

**Influência da Adubação Verde em Aspectos  
Físicos, Químicos e Biológicos do Solo**Luciano da Silva Souza<sup>1</sup>ANA LÚCIA BORGES<sup>2</sup>LAÉRCIO DUARTE SOUZA<sup>3</sup>**5.1.1 Introdução**

A fertilidade do solo pode ser definida como a capacidade deste de manter, de modo satisfatório, o desenvolvimento das plantas a médio e a longo prazo, disponibilizando água, ar e nutrientes na quantidade e no momento que as plantas necessitam (MARCOS, 1982). Isso é determinado por um conjunto de interações entre o sistema físico e químico e as atividades biológicas do solo, o que está diretamente ligado à matéria orgânica (MO), em função da sua importância na manutenção e melhoria da estrutura, dinâmica da água e aeração do solo. Constitui-se, ainda, de grande reserva de nutrientes.

---

<sup>1</sup> Professor Doutor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Campus Universitário de Cruz das Almas. Rua Rui Barbosa, nº 710, 44380-000 Cruz das Almas-BA. E-mail: lsouza@ufrb.edu.br.

<sup>2</sup> Pesquisadora Doutora da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Rua Embrapa, sn, 44380-000 Cruz das Almas-BA. E-mail: analucia@cnpmf.embrapa.br.

<sup>3</sup> Pesquisador Doutor da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Rua Embrapa, s/n, 44380-000 Cruz das Almas-BA. E-mail: laercio@cnpmf.embrapa.br.

Durante muitos anos, a agricultura baseou-se no manejo de materiais disponíveis nas propriedades rurais, destacando-se os esterco, restos culturais, compostos orgânicos, etc. Esse panorama mudou com o advento do que se chamou de Revolução Verde, passando a prevalecer uma agricultura altamente mecanizada e cada vez mais dependente do uso de fertilizantes minerais, ocorrendo certo abandono das práticas de adubação orgânica. Isso durou até o momento em que começaram a aparecer sérios problemas de degradação do solo e do meio ambiente como um todo, devido ao uso intensivo de mecanização e de agroquímicos, incluindo os fertilizantes minerais. Esse aspecto e a crescente opção dos consumidores por produtos saudáveis e gerados sob a ótica da preservação/proteção ambiental voltaram a valorizar a prática da adubação orgânica. A pouca disponibilidade de esterco e de compostos orgânicos estimula a prática da adubação verde, utilizando plantas melhoradoras do solo (leguminosas ou de outras famílias), com o objetivo de manter ou elevar a produtividade das culturas.

### 5.1.2 Fatores de Crescimento Vegetal

O crescimento e o rendimento das culturas são influenciados por vários fatores denominados fatores de crescimento vegetal, sendo representados pela equação:

$$R = f(\text{cl, s, p, h, t}),$$

onde R é o rendimento da cultura e os fatores de crescimento são cl = clima, s = solo, p = planta, h = homem e t = tempo (JENNY, 1941).

O fator clima é função da temperatura, chuva, vento e radiação solar. O fator solo é composto por processos químicos, físicos e biológicos. O fator planta considera as diferentes espécies e variedades cultivadas. O fator homem representa as diversas práticas

culturais (preparo do solo, calagem, adubação, controle de pragas e doenças e outras). O fator tempo é o período entre o plantio e a colheita da cultura, no qual interagem os demais fatores de crescimento vegetal (FORSYTHE, 1967).

O solo pode ser dividido em fatores químicos (pH, conteúdo de sais, nutrientes essenciais e elementos tóxicos às plantas), físicos (aeração, retenção de água, temperatura do solo e resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes) e biológicos (interação entre os microrganismos e a matéria orgânica do solo) (RUSSEL, 1950; TISDALE e NELSON, 1963; FORSYTHE, 1967).

Considerando o objetivo deste capítulo, apenas os fatores físicos que determinam o crescimento vegetal serão abordados com mais detalhes. As dificuldades na melhoria dos atributos físicos de um solo, em comparação com os atributos químicos, vêm ocasionando um maior cuidado quanto à escolha de práticas conservacionistas de uso e manejo do solo, aumentando, assim, a importância da adubação verde.

### 5.1.3 Princípios Básicos em Manejo e Conservação do Solo

#### *Revolver o solo o mínimo possível*

O menor revolvimento do solo proporciona os seguintes benefícios: a) menor compactação do solo; b) manutenção ou melhoria da estrutura do solo; c) aumento no teor de carbono orgânico (MO) do solo; d) maior infiltração de água; e) menores perdas de solo e água por erosão; f) mais água disponível para as plantas e g) redução de custos de produção (Figuras 1 e 2).

#### *Deixar o máximo de resíduos vegetais sobre a superfície do terreno*

A cobertura do solo, seja ela viva ou morta, proporciona os seguintes benefícios: a) proteção contra as chuvas e enxurradas; b) incorporação de matéria orgânica e nutrientes; c) melhoria da estrutura do solo; d) aumento da infiltração da água; e) redução da evaporação da água do solo; f) aumento da retenção, do armaze-

namento e da disponibilidade de água no solo; g) amenização da temperatura do solo; h) redução na infestação do mato.

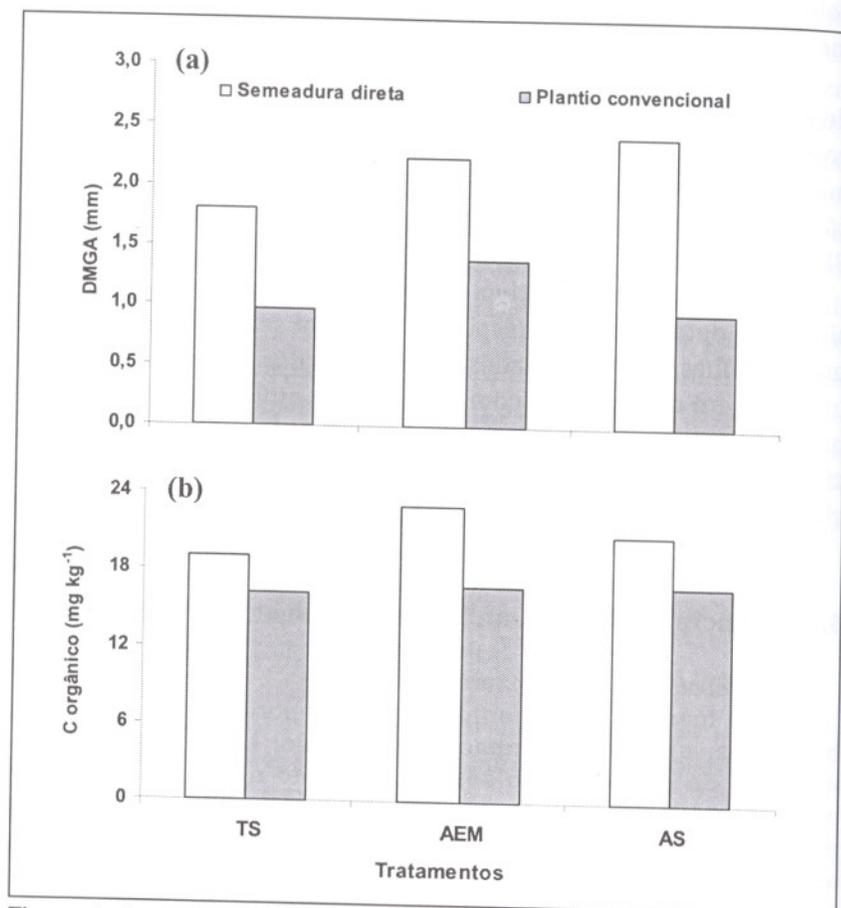


Figura 1. Agregação/estrutura do solo expressa pelo diâmetro médio geométrico de agregados - DMGA (a) e teor carbono orgânico (b) no solo em semeadura direta e preparo convencional. TS = trigo/soja; AEM = aveia + ervilhaca/milho; AS = aveia/soja (CAMPOS et al., 1995).

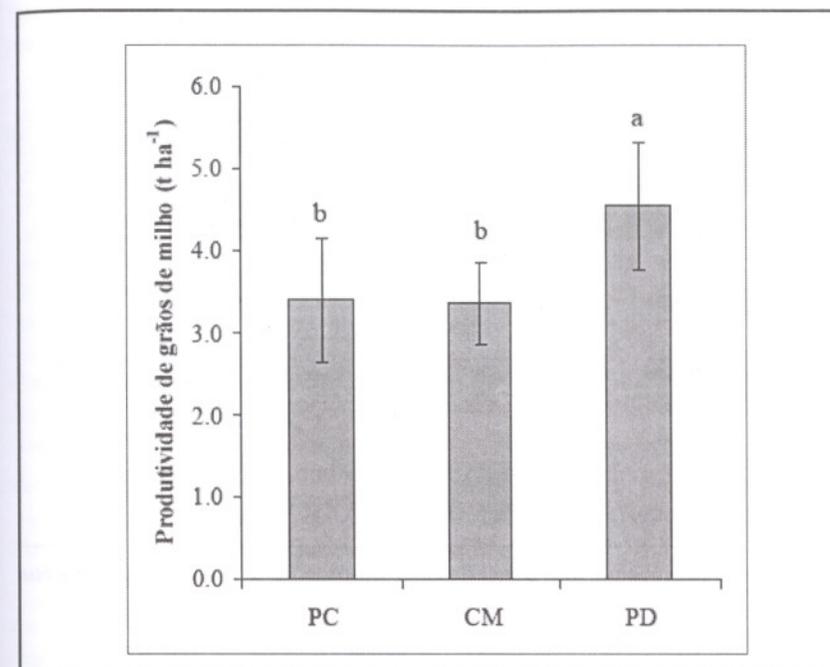


Figura 2. Produtividade de grãos de milho sob os métodos de preparo do solo de plantio convencional (PC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) em solo de Tabuleiro Costeiro de Sergipe (BARRETO e FERNANDES, 2009).

#### 5. 4 Diversidade de Cultivos

A produtividade agrícola é o resultado da ação e da interação de diversos fatores que interferem no plantio, desenvolvimento, colheita e pós-colheita. A diversidade de cultivos envolvendo o uso de plantas melhoradoras do solo (leguminosas e não leguminosas) é um desses fatores, que resulta em várias alterações, contribuindo, enfim, para a conservação do solo e da água. É o caso, por exemplo, de se utilizar leguminosas e gramíneas (Figura 3).

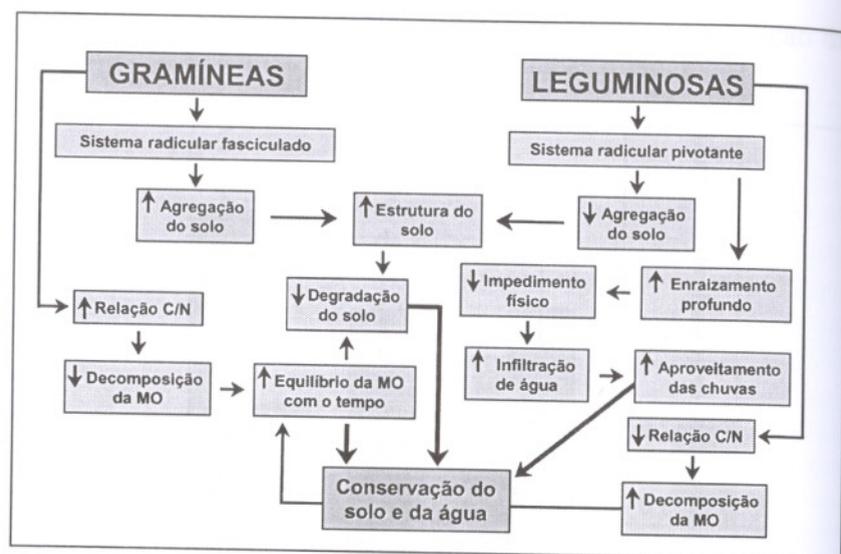


Figura 3. Alterações no solo causadas por plantas melhoradoras (gramíneas e leguminosas).

### 5.1.5 QUANTIDADES DE RESÍDUOS INCORPORADOS AO SOLO POR ADUBOS VERDES

A Tabela 1 relaciona diferentes adubos verdes e as quantidades de massa verde e massa seca incorporadas ao solo por cada um, em diferentes condições de solo e clima e em vários países.

Tabela 1. Adubos verdes e quantidades de massa verde e massa seca incorporadas ao solo:

Nome comum	Nome científico	Produção (t ha <sup>-1</sup> )	
		Massa verde	Massa seca
Crotalaria júncea	Crotalaria juncea	16-72	0,9-12,1
Mucuna-preta	Stylobium aterrimum	15-42	2,1
Lablab	Dolichos lablab	10-40	0,6-5,8
Guandu	Cajanus cajan	15-34	6,5-9,0
Crotalaria espectabilis	Crotalaria spectabilis	15-32	-
Feijão-de-porco	Canavalia ensiformis	10-32	4,4
Centrosema	Centrosema pubescens	-	1,2
Crotalaria ocreoleuca	Crotalaria ochroleuca	-	2,0-13,8
Soja	Glycine max	-	2,8-5,8
Indigofera	Indigofera tinctoria	-	2,3-2,9
Siratiro	Macroptilium atropurpureum	12	3,1-5,5
Amendoim-forrageiro	Arachis pintoi	12	3,4
Estilosantes	Stylozantes guianensis	-	4,3
Sesbania	Sesbania rostrata	-	0,7-4,6
Cudzu-tropical	Pueraria phaseoloides	22	5,4
Caupi	Vigna unguiculata	-	0,6-8,5
Capim-de-Rhodes	Chloris gayana	-	14

Fonte: Cherr et al. (2006); Espíndola et al. (1998); Weber e Passos (1991).

### 5.1.6 RELAÇÃO ENTRE A ADUBAÇÃO VERDE E OS FATORES FÍSICOS DO SOLO

#### Aeração

A capacidade de aeração do solo é muito importante para propiciar o oxigênio necessário para que as raízes possam desempenhar o seu papel no suprimento de água e nutrientes para as plantas. É essencial avaliar a porosidade total, especialmente a quantidade de poros maiores (macroporosidade), que tem papel importante na aeração do solo.

Em geral, a porosidade total do solo varia entre 30% a 60%. É imprescindível, no mínimo, 10% de porosidade de aeração (ma-

croporos) ocupada pelo ar, para evitar deficiência de aeração do sistema radicular das plantas, limitando o seu crescimento e desenvolvimento. A MO adicionada ao solo pela adubação verde contribui para aumentar o volume de poros e, conseqüentemente, a aeração.

Uma maneira particular de manejo de adubos verdes é o plantio de leguminosas perenes, de porte arbustivo, em fileiras no meio de culturas alimentares ou comerciais. Periodicamente, são feitos cortes na parte aérea das leguminosas, deixando-se o resíduo como cobertura do solo ou incorporando-o ao mesmo. A gliricídia (*Gliricidia sepium*) e a leucena (*Leucaena leucocephala*) comportaram-se bem nesse sistema, em Sergipe, aumentando a porosidade e a macroporosidade do solo (Figura 4).

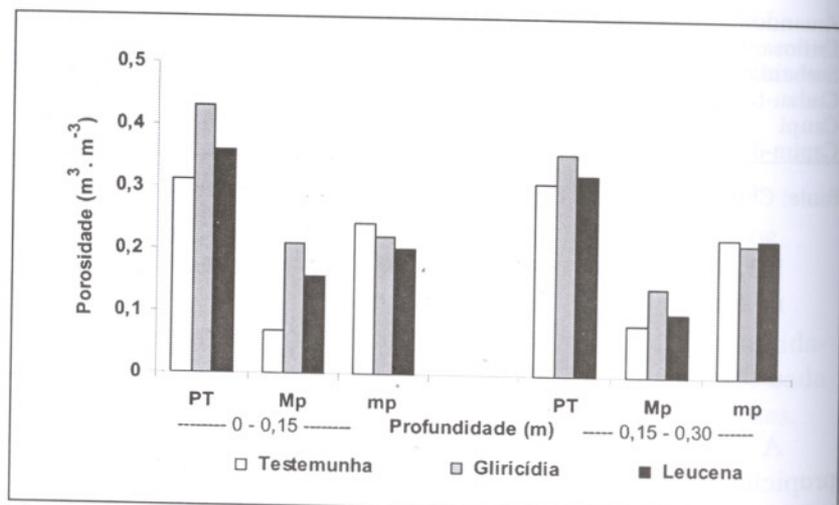


Figura 4. Alterações na porosidade total (PT), macroporosidade (Mp) e microporosidade (MP) do solo, pela aplicação de resíduos vegetais de gliricídia e leucena (BARRETO e FERNANDES, 2001).

### Água do solo

- Retenção de água: a aplicação de matéria orgânica pelos adubos verdes melhora a estrutura do solo e sua capacidade de retenção e armazenamento de água. A retenção da água no solo, na profundidade de 0-5cm, aumentou no sistema de cultivo de arroz e trigo em sucessão, em função da adubação verde com *Sesbania aculeata*, em associação com esterco e com resíduos de trigo (Figura 5).

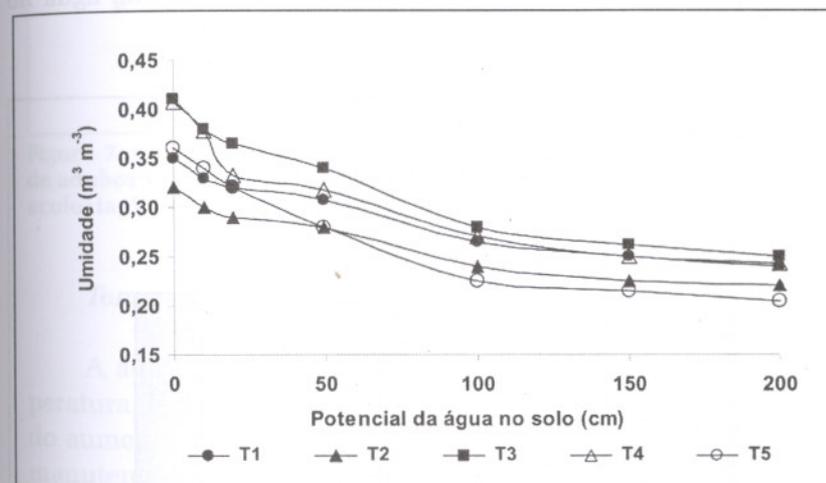


Figura 5. Curvas de retenção de água no solo em função da utilização de adubos verdes. T1 = testemunha; T2 = *Sesbania aculeata*; T3 = *S. aculeata* + esterco; T4 = *S. aculeata* + resíduos de trigo; T5 = *S. aculeata* + resíduos de trigo + resíduos de arroz (SINGH et al., 2007).

- Velocidade de infiltração da água no solo: deve ser maior do que a incidência das chuvas ou da irrigação para evitar o acúmulo de água na superfície. Em áreas declivosas pode ocorrer erosão. A MO melhora a estrutura e a porosidade do solo e, conseqüentemente, a velocidade de infiltração da água. Tal velocidade aumentou, significativamente, com a

utilização da *Crotalaria ochroleuca* como adubo verde para o milho e o feijão (Figura 6).

- Condutividade hidráulica em solo saturado ( $K_0$ ): é uma propriedade fundamental para que a água infiltrada na superfície do solo se redistribua até as camadas mais profundas. Além de melhorar a velocidade de infiltração da água, como visto no item anterior, a MO aumenta também a  $K_0$ . A utilização de *Sesbania rostrata*, *S. aculeata* e *Vigna radiata* como adubos verdes em sistema de cultivo de arroz/trigo em sucessão aumentou a  $K_0$  e melhorou a dinâmica da água no perfil do solo (Figura 7).

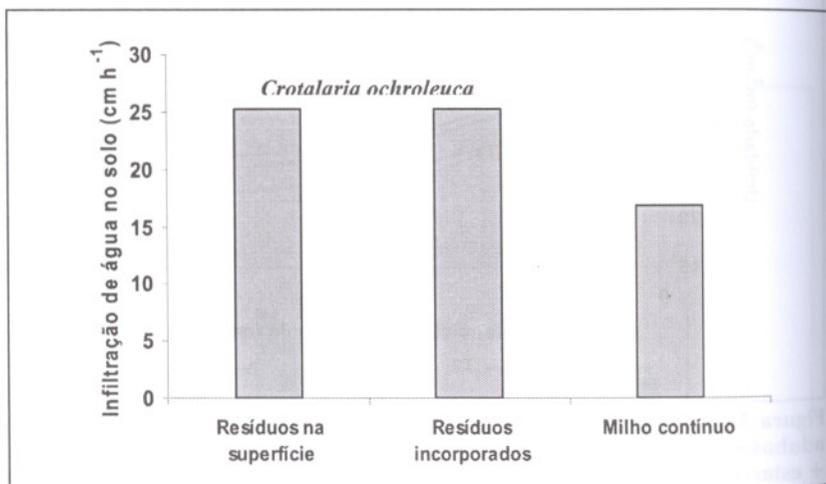


Figura 6. Velocidade de infiltração de água no solo pela utilização de *Crotalaria ochroleuca* como adubo verde para o milho e o feijão (FISCHLER et al., 1999).

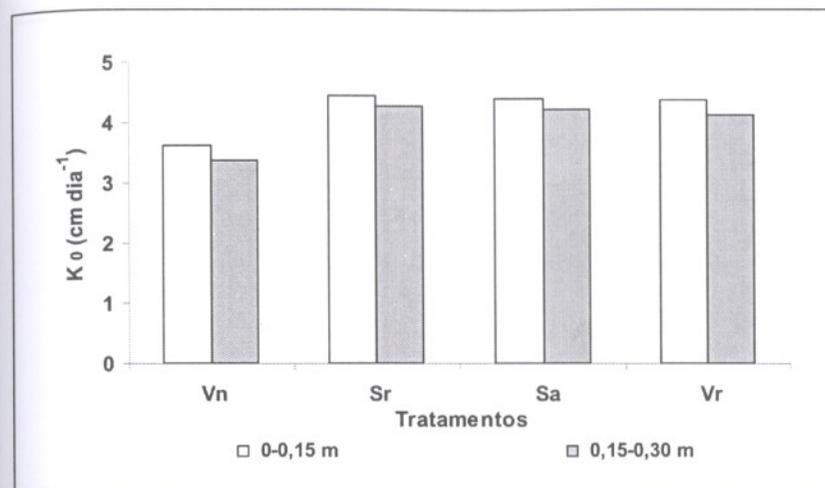


Figura 7. Condutividade hidráulica em solo saturado ( $K_0$ ) pela utilização de adubos verdes. Vn = vegetação natural; Sr = *Sesbania rostrata*; Sa = *S. aculeata*; Vr = *Vigna radiata* (Mandal et al., 2003).

### Temperatura do solo

A adição de MO ao solo apresenta um efeito direto na temperatura deste e ainda um efeito indireto nesse atributo resultante do aumento da retenção de água. No cultivo da cana-de-açúcar, a manutenção da palha na superfície reduziu a temperatura do solo e aumentou a umidade, em comparação com o solo descoberto. A queima da palha mostrou um comportamento intermediário entre os dois sistemas citados (Figura 8).

A adubação verde também contribui para amenizar a temperatura e conservar a umidade do solo, em função da cobertura do solo resultante da ceifa da sua parte aérea.

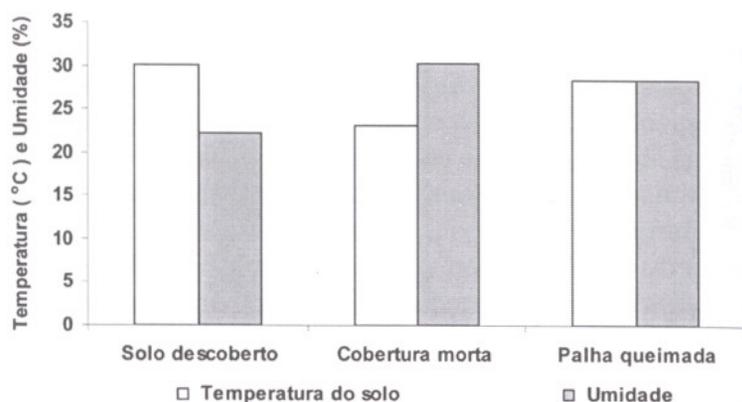


Figura 8. Temperatura e umidade do solo, avaliadas simultaneamente, em diferentes sistemas de manejo da cobertura do solo em cana-de-açúcar (DOURADO-NETO et al., 1999).

### Resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes

A resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes pode ser medida diretamente por meio de equipamentos denominados penetrômetros. Uma forma indireta de avaliar tal atributo é por meio da relação estreita que ele apresenta com a densidade do solo, refletindo, assim, o estado de adensamento ou compactação do solo.

O uso da *Crotalaria ochroleuca*, como adubo verde na produção de milho e feijão, não apenas aumenta o suprimento de nitrogênio no solo, como também melhora as condições físicas, reduzindo a densidade do solo – e, conseqüentemente, a resistência mecânica ao crescimento das raízes –, que foi menor quando os resíduos foram incorporados em relação à sua manutenção na superfície (Figura 9). Esse efeito da adubação verde geralmente é mais evidente na camada mais superficial.

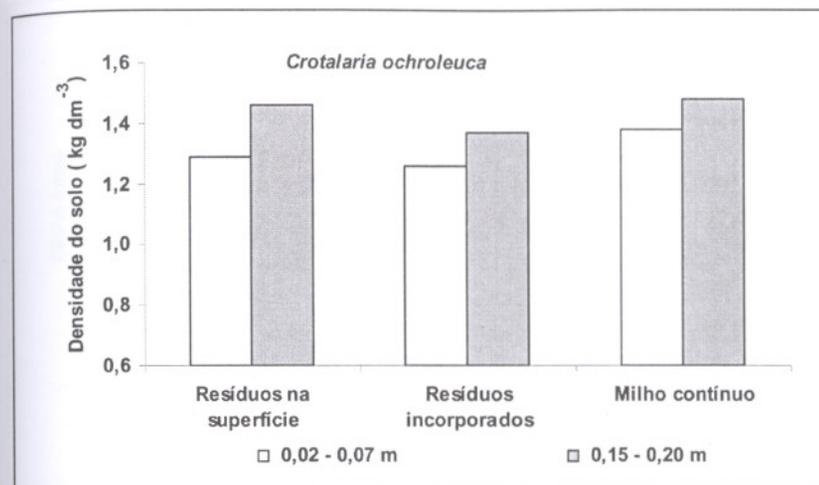


Figura 9. Densidade do solo pela utilização de *Crotalaria ochroleuca* como adubo verde (FISCHLER et al., 1999).

O plantio de leguminosas perenes, de porte arbustivo, em fileiras no meio de culturas alimentares ou comerciais, com a poda periódica da parte aérea e deixando a fitomassa no solo, possibilitou a incorporação de 4,9 e 5,8 toneladas de matéria seca por hectare e por ano pela leucena (*Leucaena leucocephala*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*), respectivamente, após oito e dez cortes realizados em três anos depois do plantio. A densidade do solo reduziu nas áreas com leucena e gliricídia, em comparação com a vegetação nativa, sendo a redução maior na camada de 0-0,15m (Figura 10).

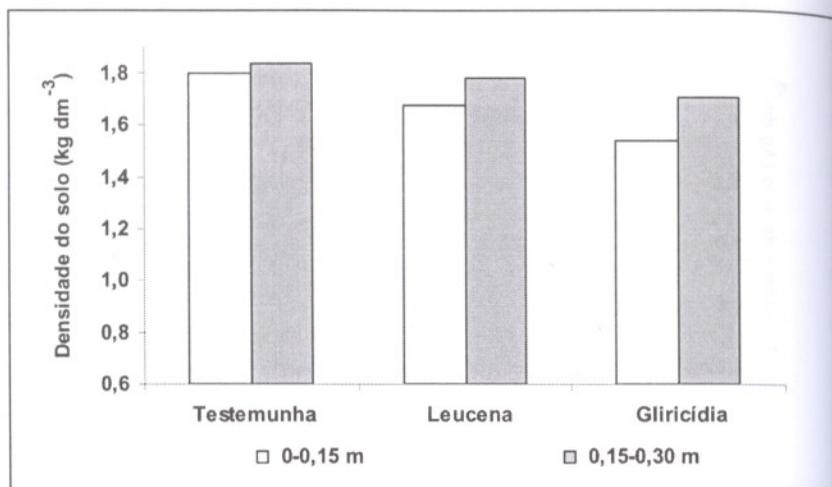


Figura 10. Alteração na densidade do solo, em função da aplicação de resíduos vegetais de leucena e gliricídia (BARRETO e FERNANDES, 2001).

### 5.1.7 RELAÇÃO ENTRE A ADUBAÇÃO VERDE E A AGREGAÇÃO DO SOLO

A agregação do solo é uma avaliação indireta da estrutura do solo, apresentando estreita relação com todos os fatores físicos de crescimento vegetal, influenciando-os ou definindo a sua magnitude.

Após quatro anos de avaliação de sistemas de manejo do solo, utilizando o amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), cudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), foram observados efeitos positivos no diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) e no teor de carbono orgânico (MO) do solo (Figura 11). O aumento do DMPA reflete uma melhoria na agregação e, portanto, na estrutura do solo, como resultado da maior incorporação de MO pelos adubos verdes, a qual é um dos principais agentes de agregação e de estruturação do solo.

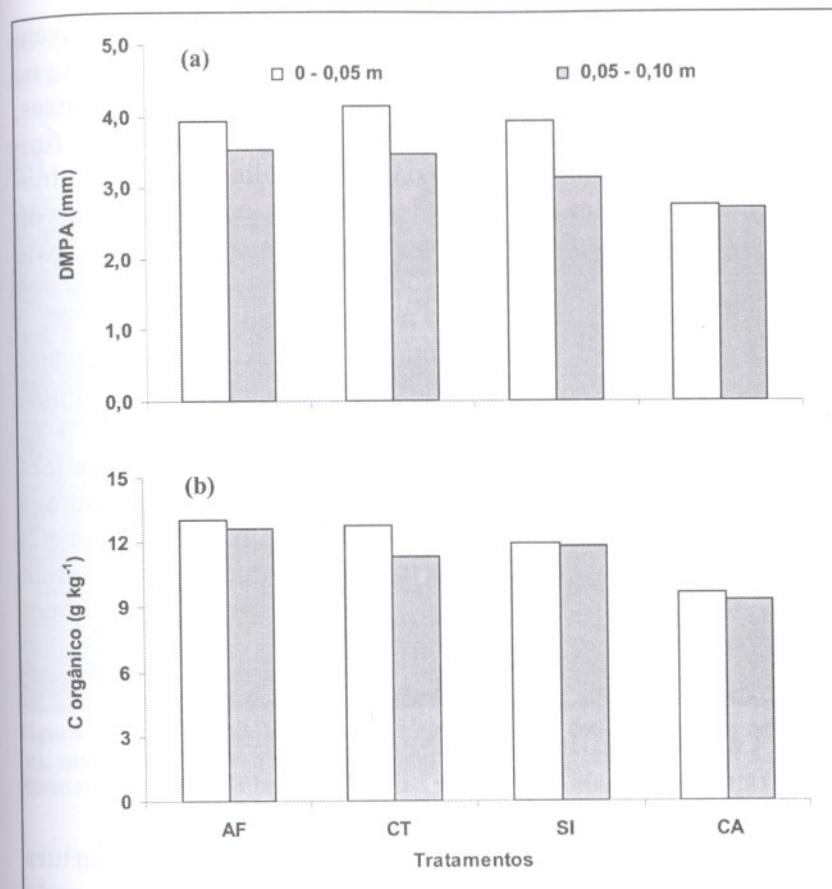


Figura 11. Agregação do solo expressa pelo diâmetro médio ponderado de agregados – DMPA (a) e do teor carbono orgânico (b) no solo, em função de sistemas de manejo com leguminosas herbáceas perenes. AF = amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*); CT = cudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*); SI = siratro (*Macroptilium atropurpureum*); CA = solo capinado (PERIN et al., 2002).

Várias plantas, principalmente leguminosas ou não leguminosas, são utilizadas na rotação de culturas, no consórcio com cultivos anuais e perenes e na adubação verde; o seu comportamento

é uma função das características do clima, do solo e do manejo em que foram avaliadas. A MO incorporada por essas plantas atua na agregação e estruturação do solo, diretamente por meio das raízes, mas também produzindo polissacarídeos, e pelas hifas dos fungos que atuam na decomposição da MO. Geralmente, as gramíneas são mais eficientes do que as leguminosas na estruturação do solo, pela maior quantidade de raízes e pela constante produção de componentes orgânicos relacionados com a agregação do solo; os compostos orgânicos também são muito eficientes.

Silva et al. (2008) constataram maior proteção ao solo e maior diversidade de nutrientes com o uso de coquetel vegetal composto por calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) + *C. juncea* + *C. spectabilis* + feijão-de-porco + guandu + lab-lab + gergelim (*Sesamum indicum* L.) + girassol (*Helianthus annuus* L.) + mamona (*Ricinus communis* L.) + milho (*Pennisetum americanum* L.) + sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), por tais culturas apresentarem hábitos, necessidades nutricionais, parte aérea diferenciada e por ocuparem diferentes estratos do solo.

#### 5.1.8 COBERTURA VEGETAL DO SOLO EM FRUTICULTURA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Vários trabalhos têm sido realizados avaliando a cobertura vegetal do solo em citros, mamão, maracujá e banana, utilizando leguminosas plantadas nas entrelinhas da cultura no início das águas (março/abril) e ceifadas ao final das águas (setembro/outubro), deixando-se a massa verde produzida como cobertura morta do solo nas entrelinhas. No caso da cultura da banana, tem-se avaliado, também, a cobertura morta do solo com fitomassa produzida pela própria cultura (Figura 12). Dentre as leguminosas, têm-se utilizado com mais frequência o feijão-de-porco (*C. ensiformis*), a crotalária (*C. juncea*) e o feijão caupi (*V. unguiculata*). Essa prática contribui para reduzir o manejo mecânico do solo

no controle do mato, nas entrelinhas dos pomares, reduzindo, assim, a degradação do solo.

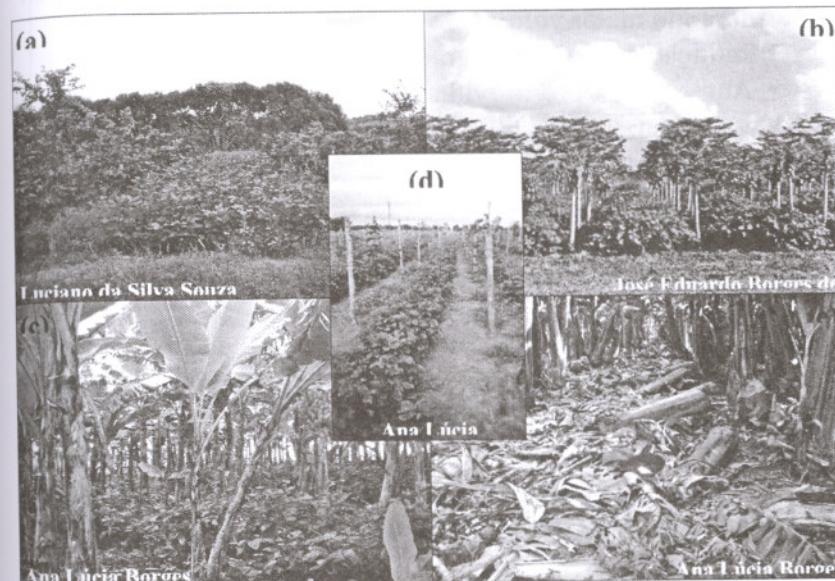


Figura 12. Utilização de coberturas vegetais com feijão-de-porco em citros (a), mamão (b), banana (c) e maracujá (d) e cobertura morta do solo com fitomassa da própria bananeira (e).

Os benefícios da prática são a seguir detalhados (BORGES e SOUZA, 2001, 2004; BORGES et al., 2004; CARVALHO et al., 1998, 1999, 2004; CINTRA, 1982, 1984):

- Redução da densidade do solo e, conseqüentemente, da resistência mecânica dele ao crescimento das raízes;
- Aumento da porosidade total e da macroporosidade, resultando em melhor aeração, melhor redistribuição e armazenamento da água no perfil e menor resistência do solo ao crescimento das raízes;
- Aumento da taxa de infiltração de água no solo e redução da evaporação, contribuindo para maior armazenamento de

água no solo, ou seja, melhor aproveitamento da água das chuvas;

- Maior aprofundamento do sistema radicular dos citros, explorando maior volume do solo;
- Redução de custos com o controle do mato;
- Aumento de produtividade de cerca de 50% pelo uso da tecnologia;
- Aumento da longevidade das plantas (presumível).

### 5.1.9 ADUBAÇÃO VERDE E MANDIOCA

Existe enorme carência quanto à utilização de adubos verdes em mandioca. No entanto, ela responde muito bem não apenas à adubação verde (Figura 13) como à adubação orgânica em geral (Figura 14). É o caso de esterco, tortas oleaginosas, húmus de minhocas e resíduos industriais como o vinhoto das feccularias e a manipueira das casas de farinha.

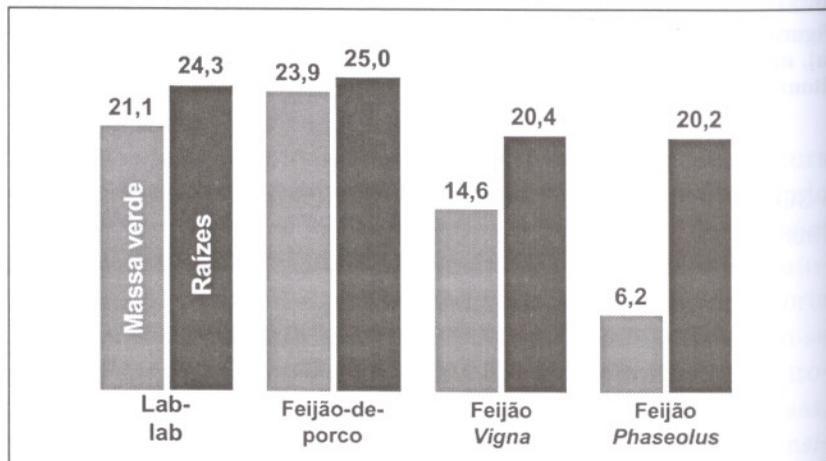


Figura 13. Produção de massa verde de leguminosas e de raízes de mandioca proporcionados por diferentes adubos verdes (SOUZA et al., 1983).

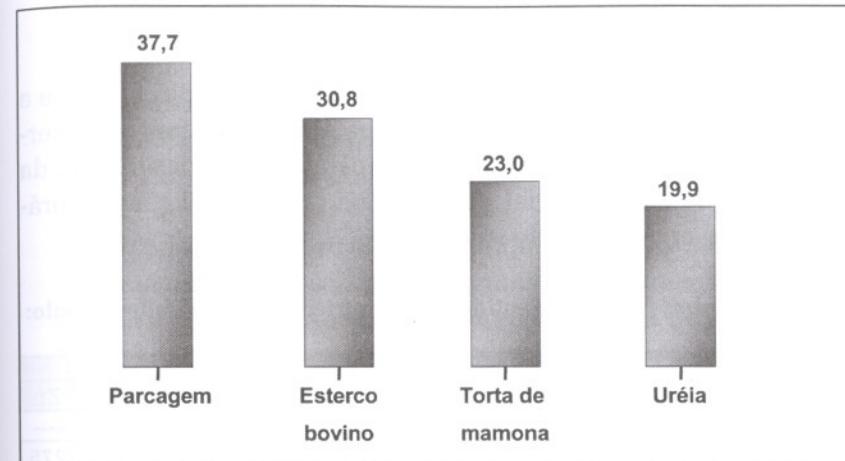


Figura 14. Adubação orgânica na produção da mandioca. Parcagem significa a adubação orgânica realizada por animais diretamente no campo (GOMES et al., 1983).

Os adubos verdes favorecem a população e a atividade dos organismos do solo. No caso específico da mandioca, bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Klebsiella* têm sido encontradas em associação com a cultura, contribuindo bastante com o suprimento de nitrogênio. Já os fungos micorrízicos arbusculares (MA) têm sido encontrados nas raízes da cultura, aumentando a absorção de água e nutrientes, principalmente de fósforo (GOMES e SILVA, 2006).

### 5.1.10 ADUBAÇÃO VERDE E FORNECIMENTO DE NUTRIENTES

A fitomassa produzida pelos adubos verdes (parte aérea e raízes), deixada na superfície ou incorporada ao solo, fornece grandes quantidades de nutrientes, como se observa na Tabela 2.

### 5.1.11 ADUBAÇÃO VERDE E BIOTA DO SOLO

O material orgânico fornecido pelos adubos verdes favorece a atividade dos organismos do solo, já que serve como fonte de energia e nutrientes. A amenização da temperatura e a conservação da umidade que esse material proporciona criam condições favoráveis para os organismos do solo.

**Tabela 2. Adubos verdes e quantidades de nutrientes incorporados ao solo:**

Tratamentos	Macronutrientes						Micronutrientes				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg/ha						g/ha				
Crotalaria juncea	183	39	204	105	52	13	236	92	4,2	721	275
Crotalaria spectabilis	44	10	56	38	10	3	74	30	561	170	64
Guandu	144	30	131	55	21	10	157	82	3,1	506	144
Mucuna-preta	86	19	73	39	14	6	93	64	8,1	612	103
Mucuna-anã	91	15	55	32	14	7	91	74	5,8	714	105
Lab-lab	67	19	69	43	19	7	93	32	4,6	578	100
Feijão-de-porco	169	31	138	109	30	11	169	42	4,0	780	133

Fonte: Silva et al. (1999).

A presença de microrganismos se faz sentir em processos que ocorrem no solo: a) decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes; b) transformações bioquímicas específicas (nitrificação/desnitrificação, oxidação e redução do S e de elementos metálicos); c) fixação biológica do nitrogênio atmosférico; d) ação antagônica aos patógenos que ocorrem no solo; e) produção de substâncias estimuladoras de crescimento das plantas; f) solubilização de minerais, liberando nutrientes para as plantas.

Vários organismos do solo são favorecidos pela adubação verde, destacando-se os seguintes (ESPÍNDOLA et al., 1997):

- Bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* fixam nitrogênio atmosférico em associação simbiótica com diversas leguminosas. O nitrogênio fixado é transferido para as leguminosas, que retribuem às bactérias com carboidratos

produzidos por essas plantas que servem como fontes de energia. Essas trocas ocorrem em nódulos formados pelas bactérias fixadoras nas raízes das leguminosas.

- Bactérias do gênero *Azospirillum* e *Klebsiella* fixam nitrogênio em associação com gramíneas e outras culturas como a mandioca.
- Bactérias do gênero *Herbaspirillum* e *Burkholderia* proporcionam maior crescimento de mudas de bananeiras cv. Prata Anã e Caipira, respectivamente, na ausência de N (WEBER et al., 2000).
- Bactérias dos gêneros *Beijerinckia*, *Azobacter* e *Derxia* são fixadores de nitrogênio de vida livre no solo.
- Fungos micorrízicos arbusculares (MA) nativos do solo associam-se às raízes de praticamente todas as plantas cultivadas, aumentando a absorção de água e nutrientes e permitindo melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo, principalmente os fosfatados. A mandioca é uma planta que se beneficia bastante desses fungos.
- Minhocas atuam na redistribuição de resíduos orgânicos no perfil do solo, contribuindo na decomposição da matéria orgânica, além de abrir canais no solo que favorecem a maior aeração e infiltração de água.

Além disso, a adubação verde ainda se mostra eficiente no controle de nematoides, que causam enormes prejuízos às culturas. As crotalárias, mucunas e o guandu são algumas das espécies de adubos verdes que apresentam melhores efeitos no controle de nematoides (Inomoto et al., 2008).

A MO incorporada por essas plantas atua na agregação e estruturação do solo, diretamente por meio das raízes, mas também produzindo polissacarídeos e pelas hifas dos fungos que atuam na decomposição da MO. Geralmente, as gramíneas são mais eficientes do que as leguminosas na estruturação do solo, pela maior quantidade de raízes e pela constante produção de componentes

orgânicos relacionados com a agregação do solo. Os compostos orgânicos também são muito eficientes.

Fatores ambientais como: quantidade de nutrientes, umidade, grau de aeração, temperatura, pH, adubação e matéria orgânica definem a quantidade de microrganismos no solo.

#### 5.1.12 ONDE SE QUER CHEGAR OU O QUE SE PRETENDE?

A resposta a essa pergunta é: manter a fertilidade do solo e a produtividade ao longo do tempo, por meio dos aspectos abordados na Figura 15.



Figura 15. Aspectos que podem ser proporcionados pela adubação verde, visando manter a fertilidade do solo e a produtividade ao longo do tempo.

#### 5.1.13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação verde desempenha papel fundamental na melhoria dos fatores físicos de crescimento vegetal – aeração, retenção de água, temperatura do solo e resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes – considerando-se que: 1) a sua parte visível, ou seja, a parte aérea das plantas utilizadas como adubos verdes (normalmente leguminosas, mas também gramíneas), após a ceifa e incorporação, ou deixada na superfície como cobertura do solo, com o tempo acaba se decompondo e aumentando o estoque de MO do solo, que atua na agregação e estruturação deste. Isso leva ao aumento da macroporosidade, da aeração, da retenção, infiltração, condutividade hidráulica e armazenagem de água no solo. Reduz, entretanto, a densidade, a temperatura e a resistência mecânica ao crescimento radicular; 2) normalmente menos valorizada em relação à parte aérea, a parte não visível da adubação verde, ou seja, as raízes das leguminosas e gramíneas, abundantes em ambas as categorias de plantas, mas mais agressivas e profundas nas leguminosas, e mais eficientes na agregação do solo, no caso das gramíneas, contribuem para melhorar a estrutura do solo, tanto pela incorporação de matéria orgânica, como pelos espaços vazios que deixam após sua decomposição. Isso resulta em aumento da aeração, infiltração e condutividade da água no solo e redução da resistência mecânica ao crescimento das raízes das culturas, que passam a ocupar tais espaços.

Em suma, a parte aérea e as raízes dos adubos verdes contribuem, significativamente, para propiciar às culturas valores ideais dos fatores físicos de crescimento vegetal. Isso e mais os benefícios conjuntos que trazem os fatores químicos e biológicos resultam, finalmente, na melhoria e conservação do solo como um todo e em respostas positivas na produtividade das culturas.

## 5.1.14 Literatura Consultada

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Avaliação de métodos de preparo do solo e sistemas de cultivo de milho na ecorregião dos Tabuleiros Costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., Fortaleza, 2009. *Resumos...* Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. 1 CD-ROM.

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

BORGES, A. L.; SOUZA L. da S. *Cobertura do solo na cultura da bananeira*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 2 p. (Embrapa-CNPMPF. Banana em Foco, 33).

BORGES, A. L.; SOUZA L. da S. (Ed.). *O cultivo da bananeira*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

BORGES, A. L.; SOUZA L. da S.; CARVALHO, J. E. B. de. *Plantas melhoradoras do solo*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 2 p. (Embrapa-CNPMPF. Folder).

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETREIRE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-125, 1995.

CARVALHO, J. E. B. de; LOPES, L. C.; ARAÚJO, A. M. de A.; SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JÚNIOR, C. A.; CARVALHO L. L. de; OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, R. C. dos. Leguminosas e seus efeitos sobre pro-

priedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'Tainung1'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 335-338, 2004.

CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L. da S.; JORGE, L. A. de C.; RAMOS, W. F.; COSTA NETO, A. de O.; ARAÚJO, A. M. de A.; LOPES, L. C.; JESUS, M. S. de. Manejo de coberturas do solo e sua interferência no desenvolvimento do sistema radicular da laranja 'Pera'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 140-145, 1999.

CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. Manejo de cobertura vegetal con leguminosas en el control integrado de malezas em cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE COBERTURA DE LEGUMINOSAS EM CULTIVOS PARMANENTES, Santa Barbara del Zulia, 1998. *Compendio...* Santa Barbara del Zulia: Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, 1998. p. 108-130.

CHERR, C. M.; SCHOLBERG, J. M. S.; McSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. *Agronomy Journal*, Madison, v. 98, n. 2, p. 302-319, 2006.

CINTRA, F. L. D. *Efeitos de diferentes práticas de manejo do solo em bananal do grupo 'Prata'*. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1982. 6 p. (EMBRAPA-CNPMPF. Pesquisa em andamento, 6).

CINTRA, F. L. D. *Manejo e conservação do solo na cultura da bananeira*. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1984. 19 p. Trabalho apresentado no II Curso Intensivo Nacional de Fruticultura, Cruz das Almas, 1984.

DOURADO-NETO, D.; TIMM, L. C.; OLIVEIRA, J. C. M. de; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; TOMINAGA, T. T.; CÁSSARO, F. A. M. State-space approach for the analysis of soil water content and temperature in a sugarcane crop. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1215-1221, 1999.

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

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; SOUZA, F. A. de; DE-POLLI, H.; PERIM, A.; GRAVINA, G. do A.; AQUINO, A. M. de; SANTOS, A. L. dos; DALCOMO, J. M. *Avaliação de leguminosas para cobertura do solo*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 19 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 55).

FISCHLER, M.; WORTMANN, C. S.; FEIL, B. *Crotalaria (C. ochroleuca G. Don.) as a green manure in maize-bean cropping systems in Uganda*. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 97-107, 1999.

FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. *Fitotecnia Latinoamericana*, San José, v. 4, n. 2, p. 165-176, 1967.

GOMES, J. de C.; CARVALHO, P. C. L. de; CARVALHO, F. L. C.; RODRIGUES, E. M. Adubação orgânica na recuperação de solos de baixa fertilidade com o cultivo da mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 63-76, 1983.

GOMES, J. de C.; SILVA, J. da. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. *Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. cap. 9, p. 215-247.

INOMOTO, M. M.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; SILVA, R. A.; ALMEIDA, G. C. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milho e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. *Tropical Plant Pathology*, v.33, n.2, 125-129, 2008.

JENNY, H. *Factors of soil formation*. New York: McGraw Hill, 1941. 281p.

MANDAL, U. K.; SING, G.; VICTOR, U. S.; SHARMA, K. L. Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 225-237, 2003.

MARCOS, Z. Z. Ensaio sobre epistemologia pedológica: 1. Definição de solo. 2. Natureza e comportamento do solo. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, Paris, v. 19, n. 1, p. 5-23, 1982.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 713-720, 2002.

RUSSEL, E. J. *Soil conditions and plant growth*. London: Longmans, 1950. 635 p.

SILVA, J. A. A. da; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. *Adubação verde em citros*. Jaboticabal: Funep, 1999. 37 p. (Boletim Citrícola, 9).

SILVA, M. S. L. da; CHAVES, V. C.; RIBEIRO, F. N.; FERREIRA, G. B.; MENDONÇA, C. E. S.; CUNHA, T. J. F. Espécies vegetais para adubação verde e/ou cobertura do solo em cultivo orgânico de fruteiras na Região Semiárida do Nordeste Brasileiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17, *Anais...* Rio de Janeiro: SBCS, 2008. 1CD-ROM.

SINGH, G.; JALOTA, S. K.; SINGH, Y. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 229-238, 2007.

SOUZA, A. da S.; DANTAS, J. L. L.; GOMES, J. de C.; CALDAS, R. C.; SOUZA, J. da S.; SOUZA, L. da S. Adubação verde na cultura da

mandioca. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura - 1982*. Cruz das Almas: 1983. p. 140-142.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Growth and the factors affecting it. In: TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. *Soil fertility and fertilizers*. New York: MacMillan, 1963, cap. 2, p. 22-39.

WEBER, O. B.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J. Bactérias diazotróficas em mudas de bananeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 11, p. 2227-2285, 2000.

WEBER, O. B.; PASSOS, O. S. Adubação verde: aspectos relacionados à citricultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 13, n. 4, p. 295-303, 1991.