 555-564, 2006.



MATTEI, V. L.; ROSENTHAL, M. D. Semeadura direta de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 26 n. 6, p. 649-654, 2002.

NGAMBEKI, D. S. Economic evaluation of alley cropping leucaena with maize- maize and maize – cowpea in Southern Nigeria. *Agriculture System*, v. 17, p. 243-258, 1985.

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*, Brasília, v. 39, n. 1, jan., p. 35-40, 2004.

PIRAI SEMENTES. Feijão guandu anão. Disponível em: <<http://www.pirai.com.br>>. Acesso em: 02 fev. 2008.

QUEIROZ, L. R. Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho, em Campos dos Goytacazes, RJ. 2006. 72 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)–Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006.

RAO, M. R.; MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 78, n. 2; p. 123-137, 2000.

RAO, M. R.; COLEMAN, S. W.; MAYEUX, H. S. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. *Crop Science*, Madison, v. 42, n. 4, p. 1259-1263, 2002.

REIS, G. N. et al. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 1, 194-200, 2007.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOUD, A. C. S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 4, p. 673-678, abr. 2006.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, v. 54, p. 89-101, 1995.

SEIFFERT, N. E.; THIAGO, L. R. L. de S. Guandu: planta forrageira para a produção de proteína. Campo Grande, MT: Embrapa-CNPGC, 1983. 4 p. (Embrapa-CNPGC. Comunicado Técnico, 21).

SILVA, T. O. da; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.31, n. 1, p. 39-49, 2007.

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

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo, *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 1, p. 121-127, 2006.

TIAN, G.; KANG, B. T.; BRUSSAARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions-Decomposition and nutrient release. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 24, n. 10, p. 1051-1060, 1992.

VANLAUWE, B.; SWIFT, M. J., MERCKX, R. Soil litter dynamics and N use in a leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.) alley cropping system in Southwestern Nigeria. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 28, n. 6, p. 739-749, 1996.





