

ISSN 0104-6187



Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia-CNPAB

**ADUBAÇÃO VERDE: ESTRATÉGIA PARA UMA AGRICULTURA  
SUSTENTÁVEL**

**CNPAB  
Seropédica, RJ  
Dezembro/1997**

ISSN 0104-6187



Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia-CNPAB

**ADUBAÇÃO VERDE: ESTRATÉGIA PARA UMA AGRICULTURA  
SUSTENTÁVEL**

**José A.A. Espíndola, José G.M. Guerra e Dejair L. de Almeida**

**CNPAB  
Seropédica, RJ  
Dezembro/1997**

Embrapa-*Agrobiologia*. Documentos, 42

Exemplares desta publicação podem ser solicitadas à  
Embrapa-*Agrobiologia*  
Antiga Rodovia Rio/São Paulo  
Telefone: (021)682-1086; (021)682-1500  
Telex: (21) 32723 EBPA  
Fax: (021)682-1230  
Caixa Postal 74505  
23851-970 Seropédica, RJ  
E-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê de Publicações  
Helvécio De-Polli(Presidente)  
Johanna Döbereiner  
José Ivo Baldani  
Paulo Augusto da Eira  
Norma Gouveia Rumjanek  
Sebastião Manhães Souto  
Dorimar dos Santos Felix(Bibliotecária)

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. **Adubação verde:**  
Estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa-*Agrobiologia*, 1997.  
20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

1. Adubação verde. 2. Agricultura sustentável. I. Guerra, J.G.M., colab. II. Almeida,  
D.L. de, colab. III. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica,  
RJ). IV. Título. V. Série.

CDD 631.874

© Embrapa

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO .....	5
2.1. Efeitos químicos.....	5
2.2. Efeitos físicos.....	6
2.3. Efeitos biológicos.....	7
3. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO .....	8
4. DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS.....	10
5. COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO DOS ADUBOS VERDES .....	10
5.2. Condições edáficas.....	12
5.3. Seleção de leguminosas para a adubação verde .....	13
6. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DOS ADUBOS VERDES .....	14
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	16
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17

# ADUBAÇÃO VERDE: ESTRATÉGIA PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

José Antonio Azevedo Espindola<sup>1</sup>, José Guilherme Marinho Guerra<sup>2</sup> e  
Dejair Lopes de Almeida<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo de milhares de anos, diferentes povos têm realizado uma agricultura baseada no manejo dos materiais disponíveis nas propriedades rurais. Dentre esses materiais, destacam-se aqueles de origem orgânica (esterco, restos de cultura, composto, etc.) que possibilitam uma melhoria da qualidade do solo e um aumento da produtividade vegetal.

No final do século XIX, essa forma de fazer agricultura foi transformada por descobertas científicas que abriram caminho para o uso de fertilizantes minerais. Os aumentos de produtividade decorrentes da utilização de tais produtos fizeram com que vários agricultores abandonassem as práticas de adubação orgânica, criando um modelo de agricultura cada vez mais dependente de insumos externos às propriedades rurais. A introdução de novas técnicas como o uso de agrotóxicos, variedades melhoradas geneticamente e maquinária ao longo do século XX aumentaram cada vez mais essa tendência. Convencionou-se chamar o avanço das indústrias química, mecânica e do melhoramento genético na área agrícola como “Revolução Verde” (Jesus, 1985).

Nas décadas de 1950 e 1960, a “Revolução Verde” atingiu os países do Terceiro Mundo. Os governos locais criaram linhas de crédito atreladas à compra de insumos agropecuários, enquanto as principais escolas de agronomia destes países reformularam seus currículos, valorizando as técnicas associadas ao novo modelo agrícola.

A partir da década de 1970, começaram a surgir sérios problemas decorrentes da adoção de práticas agrícolas relacionadas à “Revolução Verde”. A degradação da capacidade produtiva dos solos, associada à proliferação de pragas e doenças, causou um empobrecimento dos agricultores, devido ao aumento dos custos de produção. Além

---

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, estudante de Doutorado em Ciência do Solo, bolsista do CNPq, UFRRJ - Embrapa/Agrobiologia, Caixa Postal 74505, CEP 23851-970, km 47, Seropédica, RJ

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pesquisador, PhD., Embrapa/Agrobiologia

disso, observou-se uma menor qualidade dos alimentos produzidos. Desta forma, diversos grupos de agricultores e profissionais da área rural têm proposto a adoção de práticas que favoreçam os processos biológicos (fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, etc.) encontrados nos agroecossistemas, como uma alternativa ao modelo agrícola da “Revolução Verde”.

Dentre as diversas práticas, merece destaque a adubação verde, que consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Tais plantas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, proporcionando, em geral, uma melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

## **2. EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO**

### **2.1. Efeitos químicos**

O nitrogênio é o nutriente que mais tem sido estudado com relação ao efeito da adubação verde nas culturas de interesse econômico. As leguminosas herbáceas constituem algumas das plantas mais utilizadas como adubos verdes, embora espécies de outras famílias botânicas também sejam frequentemente utilizadas. Devido à capacidade das leguminosas de fixarem nitrogênio atmosférico em associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, essas plantas podem substituir os adubos minerais no fornecimento de N para várias culturas de interesse comercial (Smyth et al., 1991).

A adubação verde permite ainda o aporte de quantidades expressivas de fitomassa, possibilitando uma elevação no teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos. Como consequência, obtêm-se um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, o que traz maior retenção de nutrientes junto às partículas do solo, reduzindo perdas por lixiviação (Kiehl, 1985).

A partir da decomposição dos resíduos vegetais pode ocorrer uma diminuição na acidez do solo. Isto porque durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos capazes de complexar íons  $Al^{+++}$  presentes na solução do solo, reduzindo desta forma o alumínio tóxico do solo (Liu & Hue, 1996).

Outro efeito benéfico desta prática nas características químicas do solo diz respeito à reciclagem de nutrientes (Costa, 1993). Quando se utilizam plantas que expandem seu sistema radicular para horizontes profundos do solo como adubos verdes, elas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo. Após o corte dessas plantas, ocorre então a liberação gradual dos nutrientes para a camada superficial, através da decomposição dos resíduos, tornando-os disponíveis para culturas subsequentes.

## **2.2. Efeitos físicos**

Numa revisão de literatura sobre diversos parâmetros para avaliação da adubação verde, De-Polli et al. (1996) afirmam que esta prática agrícola eleva os teores de matéria orgânica do solo, melhorando suas propriedades físicas. Dentre as propriedades físicas do solo afetadas pelo aumento dos teores de matéria orgânica, esses autores destacam: estabilidade de agregados, densidade global, porosidade, taxa de infiltração de água e retenção de umidade.

Os constituintes orgânicos podem influenciar a agregação do solo atuando como agentes ligantes, juntamente com os minerais de argila. Esses agentes ligantes contribuem para a formação de agregados estáveis à ação da água (Kiehl, 1979), evitando a formação de crostas na superfície do solo e o consequente escoamento superficial da água que causa erosão. A proteção mecânica promovida pela cobertura vegetal também atua amenizando o impacto direto das gotas de chuva, que causam a desagregação das partículas do solo (Fleming et al., 1997).

Através da adição de resíduos orgânicos ao solo, observa-se um decréscimo da sua densidade global, o que pode ser explicado pelo fato que o material adicionado apresenta uma menor relação massa/volume quando comparado à matriz do solo. O volume de poros apresenta-se de forma semelhante à densidade global do solo na medida que ocorre adição de materiais orgânicos.

Devido à aumentos na porosidade e agregação do solo, a tendência de uma área protegida por cobertura vegetal é possuir uma maior taxa de infiltração de água (Girma & Endale, 1995). Derpsch et al. (1991) apresentam resultados de um estudo no qual um solo submetido à intensidade de precipitação de 60 mm/h ainda sofria infiltração de água

quando a taxa de cobertura era de 100 %, enquanto nesse mesmo solo descoberto houve infiltração de apenas 20 a 25 % da água da chuva.

A ocorrência de camadas compactadas promovidas pelo uso de implementos agrícolas pesados reduz a infiltração de água no solo. Contudo, esse efeito negativo pode ser atenuado através do cultivo de adubos verdes que apresentam um sistema radicular bem desenvolvido, como o guandu, tornando possível um rompimento dessas camadas.

A manutenção da cobertura vegetal promovida pelos adubos verdes permite ainda uma retenção mais eficiente da água na superfície do solo, além de reduzir a oscilação térmica na camada superficial (Sidiras et al., 1984).

### **2.3. Efeitos biológicos**

A presença de material orgânico fornecido pelos adubos verdes favorece a atividade dos organismos do solo (Filser, 1995; Kirchner et al., 1993), já que seus resíduos servem como uma fonte de energia e nutrientes. Além disso, a manutenção da cobertura vegetal permite reduzir as oscilações térmica e de umidade, criando condições que favorecem o desenvolvimento dos organismos do solo. Por sua vez, a maior atividade biológica do solo aumenta a reciclagem de nutrientes, o que permite inclusive um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo (Pankhurst & Lynch, 1994).

Dentre os organismos do solo favorecidos pela adubação verde, merecem destaque as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Tais microrganismos são capazes de promover a fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico, associando-se à diversas leguminosas num processo simbiótico. O nitrogênio fixado pelas bactérias é transferido para as leguminosas na forma de aminoácidos, enquanto carboidratos produzidos por essas plantas são fornecidos às bactérias e servem como fontes de energia (Freire, 1992). As trocas descritas ocorrem em nódulos formados pelas bactérias fixadoras nas raízes das leguminosas.

Além das bactérias fixadoras de nitrogênio, o cultivo com leguminosas favorece um aumento na população de fungos micorrízicos nativos do solo. Esses microrganismos associam-se às raízes das plantas cultivadas, aumentando a absorção de água e nutrientes e permitindo um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo,

principalmente os fosfatados (Sieverding, 1991). Como consequência da melhor nutrição, as plantas micorrizadas desenvolvem maior tolerância às doenças e à seca. Ao contrário das bactérias fixadoras de nitrogênio dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que se associam apenas às leguminosas, os fungos micorrízicos arbusculares (MA) são capazes de estabelecer simbiose com praticamente todas as plantas cultivadas (Silveira, 1992). Uma vez que a produção de grandes quantidades de inoculante desses microrganismos ainda apresenta limitações de ordem prática, torna-se fundamental a adoção de práticas de manejo de solo e de plantas que favoreçam a população de fungos MA nativos do solo. Dentro desse contexto, a adubação verde merece especial atenção (Espindola et al., 1998).

Outro grupo de organismos do solo favorecido pela manutenção de uma cobertura vegetal são as minhocas (Fraser, 1994). Elas atuam na redistribuição de resíduos orgânicos no perfil do solo, contribuindo na decomposição da matéria orgânica. Através da abertura de canais, as minhocas também favorecem a maior aeração e infiltração de água no solo.

A adubação verde mostra-se ainda eficiente no controle de nematóides (Reddy et al., 1986). Costa (1993) apresenta alguns mecanismos responsáveis pela redução do número de nematóides pelo cultivo de adubos verdes: (1) A decomposição de algumas espécies vegetais no solo libera diferentes substâncias aleloquímicas; (2) Os resíduos vegetais adicionados ao solo incrementam sua atividade biológica, aumentando o número e as espécies de organismos, o que conduz a um equilíbrio natural que reduz a possibilidade de haver predominância de uma espécie fitopatogênica. Pesquisas têm demonstrado que as crotalárias, mucunas e o guandu são algumas das espécies de adubos verdes que apresentam melhores efeitos no controle de nematóides (Santos & Ruano, 1987).

### **3. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO**

O suprimento de nitrogênio ao solo pode se dar pela adição de fertilizantes minerais e orgânicos, pela água das chuvas ou pela fixação biológica.

A fixação biológica de nitrogênio é um processo que envolve a redução do N<sub>2</sub> atmosférico através da enzima nitrogenase, encontrada em alguns microrganismos de vida livre ou que são capazes de se associar a certas plantas.

A associação entre leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* apresenta-se como uma das formas mais eficientes de acrescentar nitrogênio ao solo. A quantidade de nitrogênio fixado por leguminosas varia em função das espécies utilizadas e das condições de clima e de solo. Em alguns casos, essa quantidade pode chegar a mais de 100 kg de N/ha (Derpsch et al., 1991).

Torna-se importante realizar a inoculação destas bactérias nas sementes das leguminosas quando são plantadas pela primeira vez num determinado local. Esse processo promove um estímulo à fixação biológica de nitrogênio, consistindo no tratamento de sementes de leguminosas com bactérias contidas num veículo de inoculação. O inoculante geralmente empregado consiste numa mistura de pó de turfa e bactérias específicas para cada espécie de leguminosa. Assim sendo, o inoculante preparado para uma leguminosa não deve ser usado em outras espécies. O inoculante deve ser guardado até o momento do uso em geladeira ou em lugar fresco e protegido do sol, pois o calor excessivo pode provocar a morte das bactérias antes da inoculação (De-Polli & Franco, 1985). Além disso, deve-se evitar o uso de agrotóxicos junto às sementes inoculadas, pois tais substâncias podem ser tóxicas para as bactérias fixadoras de nitrogênio (Ostiz et al., 1989).

O modo mais simples de realizar a inoculação das sementes de leguminosas consiste em misturar uma pequena quantidade de água ao inoculante até formar uma pasta homogênea. Essa pasta é então colocada em contato com as sementes, agitando-se a mistura num saco plástico até que todas as sementes estejam revestidas por uma camada uniforme de inoculante. Quando se adota esse tipo de inoculação, deve-se realizar o plantio no mesmo dia.

Algumas características edafoclimáticas influenciam diretamente na fixação biológica de nitrogênio. A aplicação de fertilizantes nitrogenados e a elevada acidez do solo tendem a inibir a nodulação e a atividade dos nódulos em leguminosas (Franco & Neves, 1992). Nas regiões tropicais, as altas temperaturas associadas a precipitações durante todo o ano possibilitam uma elevada fixação de nitrogênio atmosférico.

#### **4. DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS VEGETAIS**

A decomposição do material vegetal adicionado ao solo é um processo biológico, que se encontra relacionada com diversos fatores como composição química dos resíduos vegetais, e temperatura, umidade, pH e teor de nutrientes do solo (Lynch, 1986). Dentre esses fatores, merece destaque a composição química dos resíduos. A relação entre as quantidades de carbono e nitrogênio (relação C/N), além dos teores de lignina e polifenóis influenciam a mineralização e a disponibilidade de N para as culturas consorciadas ou em rotação.

Segundo Haynes (1986), resíduos com baixa relação C/N ( $< 25$ ) e reduzidos teores de lignina e polifenóis apresentam rápida mineralização e fornecem grandes quantidades de nutrientes para as culturas subsequentes. Já os resíduos com elevada relação C/N ( $> 25$ ) e altos teores de lignina e polifenóis sofrem uma decomposição mais lenta, podendo formar uma cobertura morta estável que contribua para a melhoria das características físicas do solo (tais como a estrutura, a infiltração de água, etc.).

A época de corte das leguminosas também influencia a decomposição dos resíduos adicionados ao solo. Por ocasião da floração, essas plantas apresentam a máxima acumulação de N nos tecidos. Na medida que vão sendo formados flores e frutos, ocorre um aumento da relação C/N. Desta forma, recomenda-se fazer o corte das leguminosas durante a floração quando o objetivo é fornecer nutrientes para outras culturas. Por outro lado, quando essas plantas são cortadas após a produção de sementes elas podem contribuir para a melhoria das características do solo já citadas anteriormente.

Através do contínuo suprimento de material orgânico ao solo, torna-se possível garantir a manutenção e/ou recuperação de sua fertilidade. Assim, os resíduos dos adubos verdes proporcionam importantes contribuições quando adicionados ao solo.

#### **5. COMPORTAMENTO ECOFISIOLÓGICO DOS ADUBOS VERDES**

Cada espécie vegetal apresenta determinadas exigências com relação à fertilidade do solo e ao clima. Uma consequência disso relaciona-se ao fato de plantas mais rústicas desenvolverem-se bem em solos pobres, enquanto solos férteis apresentam geralmente

plantas mais exigentes. Desta forma, torna-se importante fazer a escolha das plantas mais adequadas ao uso como adubos verdes a partir das condições edafoclimáticas observadas em diferentes regiões (Milan et al., 1990; Milan et al., 1991).

Diferentes espécies de leguminosas podem ser listadas de acordo com seu comportamento em vários ambientes:

(a) Leguminosas adaptadas às baixadas úmidas:

Centrosema (*Centrosema pubescens*)

Cudzu (*Pueraria phaseoloides*)

(b) Leguminosas adaptadas às condições de fogo:

Centrosema (*Centrosema pubescens*)

Siratiro (*Macropodium atropurpureum*)

Soja perene (*Glycine wightii*)

(c) Leguminosas adaptadas às condições de frio:

Ervilhaca (*Vicia sativa*)

Trevo branco (*Trifolium repens*)

Trevo vermelho (*Trifolium pratense*)

(d) Leguminosas adaptadas às condições de seca:

Feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*)

Feijão mungo (*Vigna radiata*)

(e) Leguminosas adaptadas às condições de sombreamento:

Cudzu (*Pueraria phaseoloides*)

Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)

Trevo branco (*Trifolium repens*)

(f) Leguminosas adaptadas às condições de baixa fertilidade do solo:

*Crotalaria spectabilis*

Feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*)

Feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)

Guandu (*Cajanus cajan*)

Indigofera (*Indigofera spp.*)

### 5.1. Condições climáticas

A temperatura exerce influência direta nos processos metabólicos das plantas, encontrando-se relacionada com a latitude e a altitude de cada região. Juntamente com a distribuição anual de chuvas, exerce uma forte influência no estabelecimento e desenvolvimento das plantas.

Alguns adubos verdes também são fortemente influenciadas pelo fotoperíodo. Um exemplo dessas plantas é crotalária, que tem o florescimento induzido, e consequente interrupção do crescimento, quando exposta a dias curtos (Duke, 1983).

Na região Sudeste do Brasil, observam-se duas estações distintas: um verão quente e chuvoso e um inverno seco com temperaturas amenas. Desta forma, o verão aparece como um período mais propício ao desenvolvimento dos adubos verdes, enquanto que no inverno essas plantas devem apresentar um crescimento mais lento.

### 5.2. Condições edáficas

Nem sempre a realização de calagem e adubação elevadas visando o plantio de uma determinada espécie de adubo verde mostra-se como uma prática economicamente viável. Torna-se importante então proceder a identificação de plantas mais adaptadas às diversas condições.

Várias leguminosas utilizadas como adubos verdes apresentam alguma tolerância à acidez do solo. Dentre as espécies mais tolerantes à acidez, Abboud (1986) destaca o feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*).

Em solos com reduzidos teores de fósforo também se recomenda o plantio de feijão de porco (Chada & De-Polli, 1988). Num experimento de longa duração conduzido na Baixada Fluminense, Guerra & Teixeira (1997) verificaram que não houve limitação ao desenvolvimento das leguminosas amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cudzu (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), apesar do baixo teor de P inicialmente disponível no solo.

### 5.3. Seleção de leguminosas para a adubação verde

Na escolha de leguminosas que serão utilizadas como adubos verdes, deve-se levar em consideração algumas características dessas plantas. Com relação ao hábito de crescimento, podem apresentar um comportamento ereto, prostrado ou volúvel (Tabela 1). Quando plantadas em consórcio com outras culturas, as leguminosas de hábito de crescimento volúvel podem atuar como plantas trepadeiras, exigindo cuidados no sentido de que não prejudiquem a cultura consorciada.

Tabela 1 - Características de algumas leguminosas utilizadas para adubação verde

Espécie		Ciclo	Hábito de crescimento	Semente	
Nome vulgar	Nome científico			Dureza	Massa (g/100 sem.)
Feijão bravo	<i>C. brasiliensis</i>	anual	Volúvel	Não	58,8
Feijão de porco	<i>C. ensiformis</i>	anual	Ereto	Não	114,0
Crotalária	<i>C. juncea</i>	anual	Ereto	Não	5,0
Mucuna cinza	<i>M. pruriens</i>	anual	Volúvel	Não	110,0
Mucuna preta	<i>M. aterrima</i>	anual	Volúvel	Não	68,0
Calopogônio	<i>C. mucunoides</i>	perene	Volúvel	Sim	3,5
Siratro	<i>M. atropurpureum</i>	perene	Volúvel	Sim	1,4
Cudzu	<i>P. phaseoloides</i>	perene	Volúvel	Sim	1,2
Soja perene	<i>G. wightii</i>	perene	Volúvel	Sim	0,5
Galáxia	<i>G. striata</i>	perene	Volúvel	Sim	3,4
Centrosema	<i>C. pubescens</i>	perene	Volúvel	Sim	3,4
Desmódio	<i>D. ovalifolium</i>	perene	semi-ereto	Sim	0,2
Estilosantes	<i>E. guianensis</i>	perene	Ereto	Sim	0,2
Amendoim forrageiro	<i>A. pintoi</i>	perene	Rastejante	Não	14,0

Fonte: Costa (1993)

Outra classificação que pode ser feita em relação às leguminosas diz respeito às plantas perenes e anuais. As leguminosas pertencentes ao primeiro grupo são capazes de rebrotar após a realização de um corte, enquanto as anuais não apresentam essa capacidade de rebrota. De forma geral, as leguminosas anuais são capazes de cobrir o solo mais rapidamente que as perenes (Tabela 2).

Diferentes critérios podem ser empregados na seleção de leguminosas para adubação verde:

- serem tolerantes a seca e as geadas;

- apresentarem rápido crescimento inicial e eficiente cobertura do solo;
- produzirem elevadas quantidades de massa verde e massa seca;
- apresentarem elevados teores de N na fitomassa;
- promoverem reciclagem de nutrientes como P, K, Ca e Mg;
- serem pouco suscetíveis e não serem hospedeiras de pragas e doenças;
- apresentarem sistema radicular bem desenvolvido.

Tabela 2 - Período de tempo necessário para a cobertura completa do terreno por algumas leguminosas utilizadas como adubos verdes

Espécie	Época de plantio	Cobertura do Terreno (dias)
Calopogônio	março	105-110
Siratro	março	105-110
Cudzu	março	105-110
Estilosantes	março	135-140
Amendoim forrageiro	maio	190-195
Amendoim forrageiro	dezembro	105-110
Centrosema	dezembro	90-95
Galáxia	dezembro	115-120
Mucuna cinza	dezembro	35-40

Fonte: Guerra (comunicação pessoal)

## 6. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DOS ADUBOS VERDES

A adubação verde pode ser classificada, de acordo com sua utilização, em:

### (a) Adubação verde de primavera/verão em cultivo solteiro

Consiste no plantio dos adubos verdes no período de outubro a janeiro. A ocorrência de chuvas, associada às altas temperaturas desta época do ano, permite a produção de grandes quantidades de massa verde. Quando se utilizam leguminosas, ocorre também um grande acréscimo de nitrogênio ao solo.

A principal desvantagem deste tipo de adubação verde está na ocupação de áreas agrícolas durante um período em que são cultivadas plantas de interesse econômico. Uma alternativa para esse problema seria o plantio de leguminosas em glebas em pousio na propriedade, deixando-se as outras partes para as culturas comerciais. No ano seguinte, seria realizada uma rotação.

### (b) Adubação verde de outono/inverno em cultivo solteiro

Consiste na semeadura dos adubos verdes entre fevereiro e abril. O cultivo destas plantas permite então a proteção de áreas que normalmente não são cultivadas nesta época do ano. Ocorre ainda uma diminuição da infestação do terreno por ervas invasoras e redução das perdas de nutrientes do solo.

Araújo & Almeida (1993) avaliaram o efeito da adubação verde de inverno com feijão de porco na cultura do milho, constatando que a leguminosa permitiu um aumento da produção de grãos de milho de forma similar à adição de 80 kg de N/ha na forma de uréia.

A forma de manejo dos resíduos de adubos verdes também traz influências marcantes sobre a produção de culturas comerciais subsequentes. Andrade (1992) constatou que a manutenção dos resíduos de feijão bravo do Ceará e feijão de porco em cobertura sobre o solo elevaram em 96 % a produção de mandioca e em 68 % a produção de quiabeiro, quando comparadas às produções obtidas com a incorporação dos resíduos.

Além de aumentar a produtividade de culturas comerciais, o pré-cultivo com adubos verdes permite ainda um aumento na população de microrganismos benéficos do solo. Espindola et al. (1996) verificou que a adubação verde de outono/inverno com crotalária e mucuna preta permitiu maior colonização das raízes de batata-doce por fungos micorrízicos arbusculares nativos do solo em comparação ao solo sem vegetação.

### (c) Adubação verde consorciada com culturas anuais

O adubo verde é semeado nas entrelinhas da cultura comercial, permitindo a produção durante todo o ano. Esse sistema mostra-se particularmente interessante em pequenas propriedades rurais, pois permite otimizar o aproveitamento de fatores de produção como energia radiante, água e nutrientes.

Um exemplo deste tipo de adubação verde consiste no consórcio do milho com leguminosas. No caso da utilização de feijão de porco ou caupi, a semeadura do milho pode ser feita juntamente com o adubo verde. Já no caso da mucuna preta, a semeadura das leguminosas deve ser feita depois do plantio do milho. Através do consórcio de feijão de porco com milho, torna-se possível obter aumentos de até 15 % em relação ao milho solteiro (EMBRAPA, 1984).

Esse tipo de consórcio não é indicado para condições de reduzida disponibilidade de água, ocasionadas por ocorrência de veranico ou plantio em período seco do ano, sem irrigação.

Nas condições de clima tropical e subtropical, há uma rápida mineralização de matéria orgânica que pode ser seguida por perdas de nitrogênio. Visando avaliar o fornecimento desse nutriente no momento de maior exigência da cultura do milho, Hodtke et al. (1997) realizaram um experimento de campo com adubação verde simultânea, onde caupi foi semeado nas entrelinhas do milho e cortado quando as plantas começaram a florescer, por volta de 50 dias após a semeadura. Os autores constataram que a adubação verde aumentou significativamente o teor de N total das folhas de milho, analisadas oito dias após o corte das leguminosas, enquanto a produção de grãos de milho foi aumentada em 16 % quando as duas linhas de caupi foram utilizadas como adubo verde (incorporadas ou deixadas em cobertura).

#### (d) Adubação verde consorciada com culturas perenes

Nesta modalidade, o adubo verde é cultivado entre as linhas de frutíferas ou de outras plantas perenes. Devem ser evitados adubos verdes muito agressivos, como as mucunas preta e cinza, realizando o coroamento das plantas quando for necessário.

Dentre as vantagens da adoção desta prática estão o controle de erosão, redução da incidência de ervas invasoras e atenuação das perdas de nutrientes do solo.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adubação verde consiste numa prática capaz de manter a fertilidade do solo, colaborando para o aumento da produtividade agrícola. No entanto, não se deve esperar respostas imediatas uma vez que os benefícios oriundos da adição de matéria orgânica ao solo são mais significativos a médio e longo prazo. Essa técnica deve ser avaliada ainda em função das vantagens relacionadas à fixação biológica de nitrogênio, proteção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Outro fator importante a ser considerado pelos agricultores relaciona-se à diversificação de espécies utilizadas como adubos verdes. Isto porque a utilização de uma

única espécie vegetal pode trazer os mesmos inconvenientes da monocultura, principalmente no que diz respeito ao aparecimento de pragas e doenças.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A.C. de S. **Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas**. Itaguaí: UFRRJ, 1986. 296p. Tese de Mestrado.
- ANDRADE, A.G. **Manejo de material orgânico para o cultivo de inverno de quiabo e mandioca em solo arenoso**. Itaguaí: UFRRJ, 1992. 83p. Tese de Mestrado.
- ARAÚJO, A.P.; ALMEIDA, D.L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.245-251, 1993.
- CHADA, S. de S.; DE-POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.11, p.1197-1202, 1988.
- COSTA, M.B.B. da, coord. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A. **Inoculação de leguminosas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-UAPNPBS, 1985. 31p. (EMBRAPA-UAPNPBS. Circular Técnica, 1)
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O., eds. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p.225-242.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 268p.
- DUKE, J.A. **Handbook of legumes of world economic importance**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1983. 345p.
- EMBRAPA. Departamento de Orientação à Programação da Pesquisa. (Brasília, DF). **Síntese: Tecnologias geradas pelo sistema EMBRAPA**. Brasília: EMBRAPA. DDT, 1984. 767p. (EMBRAPA-DPP. Documentos, 8).

- ESPINDOLA, J.A.A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.339-347, 1998.
- FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembola in a permanent row crop. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.4, p.303-308, 1995.
- FLEMING, K.L.; POWERS, W.L.; JONES, A.J.; HELMERS, G.A. Alternative production systems' effects on the K-factor of the Revised Universal Soil Loss Equation. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.12, n.2, p.55-58, 1997.
- FRANCO, A.A.; NEVES, M.C.P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., eds. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.219-230.
- FRASER, P.M. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil macrofauna. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., eds. **Soil Biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.125-132.
- FREIRE, J.R.J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., eds. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.121-140.
- GIRMA, T.; ENDALE, B. Influence of manuring on certain soil physical properties in the Middle Awash area of Ethiopia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.26, n.9/10, p.1565-1570, 1995.
- GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 7p. (Embrapa-Agrobiologia. Comunicado Técnico, 16).
- HAYNES, R.J. The decomposition process: Mineralization, immobilization, humus formation and degradation. In: HAYNES, R.J., ed. **Mineral nitrogen in the plant-soil system**. Orlando: Academic Press, 1986. p.52-176.

- HODTKE, M.; ALMEIDA, D.L. de; KOPKE, U.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; UNKOVICH, M. Balanço de nitrogênio em diferentes sistemas de produção orgânica para milho e caupi. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Seção temática 4. 1 CD-ROM.
- JESUS, E.L. de. Histórico e filosofia da agricultura alternativa. **Proposta**, Rio de Janeiro, v.27, p.34-40, 1985.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 264p.
- KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, n.5, p.1289-1295, 1993.
- LIU, J.; HUE, N.V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.21, n.4, p.264-270, 1996.
- LYNCH, J.M. **Biotecnologia do solo**. São Paulo: Manole, 1986. 209p.
- MILAN, P.A.; RITTER, W.; DALL'AGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes a alumínio e eficientes na utilização de fósforo. II. Leguminosas exóticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1739-1746, 1990.
- MILAN, P.A.; RITTER, W.; DALL'AGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes a alumínio e eficientes na utilização de fósforo. I. Leguminosas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.119-124, 1991.
- OSTIZ, S. de B.; MUSUMECI, M.R.; TSAI, S.M. Efeito de alguns agrotóxicos na sobrevivência e na atividade respiratória de *Rhizobium leguminosarum* e *Bradyrhizobium japonicum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.6, p.663-667, 1989.
- PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., eds. **Soil Biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.3-9.

- REDDY, K.K.; SOFFES, A.R.; PRINE, G.M.; DUNN, R.A. Tropical legumes for green manuring. II. Nematode populations and their effects on succeeding crop yields. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.1, p.5-10, 1986.
- SANTOS, M.A.; RUANO, O. Reação de plantas usadas como adubos verdes a *Meloidogyne incognita*; Raça 3 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, s.l., v.11, p.184-197, 1987.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F.X. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em latossolo roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.2, n.9, p.4-5, 1984.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Technical Cooperation, Federal Republic of Germany, 1991. 371p.
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., eds. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. ; MELGAR, R.J. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. **Tropical Agriculture**, London, v.68, n.4, p.366-372, 1991.