



**ADUBAÇÃO VERDE NA RECUPERAÇÃO DA
FERTILIDADE DE UM SOLO DEGRADADO**

FLÁVIA APARECIDA DE ALCÂNTARA

1998

DE B.
CROSS P.

2

JARY 1 1900

...

...

43049

MF130200

FLÁVIA APARECIDA DE ALCÂNTARA

ADUBAÇÃO VERDE NA RECUPERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM
SOLO DEGRADADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Antonio Eduardo Furtini Neto

CDD-631.42
-631.874

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
1998

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA

Alcântara, Flávia Aparecida de
Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo
degradado / Flávia Aparecida de Alcântara. -- Lavras: UFLA, 1998.
104 p.: il.

Orientador: Antonio Eduardo Furtini Neto.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Adubação verde. 2. Guandu – *Cajanus cajan*. 3. *Crotalaria juncea*. 4. Fertilidade. 5. Recuperação. 6. Solo. 7. Solo degradado.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.42
-631.874

FLÁVIA APARECIDA DE ALCÂNTARA

**ADUBAÇÃO VERDE NA RECUPERAÇÃO DA FERTILIDADE DE UM
SOLO DEGRADADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 31 de janeiro de 1998

Prof. Joel Augusto Muniz

UFLA

Miralda Bueno de Paula

EPAMIG

Hugo Adelande de Mesquita

EPAMIG



Prof. Antonio Eduardo Furtini Neto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A minha avó, Ana Lemos de Rezende (*In memoriam*),
que foi meu grande exemplo de força;
aos meus pais, Sebastião e Iracy,
que sempre me deram apoio e carinho;
aos meus irmãos, Cristiane e Pablo,
que sempre foram e sempre serão meus maiores amigos

Dedico.

“ O correr da vida embrulha tudo. A vida
é assim: esquentada e esfria, aperta e daí
afrouxa, sossega e depois desinquieta. O
que ela quer da gente é CORAGEM.”

(Guimarães Rosa)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Antonio Eduardo Furtini Neto, pela orientação solícita e por sua dedicação e amizade.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela oportunidade de realização do trabalho.

Aos pesquisadores Miralda Bueno de Paula e Hugo Adelande de Mesquita, pela colaboração e empenho durante o andamento do trabalho.

Ao professor Joel Augusto Muniz, pelo valioso auxílio na parte estatística.

À professora Janice Guedes de Carvalho, por sua contribuição no projeto.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

À funcionária do Departamento de Ciência do Solo, Maria Aparecida Fonseca Barbosa, nossa querida Cida (*In memorian*), por seu exemplo de alegria e presteza.

A César Viana Teixeira, pela amizade infinita.

Aos meus amigos e colegas de turma, Leila Sobral Sampaio, Reginaldo Barboza da Silva, Eduardo Dal'Ava Mariano, Marcos Koiti Kondo, Marcos

Carolino de Sá e Vladimir Antônio Silva, pelo companheirismo, tanto nos bons quanto nos maus momentos.

A todos os meus outros amigos, feitos durante estes dois anos, pelo convívio repleto de alegrias.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial a Marconi, Dileta e Yoko.

SUMÁRIO

	página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Aspectos gerais das pastagens no Sul de Minas.....	3
2.2 O papel da matéria orgânica na recuperação do solo.....	5
2.3 Adubação verde.....	7
2.3.1 Conceitos e histórico.....	7
2.3.2 Espécies de adubos verdes.....	9
2.3.3 Manejo dos adubos verdes.....	13
2.3.4 Efeitos dos adubos verdes na produtividade e na fertilidade do solo.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	27
3.2 Delineamento experimental.....	27
3.3 Procedimento experimental.....	30
3.4 Avaliações.....	32
3.5 Determinações.....	32
3.5.1 Análises químicas.....	32
3.5.2 Análises estatísticas.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34

4.1 Análise química da planta.....	34
4.2 Propriedades químicas do solo.....	38
4.2.1 Primeira avaliação.....	38
4.2.2 Segunda avaliação.....	52
4.2.3 Terceira avaliação.....	62
5 CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	89

RESUMO

ALCÂNTARA, Flávia Aparecida de. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado. Lavras: UFLA, 1998. 104 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) *

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EPAMIG - Nova Baden, em Lambari (MG), e teve como objetivo avaliar o desempenho de duas leguminosas utilizadas como adubo verde, gandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), com a biomassa incorporada ou deixada sobre a superfície na recuperação da fertilidade de um solo degradado cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) por longo período. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em fatorial de parcelas subdivididas com três repetições. Nas parcelas foram colocadas as formas de manejo da biomassa e nas subparcelas as duas leguminosas e a pastagem de braquiária já existente. Foram utilizadas seis profundidades de amostragem de solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), as quais foram analisadas em faixas dentro das subparcelas. As leguminosas foram cortadas e manejadas na fase final de florescimento e início de formação das vagens, juntamente com a pastagem. Nesta ocasião, foram realizadas amostragens de material vegetal das culturas para determinação de produção de matéria seca e concentração de nutrientes. As alterações nas propriedades químicas do solo foram avaliadas através de três amostragens, aos 90, 120 e 150 dias após o manejo, procedendo-se a análise química de rotina e a determinação dos teores de N-total, $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$. O gandu apresentou a maior produção de matéria seca e a maior capacidade de fornecimento de nutrientes ao solo, destacando-se na primeira avaliação (90 dias após o manejo), quanto as melhorias nas propriedades químicas do solo. A crotalária juncea, devido a sua mineralização mais lenta, contribuiu mais para a fertilidade do solo na segunda avaliação (120 dias após o manejo). Não foram encontrados efeitos benéficos dos adubos verdes sobre as propriedades químicas na terceira avaliação (150 dias após o manejo), quando os processos de decomposição e mineralização provavelmente já teriam cessado, ressaltando-se a necessidade de adequação da época de plantio da cultura subsequente, a fim de se obter o máximo benefício. As principais melhorias trazidas pela adubação verde na

* Comitê Orientador: Antonio Eduardo Furtini Neto - UFLA (Orientador), Joel Augusto Muniz - UFLA, Miralda Bueno de Paula - EPAMIG e Hugo Adelande de Mesquita - EPAMIG.

fertilidade do solo foram seus efeitos na acidez, através de elevação no pH e diminuição nos teores de Al; o aumento nos teores de Ca e Mg e nos valores de soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases e o incremento nos teores de N-NO_3^- e N-NH_4^+ .

ABSTRACT

GREEN MANURING IN THE RECOVERY OF DEGRADED SOIL FERTILITY*

The experiment was conducted on the EPAMIG Experimental Farm - Nova Baden, at Lambari (MG) and had the objective of evaluating the performance of two legumes, namely, pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) and sunnhep (*Crotalaria juncea* L.), utilized as green manure with the biomass incorporated or left on the soil surface in the recovery of fertility of a degraded soil cultivated with braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) for a long period. The experimental design utilized was the one of randomized blocks in factorial scheme of split plots with three replications. In the plots, the forms of biomass handling and in the subplots, the two legumes and the already existing braquiária pasture were placed. Six sampling depths of soil (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-80 cm) were utilized, which were analyzed in stripes within the subplots. The legumes were cut and handled at the final stage of flowering as well as in the beginning of pod formation jointly with the pasture. On the occasion, samplings of plant material of the cultures were performed for determination of dry matter yield and nutrient concentration. The alterations in the chemical properties of the soil were evaluated through three samplings, 90, 120 and 150 days after handling, proceeding with both routine chemical analysis and determination of the contents of total N, NO_3^- -N and NH_4^+ -N. The pigeonpea presented the highest dry matter yield and greatest capacity of furnishing nutrients to soil, in its very first evaluation (90 days after handling) also bringing about improvements in the chemical properties of the soil. The sunnhep due to its slower mineralization contributed most to soil fertility in the second evaluation (120 days after handling). No beneficial effects of the green manure were encountered on the chemical properties in the third evaluation (150 days after handling) when the decomposition and mineralization processes probably would already have stopped, thus necessitating adequacy of time for the subsequent planting of the culture in order to finally obtain the maximum benefit. The main improvements brought about by green manuring on soil fertility were its effects on acidity through an increased level of pH and reduced Al contents, increase in the contents of Ca and Mg and in the values of the sums of the bases, effective CEC and saturation with bases and increments in the contents of NO_3^- -N and NH_4^+ -N.

* Guidance Committee: Antonio Eduardo Furtini Neto (Major Professor) - UFLA, Joel Augusto Muniz - UFLA, Miralda Bueno de Paula - EPAMIG and Hugo Adelande de Mesquita - EPAMIG

1 INTRODUÇÃO

O processo de degradação de grande parte dos solos brasileiros se deve a falta de práticas adequadas de manejo que visem a manutenção de seus recursos orgânicos e minerais. Um manejo incorreto pode levar à erosão, compactação e diminuição da disponibilidade de nutrientes, que acabam por reduzir o potencial produtivo do solo.

A grande maioria dos solos sob pastagem se constitui das piores áreas das propriedades ou de terrenos já esgotados, utilizados anteriormente para outras culturas. Nestes solos, geralmente não são efetuadas práticas de manutenção ou melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas, levando a baixos índices de produtividade.

A queda de fertilidade nos solos intensivamente cultivados e/ou mal manejados está diretamente relacionada com a diminuição nos teores de matéria orgânica, a qual exerce efeitos benéficos, entre outros, sobre a capacidade de troca catiônica do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo de fundamental importância na recuperação de solos degradados, pois atua como condicionadora, influenciando grandemente suas propriedades.

Atualmente, a preocupação com a redução do processo degradativo e com a prevenção da degradação de novas áreas tem conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica ao solo. Dentre estas práticas, a adubação verde, outrora desprestigiada pelo uso dos fertilizantes químicos, tem sua importância novamente reconhecida por ser uma alternativa na busca da auto-sustentabilidade dos solos agrícolas.

Os adubos verdes são plantas com boa capacidade de produção de biomassa e rusticidade que, ao serem adicionadas ao solo, incorporadas ou não, fornecem matéria orgânica e nutrientes, propiciando melhores condições para o desenvolvimento da cultura que vier em sucessão. As leguminosas são, há muito, as plantas mais utilizadas como adubos verdes. O guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e a crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) são duas das espécies de maior destaque, por apresentarem boa produção de massa verde e se adaptarem a diferentes condições edafoclimáticas.

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, em função de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais, bem como a interação entre esses fatores.

Diante do exposto, conduziu-se um experimento de campo que objetivou avaliar o desempenho de duas leguminosas usadas como adubo verde, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. e *Crotalaria juncea* L., em diferentes formas de manejo, na recuperação da fertilidade de um solo degradado, cultivado por longo período com pastagem formada por *Brachiaria decumbens* Stapf.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais das pastagens no Sul de Minas

A região sul de Minas Gerais apresenta atividade agrícola variada com destaque para a pecuária leiteira e a cafeicultura. Pedologicamente é considerada uma região muito heterogênea (Curi et al., 1992). Os solos predominantes na região são Cambissolos e Latossolos, ambos caracterizados por baixa fertilidade natural e alta saturação por alumínio (Almeida e Resende, 1985). A vegetação natural neles encontrada possui baixa produtividade biológica, sendo caracterizada por uma marcada estacionalidade de produção forrageira e, conseqüentemente, um baixo potencial de produção bovina (Neiva, 1990).

As gramíneas predominantes são as do gênero: *Paspalum*, *Panicum*, *Eragrostes*, *Setaria*, *Axonopus* e *Aristida*. Dentre as espécies que contribuem com a maior porcentagem na composição da biomassa estão: *Diandrostachya chrotrix* (Ness) Jack e Félix; *Echinolaena inflexa* (Pori) Chase; pasto negro (*Paspalum plicatum* Mich.) e capim-colchão (*Andropogon leucostachyus* H. B. K.) (Quintão e Cruz Filho citados por Andrade, 1992).

A sustentabilidade da pecuária nos sistemas de pastagens naturais da região é muito afetada pela baixa produtividade e valor nutritivo da vegetação encontrada. Como alternativa, a implantação de pastagens cultivadas, principalmente do gênero *Brachiaria*, é uma das medidas adotadas pelos produtores na busca de melhores índices de lucratividade em suas explorações.

Segundo Carvalho et al. (1991), a *Brachiaria decumbens* Stapf. é uma das espécies mais empregadas na formação de pastagens no Brasil Central. De

acordo com Rezende (1988), tal espécie é bastante utilizada devido não só a seu rápido crescimento, estabelecimento e satisfatória produção de forragem, como por sua capacidade de adaptação a uma ampla faixa de condições climáticas e a diferentes tipos de solo.

Apesar dos vários trabalhos que mostram sucesso na formação das pastagens cultivadas, têm sido utilizadas para sua implantação áreas de menor fertilidade natural das propriedades e/ou já esgotadas por outras explorações, sendo que, em geral, não se adotam práticas de correção e adubação do solo, verificando-se a inexistência de práticas conservacionistas. Como consequência, estas pastagens destacam-se das nativas no início, por seu maior potencial produtivo, mas, após poucos anos submetidas ao pastejo mostram-se deterioradas, com baixa capacidade de suporte, alto grau de infestação de plantas daninhas, baixa capacidade de infiltração de água, produção de forragens de baixo valor nutritivo e necessidade de longos períodos de descanso.

→ [A maioria das pastagens, tanto naturais quanto cultivadas, tem sido bastante danificada pelo excessivo pastoreio e pela não utilização de práticas agronômicas de manutenção e melhoria de sua fertilidade, sendo a revegetação natural bastante lenta, especialmente quando nelas ainda permanece o gado. Consequentemente, aparecem áreas descobertas de vegetação, permitindo o impacto direto das gotas de chuva no solo, promovendo a sua compactação, favorecendo a erosão laminar e tornando a área progressivamente menos fértil (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

Não obstante, a estacionalidade de chuvas, que ocorre em grande parte das regiões tropicais, não permite uma produção uniforme de forragem ao longo do ano, levando a excessos no período das águas e a escassez na estação seca. A baixa fertilidade dos solos nestas regiões também é um fator agravante,

condicionando a produção de forragem ao uso de fertilizantes, em níveis raramente econômicos.]

Segundo Escuder (1980), um bom manejo da pastagem natural ou cultivada implica em obter máxima quantidade de forragem com a melhor qualidade possível e conseguir um mínimo de estresse em animais e pastagens, possibilitando que um alto percentual de forragem produzida seja realmente consumido pelos animais, adequando a demanda de nutrientes ao crescimento das pastagens.

④ [Para a recuperação de pastagens degradadas, faz-se necessário o emprego de práticas que visem a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, buscando a redução do processo degradativo.]

2.2 O papel da matéria orgânica na recuperação do solo

① [O manejo inadequado dos solos pode, com o passar do tempo, conduzir ao depauperamento de reservas orgânicas e minerais, prejudicando grandemente sua fertilidade (Ambrosano, 1995). O decréscimo na produtividade do solo nas regiões tropicais e subtropicais tem sido atribuído ao processo erosivo e à redução nos teores de matéria orgânica (Santos, 1993).

② O aumento ou mesmo a manutenção da matéria orgânica do solo podem promover melhorias na capacidade de retenção de umidade, estruturação e porosidade do solo, capacidade de troca e fornecimento de nutrientes, melhoria das condições para os microrganismos do solo, redução da toxidez de metais pesados e dos efeitos prejudiciais do alumínio (Al) sobre plantas sensíveis (Goedert, 1985).]

Nos sistemas de agricultura intensiva, os componentes orgânicos do solo podem atuar como um reservatório temporário de nutrientes, o qual, se bem

manejado, possibilita o aumento da eficiência de uso dos nutrientes já presentes no solo ou provenientes de fertilizações químicas (Paul, 1984).

③ Além de atuar como reservatório de nutrientes, a matéria orgânica quando humificada é capaz de reter cátions em forma trocável e rapidamente transferível para a solução do solo. Sua contribuição para a capacidade de troca de cátions, devido a sua densidade de cargas, é comparativamente muito maior que a do material inorgânico do solo (Santos, 1993).

Segundo De Maria e Castro (1993), o teor de matéria orgânica presente no solo é função de seu manejo atual, bem como do histórico de seus restos culturais. As duas principais fontes de matéria orgânica nos agrossistemas são a remanescência de resíduos animais e de decomposição da vegetação nativa e a introdução de matéria orgânica pela adição de restos culturais ao solo (Lourenço et al., 1993).^④ Para Motta Neto (1996), a forma menos dispendiosa de se elevar os teores de matéria orgânica de um solo é sua produção "in situ", ou seja, a utilização de restos vegetais produzidos no próprio local.

PAU
↓
④* ⑤ Dentre as práticas que levam a adição de matéria orgânica aos solos cultivados estão o plantio direto e a adubação verde. Segundo Igue et al. (1984), o uso dos adubos verdes é uma forma de enriquecer o solo em nutrientes, recuperar e manter sua produtividade, além de ser uma maneira prática de incrementar o teor de matéria orgânica do solo em comparação aos resíduos orgânicos animais, urbanos e industriais, que necessitam de uma infra-estrutura mais complexa de produção e utilização.

⑥ De acordo com Andrade (1982), dentre as diversas práticas que se pode utilizar para a recuperação de pastagens degradadas, a adubação verde se destaca em importância e viabilidade, pois, com a utilização de leguminosas, conduz principalmente ao aumento ou à manutenção do teor de nitrogênio do solo, diretamente relacionado à presença da matéria orgânica, podendo introduzir no

ecossistema solo-planta-animal uma alternativa de auto-sustentabilidade ou de redução da degradação dos recursos do solo.

2.3 Adubação Verde

2.3.1 Conceitos e histórico

O conceito clássico de adubação verde é dado por Chaves (1986) como “a prática de se incorporar ao solo massa vegetal não decomposta, seja de plantas cultivadas no próprio local ou importadas, objetivando preservar e/ou restaurar a produtividade das terras agricultáveis”.

Segundo Calegari et al. (1993), atualmente pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas de fim econômico, incorporadas ou não ao solo, visando a cobertura superficial bem como a manutenção e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive em profundidade. Ainda segundo estes autores, a adubação verde, em seu conceito atual, está relacionada, dentro dos diferentes sistemas agrícolas, a quatro finalidades básicas: cobertura e proteção dos solos; manter e/ou melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas; promover a aração biológica e propiciar microvida em profundidade no solo, além da possibilidade de utilização da fitomassa produzida para alimentação animal ou outros fins dentro da propriedade.

Desde que o homem começou a cultivar o solo, derrubando a vegetação natural e expondo-o a fatores abióticos como chuva e vento, iniciou-se um processo de desequilíbrio na matéria orgânica do solo, ocorrendo uma degradação tão mais rápida quanto mais intensos fossem os agentes climáticos. Todavia, o homem há muito constatou que algumas plantas apresentavam um maior desenvolvimento vegetativo que outras, mesmo quando submetidas a condições de

menor fertilidade. Iniciou-se assim o cultivo de plantas capazes de produzir grande quantidade de fitomassa, a qual, após cortada e deixada sobre o solo, beneficiava as culturas sucessoras. A adubação verde, desde então utilizada, buscava recuperar ou manter o teor de matéria orgânica do solo e aumentar seu teor de nutrientes na camada superficial através da reciclagem e da fixação simbiótica de nitrogênio (Ribeiro, 1991).

As razões científicas que explicavam as vantagens dos adubos verdes só começaram a ser descobertas há um século atrás, a partir do momento em que se iniciaram as pesquisas sobre a capacidade das leguminosas em fixar o nitrogênio atmosférico, bem como sobre os microrganismos presentes no solo (Adubação... 1988).

De acordo com Alvarenga (1993), após o advento dos fertilizantes químicos a adubação verde tendeu a desaparecer e o principal motivo disso foi sua exclusividade, ou seja, durante o ciclo do adubo verde, o terreno estaria ocupado e não poderia ser utilizado com uma cultura econômica. Muitas vezes isso era inaceitável por parte dos agricultores que preferiam então utilizar a adubação química. Segundo Heinrichs (1996), a campanha pelo uso dos fertilizantes químicos no apogeu da revolução verde levou à negligência da prática da adubação verde no Brasil.

Contudo, o uso de tecnologias imediatistas na busca de alta produtividade sem a preocupação com os recursos naturais, tem conduzido ao depauperamento das áreas agrícolas. A retomada de práticas que visem a recuperação, a manutenção ou a melhoria das condições do solo vem sendo motivo de vários estudos que reconhecem a importância da matéria orgânica como condicionadora do solo e fornecedora de nutrientes.

Atualmente tem sido comprovado que na maioria dos solos agrícolas há maior mineralização do que produção de matéria orgânica, sendo este um fator de

perda de nutrientes, principalmente em áreas de alta pluviosidade e sem uma cobertura vegetal adequada. Assim, na aplicação de tecnologias que visem aumento de produção, tem havido a preocupação, principalmente, com as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. O grande problema não se resume mais apenas na necessidade de aumentar a produção de alimentos para uma população em constante crescimento mas também em recuperar solos já desgastados e evitar a degradação de novas áreas através do uso de técnicas de manejo adequadas (Ribeiro, 1996).

Neste contexto, enquadra-se a utilização da adubação verde, a qual, segundo Muzilli (1986) citado por Alvarenga (1993), não representa uma volta ao passado mas sim uma alternativa viável para a manutenção da produtividade agrícola dos solos.

2.3.2 Espécies de adubos verdes

Embora sejam utilizadas como adubo verde espécies de plantas de diferentes famílias, inclusive gramíneas, o uso de leguminosas é a prática mais racional e difundida (Andrade, 1982). De acordo com Ribeiro (1991), a principal razão para essa preferência está na capacidade das leguminosas de fixar o nitrogênio atmosférico através de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium/Bradyrhizobium* em suas raízes. Igue et al. (1984) estimam que 2/3 do nitrogênio presente nas leguminosas seja proveniente deste processo. Miyasaka (1984) cita, como outros motivos para o uso das leguminosas, sua riqueza em compostos orgânicos nitrogenados e a presença de um sistema radicular geralmente bem profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo, não prontamente disponíveis, que serão devolvidos à camada arável após a decomposição de seu material vegetal, aumentando a disponibilidade para a cultura seguinte.

Segundo Calegari et al. (1993), as leguminosas a serem utilizadas como adubos verdes devem apresentar algumas características importantes tais como resistência à seca e geadas; rápido crescimento inicial e capacidade de cobertura do solo; elevada produção de massa verde e matéria seca; altos teores de nitrogênio na fitomassa; capacidade de reciclagem de nutrientes como P, K, Ca e Mg; tolerância a solos de baixa fertilidade e adaptação às condições de solos degradados.

As espécies tipicamente tropicais pertencem aos gêneros *Crotalaria*, *Cajanus*, *Canavalia*, *Dolichos*, *Calopogonium*, *Stizolobium*, *Pueraria* e *Leucaena*. São caracterizadas por seu grande crescimento vegetativo durante a estação quente e chuvosa do ano, apesar da grande tolerância à seca, por sua rusticidade, tolerando solos de baixa fertilidade e por não suportarem baixas temperaturas e principalmente geadas (Ribeiro, 1991).

Dentre as várias espécies de leguminosas de origem tropical que têm se mostrado promissoras, destacam-se as crotalárias (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth); o guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.); o labe-labe (*Dolichos lablab* L.); o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC); a mucuna anã (*Stizolobium deeringianum* Bort.) e a mucuna preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy) (Pereira e Peres, 1986).

Vários aspectos devem ser considerados ao optar-se por uma espécie de adubo verde, tendo em mente o objetivo a que se propõe. Adaptação às condições edafoclimáticas locais, rusticidade e produção de massa verde são aspectos muito importantes. Se o objetivo é a cobertura do solo para proteção contra erosão, deve-se buscar espécies com boa velocidade de crescimento. Se o fornecimento de nutrientes é o fim desejado, deve-se optar por espécies que apresentem um sistema radicular eficiente na reciclagem dos mesmos. Espécies com grande

capacidade de fixação biológica de nitrogênio devem ser utilizadas quando o objetivo principal é o aumento do teor deste nutriente no solo. //

A rusticidade é um item muito importante a ser considerado na escolha da espécie. Segundo De-Polli e Chada (1989), o adubo verde deve ser rústico o suficiente para, mesmo em um solo de baixa fertilidade, obter uma produção de biomassa que possa beneficiar a cultura seguinte.

A produção de massa vegetal do adubo verde é também um aspecto de grande importância, sendo que algumas espécies apresentam um grande crescimento vegetativo, como é o caso do guandu. Alvarenga (1993), trabalhando com diversas espécies de adubos verdes e testando suas potencialidades para conservação e recuperação de solos, concluiu ser o guandu a espécie de maior potencial para penetração de raízes no solo, maior produção de massa seca e maior quantidade de nutrientes imobilizados. De acordo com Wutke (1993), o guandu vem sendo utilizado, com vantagem, de diferentes formas e para diferentes culturas, levando a aumentos de produtividade. O autor cita os exemplos da rotação desta espécie com milho, soja, feijão, arroz, cana-de-açúcar, trigo, algodão, culturas perenes e de seu uso em faixas com pastagens e mandioca.

Kiehl (1960), estudando a produção de fitomassa das leguminosas guandu, feijão-de-porco, mucuna preta, mucuna rajada, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria paulina*, concluiu que o guandu e a *Crotalaria juncea* foram as espécies que mais se destacaram na produção de massa verde e matéria seca. Segundo Cardoso (1956), a *Crotalaria juncea* é uma espécie de grande precocidade quanto ao desenvolvimento vegetativo, boa produção de massa verde e facilidade de incorporação ao solo. A maior produção de grãos de cevada ocorreu após sua utilização como adubo verde no trabalho de Mahajan (1995), no

qual foi comparada às espécies *Sesbania cannabina* (Retz.) Pers, *Vigna unguiculata* (L.) e *Cyamopsis tetragonoloba* (L.).

Morton (1976) observou baixa resposta do guandu à aplicação de fertilizantes, indicando ser uma espécie pouco exigente nesse aspecto. O nível de fertilidade do solo não parece ser um fator limitante à sua adaptação. A *Crotalaria juncea*, segundo Calegari et al. (1993), é também uma espécie de discreta resposta à adubação química.

Cajanus cajan e *Crotalaria juncea* são duas espécies bastante utilizadas na prática da adubação verde, tendo demonstrado sua viabilidade para tal em inúmeros trabalhos já realizados. Entretanto, condições locais de clima e solo, interações entre a espécie e o ambiente e o próprio objetivo a que se propõe, são alguns dos fatores que devem ser levados em conta na escolha de uma ou outra.

As vantagens demonstradas pelo guandu são sua capacidade de fixar elevada quantidade de nitrogênio e de produzir fitomassa bastante satisfatória; seu potencial para ser utilizado como adubo verde, em rotação e associação de cultivos, em consorciação com gramíneas anuais, em cultivo intercalar a culturas perenes, como banco de proteína, na alimentação animal (pastejo, corte, silagem, fenação) e na produção de grãos (alimentação animal e humana); seu sistema radicular com grande capacidade de reciclar nutrientes e sua raiz pivotante e bastante agressiva, capaz de penetrar em solos compactados. A *Crotalaria juncea*, por sua vez, apresenta como vantagens seu crescimento relativamente rápido, o que contribui para seu uso como cobertura de solo e adubo verde; seu importante efeito supressor e/ou alelopático sobre plantas invasoras; sua elevada produção de fitomassa e uma boa adaptação a diferentes regiões (Calegari et al., 1993).

2.3.3 Manejo dos adubos verdes

A adubação verde pode ser utilizada como cultura exclusiva de primavera/verão ou exclusiva de outono/inverno, consorciada com culturas anuais, intercalar em culturas perenes, adubação verde em faixas ou ainda adubação verde em áreas de pousio temporário (Calegari et al., 1993). Em qualquer das formas de uso, o manejo que se dá aos adubos verdes é de grande importância, pois condiciona em parte os efeitos que essa prática trará ao solo.

Um fator que deve ser considerado na adubação verde é a época mais apropriada para que se faça o corte. Para a *Crotalaria juncea*, segundo Purselove (1969), essa época deve coincidir com o período de dois a dois meses e meio após o plantio, a fim de que haja uma decomposição mais rápida.

Os resultados obtidos por Ribeiro (1991) em experimento de campo utilizando crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*) e mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*), demonstraram que a maior riqueza em fitomassa e nutrientes ocorreu na fase de frutificação, indicando ser este o estágio mais favorável para o corte das duas espécies, quando se visa a adubação verde.

O material vegetal proveniente dos adubos verdes pode ser utilizado de diferentes maneiras após o corte, sendo incorporado ao solo ou simplesmente deixado sobre sua superfície. A utilização de uma ou outra forma de manejo da biomassa tem sido bastante estudada, procurando-se avaliar a extensão de sua interferência nos efeitos da adubação verde sobre o solo.

De-Polli e Chada (1989) verificaram que quando a biomassa dos adubos verdes foi apenas deixada na superfície do solo, sem que houvesse incorporação, o menor contato com o solo levou a uma decomposição mais lenta. A curto prazo isto pode limitar a disponibilidade de nutrientes para a cultura sucessora e concentrar o nitrogênio na superfície, causando um acesso diferenciado por suas raízes. Os autores obtiveram um maior efeito no desenvolvimento e na

produtividade do milho quando a biomassa das leguminosas foi incorporada ao solo.

Quando se objetiva a cobertura e a proteção do solo, de grande importância para reduzir as perdas provocadas pelo processo erosivo, os adubos verdes apenas deixados sobre ele atuarão como cobertura morta. De acordo com Mannering e Meyer (1963), a proteção da superfície do solo pelos resíduos vegetais impede o impacto direto das gotas de chuva, reduz a velocidade de escoamento da enxurrada, além de aumentar a infiltração de água.

Utilizando os resíduos dos adubos verdes como cobertura morta, a disponibilidade de nutrientes também é afetada, assim como no caso de sua incorporação. Isso se deve às modificações físicas provocadas e à decomposição desses resíduos, pela qual os nutrientes serão gradativamente mineralizados e colocados à disposição das plantas. Os resíduos se decompõem mais lentamente nesse caso do que quando incorporados ao solo (Calegari et al., 1993).

Em trabalho realizado na Amazônia, Cravo e Smyth (1991) não encontraram diferenças na produtividade de milho, quando utilizaram mucuna preta incorporada ou como cobertura morta. Os autores concluíram que para os pequenos agricultores daquela região, os quais não possuem maquinário para a incorporação das leguminosas, o uso do adubo verde apenas cortado e deixado sobre o solo se constitui numa boa alternativa para aumentar os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) fornecidos ao milho e, conseqüentemente, sua produtividade.

2.3.4 Efeitos dos adubos verdes na produtividade e na fertilidade do solo

Kage (1984) afirma que muitos agricultores encaram a adubação verde como uma prática antieconômica, por implicar na realização do plantio das leguminosas, da sua incorporação e de práticas culturais extras. Porém, segundo

o autor, apenas com a adubação química não se pode manter a produção agrícola com rendimentos constantes por muito tempo. Dentre suas inferências sobre os efeitos da adubação verde, pode-se destacar a economia de capinas e herbicidas bem como de calcário e adubo, a diminuição dos efeitos provocados pela erosão, a melhoria das condições físicas e biológicas do solo e a melhoria na produtividade e na qualidade dos produtos colhidos.

Segundo Calegari et al. (1993), a prática da adubação verde pode cumprir as seguintes funções: proteção do solo contra chuvas de alta intensidade, manutenção de uma elevada taxa de infiltração de água no solo pelo efeito combinado de sistema radicular com cobertura vegetal, promoção de grande e contínuo aporte de fitomassa, aumento da capacidade de retenção de água do solo, atenuação das oscilações térmicas nas camadas superficiais do solo, recuperação de solos degradados através de uma grande produção de raízes mesmo em condições limitantes como o adensamento, mobilização e reciclagem mais eficiente de nutrientes, diminuição da lixiviação de nutrientes como o nitrogênio, aumento do teor de nitrogênio através da fixação biológica, redução da invasão de plantas daninhas, melhoria da eficiência dos fertilizantes minerais, fornecimento de cobertura vegetal para preparo conservacionista do solo e criação de condições ambientais favoráveis para a biota do solo.

No que diz respeito à fertilidade do solo especificamente, segundo Silva (1995), os principais efeitos da adubação verde são o aumento do teor de matéria orgânica ao longo dos anos, da disponibilidade de macro e micronutrientes no solo, em forma assimilável pelas plantas, da capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva do solo, o favorecimento da produção de ácidos orgânicos de fundamental importância para a solubilização de minerais, a diminuição nos teores de alumínio trocável através de sua complexação e o incremento da capacidade de reciclagem

e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam em camadas mais profundas do solo. /

De acordo com Ribeiro (1991), os efeitos dos adubos verdes na melhoria de um solo dependem, além das condições edafo-climáticas, da quantidade e qualidade do material vegetal produzido. A produção de fitomassa indica a capacidade de transformar energia radiante em biomassa e de reciclar os nutrientes no solo. É influenciada por fatores tais como a espécie utilizada e as épocas de plantio e corte. Também é importante que se conheça sua composição química a fim de que se tenha uma idéia de seu potencial como fonte de nutrientes. Essa composição, segundo Alvarenga (1993), é bastante variável não só de espécie para espécie, bem como dentro de cada espécie, conforme as condições edafoclimáticas, o estágio de crescimento e o nível de manejo.

A quantidade de nutrientes fornecida pela espécie ao solo é proporcional à quantidade de biomassa produzida e incorporada, levando em consideração apenas a quantidade de nutrientes imobilizados pela parte aérea e desprezando a contribuição das raízes que, em alguns casos, pode ser de 30 a 50% dos nutrientes imobilizados pela planta (Igue et al., 1984).

A decomposição de qualquer material orgânico no solo depende de uma série de fatores, tais como a umidade, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos e a composição química do material vegetal, onde se destaca a relação carbono/nitrogênio (C/N), de grande influência na velocidade de decomposição (Alexander, 1977). *Handwritten: H. novo 11/21*

Mineralização e imobilização são processos concomitantes no solo, sob cultivo ou não. Os microrganismos presentes utilizam uma parte do nitrogênio mineralizado e contido no solo para formar novas células, à medida em que a matéria orgânica vai sendo oxidada com liberação de amônio e dióxido de

carbono. O que faz prevalecer um processo em relação ao outro é a resistência à decomposição e a relação C/N do material orgânico adicionado (Russel, 1973).

De acordo com Alvarenga (1993), a relação C/N governa a taxa de liberação dos nutrientes imobilizados na biomassa. Quando alta, a decomposição do material vegetal é mais lenta e pode ocorrer imobilização de nutrientes, principalmente de nitrogênio. Ao contrário, quando baixa, a decomposição e a liberação de nutrientes são favorecidas, podendo ocorrer inclusive sua perda.

A imobilização predomina quando a relação C/N está acima de 30, sendo a disponibilidade de N-NO_3^- e N-NH_4^+ no solo diminuída. Os dois processos se igualam se a relação está na faixa de 20 a 30 e abaixo de 20 prevalece a mineralização, aumentando a disponibilidade de N-NO_3^- e N-NH_4^+ no solo (Siqueira e Franco, 1988). Conforme Campo et al. (1981), uma relação C/N média proporciona uma taxa de mineralização gradativa e minimiza as perdas de nutrientes.

A adubação verde, assim como todas as práticas de adubação orgânica, tem como objetivo restituir e manter a fertilidade do solo. O nitrogênio, dentre os nutrientes liberados no solo durante a decomposição dos materiais orgânicos, é o que maior efeito produz sobre as culturas e tem sua disponibilidade grandemente afetada pela composição química do material incorporado ao solo (Ribeiro, 1991). O nitrogênio liberado durante a decomposição dos adubos verdes poderá trazer benefícios para a cultura seguinte somente se esta estiver suficientemente desenvolvida para absorvê-lo tão logo ele seja liberado ou antes que o nitrato produzido seja lixiviado no solo (Russel, 1973).

O potencial das leguminosas utilizadas como adubo verde em fornecer nitrogênio às culturas sucessoras depende, além de fatores do meio, da sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico (Souza, 1996). Segundo Siqueira e Franco (1988), a taxa de fixação biológica de nitrogênio varia de espécie para

espécie, porém é geralmente limitada por fatores do ambiente. As quantidades do nutriente fixado e os efeitos da inoculação na produção dependem da estirpe do rizóbio utilizada e da espécie de leguminosa inoculada. Ainda conforme esses autores, existem espécies de leguminosas que nodulam, com potencial de fixação de nitrogênio suficiente para atender sua demanda para altas produções, desde que se escolha acertadamente a espécie de leguminosa e a estirpe do rizóbio e que se elimine os fatores que possam desfavorecer a nodulação e a simbiose, cujas exigências são praticamente as mesmas das plantas em si, para altas produções.

As leguminosas utilizadas como adubo verde, conforme Franco e Souto (1984), conseguem fixar em média 180 kg de N/ha/ano, quantidade esta que adicionada ao solo pode contribuir grandemente na economia de nitrogênio. De acordo com Ferreira (1996), a incorporação dos resíduos animais, vegetais e de compostos e a adubação verde, são fundamentais para a racionalização do uso de fertilizantes nitrogenados. Lourenço et al. (1993) afirmam que o uso de tais resíduos como fonte de nitrogênio é uma alternativa bastante promissora na substituição, ao menos parcial, dos fertilizantes nitrogenados industriais. Ceretta et al. (1994) atestam que para ser possível essa substituição, é necessário determinar o montante de nitrogênio adicionado ao sistema pelas leguminosas e ressaltam a importância de se identificar as espécies mais adaptáveis a cada região e adequá-las a melhor forma de manejo.

São vários os trabalhos demonstrando a eficiência dos adubos verdes em aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as culturas sucessoras, reduzindo a demanda de fertilizantes nitrogenados. Aita et al. (1994), utilizando espécies de adubos verdes de inverno, concluíram que estas foram hábeis em fixar o nitrogênio atmosférico e supri-lo para a cultura do milho em sucessão, permitindo produções de grãos semelhantes às conseguidas quando se utilizou nitrogênio mineral. Ceretta et al. (1994) avaliaram o potencial das leguminosas quando,

Crotalaria spectabilis e feijão-de-porco na primavera em fornecer nitrogênio ao milho em sucessão, verificando que todas se mostraram eficazes como fonte de nitrogênio para o milho, destacando-se o feijão-de-porco. Oliveira (1994), em experimento com adubos verdes de inverno, observou que o cultivo de tremoço ou nabo forrageiro no outono/inverno reduziu a demanda de adubação nitrogenada pela cultura do algodão.

Ambrosano (1995), estudando a dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Mucuna aterrima* em dois solos cultivados com milho, concluiu que houve maior participação proporcional desta última no nitrogênio do solo e da planta, sendo a parte aérea responsável pela maior parte do nitrogênio presente e o material vegetal das leguminosas adicionado tendo sido mineralizado intensamente, preservando o nitrogênio presente no material orgânico original dos solos. De acordo com Ribeiro (1996), o uso dos adubos verdes apresenta a vantagem de uma liberação lenta, tanto de nitrogênio quanto de enxofre (S), elevando o potencial de utilização destes nutrientes pelas culturas subsequentes.

A falta de enxofre nos solos se deve principalmente aos baixos teores de matéria orgânica e a não utilização de fertilizantes químicos que o contenham. Tisdale, Nelson e Beaton (1985) mencionam que onde os solos são pobres em enxofre, além das respostas no aumento de produção devido à adubação com o elemento, ocorrem melhorias na qualidade, digestibilidade e consumo da forragem, com conseqüente aumento da performance dos ruminantes.

No que concerne ao fósforo, a quantidade que a leguminosa pode extrair do solo depende da quantidade disponível desse nutriente e do comprimento e características morfológicas e fisiológicas das raízes. Além de absorvê-lo, as raízes podem modificar o ambiente químico e bioquímico da rizosfera aumentando sua disponibilidade (Claassen, 1991). A utilização de espécies e

cultivares eficientes na utilização de fósforo no solo indica a possibilidade de reduzir as quantidades de fertilizantes fosfatados aplicados. De acordo com Ferreira (1996), espécies que possuem um sistema radicular profundo apresentam a capacidade de extrair nutrientes menos solúveis e de mobilizar os que se encontram nas camadas inferiores do solo, tornando possível sua utilização pelas plantas. Subbiah e Mannikar (1964) comprovaram experimentalmente a capacidade de *Crotalaria juncea* L., *Sesbania aculeata* Pers. e *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub., através da técnica de isótopos radioativos, em retirar fósforo do subsolo e transferi-lo para a camada superficial do solo após sua incorporação, aumentando a disponibilidade desse nutriente na camada arável.

Amabile (1996) obteve resultados que credenciaram o guandu como uma espécie recomendada para a reciclagem de P nos solos sob cerrado, pois mesmo sem necessidade de corrigi-lo quimicamente na área onde se implantou o experimento, essa leguminosa demonstrou na parte aérea quantidades consideradas satisfatórias do nutriente.

Hunter et al. (1995), em experimento com milho doce utilizando caupi (*Vigna unguilata* L.) como adubo verde, verificaram que a reciclagem realizada pela leguminosa promoveu um aumento significativo nas concentrações de P e K nas plantas de milho doce com um conseqüente incremento na produção. Araújo e Almeida (1993) verificaram que a adubação verde com feijão-de-porco aumentou substancialmente o teor de K na camada superficial do solo, o que atribuíram a uma possível maior mobilização do nutriente das camadas mais profundas.

De-Polli et al. (1992) trabalharam com solos oriundos de um experimento de campo com duração de 38 (trinta e oito) anos, no qual existiam 4 (quatro) diferentes manejos de entressafra: adubação verde com mucuna preta, vegetação espontânea, capina e queima. Num experimento em casa de vegetação utilizando esses solos como tratamentos para o plantio do milho, os autores observaram que

não houve resposta à adubação potássica no tratamento com o solo proveniente da adubação verde, atribuindo o fato ao aumento na disponibilidade de K devido a reciclagem vertical promovida pela leguminosa.

De acordo com Miyasaka (1984), apesar da principal finalidade do uso de leguminosas como adubos verdes ser a produção de massa orgânica geralmente rica em nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, as deficiências minerais totais não são supridas plenamente por essa prática, podendo haver necessidade em solos deficientes, de suplementação por meio de fertilização química.

Debruck e Boguslaneski (1979), salientam que a adubação verde não implica na substituição total de adubos minerais, mas sim na sua complementação. Devido ao efeito positivo proveniente da interação entre adubo mineral e adubo verde, torna-se possível, através da ação combinada, alcançar rendimentos maiores do que os obtidos pelo uso de cada um separadamente.

Comparar a eficiência relativa dos adubos verdes em relação aos fertilizantes químicos é muito difícil, mesmo em base de nutriente equivalente. Obter o rendimento equivalente das culturas é a forma mais apropriada de se conhecer o quanto o adubo verde pode substituir o nutriente proveniente do fertilizante (Singh, 1984). Lourenço et al. (1993), avaliando o efeito de leguminosas tropicais na produtividade do sorgo, concluíram que a incorporação dos restos vegetais de guandu, cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth), mucuna preta e iarana (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) proporcionou uma produção de grãos de sorgo semelhante àquela conseguida na área onde foi realizada adubação mineral com 500 kg/ha da fórmula 4-14-8 + zinco.

Kang, Wilson e Sipkens (1981), trabalhando com leucena intercalada à cultura do milho, verificaram que essa leguminosa incorporou ao solo de 180 a 250 kg de N/ha/ano, quantidade suficiente para manter uma produção de 3,8 t/ha de milho por dois anos. Caceres (1994) utilizando leguminosas em rotação com

cana de açúcar, concluiu que esta prática teve efeito significativo sobre a produtividade no primeiro corte, sendo *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* os adubos verdes de melhor desempenho para essa cultura em solo de baixa fertilidade. Já para o segundo corte, as diferenças entre os tratamentos foram inferiores e coerentes com as do primeiro e, no terceiro, a adubação verde não mostrou efeitos sobre a produtividade dos tratamentos.

Derpsch e Calegari (1985), através de vários ensaios com adubos verdes de inverno, obtiveram rendimentos significativamente superiores ao pousio, semeando soja, milho e feijão sobre a resteva de aveia preta, tremoço e nabo forrageiro, respectivamente. Observaram, assim, que o efeito residual destes adubos verdes, em rotação com os cultivos comerciais, melhora o teor de matéria orgânica e conseqüentemente a fertilidade e a produtividade do solo.

A queda da fertilidade nos solos sob pastagem, provocada por seu frequente manejo inadequado, tem sido uma das principais causas de sua baixa produtividade. De acordo com Spain e Salinas (1985), o fator econômico impede a utilização de grandes quantidades de fertilizantes e corretivos. A construção e a recuperação da fertilidade desses solos deve ser então, feita de maneira paulatina, através do manejo de recursos da própria natureza e da exploração de outras atividades que cubram parte dos custos investidos.

Segundo Miyasaka et al. (1984), a reposição do nitrogênio nos sistemas de pastagem pode ser realizada de duas maneiras: adubação química ou introdução de uma leguminosa. Esta, além da função de incorporadora de nitrogênio pela fixação biológica, pode também constituir uma forragem mais rica em proteína, principalmente na época das secas quando o valor proteico das gramíneas cai consideravelmente e o das leguminosas permanece mais constante. Ainda segundo esses autores, em vista dos resultados obtidos com outras culturas, o uso da adubação verde em pastagens apresenta perspectivas para o

aumento de seu potencial produtivo, principalmente nos casos de pastagens exploradas intensivamente e atentam para a necessidade de estudos neste sentido.

O efeito da adubação verde sobre a produtividade das culturas é consequência das alterações que essa prática pode promover nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. É possível avaliar as modificações provocadas pela adubação verde na fertilidade do solo através da análise de suas propriedades químicas.

Mascarenhas et al. (1977) avaliaram as modificações em algumas características químicas de dois tipos de solos em São Paulo (Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho - Amarelo orto) pela adubação verde com *Crotalaria juncea* L. empregando-se toda vegetação ou retirando-se as hastes despojadas de suas folhas. Para o teor de carbono do solo, apenas ao se retirar as hastes é que ocorreu uma ligeira elevação ainda que pouco expressiva, enquanto que com a incorporação de toda a planta, o teor (determinado quatro meses após) se manteve igual ao original. O teor de potássio observado apresentou uma elevação e para os teores de fósforo no solo não houve nenhuma influência. Já Tang e Ho (1968) encontraram uma diminuição na disponibilidade de potássio e fósforo de um solo aluvial em Taiwan (China), como resultado da prática da adubação verde com *Crotalaria juncea* L. após seis, oito e nove meses da incorporação da leguminosa ao solo.

Vitti et al. (1979), estudando a influência de cinco leguminosas (*Dolichos lablab* L., *Stizolobium atterrimum* Piper e Tracy, *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Stizolobium deeringiamum* Bort. e *Canavalia ensiformis* DC) em um Latossolo Vermelho - Amarelo fase arenosa, encontraram um aumento significativo no teor de carbono, redução de pH, aumento no teor de alumínio, teores menores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo solúvel em relação à testemunha, através de

amostras retiradas aos três, seis, nove e doze meses após a incorporação desses adubos verdes.

Bavaskar e Zende (1973), através de trabalhos conduzidos em solos arenosos da Estação Experimental de Padegeon (Índia), encontraram um aumento significativo no teor de Ca + Mg do solo, utilizando-se da *Crotalaria juncea* L. como adubo verde. Por outro lado, Camargo, Freire e Venturini (1968), estudando a influência da adubação verde com *Crotalaria spectabilis* Roth. e *Secale cereale* L. nas características químicas de uma Terra Roxa e de um Latossolo Vermelho - Amarelo, verificaram, após cinco meses de realização da prática, que não houve efeito significativo da adubação verde nos teores de P, K e Ca desses solos.

Bulizani et al. (1972) compararam os efeitos sobre a fertilidade do solo da incorporação de soja perene (*Glycine wightii* Verdc.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), concluindo que com a utilização da leguminosa o teor de K foi incrementado e o nível de Ca + Mg manteve-se constante. Já com a incorporação da gramínea não houve alteração no teor de K e o teor de Ca diminuiu.

Tanaka, Santos e Freire (1980) não verificaram diferenças no conteúdo de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho - Escuro, textura média, quatro meses após a adubação verde com *Crotalaria juncea* L., *Stizolobium atterimum* Piper e Tracy, *Cajanus cajan* (L.) Millsp e *Canavalia ensiformis* (L.) DC. Já Resck e Pereira (1982), estudando o efeito de incorporação de restos culturais e adubos verdes em um Latossolo Vermelho - Amarelo fase cerrado, encontraram uma redução da percentagem de matéria orgânica depois da incorporação.

Andrade (1982), após a incorporação de resíduos do desfibramento de *C. juncea*, verificou que houve uma diminuição no pH do solo e que não ocorreram quaisquer efeitos sobre os teores de C, Al trocável, P assimilável, K trocável e

matéria orgânica, em nenhuma das épocas de amostragem de solo. Caceres (1994) não constatou alterações expressivas no teor de nutrientes e matéria orgânica, no pH, na CTC, soma de bases (SB) e saturação por Al (m) do solo, após a utilização de sete diferentes espécies de adubos verdes, incluindo *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*.

Entre os efeitos depressivos que a adubação verde pode proporcionar, dois aspectos devem ser considerados. O primeiro refere-se à imobilização dos nutrientes no solo pelos microrganismos, se o plantio da cultura econômica for realizado muito próximo da incorporação. O segundo refere-se à mineralização da matéria orgânica do solo; sendo as leguminosas mais eficientes na capacidade de extração de cátions bivalentes do solo, pode ocorrer um agravamento das deficiências desses minerais (principalmente cálcio e magnésio) caso a leguminosa incorporada não libere, para a cultura seguinte, em tempo hábil, os nutrientes por ela retirados (Wutke e Alvarez, 1968).

Os resultados sobre a utilização de adubos verdes influenciando os teores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica do solo se mostram contraditórios. São encontrados na literatura vários trabalhos onde se observa ser grande a dependência de fatores tais como tipo de solo e condições climáticas, além das espécies de adubo verde utilizadas e do manejo dado à sua biomassa, resultando em diferentes observações. O mesmo acontece quando se estuda a influência sobre os teores de alumínio livre e o pH do solo, e sobre os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Andrade (1982) comenta que alguns pesquisadores consideram a adubação verde como economicamente capaz de possibilitar a recuperação de solos depauperados, enquanto outros autores contestam esta afirmativa, procurando demonstrar que essa não é uma prática que promova nos solos os resultados geralmente proclamados. Deve-se lembrar que o comportamento

individual de cada espécie de adubo verde varia em função das condições edáficas e climáticas, sendo de se esperar, portanto, que sua ação no solo também varie, trazendo ou não benefícios.

O aumento na capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas mais profundas do solo, o incremento do teor de nitrogênio devido à fixação biológica, o favorecimento da produção de ácidos orgânicos e a redução do alumínio trocável através da complexação, são alguns dos efeitos atribuídos à adubação verde, grandemente benéficos à produtividade do solo, os quais precisam ser avaliados em condições diversas e com o uso de diferentes espécies de leguminosas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Nova Baden, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada no município de Lambari, região Sul de Minas Gerais.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho - Escuro distrófico, textura argilosa, sendo os resultados das análises química e granulométrica apresentados na Tabela 1.

A área experimental é formada com *Brachiaria decumbens* Stapf. implantada no ano de 1982, sem a realização de quaisquer práticas de caráter conservacionista ou de correção e adubação do solo.

3.2 Delineamento experimental

Avaliou-se três culturas e duas formas de manejo da biomassa, sendo as culturas duas leguminosas utilizadas como adubo verde, guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) e crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.) e a pastagem já existente na área (*Brachiaria decumbens* Stapf.). A biomassa foi manejada de duas formas: cortada e incorporada ao solo e cortada e deixada sobre a superfície do solo.

Os tratamentos foram comparados em esquema de parcelas subdivididas instalado num delineamento de blocos casualizados com três repetições. Nas parcelas foram avaliadas as formas de manejo da biomassa e nas subparcelas as culturas. Realizou-se no centro de cada subparcela, amostragens de solo em seis

diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), caracterizando-se um experimento em faixa.

TABELA 1. Resultados das análises química e granulométrica do solo, antes da implantação do experimento (0-20 cm). Lambari, outubro de 1995.

Propriedades químicas	
pH em água	4,6
P (mg/dm ³)	1,0
K (mg/dm ³)	23,0
Ca (mmol/dm ³)	2,0
Mg (mmol/dm ³)	1,0
Al (mmol/dm ³)	9,0
H + Al (mmol/dm ³)	98,0
SB (mmol/dm ³)	3,6
t (mmol/dm ³)	12,6
T (mmol/dm ³)	101,6
m (%)	71,0
V (%)	3,5
M. O. (g/kg)	33,0
N-total (g/kg)	1,6
N-NO ₃ ⁻ (mg/dm ³)	5,0
N-NH ₄ ⁺ (mg/dm ³)	8,0
Zn (mg/dm ³)	0,7
Cu (mg/dm ³)	2,9
Fe (mg/dm ³)	168,3
Mn (mg/dm ³)	3,8
Granulometria	
Arcia (g/kg)	340,0
Silte (g/kg)	160,0
Argila (g/kg)	500,0

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento foi o seguinte:

$$y_{ijkl} = \mu + m_i + b_j + e_{ij} + c_k + mc_{ik} + e_{ijk} + p_l + e_{jl} + pm_{il} + e_{jil} + pc_{kl} + pcm_{ilk} + e_{ijkl},$$

sendo:

y_{ijkl} o efeito da profundidade l, na cultura k, na forma de manejo i, no bloco j;

μ uma constante;

m_i o efeito do manejo i, $i = 1, 2$;

b_j o efeito do bloco j, $j = 1, 2, 3$;

e_{ij} o erro experimental (a);

c_k o efeito da cultura k, $k = 1, 2, 3$;

mc_{ik} o efeito da interação do manejo i com a cultura k;

e_{ijk} o erro experimental (b)

p_l o efeito da profundidade l, $l = 1, 2, \dots, 6$;

e_{jl} o erro experimental (c);

pm_{il} o efeito da interação da profundidade l com o manejo i

e_{jil} o erro experimental (d);

pc_{kl} o efeito da interação da profundidade l com a cultura k;

mcp_{ilk} o efeito da interação do manejo i com a cultura k com a profundidade l;

e_{ijkl} o erro experimental (e).

A área de cada subparcela foi de 36 m² (6 x 6 m). A representação esquemática encontra-se na Figura 1.

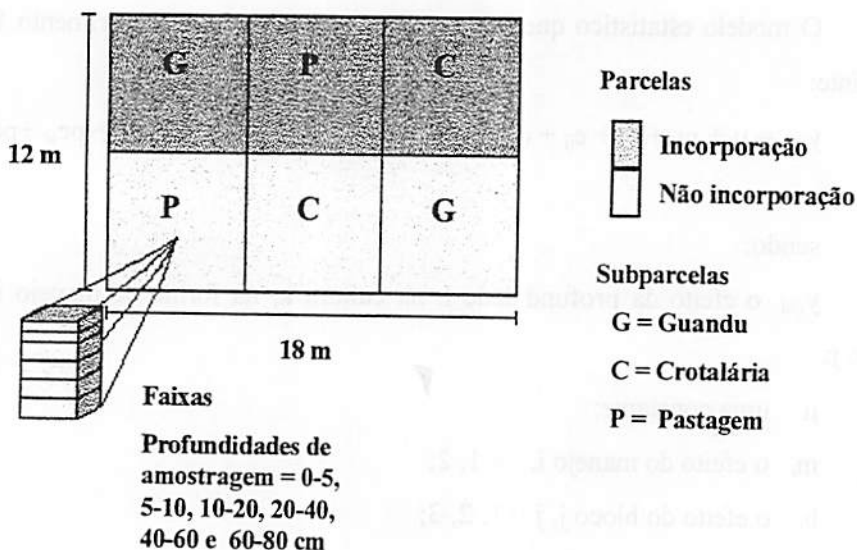


FIGURA 1. Representação esquemática de um bloco experimental (Bloco I).

3.3 Procedimento experimental

Após a demarcação da área experimental (parcelas e subparcelas) e a localização das subparcelas que permaneceriam com a pastagem de braquiária, procedeu-se à distribuição de calcário com dosagem calculada conforme a recomendação da Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1989). Foram realizadas uma aração e uma gradagem visando a incorporação do corretivo e trinta dias após a calagem, procedeu-se ao plantio do guandu, em 04/12/1995. Devido a diferença de ciclo das leguminosas, a crotalária juncea foi plantada aproximadamente sessenta dias após, em 05/02/1996, a fim de que ambas pudessem ser cortadas na mesma época. As leguminosas foram plantadas no espaçamento de 0,5 m entre linhas, com uma densidade de 20 e 50 sementes por metro linear, para guandu e crotalária juncea, respectivamente. Suas

sementes foram inoculadas com inoculante fornecido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CNPDS/EMBRAPA.

O corte dos adubos verdes foi realizado com o auxílio de roçadeira quando ambos se encontravam na fase final de florescimento e início da formação das vagens, em 27/04/1996. Nessa ocasião, também foi realizado o corte da pastagem. Antes do manejo da biomassa das culturas, foi realizada a amostragem de material vegetal (parte aérea) dos tratamentos para posterior determinação da produção de matéria seca, bem como da concentração e conteúdo de nutrientes. Foram retiradas amostras do material vegetal cortado de cada cultura (2m²), misturando-se o proveniente das duas parcelas (onde seria e onde não seria feita a incorporação), perfazendo um total de três amostras por bloco (uma para cada cultura). Cada amostra continha 1 kg de material vegetal, sendo o restante devolvido às respectivas parcelas.

No que se refere ao manejo da biomassa das culturas, nas parcelas onde esta foi incorporada, a operação foi feita através de gradagem a 10 cm de profundidade. Já nas parcelas onde não haveria incorporação, a biomassa foi deixada sobre a superfície do solo após o corte.

Noventa dias depois do manejo das culturas, realizou-se a primeira amostragem de solo (julho/1996). As amostras foram retiradas em cada subparcela nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, partindo-se de uma cova aberta no centro da subparcela. Manteve-se um intervalo de trinta dias entre cada amostragem, sendo, portanto, a segunda realizada aos cento e vinte dias após o manejo (agosto/1996) e a terceira e última aos cento e cinquenta dias após o manejo (setembro/1996). Para as três amostragens de solo, foi seguido o mesmo procedimento e, após a realização de cada uma, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de

Ciência do Solo da UFLA, em Lavras (MG), para realização das análises químicas.

3.4 Avaliações

Nas plantas avaliou-se produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes. No solo procedeu-se a análise química de rotina para determinação de pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e matéria orgânica, além de soma de bases (SB), saturação por Al (m), CTC efetiva (t), CTC potencial (T) e saturação por bases (V) e dos teores de N-total, N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺. Foram calculados também o teor de N mineral total (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) e a relação entre N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺.

3.5 Determinações

3.5.1 Análises químicas

Foram realizadas determinações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas utilizadas como adubo verde e da pastagem, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989); os extratos da matéria seca de parte aérea foram obtidos por digestão nitroperclórica, exceto para B, cuja extração foi feita por via seca. P e B foram determinados por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; K por fotometria de chama; S por turbidimetria. Os teores de N foram determinados pelo método Semi-Micro Kjeldahl.

No solo, as determinações químicas foram efetuadas conforme Vettori (1969) com modificações pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979); pH em água (na proporção de 1:2,5 para solo: água); Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ (extraídos pelo KCl 1 N); P e K (extraídos pelo HCl 0,05 + H₂SO₄

[REDACTED]

0,025 N) e acidez extraível (H+Al) (SMP). O carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico e a matéria orgânica estimada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724. Os teores de N-total foram determinados pelo método de Micro Kjeldahl e $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ por extração com KCl 1 N e destilação com MgO e liga de Devarda (Bremner, 1965).

3.5.2 Análises estatísticas

Os dados obtidos para as características produção de matéria seca, concentração e conteúdo de nutrientes nas plantas não foram submetidos a análise estatística, sendo utilizados como auxiliares à discussão dos dados provenientes das análises químicas de solo.

Para cada época de amostragem de solo foi realizada uma análise estatística em separado, todas com o mesmo procedimento, por meio do programa SANEST - Sistema de Análise Estatística, para microcomputadores (Zonta, Machado e Silveira, 1984).

Por não se constituir em objetivo do trabalho avaliar a influência da profundidade de amostragem de solo em cada variável, mas sim, dos fatores manejo e cultura sobre as variáveis em cada uma das profundidades de amostragem de solo, não foram desdobradas as interações triplas nas quais esteve presente o efeito da profundidade, nem realizados testes de comparação de médias para as opções profundidade dentro de manejo e profundidade dentro de cultura. As variáveis nas quais houve efeito do fator isolado profundidade de amostragem de solo, tiveram esse efeito representado graficamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise química da planta

O guandu se destacou na produção de matéria seca da parte aérea com uma produção de 13.183 kg/ha, aproximadamente 100% a mais que a crotalária, que produziu 6.550 kg/ha. A pastagem apresentou a menor produção de matéria seca, 3.833 kg/ha.

Alencar et al. (1991) afirmam que o guandu é um adubo verde de grande produção de fitomassa, apresentando rendimentos muitas vezes superiores aos da crotalária. Alvarenga (1993), trabalhando com oito espécies de adubos verdes, obteve com o guandu a maior produção de matéria seca, seguido da crotalária juncea. Calegari (1990), citado por Calegari et al. (1993), testando 19 espécies de adubos verdes de verão no sudoeste do Paraná, avaliou a massa seca obtida após o corte em pleno florescimento, sendo que o guandu foi a espécie de maior produção (13.788 kg/ha) seguido pelo milheto (9.939 kg/ha) e pela crotalária juncea (9.933 kg/ha). Tais observações corroboram com os resultados do presente estudo.

As concentrações de macronutrientes e micronutrientes na matéria seca das culturas são expressas na Tabela 2. O guandu apresentou as maiores concentrações de N, P, K e Cu, enquanto a crotalária, as maiores concentrações de Ca, Mg, S e B. Maiores concentrações de N, P e K na matéria seca do guandu, comparando-se com outras leguminosas, também foram encontradas por Alvarenga (1993). Nessa espécie, este autor encontrou ainda o sistema radicular mais profundo e com raízes de maior diâmetro. Arihara, Ae e Okada (1991) constataram que o guandu desenvolveu um sistema radicular a maiores

profundidades num Alfissolo em relação a culturas como soja e milho. Essa maior capacidade de enraizamento demonstra melhor potencial de absorção de água e indica a possibilidade de reciclagem de nutrientes que estejam presentes nas camadas mais profundas do solo.

Para todos os macronutrientes, a pastagem de braquiária apresentou as menores concentrações, com exceção do Mg, no qual se igualou ao guandu. Na pastagem, também foram encontradas as maiores concentrações dos micronutrientes Mn, Zn e Fe (Tabela 2).

TABELA 2. Concentração de nutrientes na matéria seca das culturas, por ocasião do corte (média de três repetições).

CULTURA	NUTRIENTE										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg							mg/kg			
Guandu	23,8	1,9	7,5	5,3	2,1	1,7	12,4	11,8	46,0	21,9	295,0
Crotalária	20,8	1,4	4,7	9,3	3,4	1,8	15,0	8,9	52,0	23,0	279,0
Pastagem	8,2	1,0	3,0	4,1	2,1	1,6	6,5	4,7	96,0	26,5	2386,0

Na Tabela 3 são expressas as quantidades de macro e micronutrientes fornecidas ao solo por cada cultura. De maneira geral, por sua maior contribuição em nutrientes que podem ser devolvidos ao solo após seu manejo, as leguminosas demonstraram sua maior capacidade de reciclagem em relação a

pastagem de *Brachiaria decumbens*, que por sua vez mostrou-se bastante degradada. O guandu forneceu as maiores quantidades de nutrientes ao solo, com exceção do Fe, que foi fornecido em maior quantidade pela pastagem. A maior contribuição do guandu no fornecimento de nutrientes se deve a sua maior produção de massa seca e a suas maiores concentrações de nutrientes. Sendo seu sistema radicular bem profundo e com grande habilidade na exploração do solo, essa leguminosa demonstra grande potencial para reciclagem de nutrientes e melhoria das condições de fertilidade.

Os resultados obtidos para o guandu (Tabela 3) estão dentro das faixas conseguidas por Dolmat (1980), que comparou a quantidade total de nutrientes retornados ao solo por gramíneas e leguminosas, concluindo que a cobertura com leguminosas em pleno vigor pode retornar ao solo de 226 a 353 kg/ha de N, 18 a 27 kg/ha de P, 85 a 131 kg/ha de K e 15 a 27 kg/ha de Mg. Quanto aos resultados obtidos para a crotalária, apenas a quantidade de Mg esteve dentro das faixas citadas pelo autor acima.

Corroborando com o presente trabalho, Wildner e Dadalto (1991) obtiveram maior quantidade total de N na matéria seca do guandu em relação a crotalária juncea. Amabile (1996), trabalhando com essas duas espécies em três diferentes épocas de semeadura, também verificou uma maior concentração de P (primeira época) bem como de N (segunda época) na matéria seca do guandu. Alvarenga (1993) constatou a capacidade do guandu de absorver maiores quantidades de nutrientes, levando a acreditar na sua superioridade sobre outras leguminosas quando se objetiva reciclagem e fornecimento de nutrientes a culturas sucessoras. Por outro lado, Mello e Brasil Sobrinho (1960) verificaram teores de N semelhantes na matéria seca de guandu e crotalária.

É importante salientar que condições locais podem favorecer não só determinadas espécies em relação a outras como também promover variações de produção dentro da mesma espécie. Vários fatores interferem tanto na produção

vegetativa quanto na concentração de nutrientes das leguminosas. A época de semeadura e o ambiente influenciam a produção dos adubos verdes. Miyasaka et al. (1966) verificaram uma grande variabilidade nos rendimentos de biomassa verde para crotalária juncea e guandu em relação ao ambiente, através de experimentos conduzidos em vários municípios de São Paulo. Trabalhos mais recentes também têm demonstrado haver uma interação entre o genótipo e o ambiente afetando a produção de massa seca dos adubos verdes, podendo levar a diferentes observações (Böhringer, Tamó e Dreyer, 1994; Hundal e Dhillon, 1993; Costa, 1989; Muller et al. 1992).

Ferreira (1996) obteve resultados discordantes dos conseguidos no presente estudo, verificando maior produção de massa seca e maiores teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn para a crotalária, comparativamente ao guandu, tendo considerado baixa a produção para a última espécie em relação a seu potencial máximo, fato que atribuiu a seu plantio realizado em março. Esse desempenho inferior do guandu indica sua baixa produtividade quando seu plantio se dá após o mês de janeiro (Calegari, 1995; Pereira e Sharma, 1984).

TABELA 3. Fornecimento de nutrientes ao solo pelas culturas, por ocasião do corte (média de três repetições).

CULTURA	NUTRIENTE										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
	kg/ha						g/ha				
Guandu	314,6	25,9	98,4	70,3	27,7	22,0	163,0	155,1	606,4	288,7	3889,0
Crotalária	136,2	9,0	30,8	60,9	22,5	12,0	98,5	58,5	340,6	150,6	1827,4
Pastagem	31,4	3,8	11,6	15,8	8,0	6,1	25,0	18,0	368,0	101,6	9146,3

4.2 Propriedades químicas do solo

4.2.1 Primeira avaliação

Os resumos dos níveis de significância obtidos para fatores isolados e interações entre fatores, através da análise de variância dos dados provenientes da análise química do solo respectiva à primeira amostragem (Tabelas 4 e 5), mostram efeito diferenciado das culturas, das formas de manejo da biomassa e das profundidades de amostragem de solo, bem como de suas interações sobre as variáveis analisadas.

A Figura 2 expressa o comportamento de P e N-total nas diferentes profundidades de amostragem de solo. Pode-se observar uma tendência de diminuição, à medida em que se aprofunda no solo, porém os maiores teores para ambos foram encontrados na profundidade de 5 a 10 cm. Vale ressaltar que o P esteve baixo em todas as profundidades. Independentemente da forma de manejo (Tabelas 4 e 5), os teores de P e principalmente de N-total não foram alterados devido a incorporação de matéria orgânica. Corroborando com o presente estudo quanto ao teor de N-total, Ferreira (1996), em experimento na região de Lavras (MG), observou que a incorporação de cinco espécies de leguminosas, inclusive guandu e crotalária juncea, não afetou seus teores no solo.

No que se refere ao efeito da forma de manejo da biomassa, independentemente da cultura utilizada, a maior CTC potencial foi observada no solo onde a biomassa não foi incorporada ($94,8 \text{ mmol/dm}^3$), enquanto que no solo onde houve incorporação seu valor foi de $90,5 \text{ mmol/dm}^3$. Apesar de estatisticamente significativa (Tabela 4), essa diferença é muito pequena em valores absolutos quando se considera a interpretação de resultados de análise de solo.

TABELA 4. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Variáveis								
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	m	SB
Blocos	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Manejo (M)	1	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*
Resíduo (a)	2									
Cultura (C)	2	*	*	**	**	**	*	**	*	**
C x M	2	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**
Resíduo (b)	8									
Profundidade (P)	5	ns	**	**	**	**	ns	**	ns	**
Resíduo (c)	10									
P x M	5	ns	ns	**	**	**	ns	**	ns	**
Resíduo (d)	10									
P x C	10	ns	ns	**	**	**	ns	**	ns	**
P x C x M	10	ns	ns	**	**	**	ns	*	ns	**
Resíduo (e)	40									
C.V. (P) %		8,45	46,89	10,19	35,25	37,36	71,10	9,02	54,94	22,79
C.V. (C) %		20,19	116,11	37,69	31,99	32,98	122,04	23,82	153,54	19,83
C.V. (M) %		6,10	49,12	34,58	26,81	25,80	75,49	15,43	63,02	21,31

ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

TABELA 5. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Variáveis							
		t	T	V	N - total	N - NO ₃ ⁻	N - NH ₄ ⁺	nitrato + amônio	nitrato / amônio
Blocos	2	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Manejo (M)	1	*	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (a)	2								
Cultura (C)	2	**	*	**	*	**	*	**	*
C x M	2	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (b)	8								
Profundidade (P)	5	**	ns	**	**	**	**	**	ns
Resíduo (c)	10								
P x M	5	**	ns	**	ns	ns	ns	*	ns
Resíduo (d)	10								
P x C	10	**	*	**	ns	**	**	**	**
P x C x M	10	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (e)	40								
C.V. (P) %		24,42	3,64	15,20	15,92	17,41	8,95	9,13	18,90
C.V. (C) %		20,64	27,74	13,79	28,08	21,30	12,47	12,52	28,74
C.V. (M) %		20,23	8,60	21,06	10,07	13,90	13,03	8,31	21,26

ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

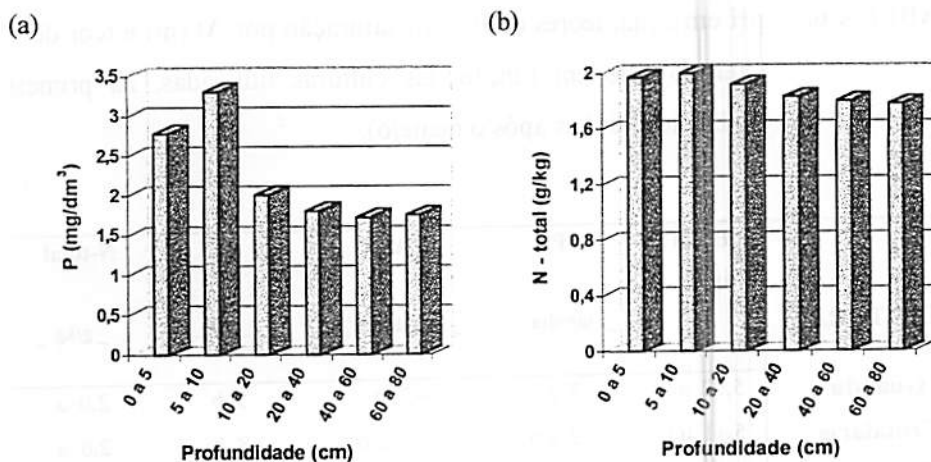


FIGURA 2. Teores de P (a) e N-total (b) em função das diferentes profundidades, na primeira avaliação (90 dias após o manejo).

Independentemente da forma de manejo da biomassa, o solo sob guandu apresentou maiores valores de pH e teores de P, seguido pelo solo sob crotalária e depois pelo solo sob pastagem. O teor de Al e a saturação por Al foram superiores no último e os teores de N-total foram semelhantes para todos os solos, indicando não ser esta variável um bom indicativo de diferenças entre as culturas (Tabela 6). O solo sob guandu, com pH mais elevado, teor e saturação por Al inferiores, se mostrou o de menor acidez.

Miyasawa, Pavan e Calegari (1993) avaliaram o efeito de diferentes materiais vegetais sobre a acidez do solo, com ênfase no pH e no Al, utilizando amostras de Latossolo Roxo distrófico, Latossolo Roxo álico e um Cambissolo álico, concluindo que as leguminosas provocaram maiores reduções na acidez do solo do que as gramíneas, e que, embora os efeitos sejam de curta duração, os materiais vegetais podem atuar como importantes melhoradores da fertilidade de solos ácidos, ao menos na fase inicial da cultura sucessora.

TABELA 6. pH em água, teores de P e Al, saturação por Al (m) e teor de N-total do solo em função das culturas utilizadas, na primeira avaliação (90 dias após o manejo).

CULTURA	pH em água	P _ mg/dm ³ _	Al _ mmol/dm ³ _	m _ % _	N-total _ g/kg _
	Guandu	5,92 a	3 a	0,7 b	5 b
Crotalária	5,41 a b	2 a b	1,6 a b	8 b	2,0 a
Pastagem	5,12 b	1 b	2,3 a	21 a	1,7 a

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, não diferem entre si (Tukey, 5%).

Houve interação entre cultura e manejo somente para Mg, soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases (Tabela 7) e seu estudo mostrou que os solos onde as biomassas de guandu e crotalária foram incorporadas apresentaram maiores valores quando comparados aos solos onde a biomassa dessas culturas foi apenas deixada sobre a superfície. O manejo do adubo verde, de acordo com De-Polli e Chada (1989), é um dos fatores que pode governar a liberação dos nutrientes, acreditando-se que sua não incorporação ao solo retarda sua decomposição. Para o solo sob pastagem, o comportamento foi o mesmo com ou sem incorporação, sendo seus valores sempre os mais baixos. O solo sob guandu, nas duas formas de manejo, mostrou valores superiores, para todas as variáveis, em relação ao solo sob crotalária, com exceção da CTC efetiva, para a qual não houve diferença quando essas duas culturas não foram incorporadas.

TABELA 7. Teor de Mg, soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V) do solo, em função das formas de manejo da biomassa e das culturas utilizadas, na primeira avaliação (90 dias após o manejo).

CULTURA	Mg		SB				t		V	
			mmol/dm ³						%	
	I*	NI	I	NI	I	NI	I	NI		
Guandu	A 17,7 a	B 12,9 a	A 62,9 a	B 40,5 a	A 63,0 a	B 41,4 a	A 62 a	B 42 a		
Crotalária	A 12,6 b	B 7,4 b	A 42,4 b	B 33,9 b	A 42,8 b	B 35,0 a	A 39 b	B 30 b		
Pastagem	A 2,0 c	A 2,3 c	A 8,0 c	A 8,6 c	A 10,7 c	A 11,4 b	A 11 c	A 11 c		

Para cada variável, médias seguidas pela mesma letra minúscula no sentido das colunas não diferem entre si (Tukey, 5%) e médias antecedidas pela mesma letra maiúscula no sentido das linhas não diferem entre si (Teste F, 5%).

* I= incorporada; NI = não incorporada.

O desdobramento da interação entre profundidade e manejo, variando as formas de manejo dentro de cada profundidade de amostragem de solo (Tabela 8), mostrou que na primeira profundidade, o solo que não sofreu incorporação apresentou maior teor de K e maior saturação por bases, enquanto o solo onde a biomassa das culturas foi incorporada apresentou maior somatório de N nas formas de nitrato e amônio. A única diferença entre os solos na profundidade de 5 a 10 cm ocorreu para o Mg, tendo sido encontrado um maior teor no solo onde houve incorporação. Apenas o teor de K se comportou de maneira diferente entre os solos na profundidade de 10 a 20 cm, sendo maior no solo com a biomassa incorporada. Também neste solo foram superiores, abaixo dos 20 cm, a soma de bases, a CTC efetiva e a saturação por bases, bem como os teores de

TABELA 8. Teores de K, Ca, Mg e H+Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e somatório de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ do solo nas diferentes profundidades, em função das formas de manejo da biomassa, na primeira amostragem (90 dias após o manejo).

MANEJO DA BIOMASSA	K	NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺	Ca	Mg	H + Al	SB	t	V
	mg/dm ³	mg/dm ³			mmol/dm ³			%
				----- 0-5 cm -----				
Incorporada	50,7 B	62,8 A	25,4 A	10,4 A	51,1 A	36,9 A	37,8 A	40,8 B
Não incorporada	70,1 A	54,8 B	30,3 A	12,7 A	43,9 A	45,4 A	46,0 A	49,2 A
				----- 5-10 cm -----				
Incorporada	31,9 A	52,8 A	26,6 A	11,1 A	55,0 A	38,4 A	39,6 A	39,7 A
Não incorporada	36,9 A	54,9 A	27,6 A	6,9 B	55,0 A	39,8 A	40,6 A	41,2 A
				----- 10-20 cm -----				
Incorporada	37,9 A	49,4 A	20,3 A	11,3 A	60,9 A	30,3 A	30,9 A	31,9 A
Não incorporada	21,5 B	46,9 A	18,6 A	10,4 A	67,0 A	29,3 A	31,1 A	30,4 A

... continua ...

TABELA 8, Cont.

MANEJO DA BIOMASSA	K	NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺	Ca	Mg	H + Al	SB	t	V
	mg/dm ³		mmol/dm ³			%		
	----- 20-40 cm -----							
Incorporada	23,2 B	49,2 A	26,0 A	11,3 A	50,3 B	37,9 A	39,8 A	32,5 A
Não incorporada	46,8 A	46,4 A	14,6 B	7,7 B	73,9 A	23,3 B	25,7 B	22,9 B
	----- 40-60 cm -----							
Incorporada	37,1 A	49,3 A	17,4 A	8,0 A	72,3 A	38,4 A	39,6 A	35,7 A
Não incorporada	21,8 B	48,2 A	9,7 A	3,7 B	68,4 A	14,3 B	15,2 B	11,9 B
	----- 60-80 cm -----							
Incorporada	27,4 A	46,0 A	22,5 A	12,4 A	60,7 B	44,7 A	45,5 A	43,2 A
Não incorporada	14,2 B	45,8 A	7,9 B	4,0 B	76,4 A	13,8 B	17,0 B	12,0 B

45

Médias seguidas pelas mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Teste F, 5%).

Ca e Mg. Em relação ao Ca na profundidade de 40 a 60 cm, os dois solos apresentaram teores semelhantes. Abaixo dos 40 cm, o teor de K foi maior no solo onde houve incorporação. A acidez potencial só variou nas profundidades de 20 a 40 e 60 a 80 cm, mostrando-se maior no solo onde a biomassa não foi incorporada.

É sabido que as diferentes formas de manejo afetam a área de contato do material vegetal com o solo levando a taxas de decomposição diferenciadas (Hernani et al., 1995). De maneira geral, os solos com e sem incorporação dos materiais vegetais mostraram condições semelhantes de fertilidade até os 20 cm de profundidade. Abaixo disso entretanto, o solo que sofreu incorporação passou a superar o solo onde a biomassa foi apenas deixada na superfície (Tabela 8).

O estudo das culturas em cada profundidade de amostragem de solo, proveniente da interação entre profundidade e cultura (Tabelas 9 e 10) mostrou que, de maneira geral, para todas as profundidades, o teor de K foi superior no solo sob guandu, seguido pelo solo sob crotalária. Destaca-se nos primeiros 5 cm o teor aproximadamente 360% maior desse nutriente no primeiro quando comparado ao último, corroborando com a maior contribuição de K pela matéria seca do guandu (Tabela 3). O guandu é, segundo Amabile (1996), uma espécie com sistema radicular altamente capaz de reciclar e absorver potássio. Vale ressaltar que o K não faz parte de nenhum composto orgânico (Faquin, 1994), sendo portanto mais facilmente mineralizável por ocasião da decomposição da matéria orgânica. Além disso, de acordo com Tiwari, Tiwari e Pathak (1980), a decomposição da matéria orgânica pode ter efeito solubilizante no K nativo do solo, aumentando sua disponibilidade. Ainda na profundidade de 0 a 5 cm, os solos sob guandu e crotalária apresentaram os maiores teores de Ca e Mg, acompanhados de maiores valores de soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases. Na faixa de 10 a 40 cm, o solo sob guandu superou os demais nos teores de Ca e Mg e na faixa de 20 a 60 cm mostrou maiores soma de bases e

TABELA 9. Teores de Ca, Mg e H+Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T) e saturação por bases (V) do solo nas diferentes profundidades, em função das culturas utilizadas, na primeira amostragem (90 dias após o manejo).

CULTURA	K	Ca	Mg	H + Al	SB	t	T	V
	mg/dm ³	mmol/dm ³						%
	----- 0-5 cm -----							
Guandu	126 a	36,7 a	17,0 a	36,2 b	56,3 a	56,3 a	92,5 a	62 a
Crotalária	35 b	39,5 a	14,2 a	42,7 b	56,2 a	56,2 a	100,7 a	61 a
Pastagem	20 b	7,4 b	3,5 b	63,8 a	11,0 b	13,2 b	83,2 a	13 b
	----- 5-10 cm -----							
Guandu	60 a	42,7 a	16,2 a	31,8 b	60,3 a	60,3 a	105,8 a	62 a
Crotalária	26 b	34,0 b	9,3 b	61,1 a	51,0 a	51,0 a	101,7 a	51 b
Pastagem	16 b	4,5 c	1,5 c	72,2 a	6,0 b	9,0 b	80,7 b	8 c
	----- 10-20 cm -----							
Guandu	45 a	35,1 a	19,2 a	40,1 b	54,1 a	54,1 a	91,8 ab	57 a
Crotalária	28 ab	16,2 b	11,2 b	82,7 a	25,2 b	26,5 b	107,2 a	24 b
Pastagem	16 b	7,0 c	2,2 c	69,2 a	10,2 c	12,4 c	82,8 b	13 c

... continua ...

TABELA 9, Cont.

CULTURA	K	Ca	Mg	H + Al	SB	t	T	V
	<u>mg/dm³</u>	<u>mmol_c/dm³</u>					<u>%</u>	
	----- 20-40 cm -----							
Guandu	68 a	38,5 a	18,9 a	43,2 b	59,4 a	59,8 a	94,2 a	57 a
Crotalária	20 b	16,3 b	7,6 b	72,3 a	24,4 b	27,6 b	92,5 a	15 b
Pastagem	18 b	6,0 c	2,0 c	70,7 a	8,0 c	11,0 c	79,2 a	11 b
	----- 40-60 cm -----							
Guandu	48 a	13,5 b	9,5 a	70,8 a	40,8 a	42,0 a	98,5 a	38 a
Crotalária	30 b	21,8 a	6,2 a	70,8 a	31,0 b	29,4 b	100,7 a	24 b
Pastagem	11 c	5,3 c	1,8 b	69,5 a	7,3 c	10,8 c	76,8 b	10 c
	----- 60-80 cm -----							
Guandu	33 a	14,4 b	11,0 a	69,2 a	39,4 a	41,0 a	105,6 a	37 a
Crotalária	19 ab	25,9 a	11,7 a	69,2 a	41,0 a	43,0 a	101,8 a	36 a
Pastagem	10 b	5,3 c	2,0 b	67,2 a	7,3 b	9,8 b	74,5 b	11 b

Médias seguidas pelas mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Tukey, 5%).

TABELA 10. Teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$, somatório de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ e relação $N-NO_3^- / N-NH_4^+$ do solo nas diferentes profundidades, em função das culturas utilizadas, na primeira amostragem (90 dias após o manejo).

CULTURA	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	$NO_3^- + NH_4^+$	NO_3^- / NH_4^+
	mg/dm ³			
	----- 0-5 cm -----			
Guandu	33 a	43 a	76 a	1,23 a
Crotalária	29 a	27 b	57 b	0,93 a
Pastagem	22 b	22 b	44 c	0,98 a
	----- 5-10 cm -----			
Guandu	23 a	42 a	65 a	1,85 a
Crotalária	25 a	26 b	51 b	1,06 b
Pastagem	22 a	23 b	45 b	1,04 b
	----- 10-20 cm -----			
Guandu	22 a	26 a	48 a	1,22 a
Crotalária	24 a	26 a	50 a	1,11 a
Pastagem	24 a	23 a	46 a	0,97 a
	----- 20-40 cm -----			
Guandu	25 a	24 a	49 a	0,99 a
Crotalária	24 a	24 a	48 a	1,02 a
Pastagem	23 a	23 a	46 a	0,99 a
	----- 40-60 cm -----			
Guandu	24 a	26 a	49 a	1,16 a
Crotalária	24 a	26 a	50 a	1,12 a
Pastagem	23 a	23 a	47 a	0,96 a
	----- 60-80 cm -----			
Guandu	24 a	24 a	47 a	1,00 a
Crotalária	22 a	26 a	48 a	1,20 a
Pastagem	22 a	21 a	43 a	1,00 a

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Tukey, 5%).

CTC efetiva. Conforme Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992), o uso de leguminosas capazes de produzir altas quantidades de resíduos, permite redução na lixiviação de cátions e aumento na CTC, o qual é acompanhado por aumentos proporcionais nos teores de Ca, Mg e K, e conseqüentemente, na soma de bases do solo. Porém, este efeito se dá a longo prazo. No presente trabalho, provavelmente esses maiores valores nos solos sob guandu e crotalária se devem a maior capacidade dessas leguminosas de retornar Ca e Mg ao solo através de sua biomassa, em relação a pastagem (Tabela 3). A saturação de bases foi semelhante para os solos sob guandu e crotalária na primeira e na última profundidade, sendo nas demais superior no solo sob guandu. Para a CTC potencial os solos sob guandu e crotalária se comportaram de maneira semelhante em todas as profundidades de amostragem, superando o solo sob pastagem.

Embora a contribuição em matéria orgânica dada pelas raízes seja pequena em relação à da parte aérea, sua importância é bastante grande já que é adicionada em profundidade no solo (Scaranari e Inforzato, 1952). O guandu, por apresentar um sistema radicular mais desenvolvido, pode contribuir de maneira mais eficiente neste aspecto, adicionando maior quantidade de matéria orgânica, proveniente das raízes, em profundidade. Isso provavelmente explica sua discreta superioridade para algumas variáveis, nas maiores profundidades, em relação ao solo sob crotalária. O solo sob pastagem apresentou a maior acidez potencial até os 5 cm, assemelhou-se ao solo sob crotalária na faixa de 5 a 40 cm e abaixo disso todos os solos se igualaram (Tabela 9).

Nas quatro últimas profundidades, não houve diferença entre os solos sob as três culturas para os teores de N, nas formas de nitrato e amônio, bem como para o somatório das duas formas e para a relação entre elas. Entretanto, no solo sob guandu houve maior teor de N-NO_3^- e maior $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ até os 10 cm de profundidade. Nos primeiros 5 cm, os solos sob guandu e crotalária se

igualaram quanto ao teor de $N-NH_4^+$, sendo superiores ao solo sob pastagem (Tabela 10). Pode-se observar que as maiores diferenças encontradas para os teores de nitrogênio aparecem nas primeiras profundidades, onde o processo de mineralização da biomassa das leguminosas é mais intenso. Os adubos verdes se mostraram superiores à pastagem quanto ao teor de nitrogênio contido em suas biomassas, devido à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e a seu sistema radicular mais eficiente no aproveitamento dos nutrientes, sendo possível com sua utilização aumentar os teores de nitrogênio do solo.

Resultados mostrando essa possibilidade também foram encontrados por Heinzmann (1985), que verificou maiores teores de $N-NO_3^-$ no solo onde adubos verdes de inverno foram cultivados em sucessão com o milho, bem como por Stampford, Albuquerque e Santos (1994), os quais verificaram um aumento significativo nos teores de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ do solo após utilização dos adubos verdes labe-labe e mucuna preta, levando a incrementos de produção na cultura do sorgo em sucessão.

De maneira geral, o solo sob pastagem apresentou as piores condições de fertilidade evidenciando seu estado de degradação. O uso das leguminosas se mostrou benéfico na melhoria de tais condições, destacando-se o guandu por sua contribuição em praticamente todas as variáveis analisadas. Esta última espécie apresentou a maior produção de matéria seca e as maiores contribuições de nutrientes ao solo (Tabelas 2 e 3), o que possivelmente acarretou em seu melhor desempenho.

As plantas possuem geralmente a mesma quantidade de carbono na matéria seca, aproximadamente 40% (Alexander, 1977), sendo o teor de nitrogênio o que condiciona a relação C/N. Uma espécie com maior teor desse nutriente na matéria seca possuirá uma relação C/N mais estreita, sendo, portanto, decomposta mais rapidamente. O guandu apresentou maior teor de nitrogênio em relação à crotalária, 23,8 e 20,8 g de N/kg de matéria seca,

respectivamente (Tabela 2), o que pode explicar sua mineralização mais rápida, contribuindo para as condições de fertilidade do solo já na primeira época de amostragem. Resultados semelhantes, porém com as espécies puerária e mucuna preta, foram encontrados por Ribeiro (1996), o qual obteve teores de N na matéria seca de 9,9 e 13,6 g/kg para puerária e mucuna preta respectivamente, tendo a última, devido à sua maior concentração de N, apresentado uma relação C/N menor.

Em concordância com estes resultados, encontra-se na literatura valores de relação C/N menores para o guandu. Gallo et al. (1974) e Calegari (1985), citados por Calegari et al. (1993), citam para o guandu uma relação C/N de 21,57. Já para a crotalária juncea, Magalhães et al. (1991) encontraram uma relação C/N de 26,0.

4.2.2 Segunda avaliação

Os resumos dos níveis de significância obtidos para fatores isolados e interações entre fatores, através da análise de variância dos dados provenientes da análise química do solo referente à segunda amostragem (Tabelas 11 e 12), mostram que nesta época de avaliação (120 dias após o manejo) o efeito das diferentes culturas ocorreu sobre um menor número de variáveis. Isso se deve, provavelmente, à fase de mineralização mais intensa da matéria orgânica proveniente dos adubos verdes já ter se processado. Os maiores efeitos ocorreram em relação à profundidade de amostragem, os quais são considerados esperados, já que existe uma tendência de mudança nas variáveis de fertilidade quando se aprofunda no perfil do solo.

TABELA 11. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C.V.	G.L.	Variáveis									
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	m	SB	
Blocos	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Manejo (M)	1	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (a)	2										
Cultura (C)	2	ns	*	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	*
C x M	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (b)	8										
Profundidade (P)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Resíduo (c)	10										
P x M	5	ns	*	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
Resíduo (d)	10										
P x C	10	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
P x C x M	10	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (e)	40										
C.V. (F) %	7,28	63,37	24,90	30,37	35,76	39,32	22,34	51,28	31,23		
C.V. (C) %	7,36	52,98	55,02	38,70	31,92	100,33	40,62	84,70	34,74		
C.V. (M) %	4,68	35,91	43,01	29,12	26,82	66,94	18,30	50,00	27,04		

ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

TABELA 12. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Variáveis								
		t	T	V	M.O.	N - total	N - NO ₃	N - NH ₄ ⁺	nitrito + amônio	nitrito / amônio
Blocos	2	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Manejo (M)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (a)	2									
Cultura (C)	2	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**
C x M	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (b)	8									
Profundidade (P)	5	**	**	**	**	**	**	*	**	**
Resíduo (c)	10									
P x M	5	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (d)	10									
P x C	10	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**
P x C x M	10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (e)	40									
C.V. (P) %		28,69	13,90	27,37	9,90	4,14	21,28	20,43	20,42	8,26
C.V. (C) %		27,84	23,77	39,28	10,27	10,63	16,83	31,64	21,80	20,04
C.V. (M) %		23,37	6,31	24,70	7,58	8,06	14,00	14,34	11,36	17,90

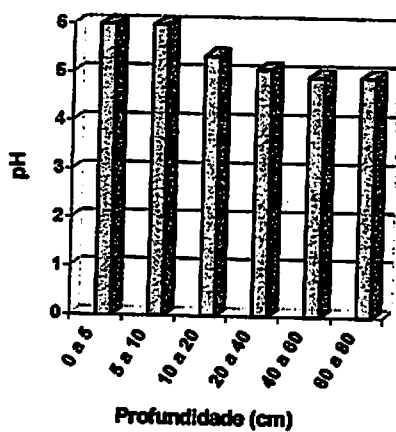
ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

As Figuras 3, 4 e 5 mostram o comportamento de algumas propriedades do solo em cada uma das profundidades de amostragem. O pH nas duas primeiras profundidades foi de aproximadamente 6,0, estando abaixo de 5,0 após os 40 cm. Os teores de H+Al e Al tenderam a aumentar em profundidade (Figura 3), enquanto o teor de matéria orgânica e a CTC potencial seguiram a tendência contrária. O teor de Mg e a saturação de bases foram notadamente maiores até os 20 cm de profundidade (Figura 4), o N-total diminuiu depois dos 40 cm e os maiores teores de N na forma de amônio ocorreram na faixa de solo entre 10 e 40 cm (Figura 5). Até os 40 cm, essas duas variáveis seguiram a tendência observada para a matéria orgânica (Figura 4 a).

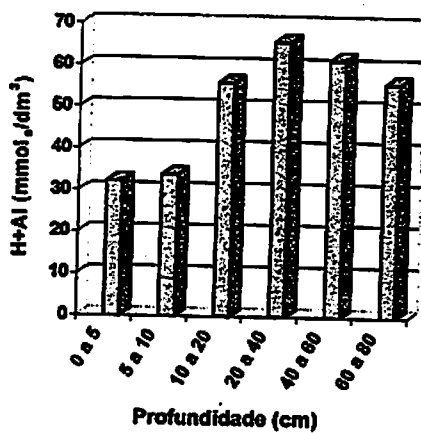
De forma geral, o solo sob crotalária foi superior aos demais, os quais se comportaram de maneira semelhante no que se refere aos teores de Ca e Mg, soma de bases e CTC efetiva (Tabela 13). Nesta época de amostragem (120 dias após o manejo), a maior contribuição desta leguminosa em Ca e Mg pode ser devido a sua mais lenta mineralização.

Andrade (1982), corroborando com esses resultados, verificou um aumento significativo nos teores de Ca e Mg aos 90 dias após a incorporação da crotalária, o qual foi atribuído a uma maior taxa de decomposição da massa vegetal no período compreendido entre 60 e 90 dias após a incorporação, levando à liberação no solo de uma maior quantidade de nutrientes retirados pela leguminosa durante seu desenvolvimento.

(a)



(b)



(c)

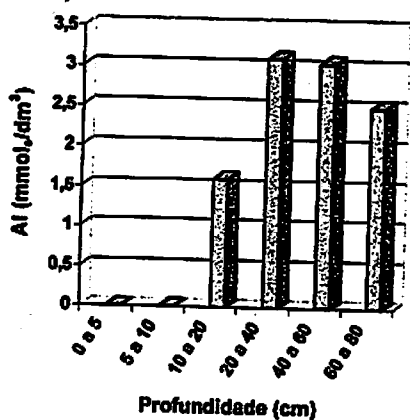
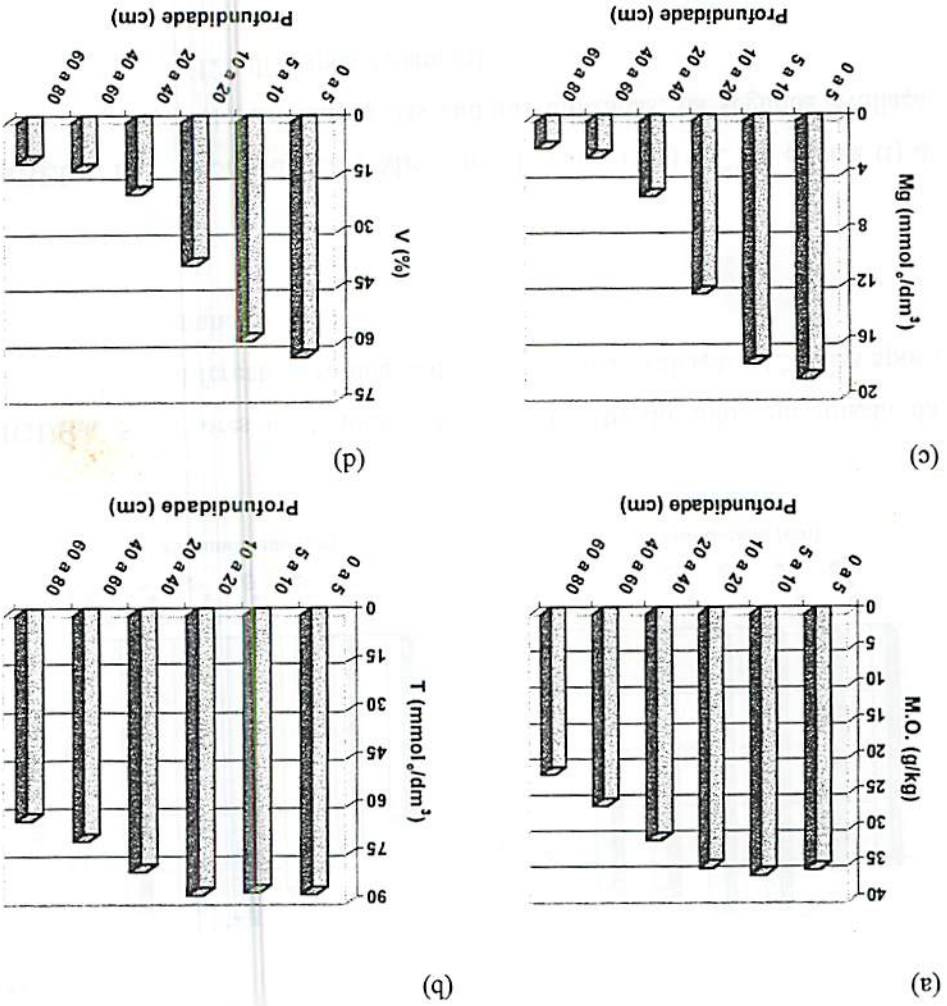
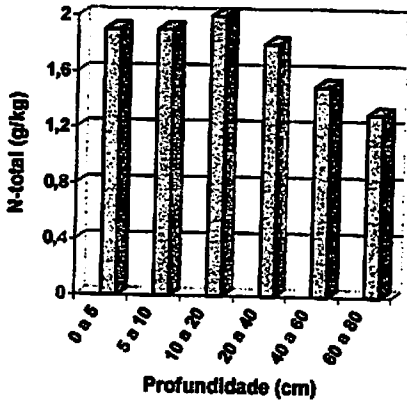


FIGURA 3. pH em água (a), teores de H+Al (b) e Al (c) do solo em função das diferentes profundidades, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).

FIGURA 4. Matéria orgânica (a), CTC potencial (b), teor de Mg (c) e saturação por bases (d) do solo, em função das diferentes profundidades, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).



(a)



(b)

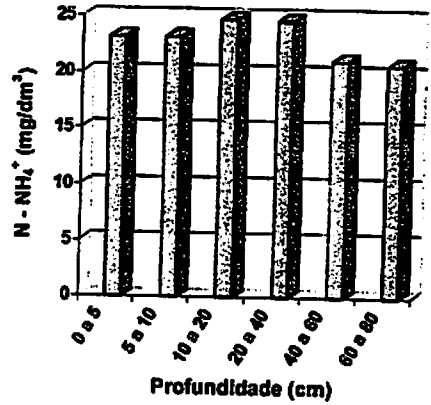


FIGURA 5. Teores de N-total (a) e N-NH₄⁺ (b) do solo, em função das diferentes profundidades, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).

TABELA 13. Teores de Ca e Mg, soma de bases (SB) e CTC efetiva (t) do solo em função das culturas utilizadas, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).

CULTURA	Ca	Mg	SB	t
	mmol/dm ³			
Guandu	16,3 ab	8,6 b	25,7 b	27,5 b
Crotalária	20,8 a	11,4 a	32,9 a	34,3 a
Pastagem	15,9 b	9,0 b	25,6 b	27,5 b

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, não diferem entre si (Tukey, 5%).

O desdobramento da interação entre profundidade e cultura, variando as culturas dentro de cada profundidade de amostragem de solo (Tabela 14), mostra que a saturação por Al e os teores de P foram semelhantes entre as três culturas em praticamente todas as profundidades. As diferenças encontradas para o P na segunda profundidade, apesar de estatisticamente significativas, são muito pouco expressivas quando se trata de interpretação de resultados, tendo sido os teores de P sempre baixos. Para o N na forma de nitrato, o solo sob guandu se destacou até os 10 cm, se igualou ao solo sob crotalária na profundidade de 10 a 20 cm e foi inferior ao último, igualando-se ao solo sob pastagem nas demais profundidades. Para o teor de N mineral total ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$), os solos sob guandu e crotalária se igualaram até os 20 cm superficiais, sendo que abaixo disso o solo sob crotalária apresentou valores mais altos, assim como para a relação $N-NO_3^- / N-NH_4^+$.

De maneira geral, nas primeiras profundidades foram encontradas as melhores condições de fertilidade: baixa ou nenhuma saturação por Al, teores um pouco maiores de P, maior quantidade de N na forma de nitrato e maior teor de N mineral total. Dentre as culturas, pode-se observar que abaixo dos 20 cm o solo sob crotalária mostrou uma certa superioridade, que se deve provavelmente a uma maior relação C/N desta espécie e, conseqüentemente, menor velocidade de decomposição. Neste caso, por liberar os nutrientes mais lentamente, esta espécie demonstra ter colaborado mais na fertilidade do solo nessa época de amostragem do que o guandu, o qual já teria provavelmente passado por sua fase de liberação mais intensa de nutrientes. Segundo Reinrnsen, Elliott e Cochran (1984), uma maior relação C/N leva à necessidade de um maior período para a completa mineralização pelos microrganismos com conseqüente demora na liberação dos nutrientes no solo.

TABELA 14. Saturação por Al (m), teores de P e N-NO₃⁻, somatório de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ e relação NO₃⁻/NH₄⁺ do solo nas diferentes profundidades, em função das culturas utilizadas, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).

CULTURA	m	P	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ + NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺
	--- % ---	-----	mg/dm ³	-----	-----
----- 0-5 cm -----					
Guandu	-	3 a	56 a	78 a	2,58 a
Crotalária	-	4 a	48 b	74 a	1,89 b
Pastagem	-	3 a	24 c	44 b	1,12 c
----- 5-10 cm -----					
Guandu	-	4 b	50 a	73 a	2,23 a
Crotalária	-	6 a	43 b	68 a	1,75 b
Pastagem	-	3 b	21 c	42 b	1,02 c
----- 10-20 cm -----					
Guandu	9 a	2 a	32 a	56 a	1,33 a
Crotalária	4 a	2 a	33 a	60 a	1,22 ab
Pastagem	8 a	2 a	21 b	44 b	0,93 b
----- 20-40 cm -----					
Guandu	27 a	1 a	23 b	46 b	1,03 ab
Crotalária	9 b	2 a	30 a	57 a	1,20 a
Pastagem	24 a	2 a	19 b	43 b	0,79 b
----- 40-60 cm -----					
Guandu	26 a	1 a	20 b	41 b	0,98 b
Crotalária	22 a	1 a	33 a	54 a	1,59 a
Pastagem	31 a	1 a	19 b	40 b	0,88 b
----- 60-80 cm -----					
Guandu	27 ab	1 a	19 b	39 b	0,99 b
Crotalária	22 b	1 a	30 a	50 a	1,53 a
Pastagem	37 a	1 a	18 b	40 b	0,80 b

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Tukey, 5%).

Observa-se que os teores de P foram semelhantes entre as duas formas de manejo em todas as profundidades, com exceção da segunda onde o solo que

não sofreu incorporação apresentou teores superiores do nutriente (Tabela 15). Na profundidade de 0 a 5 cm, no solo onde a biomassa não foi incorporada, havia duas vezes mais K do que onde houve incorporação, sendo que abaixo dessa profundidade os dois solos se igualaram. O teor de Ca, a soma de bases e a CTC efetiva do solo foram superiores no solo que não sofreu incorporação até os 10 cm, não apresentando mais diferenças abaixo dessa profundidade. A incorporação ou não da biomassa das culturas não influenciou essas variáveis nas quatro últimas profundidades.

TABELA 15. Teores de P, K e Ca, soma de bases (SB) e CTC efetiva (t) do solo nas diferentes profundidades, em função das formas de manejo da biomassa, na segunda avaliação (120 dias após o manejo).

MANEJO DA BIOMASSA	P	K	Ca	SB	t
	mg/dm ³		mmol/dm ³		
	----- 0-5 cm -----				
Incorporada	3 A	63 B	29,8 B	48,6 B	48,6 B
Não incorporada	4 A	128 A	38,4 A	61,0 A	61,0 A
	----- 5-10 cm -----				
Incorporada	3 B	37 A	27,3 B	44,7 B	44,7 B
Não incorporada	5 A	48 A	36,7 A	56,4 A	56,4 A
	----- 10-20 cm -----				
Incorporada	2 A	27 A	17,6 A	29,3 A	31,0 A
Não incorporada	2 A	19 A	20,3 A	33,3 A	34,9 A
	----- 20-40 cm -----				
Incorporada	2 A	21 A	10,2 A	15,9 A	19,2 A
Não incorporada	1 A	16 A	9,8 A	16,4 A	19,3 A
	----- 40-60 cm -----				
Incorporada	1 A	12 A	5,8 A	8,4 A	11,2 A
Não incorporada	1 A	12 A	6,4 A	9,1 A	12,4 A
	----- 60-80 cm -----				
Incorporada	1 A	8 A	4,2 A	5,8 A	8,2 A
Não incorporada	1 A	9 A	5,4 A	7,7 A	10,2 A

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Teste F, 5%).

4.2.3 Terceira avaliação

Os resumos dos níveis de significância obtidos para fatores isolados e interações entre fatores, através da análise de variância dos dados provenientes da análise química do solo respectiva a terceira amostragem (Tabelas 16 e 17), mostram que nesta época (150 dias após o manejo), assim como na anterior, já não houve praticamente efeito no solo devido a utilização das culturas. O principal fator a atuar sobre as variáveis continuou sendo a profundidade de amostragem.

Pode-se observar pela Figura 6 que os teores de P, N-total e matéria orgânica e o pH diminuíram com a profundidade. Abaixo de 20 cm, o pH foi menor que 5,0. Não houve presença de Al até os 10 cm e sua ocorrência, bem como os maiores valores de saturação por alumínio, foram observados somente abaixo dos 20 cm de profundidade (Figura 7), o que provavelmente se deve a presença de maior teor de matéria orgânica nas primeiras profundidades (Figura 6 c). É sabido que um dos efeitos da matéria orgânica no solo é a formação de complexos estáveis com o Al^{+3} , tornando-o portanto, menos disponível (Vale, Guilherme e Guedes, 1995).

Dentre as culturas utilizadas, o solo sob pastagem, sendo esta incorporada ou não, apresentou o maior pH (5,8), estatisticamente superior ($p < 5\%$) aos valores encontrados para os solos sob guandu e crotalária, que foram de 5,3 e 5,2, respectivamente.

TABELA 16. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Variáveis								
		pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	m	SB
Blocos	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Manejo (M)	1	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (a)	2									
Cultura (C)	2	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
C x M	2	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (b)	8									
Profundidade (P)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Resíduo (c)	10									
P x M	5	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (d)	10									
P x C	10	ns	ns	**	*	**	ns	**	ns	**
P x C x M	10	ns	ns	**	**	ns	ns	**	ns	**
Resíduo (e)	40									
C.V. (P) %		4,15	95,25	48,94	19,39	32,30	148,12	14,66	149,64	28,41
C.V. (C) %		10,71	69,06	40,96	49,95	42,43	96,56	30,50	90,04	42,27
C.V. (M) %		5,30	42,76	25,33	28,63	26,50	69,89	13,62	66,35	21,84

ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

TABELA 17. Resumo das análises de variância com os níveis de significância para as variáveis referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Variáveis								
		t	T	V	M.O.	N - total	N - NO ₃	N - NH ₄ ⁺	nitrato + amônio	nitrato / amônio
Blocos	2	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Manejo (M)	1	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (a)	2									
Cultura (C)	2	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x M	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (b)	8									
Profundidade (P)	5	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	**
Resíduo (c)	10									
P x M	5	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (d)	10									
P x C	10	**	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	**
P x C x M	10	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo (e)	40									
C.V. (P) %		30,04	3,30	12,61	10,46	4,18	47,97	25,19	9,89	65,90
C.V. (C) %		39,31	23,70	31,52	28,10	21,47	48,76	33,70	28,78	56,46
C.V. (M) %		20,32	6,77	17,18	7,86	7,87	16,68	17,12	13,10	17,52

ns, * e ** indicam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Teste F).

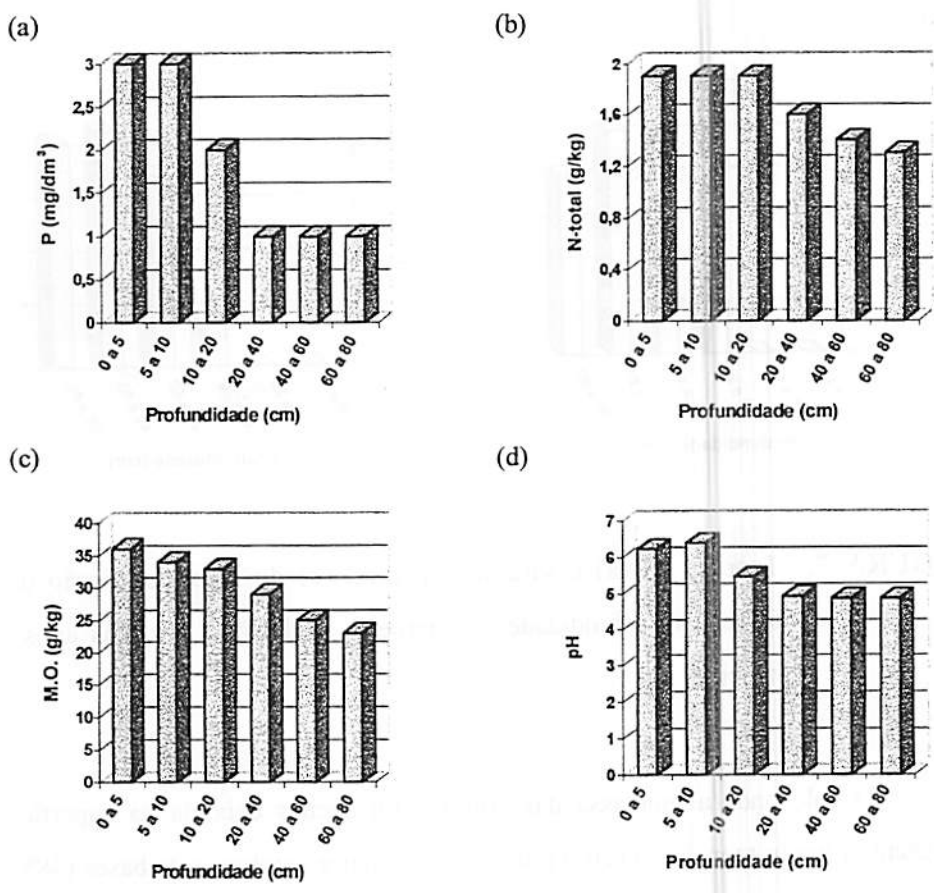
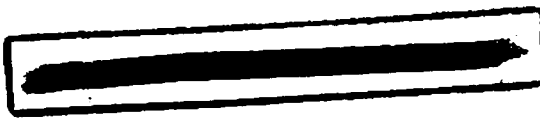
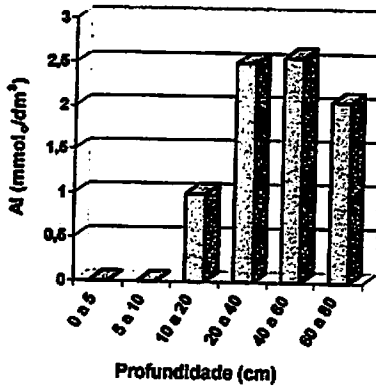


FIGURA 6. Teores de P (a), N-total (b), matéria orgânica (c) e pH em água (d) do solo em função das diferentes profundidades, na terceira avaliação (150 dias após o manejo).



(a)



(b)

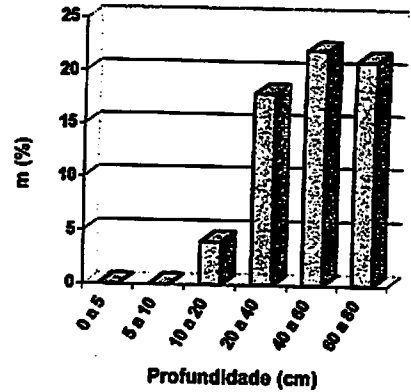


FIGURA 7. Teor de Al (a) e saturação por Al (b) do solo em função das diferentes profundidades, na terceira avaliação (150 dias após o manejo).

O solo onde a biomassa das culturas foi apenas deixada na superfície apresentou maior teor de Ca ($20,9 \text{ mmol/dm}^3$) e maior saturação de bases (38%) do que o solo onde houve incorporação ($17,4 \text{ mmol/dm}^3$ e 34%, respectivamente). Isto se deve provavelmente à decomposição mais lenta das culturas quando não incorporadas, levando a uma maior liberação de nutrientes a médio prazo; no caso específico, levando a uma maior liberação de Ca nessa época de amostragem (150 dias após o manejo). De acordo com De-Polli e Chada (1989), plantas fibrosas deixadas em cobertura apresentam decomposição mais lenta do que se incorporadas, contribuindo de forma mais acentuada na disponibilidade de nutrientes, após um espaço maior de tempo.

Os resultados de trabalhos sobre os diferentes manejos adotados na adubação verde têm se mostrado bastante variados. Há alguns onde não são

encontradas diferenças entre as duas formas de manejo, como o realizado por Araújo e Almeida (1993), que encontraram comportamento semelhante do feijão de porco quando incorporado e quando usado como cobertura.

Quanto à influência da interação entre a cultura utilizada e o manejo dado à biomassa sobre o teor de K (Tabela 18), observa-se que a única diferença existente ocorreu entre os solos sob pastagem, sendo o maior teor encontrado no solo que não sofreu incorporação.

TABELA 18. Teor de K em função das formas de manejo da biomassa e das culturas utilizadas, na terceira amostragem (150 dias após o manejo).

CULTURA	K mg/dm ³	
	Incorporada	Não incorporada
Guandu	A 31 a	A 26 a
Crotalária	A 22 a	A 31 a
Pastagem	B 22 a	A 34 a

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si (Tukey, 5%). Nas linhas, médias antecedidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si (Teste F, 5%).

A interação entre as culturas e a profundidade de amostragem de solo (Tabela 19) mostra que para o K, apenas na primeira profundidade houve diferença entre os solos sob as várias culturas, tendo sido os maiores teores encontrados nos solos sob guandu e pastagem. O teor de Ca variou nas três

TABELA 19. Teores de K, Ca, Mg e H + Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação por bases (V), teor de N-NO₃⁻ e relação NO₃⁻/NH₄⁺ do solo nas diferentes profundidades, em função das culturas utilizadas, na terceira amostragem (150 dias após o manejo).

CULTURA	K		Ca	Mg	H + Al		SB	t	V	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	
	mg/dm ³	mg/dm ³			mmol/dm ³	mmol/dm ³				%	mg/dm ³
							0-5 cm				
Guandu	66 a	31,8 b		13,5 b	25,9 a	49,7 b			68 ab	27 a	0,79 a
Crotalária	50 b	33,3 b		16,0 b	33,8 a	50,8 b			60 b	25 a	0,84 a
Pastagem	67 a	42,3 a		21,2 a	22,5 a	65,2 a			74 a	26 a	1,08 a
							5-10 cm				
Guandu	49 a	32,7 b		13,0 a	32,3 a	47,0 b			60 b	23 a	0,76 a
Crotalária	53 a	35,7 b		16,2 a	29,5 a	53,2 ab			64 b	28 a	0,90 a
Pastagem	47 a	45,7 a		16,3 a	21,5 a	63,3 a			74 a	24 a	0,89 a
							10-20 cm				
Guandu	24 a	15,5 b		9,3 b	62,7 a	25,7 b			28 b	23 a	0,86 a
Crotalária	18 a	26,3 a		11,0 ab	47,3 b	39,2 a			45 a	24 a	0,81 a
Pastagem	20 a	24,0 ab		13,5 a	42,8 b	38,0 a			47 a	25 a	0,98 a

... continua ...

TABELA 19, Cont.

CULTURA	K	Ca	Mg	H + Al	SB	t	V	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺
	mg/dm ³			mmol _e /dm ³			%	mg/dm ³	
	----- 20-40 cm -----								
Guandu	15 a	6,8 a	2,7 a	60,8 a	9,5 a	12,0 a	14 a	27 a	0,98 a
Crotalária	13 a	8,3 a	3,3 a	61,8 a	11,8 a	14,8 a	16 a	28 a	1,03 a
Pastagem	16 a	8,9 a	2,8 a	58,2 a	18,2 a	20,2 a	24 a	23 a	0,95 a
	----- 40-60 cm -----								
Guandu	9 a	5,5 a	2,0 a	57,7 a	7,5 a	9,7 a	12 a	23 b	0,86 a
Crotalária	12 a	6,3 a	1,8 a	61,5 a	8,2 a	11,5 a	12 a	35 a	1,20 a
Pastagem	10 a	5,5 a	2,5 a	51,2 a	8,0 a	10,6 a	13 a	25 b	0,98 a
	----- 60-80 cm -----								
Guandu	8 a	5,3 a	2,0 a	56,2 a	7,3 a	9,3 a	12 a	23 a	0,90 a
Crotalária	12 a	5,2 a	1,8 a	58,5 a	7,0 a	9,8 a	13 a	32 a	1,25 a
Pastagem	8 a	6,0 a	2,0 a	48,8 a	8,0 a	9,7 a	11 a	24 a	1,01 a

Médias seguidas pela mesma letra, para cada variável, em cada profundidade, não diferem entre si (Tukey, 5%).

primeiras profundidades, sendo mais alto no solo sob pastagem até os 10 cm superficiais e no solo sob crotalária na profundidade de 10 a 20 cm. O teor de Mg foi maior no solo sob pastagem na primeira profundidade; abaixo disso os solos praticamente se igualaram. Para o $N-NO_3^-$ só houve diferença entre as culturas na profundidade de 40 a 60 cm, onde o solo sob crotalária se destacou dos demais apresentando maiores teores. A relação entre nitrato e amônio foi semelhante nos três solos em todas as profundidades (Tabela 19). A acidez potencial foi bastante semelhante entre os solos em todas as profundidades de amostragem, com exceção da terceira, na qual o solo sob guandu apresentou o maior teor de H+Al. Soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases apresentaram diferenças entre os solos apenas até os 20 cm, tendo mostrado valores maiores no solo sob pastagem até 10 cm e de 10 a 20 cm, valores semelhantes para os solos sob pastagem e crotalária.

Através da análise das Tabelas 18 e 19, pode-se verificar que os efeitos causados pelas interações entre os fatores se mostraram mais sutis. O solo sob pastagem apresentou uma tendência a se igualar aos solos sob as leguminosas, em alguns casos até mesmo superando-os nesta época de avaliação. Esse fato possivelmente se deve à coincidência dessa época de amostragem com a morte de raízes da pastagem de braquiária que ao se mineralizarem levariam a uma reciclagem de nutrientes no solo. Weaver e Zink (1946), citados por Alvarenga (1993), afirmam que com o plantio de gramíneas perenes ocorre um aumento anual de material de raiz.

Outro fator que pode ter levado às semelhanças no desempenho das culturas é o fim da decomposição do material orgânico que havia sido adicionado. Nesta época de amostragem, 5 (cinco) meses após o corte das culturas, a matéria orgânica proveniente dos adubos verdes já teria sido totalmente decomposta.

Ribeiro (1996), estudando os efeitos da incubação do solo com os adubos verdes mucuna preta e puerária sobre a produção do arroz, observou que aos 180 dias após a incubação, não houve diferença nas produções de matéria seca dessa cultura entre os tratamentos com as leguminosas e a testemunha (sem incubação), atribuindo o fato ao final dos efeitos benéficos provocados pelas leguminosas ocorrido nessa época. Verificou também que mesmo não tendo existido diferença significativa entre os períodos de incubação de zero a 120 dias, houve uma tendência de diminuição na matéria seca do arroz em função do tempo de incubação, reflexo do decréscimo gradativo da liberação de nutrientes pelos adubos verdes. Ainda conforme o autor, o período de plantio da cultura sucessora após a aplicação do adubo verde é um fator que merece bastante atenção, pois o tempo para mineralização do adubo verde condiciona a liberação dos nutrientes que deverão ser absorvidos pela cultura subsequente.

Segundo Russel (1973), a cultura sucessora deve ser instalada imediatamente após a incorporação quando se utiliza materiais vegetais com baixa relação C/N, principalmente na época do verão, quando as condições favorecerão a decomposição e a mineralização, podendo haver inclusive perda de nitrato por lixiviação.

Cravo e Smyth (1991) observaram que com o plantio do milho vinte dias após a incorporação de mucuna preta ao solo, considerado como tardio, não se obteve aumento na produção de grãos, fato atribuído a uma provável perda de N do adubo verde por volatilização e/ou lixiviação.

Gonçalves (1997) afirma que numa sucessão leguminosa/gramínea, para que o aproveitamento do nitrogênio presente nos resíduos das leguminosas seja maximizado, a implantação da gramínea em sucessão deverá ser feita poucos dias após o manejo das espécies de leguminosas. Da Ros (1993), citado pelo autor acima, estudando o efeito de diferentes plantas como cobertura verde, verificou

que a taxa de decomposição e a quantidade de N liberada pelos resíduos das leguminosas foram maiores nos primeiros trinta dias e que aos 120 dias após o manejo, chegaram a aproximadamente 83%.

Não só para aproveitar o nitrogênio liberado com a decomposição dos adubos verdes como também para usufruir dos outros benefícios que estes podem trazer para a fertilidade do solo, deve-se atentar para a época de plantio da cultura sucessora, adequando a época de maior liberação de nutrientes pelo adubo verde utilizado ao período de maior demanda da cultura subsequente.

5 CONCLUSÕES

A adubação verde propiciou vários benefícios nas condições de fertilidade do solo degradado cultivado por longo período com *Brachiaria decumbens* Stapf.: redução da acidez através da elevação no pH e da diminuição no teor de Al; aumento nos teores de Ca e Mg seguidos por aumentos na CTC efetiva, na soma e na saturação por bases e incremento nos teores de N-NO_3^- e N-NH_4^+ , mostrando-se capaz de contribuir para o aumento de seu potencial produtivo.

As leguminosas utilizadas como adubo verde apresentaram capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes, quando comparadas à pastagem de braquiária, em função de suas maiores concentrações de nutrientes na biomassa, mostrando-se ainda rústicas o suficiente para se desenvolverem bem em solo de baixa fertilidade.

O gandu se destacou, tanto em produção de biomassa quanto no fornecimento de nutrientes ao solo. Sua contribuição nas propriedades químicas do solo se deu num menor espaço de tempo, mostrando benefícios na fertilidade já na primeira avaliação, efetuada aos 90 dias após o corte. A *Crotalaria juncea*, devido a sua mineralização mais lenta, apresentou maior contribuição na segunda avaliação, efetuada aos 120 dias após o corte. Aos 150 dias após o corte, não se observou nenhum efeito dos adubos verdes sobre a fertilidade do solo, evidenciando o fim dos processos de decomposição e mineralização. Deste modo, ressalta-se a necessidade de adequação da época de plantio da cultura subsequente, a fim de que se obtenha o máximo benefício da adubação verde na fertilidade do solo.

A incorporação da biomassa facilitou sua decomposição, favorecendo os efeitos benéficos dos adubos verdes, principalmente na primeira avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUBAÇÃO verde. São Paulo: Nobel, 1988. 64 p. (Campo & Cidade, 3).

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C.
Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 101-108, maio/ago.1994.

ALENCAR, O. O.; MELO FILHO, L. C.; MOURA NETO, V.; DANTAS, J. P.
Estudo comparativo de espécies de adubos verdes em condições de campo em brejo paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. Programa e resumos...Campinas: SBCS, 1991. p. 249.

ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2. ed. Nova York: J. Wiley, 1977. 467 p.

ALMEIDA, J. R.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n. 128, p. 19-26, ago. 1985.

ALVARENGA, R. C. *Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos*. Viçosa: UFV, 1993. 112 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

AMABILE, R. F. *Comportamento de adubos verdes em épocas de semeadura nos cerrados do Brasil Central*. Piracicaba: ESALQ, 1996. 123 p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

- AMBROSANO, E. J. Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea*) e mucuna preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho. Piracicaba: ESALQ, 1995. 83 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- ANDRADE, A. D. Avaliação do potencial forrageiro e valor nutritivo de pastagens nativas no segundo ano após o tratamento com queima. Lavras: ESAL, 1992. 84p. (Dissertação- Mestrado em Zootecnia).
- ANDRADE, L. A. de B. Efeitos da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba: ESALQ, 1982. 129 p. (Dissertação- Mestrado em Fitotecnia).
- ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 2, p. 245-251, fev. 1993.
- ARIHARA, J.; AE, N.; OKADA, K. Root development of pigeonpea and chickpea and its significance in different cropping systems. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K. L. (eds.). *Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arids tropics*. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 183-194.
- BAVASKAR, V. S.; ZENDE, E. G. R. Soil fertility under continuous manuring and cropping. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, v.43, n.5, p.492-499, 1973.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Icone, 1990. 355 p.

BÖHRINGER, A.; TAMÓ, M.; DREYER, H. M. Growth and productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes for use in alley cropping and their interactions with the environment. *Experimental Agriculture*, Cambridge, v. 30, p. 207-215, 1994.

BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, F. E.; CLARK, F. E. (eds.). *Methods of soil analysis chemical and microbiological properties*. Agronomy. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1965. n. 9, Parte 2., p. 1149-1178.

BULIZANI, E. A.; MIYASAKA, S.; ALMEIDA, L. D. A. de; SCARANARI, H. J.; PINTO, H. S. Estudos ecológicos com o feijoeiro - Efeitos da incorporação da massa vegetal ao solo e do sombreamento parcial. *Bragantia*, Campinas, v. 31, n. 7, p. 83-95, jan. 1972.

CACERES, N. T. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Piracicaba: ESALQ, 1994. 45 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

CALEGARI, A. Leguminosas para adubação verde no Paraná. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, J. T. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (coord.). *Adubação verde no sul do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CAMARGO, A. P. de; FREIRE, E. S.; VENTURINI, W. R. Adubação da batata doce em São Paulo. Parte II - Efeito do calcário e de vários adubos. *Bragantia*, Campinas, v. 21, n. 1, p. 325-339. 1968.

- CAMPO, R. J.; SFREDO, G. J.; PALHANO, J. B.; BORKERT, C. M.; CORDEIRO, D. S.; LANTMANN, A. F. Efeito da incorporação e matéria verde sobre os rendimentos da soja e as propriedades do solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Londrina, 1981. Anais...Brasília: EMBRAPA, 1981. p. 597-604.
- CARDOSO, E. M. de. Contribuição para o estudo da adubação verde dos canaviais. Piracicaba: ESALQ, 1956. 89 p. (Tese - Doutorado).
- CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n. 2, p. 195-200, maio/ago.1991.
- CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 215-220, maio/ago. 1994.
- CHAVES, J. C. D. Nutrição, adubação e calagem do cafeeiro. Londrina: IAPAR, 1986. 24 p. (Circular, 48).
- CLAASSEN, N. Extration of soil phosphorus by plant roots - Interpretative summary of part 2. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K. L. (eds.). *Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arids tropics*. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 99-104.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4ª aproximação*. Lavras, 1989. 176 p.

COSTA, N. de L. Competição de cultivares de guandu sob dois níveis de adubação fosfatada. Porto Velho: EMBRAPA/UEPAE, 1989. 5 p. (Comunicado Técnico, 81).

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Sistema de cultivo com altos insumos na Amazônia Brasileira. In: SMYTH, T. J.; RAUN, W. R.; BERTSCH, F. (eds.). Manejo de suelos tropicales en latinoamerica. Raleigh: North Carolina State University, 1991. p. 144-156.

CURI, N.; CARMO, D. N. do; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 1-24, 1992.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, n. 3, p. 471-477, set./dez. 1993.

DEBRUCK, J.; BOGUSLANESKI, F. V. Die wirkung der kombination von organischer und mineralischer düngung aufgrund von langjährigen versuchen. Landwirtschaftliche Forschung, Frankfurt, v. 36, p. 405-418, 1979.

DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 13, n. 3, p. 287-293, set./dez. 1989.

DE-POLLI, H.; FORESTIERI, E. F.; ALMEIDA, D. L. de.; SOUSA, R. L. P. de. Adubação e crescimento do milho em solo oriundo de experimento de longa duração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 16, n. 3, p. 343-348, set./dez. 1992.

- DERPSCHI, R.; CALEGARI, A. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p. (IAPAR, 9).**
- DOLMAT, M. T.; Role of legumes covers. The effects on growth and yield. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. RRIM training manual rubber planting and nurse techniques. Kuala Lumpur, 1980. p. 149-157.**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.**
- ESCUDE, C. J. Utilização e manejo das pastagens tropicais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.6, n.70, p.63-73, out. 1980.**
- FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227 p.**
- FERREIRA, A. M. Efeitos de adubos verdes nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho. Lavras: ESAL, 1996. 70 p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).**
- FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1, Rio de Janeiro, 1983. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 199-215.**
- GOEDERT, W. J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel, Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1985. 422 p.**

GONÇALVES, C. N. Plantas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre carbono, nitrogênio e fósforo do solo e na produtividade do milho em sucessão, sob plantio direto. Santa Maria: UFSM, 1997. 115 p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

HEINRICHS, R. Ervilhaca e aveia preta cultivadas simultaneamente como adubo verde e sua influência no rendimento do milho. Piracicaba: ESALQ, 1996. 65 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

HEIZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por cultura de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 9, n. 20, p. 1021-1030, set. 1985.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul. Dourados: EMBRAPA-CPAQ, 1995. 93 p. (Documentos, 4).

HUNDAL, H. S.; DHILLON, N. S. Influence of green manures on P use efficiency in rice. *International Rice Research Newsletter*, Manila, v. 18, n. 1, p. 43-44, 1993.

HUNTER, D. J.; YAPA, L. G. G.; HUE, N. V.; EAQUB, M. Comparative effects of green manure and lime on the growth corn and chemical properties of na acid oxisol in Western Samoa. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, New York, v. 26, n. 3-4, p. 375-388, Feb. 1995.

IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M. A.; MELLA, S. C.; MEDEIROS, G. B. Adubação orgânica. Londrina: IAPAR, 1984. 33 p. (Informe da Pesquisa, 59).

KAGE, H. Adubação verde: as observações de um lavrador. Parte II. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. Campinas, 1984. p. 111-138.

- KANG, B. T.; WILSON, G. F.; SIPKENS, L. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.) in southern Nigeria. *Plant and Soil*, The Hague, v. 63, n. 2, p. 165-179, 1981.
- KIEHL, E. J. Contribuição para o estudo da poda e da decomposição de adubos verdes. Piracicaba: ESALQ, 1960. 113 p. (Tese - Livre Docência).
- LOURENÇO, A. J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J.; BOIN, C.; BORTOLETO, O. Efeito de leguminosas tropicais na matéria orgânica do solo e na produtividade do sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 263-268, maio/ago.1993.
- MAGALHÃES, J. C. A. J.; VIEIRA, R. E.; PEREIRA, J.; PERES, J. R. R. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 329-337, set./dez.1991.
- MAHAJAN, K. K. Effect of green-manure crops on yield of barley (*Hordeum vulgare*) and maize (*Zea mays*) + cowpea (*Vigna unguiculata*) grown on alluvial sand deposits. *Indian Journal of Agronomy*, Bajaura, v. 40, n. 4, p. 553-556, Dec. 1995.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Science American Proceeding*, New York, v. 27, p. 84-86, 1963.

MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; LOVADINI, E. A. C.; FREIRE, E. S.; TEOFILSOBRINHO, J.; CRUZ, L. P.; NERY, C.; ANDRADE, F. C. Efeito da adubação verde do feijoeiro da "seca" em *Crotalaria juncea* L., empregando-se toda a vegetação ou retirando-se do campo as hastes despojadas de suas folhas. *Bragantia*, Campinas, v.26, p. 219-234, 1977.

MELLO, F. de A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O. C. do. Composição química de alguns adubos verdes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 17, p. 347-350, 1960.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1984. p. 64-123.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A. de; CAVALERI, P. A. et al. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo*. Campinas, 1984. Pt. 1, p. 1-109.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A.; NERY, C.; CAMPANA, M.; SORDI, G. de. Efeito da adubação verde com uma gramínea e quatro leguminosas sobre a produção do feijoeiro "da seca", em terra-roxa-misturada. *Bragantia*, Campinas, v. 25, n. 25, p. 277-289, 1966.

MIYASAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n.3, p. 411-416, set./dez. 1993.

MORTON, J. P. The pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), a high protein, tropical bush legume. *Hort Science*, Alexandria, v. 11, n. 1, p. 11-19, 1976.

- MOTTA NETO, J. A. Processos químicos e físicos na dinâmica de recuperação de solos degradados: uma visão interior. In: BALENSIEFER, M. (coord.) **Recuperação de áreas degradadas - III curso de atualização**. Curitiba, 1996. p. 129-133.
- MULLER, N. R. M.; MULLER, A. A.; OLIVEIRA, R. P. de; MARADEI, N. R.; PARENTE de OLIVEIRA, R. **Uso de leguminosas para produção de biomassa**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. Belém, 1992, n. 67, p. 111-120, 1992.
- NEIVA, J. N. M. **Crescimento e valor nutritivo de pastagens nativas submetidas ou não ao tratamento de queima**. Lavras: ESAL, 1990. 97 p. (Dissertação- Mestrado em Zootecnia).
- OLIVEIRA, E. L. de. Coberturas verdes de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 235-241, maio/ago. 1994.
- PAUL, E. A. Dynamics of organic matter in soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 76, n. 1/3, p. 275-285, 1984.
- PEREIRA, J.; PERES, J. R. R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, J. W. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Brasília: EMBRAPA. CPAC, 1986. p. 261-284.
- PEREIRA, J.; SHARMA, R. D. Avaliação das características agronômicas de leguminosas "adubos verdes". In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 322-325.
- PURSEGLOVE, J. W. *Crotalaria juncea* L. In: _____. **Tropical crops, dicotyledons**. London: Longman, 1969. p. 250-254.

REINRTSEN, S. A.; ELIOTT, L. F.; COCHRAN, V. L. Role of available carbon and nitrogen in determining the rate of wheat straw decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 16, n. 5, p. 459-464, 1984.

RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J. Efeitos da incorporação de restos culturais e adubos verdes nas propriedades físicas de Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 459-467, 1982.

REZENDE, C. de P. Influência da frequência de corte ou pastejo e da adubação nitrogenada sobre a produção e qualidade de sementes de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). Viçosa: UFV, 1988. 60 p. (Tese - Mestrado em Zootecnia).

RIBEIRO, G. de A. Efeito de períodos de incubação de adubos verdes (mucuna e puerária) na liberação de nitrogênio (^{15}N) e enxofre (^{35}S) para o arroz. Piracicaba: ESALQ, 1996. 82 p. (Dissertação- Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura).

RIBEIRO, P. G. F. Influência do estágio fenológico da *Crotalaria juncea* L. e da *Mucuna aterrima* (Piper e Tracy) Holland. sobre a decomposição da fitomassa e seu efeito fertilizante. Piracicaba: ESALQ, 1991. 131 p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

RUSSEL, E. W. The decomposition of plant material. In: _____. *Soil conditions and plant growth*. London: Longman, 1973. p. 327-387.

SANTOS, J. C. F. Comportamento de propriedades físicas e químicas de dois latossolos roxos sob diferentes sistemas de rotação de culturas em plantio direto. Lavras: ESAL, 1993. 101 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- SCARANARI, H. J.; INFORZATO, R. Sistema radicular das principais leguminosas empregadas como adubo verde em cafezal. *Bragantia*, Campinas, v. 12, p. 291-296, 1952.
- SILVA, J. A. A. da. Consorciação de adubos verdes na cultura de citros em formação. Piracicaba: ESALQ, 1995. 116 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SINGH, N. T. Green manures as sources of nutrients in rice production. In: INTERNACIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *Organic matter and rice*. Los Baños, 1984. p. 217-228.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. *Biotechnology do solo - fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC. ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.
- SOUZA, M. M. da S. R. de. *Ação da cobertura com leguminosas sobre o solo e o seringal em formação*. Piracicaba: ESALQ, 1996. 88 p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus, 1985. *Anais...* Campinas: SBCS, 1985. p. 259-292.
- STAMPFORD, N. P.; ALBUQUERQUE, M. H.; SANTOS, D. R. Aproveitamento do nitrogênio pelo sorgo em sucessão a leguminosas incorporadas em diferentes épocas de corte. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 221-227, maio/ago.1994.
- SUBBIAH, B. V.; MANNIKAR, N. D. Selection of green manure crops for the uptake of sub-soil phosphorus studies with ³²P. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, v. 34, n. 1, p. 21-27, 1964.

TANAKA, R. T.; SANTOS, P. R. R. S.; FREIRE, F. M. Efeito da adubação verde no teor de matéria orgânica do solo e na produção de duas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, Salvador, 1980. Resumos... Campinas: SBCS, 1980. p. 98-99.

TANG, K. H.; HO, P. W. Studies on nine consecutive sugar cane ratoons and various methods of maintaining soil fertility in Taiwan. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 13, Taiwan, 1968. Anais...Taiwan: Society of Sugarcane Technologists, 1968. p. 618-622.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho - Escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 1, n. 16, p. 107-114, jan./abr. 1992.

TISDALE, S.; NELSON, W. L.; BEATON, J. B. *Soil fertility and fertilizers*. 4. ed. New York: MacMillan, 1985. 754 p.

TIWARI, K. N.; TIWARI, S. P.; PATHAK, A. N. Studies on green manuring of rice in double cropping system in a partially reclaimed saline sodic soil. *Indian Journal of Agronomy*, Palampur, v. 25, n. 1, p. 136-145, Mar. 1980.

VALE, F. R. do; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. *Manejo da fertilidade do solo*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 171 p.

VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).

VITTI, G. C.; FERREIRA, M. E.; PERECIN, D.; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, com adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa). *Científica*, Jaboticabal, v.7, n.3, p. 413-435, 1979.

WILDNER, L. do P.; DADALTO, G. G. Adubos verdes de verão para o Oeste Catarinense. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 4, n. 3, p. 36-40, 1991.

WUTKE, A. C. P.; ALVAREZ, R. Restauração do solo para a cultura da cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v. 27, n. 1, p. 201-217, 1968.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. *Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico*. Campinas, 1993. n. 1, p. 17-22. (Documentos, 35).

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A.; SILVEIRA, P. *Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST*. Pelotas: UFPEL, 1984. (Disquete).

ANEXOS

1980

1. [Illegible text]

2. [Illegible text]

3. [Illegible text]

4. [Illegible text]

5. [Illegible text]

6. [Illegible text]

7. [Illegible text]

8. [Illegible text]

9. [Illegible text]

10. [Illegible text]

11. [Illegible text]

12. [Illegible text]

13. [Illegible text]

14. [Illegible text]

15. [Illegible text]

16. [Illegible text]

17. [Illegible text]

18. [Illegible text]

LISTA DE TABELAS

TABELA	página
ANEXO A	92
A1 Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).....	92
A2 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).....	93
A3 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).....	94
A4 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).....	95
A5 Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).....	96
A6 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).....	97

	página	
A7	Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).....	98
A8	Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).....	99
A9	Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).....	100
A10	Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).....	101
A11	Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).....	102
A12	Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).....	103
ANEXO B	104
B 1	Caracterização das espécies utilizadas como adubo verde.....	104

ANEXO A

TABELA A1. Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q, M.				
		N-total	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺
Blocos	2	0,064 ^{ns}	4,0833 ^{ns}	26,0370 ^{ns}	0,0327 ^{ns}	31,8426 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,012 ^{ns}	10,0833 ^{ns}	50,7037 ^{ns}	0,0214 ^{ns}	118,2315 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,009	4,6944	21,1481	0,0433	21,2870
Cultura (C)	2	0,127 [*]	46,5833 [*]	639,1481 ^{**}	0,5864 [*]	956,2315 ^{**}
C x M	2	0,001 ^{ns}	15,2500 ^{ns}	30,0370 ^{ns}	0,0698 ^{ns}	65,5092 ^{ns}
Resíduo (b)	8	0,028	9,0972	31,6620	0,1000	40,0787
Profundidade (P)	5	0,017 ^{**}	75,8611 ^{**}	184,7037 ^{**}	0,2222 ^{ns}	419,0537 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,003	11,9278	22,2815	0,0743	36,3981
P x M	5	0,004 ^{ns}	19,1055 ^{ns}	12,4148 ^{ns}	0,0342 ^{ns}	51,9426 [*]
Resíduo (d)	10	0,002	10,9167	5,7259	0,0390	12,1981
P x C	10	0,004 ^{ns}	32,4278 ^{**}	150,7592 ^{**}	0,2174 ^{**}	250,6204 ^{**}
P x C x M	10	0,004 ^{ns}	11,1389 ^{ns}	9,4481 ^{ns}	0,0305 ^{ns}	30,2537 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,003	9,9472	13,4898	0,0548	17,6620
C.V. (P) %		15,92	8,95	17,41	18,90	9,13
C.V. (C) %		28,08	12,47	21,30	28,74	12,52
C.V. (M) %		10,07	13,03	13,90	21,26	8,31

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A2. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		P	K	Ca	Mg
Blocos	2	8,6134 ^{ns}	2,6458 ^{ns}	62,0092 ^{ns}	19,4190 ^{ns}
Manejo (M)	1	1,6875 ^{ns}	7,0023 ^{ns}	652,6875 ^{ns}	275,5208*
Resíduo (a)	2	1,0903	12,6829	52,5278	11,7153
Cultura (C)	2	28,9884*	22732,5486**	5963,2106**	1573,2662**
C x M	2	0,0069 ^{ns}	364,6134 ^{ns}	157,9375 ^{ns}	84,2986**
Resíduo (b)	8	6,6852	173,5671	43,2616	9,1296
Profundidade (P)	5	7,8412**	3256,7986**	629,3856**	74,5912**
Resíduo (c)	10	1,0468	459,2569	27,5537	4,8412
P x M	5	0,7930 ^{ns}	1471,4356**	257,2597**	58,4653**
Resíduo (d)	10	0,9625	84,9829	43,9667	6,1597
P x C	10	1,6217 ^{ns}	1794,2930**	451,8801**	40,2968**
P x C x M	10	1,2292 ^{ns}	1823,7468**	141,4519**	27,0180**
Resíduo (e)	40	1,1963	146,1393	30,3866	5,5880
C.V. (P) %		46,89	10,19	35,25	37,36
C.V. (C) %		116,11	37,69	31,99	32,98
C.V. (M) %		49,12	34,58	26,81	25,80

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A3. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		pH	Al	H + Al	m
Blocos	2	0,1886 ^{ns}	4,3426 ^{ns}	302,1551 ^{ns}	273,0370 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,7837 ^{ns}	12,0000 ^{ns}	884,0833 [*]	377,8148 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,2145	1,1944	30,5625	42,9259
Cultura (C)	2	5,8719 [*]	23,3704 [*]	4404,0648 ^{**}	2694,5092 [*]
C x M	2	0,2106 ^{ns}	5,7778 ^{ns}	27,2500 ^{ns}	136,8426 ^{ns}
Resíduo (b)	8	1,2256	3,5185	212,9907	335,3287
Profundidade (P)	5	1,5176 ^{ns}	10,9037 ^{ns}	1339,2370 ^{**}	644,8148 ^{ns}
Resíduo (c)	10	0,7178	3,6315	121,8495	323,1926
P x M	5	0,1721 ^{ns}	1,6667 ^{ns}	641,8056 ^{**}	41,9926 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,1746	2,0611	67,8680	61,9704
P x C	10	0,1142 ^{ns}	1,7259 ^{ns}	784,5759 ^{**}	66,6648 ^{ns}
P x C x M	10	0,1611 ^{ns}	1,4444 ^{ns}	247,2389 [*]	64,4204 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,1121	1,3463	89,3532	56,4954
C.V. (P) %		8,45	71,10	9,02	54,94
C.V. (C) %		20,19	122,04	23,82	153,54
C.V. (M) %		6,10	75,49	15,43	63,02

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A4. Resumo das análises de variância de dados referentes aos resultados da análise química do solo, primeira avaliação (90 dias após o manejo).

C.V.	G.L.	Q.M.		
		SB	t	T
Blocos	2	107,5208 ^{***}	140,5856 ^{***}	2836,4884 ^{***}
Manejo (M)	1	2780,5926 ^{***}	2479,6875 ^{***}	426,0208 ^{***}
Resíduo (n)	2	55,6412	69,2708	11,4375
Cultura (C)	2	17742,3403 ^{***}	15922,3773 ^{***}	4798,9051 ^{***}
C x M	2	1205,0995 ^{***}	1135,8958 ^{***}	509,5208 ^{***}
Resíduo (b)	8	42,1088	49,4803	662,7025
Profundidade (P)	5	638,8167 ^{***}	578,8356 ^{***}	113,5079 ^{***}
Resíduo (c)	10	43,0292	41,6773	147,1329
P x M	5	1086,7648 ^{***}	1008,5764 ^{***}	173,7264 ^{***}
Resíduo (d)	10	67,5218	60,0014	69,5097
P x C	10	494,4819 ^{***}	441,6440 ^{***}	165,3162 ^{***}
P x C x M	10	372,2634 ^{***}	321,2014 ^{***}	104,7597 ^{***}
Resíduo (e)	40	48,6407	47,5373	63,7734
C.V. (P) %	22,79	24,42	3,64	15,20
C.V. (C) %	19,83	20,64	27,74	13,79
C.V. (M) %	21,31	20,23	8,60	21,06

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A5. Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.				
		N-total	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺
Blocos	2	0,012*	77,5833 ^{ns}	9,7870 ^{ns}	0,4501*	57,2315 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,001 ^{ns}	27,0000 ^{ns}	112,0370 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	149,0370 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,0005	21,8611	40,5648	0,0120	116,2870
Cultura (C)	2	0,006 ^{ns}	61,0000 ^{ns}	2649,5926 ^{**}	4,3906 ^{**}	3264,5926 ^{**}
C x M	2	0,005 ^{ns}	7,1111 ^{ns}	35,5926 ^{ns}	0,0370 ^{ns}	52,4815 ^{ns}
Resíduo (b)	8	0,003	52,4444	25,3704	0,0706	132,5509
Profundidade (P)	5	0,140 ^{**}	53,1111*	1241,7481 ^{**}	2,2182 ^{**}	1438,3704 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,004	10,0944	13,7092	0,0673	25,4648
P x M	5	0,001 ^{ns}	17,7556 ^{ns}	16,6148 ^{ns}	0,1378 ^{ns}	43,7481 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,003	9,6167	20,3759	0,0546	41,0981
P x C	10	0,002 ^{ns}	14,2778 ^{ns}	305,6481 ^{**}	0,6642 ^{**}	352,6592 ^{**}
P x C x M	10	0,001 ^{ns}	15,7667 ^{ns}	26,8037 ^{ns}	0,1061 ^{ns}	47,4592 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,002	10,7778	17,5537	0,0563	36,0065
C.V. (P) %		4,14	20,43	21,28	8,26	20,42
C.V. (C) %		10,63	31,64	16,83	20,04	21,80
C.V. (M) %		8,06	14,34	14,00	17,90	11,36

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A6. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		P	K	Ca	Mg
Blocos	2	3,7870 ^{ns}	212,0162 ^{ns}	134,3611 ^{ns}	22,3218 ^{ns}
Manejo (M)	1	2,8356 ^{ns}	3098,7245 [*]	370,3704 ^{ns}	63,0208 ^{ns}
Resíduo (a)	2	1,9259	69,3218	28,7870	12,0069
Cultura (C)	2	5,8148 [*]	115,9745 ^{ns}	258,2500 [*]	84,7940 ^{**}
C x M	2	5,2870 ^{ns}	1304,2523 ^{ns}	38,9537 ^{ns}	9,6736 ^{ns}
Resíduo (b)	8	1,3461	338,5370	46,7407	9,5671
Profundidade (P)	5	27,9568 ^{**}	19288,4579 ^{**}	3004,2000 ^{**}	984,5690 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,6426	201,3162	34,5611	18,4829
P x M	5	4,4245 [*]	3344,8690 ^{**}	80,7926 [*]	6,6653 ^{ns}
Resíduo (d)	10	1,0815	61,7662	18,7426	4,1680
P x C	10	2,6704 ^{**}	298,8579 ^{ns}	20,5500 ^{ns}	9,6384 ^{ns}
P x C x M	10	1,6092 [*]	384,7468 ^{ns}	21,8759 ^{ns}	13,8514 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,6183	206,8176	26,4685	6,7532
C.V. (P) %		63,37	24,90	30,37	35,76
C.V. (C) %		52,98	55,02	38,70	31,92
C.V. (M) %		35,91	43,01	29,12	26,82

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A7. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		pH	Al	H + Al	m
Blocos	2	0,8419 ^{ns}	2,8426 ^{ns}	696,6759 ^{ns}	190,0370 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,5070 ^{ns}	0,0092 ^{ns}	225,3333 ^{ns}	54,8981 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,1534	0,4537	129,0833	49,5926
Cultura (C)	2	0,1233 ^{ns}	2,3981 ^{ns}	130,7315 ^{ns}	521,9259 ^{ns}
C x M	2	0,1781 ^{ns}	0,2870 ^{ns}	270,8611 ^{ns}	4,7037 ^{ns}
Resíduo (b)	8	0,1566	2,9537	426,6157	135,2870
Profundidade (P)	5	4,4929 ^{**}	36,9204 ^{**}	3696,7037 ^{**}	3065,8537 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,1148	0,9315	92,4759	48,3037
P x M	5	0,2230 ^{ns}	0,4759 ^{ns}	114,6000 ^{ns}	40,8315 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,0760	0,6537	115,6833	21,7926
P x C	10	0,0819 ^{ns}	1,2537 ^{ns}	53,5315 ^{ns}	113,6592 [*]
P x C x M	10	0,0385 ^{ns}	0,2537 ^{ns}	73,6611 ^{ns}	18,5037 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,0635	1,3148	86,6157	47,1370
C.V. (P) %		7,28	39,32	22,34	51,28
C.V. (C) %		7,36	100,33	40,62	84,70
C.V. (M) %		4,68	66,94	18,30	50,00

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A8. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, segunda avaliação (120 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.				
		SB	t	T	V	M. O.
Blocos	2	290,3333 ^{ns}	235,7315 ^{ns}	360,4815 ^{ns}	500,2315 ^{ns}	4,145 ^{ns}
Manejo (M)	1	736,3333 ^{ns}	741,5648 ^{ns}	456,3333 ^{ns}	464,5926 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Resíduo (a)	2	76,7778	72,9537	120,7778	85,6759	0,953
Cultura (C)	2	623,5278*	549,0092*	691,5648 ^{ns}	211,3704 ^{ns}	3,818 ^{ns}
C x M	2	67,7500 ^{ns}	65,1204 ^{ns}	92,3611 ^{ns}	214,9259 ^{ns}	1,119 ^{ns}
Resíduo (b)	8	94,9861	68,6898	353,3380	176,4537	1,025
Profundidade (P)	5	7916,9778**	6917,4981**	1755,7703**	9567,8815**	7,639**
Resíduo (c)	10	89,7778	92,6092	39,5592	117,0759	1,106
P x M	5	135,2444*	134,4759*	36,2667 ^{ns}	91,6592 ^{ns}	0,948 ^{ns}
Resíduo (d)	10	35,0222	29,6981	22,4111	36,4759	0,423
P x C	10	39,0056 ^{ns}	29,4204 ^{ns}	10,4426 ^{ns}	38,5148 ^{ns}	0,389 ^{ns}
P x C x M	10	69,2278 ^{ns}	65,9315 ^{ns}	30,5944 ^{ns}	119,7592 ^{ns}	0,146 ^{ns}
Resíduo (e)	40	57,5306	48,4009	24,8935	69,7926	0,558
C.V. (P) %		31,23	28,69	13,90	27,37	9,90
C.V. (C) %		34,74	27,84	23,77	39,28	10,27
C.V. (M) %		27,04	23,37	6,31	24,70	7,58

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A9. Resumo das análises de variância dos dados referentes às formas de nitrogênio no solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.				
		N-total	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺
Blocos	2	0,004 ^{ns}	237,0000 ^{ns}	232,2592 ^{ns}	1,2517 ^{ns}	147,0000 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,0001 ^{ns}	3,0000 ^{ns}	13,3704 ^{ns}	0,0705 ^{ns}	31,1481 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,0005	50,3333	154,0370	0,3904	29,1481
Cultura (C)	2	0,010 ^{ns}	229,6944 ^{ns}	194,6759 ^{ns}	0,2235 ^{ns}	510,3333 ^{ns}
C x M	2	0,012 ^{ns}	15,5278 ^{ns}	57,8426 ^{ns}	0,0667 ^{ns}	31,3704 ^{ns}
Resíduo (b)	8	0,012	90,2778	159,1481	0,2865	247,0185
Profundidade (P)	5	0,129 ^{**}	49,8889 ^{ns}	30,1259 ^{ns}	0,1174 ^{**}	27,8667 ^{ns}
Resíduo (c)	10	0,005	22,5556	18,6037	0,0161	68,9667
P x M	5	0,0006 ^{ns}	20,4222 ^{ns}	11,7259 ^{ns}	0,0754 ^{ns}	14,6370 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,001	23,1556	26,2926	0,0557	18,5370
P x C	10	0,002 ^{ns}	23,2167 ^{ns}	51,5870 [*]	0,0787 ^{**}	76,0333 ^{ns}
P x C x M	10	0,002 ^{ns}	9,9167 ^{ns}	20,3315 ^{ns}	0,0401 ^{ns}	39,0926 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,002	23,2667	18,6148	0,0276	51,1463
C.V. (P) %		4,18	25,19	47,97	65,90	9,89
C.V. (C) %		21,47	33,73	48,76	56,46	28,78
C.V. (M) %		7,87	17,12	16,68	17,52	13,10

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A10. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		P	K	Ca	Mg
Blocos	2	2,3333 ^{ns}	8,8819 ^{ns}	42,6319 ^{ns}	4,8079 ^{ns}
Manejo (M)	1	1,5648 ^{ns}	867,0000 ^{ns}	322,0579 [*]	1,4468 ^{ns}
Resíduo (a)	2	3,3704	183,0069	13,8356	7,3356
Cultura (C)	2	5,4444 ^{ns}	57,6944 ^{ns}	301,8958 ^{ns}	62,0301 [*]
C x M	2	7,2592 ^{ns}	668,0278 [*]	11,6829 ^{ns}	18,4468 ^{ns}
Resíduo (b)	8	1,9630	128,1701	91,7755	12,6551
Profundidade (P)	5	20,0611 ^{**}	8888,3778 ^{**}	4069,0875 ^{**}	854,7134 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,5778	69,8097	10,6153	4,0745
P x M	5	0,6981 ^{ns}	692,9056 ^{**}	81,3134 ^{ns}	6,9468 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,5704	67,5958	28,6745	10,6023
P x C	10	1,3556 ^{ns}	142,5222 ^{**}	74,8292 [*]	15,7634 ^{**}
P x C x M	10	0,5926 ^{ns}	193,0833 ^{**}	95,0718 ^{**}	9,6134 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,7518	49,0201	30,1616	4,9384
C.V. (P) %		95,25	48,94	19,39	32,30
C.V. (C) %		69,09	40,96	49,95	42,43
C.V. (M) %		42,76	25,33	28,63	26,50

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A11. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.			
		pH	Al	H + Al	m
Blocos	2	0,7940 ^{ns}	7,3426 ^{ns}	795,0995 ^{ns}	362,0278 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,2904 ^{ns}	0,0370 ^{ns}	61,5023 ^{ns}	20,4537 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,0512	4,0092	46,0162	275,0648
Cultura (C)	2	3,0834 ^{**}	5,0648 ^{ns}	804,0718 ^{ns}	221,8611 ^{ns}
C x M	2	0,1679 ^{ns}	0,7315 ^{ns}	239,7662 ^{ns}	43,5092 ^{ns}
Resíduo (b)	8	0,3416	1,7037	199,2523	99,5880
Profundidade (P)	5	8,8661 ^{**}	25,3481 ^{**}	3937,0468 ^{**}	2107,5056 ^{**}
Resíduo (c)	10	0,0277	2,1870	80,9495	135,8833
P x M	5	0,2035 ^{ns}	0,1037 ^{ns}	167,7134 ^{ns}	12,8537 ^{ns}
Resíduo (d)	10	0,2723	0,7426	73,9106	59,5648
P x C	10	0,0532 ^{ns}	0,9426 ^{ns}	114,9551 ^{**}	53,8833 ^{ns}
P x C x M	10	0,1250 ^{ns}	0,4981 ^{ns}	174,0273 ^{**}	32,7759 ^{ns}
Resíduo (e)	40	0,0836	0,8926	39,7245	54,0824
C.V. (P) %		4,15	148,12	14,66	149,64
C.V. (C) %		10,71	96,56	30,50	90,04
C.V. (M) %		5,30	69,89	13,62	66,35

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

TABELA A12. Resumo das análises de variância dos dados referentes aos resultados da análise química do solo, terceira avaliação (150 dias após o manejo).

C. V.	G. L.	Q. M.				
		SB	t	T	V	M. O.
Blocos	2	72,3333 ^{ns}	60,3403 ^{ns}	590,7778 ^{**}	116,8079 ^{ns}	4,345 ^{ns}
Manejo (M)	1	303,3426 ^{ns}	288,4468 ^{ns}	92,5926 ^{ns}	334,2592 [*]	0,059 ^{ns}
Resíduo (a)	2	66,7037	81,8773	6,2592	20,6412	0,979
Cultura (C)	2	733,0833 [*]	687,1319 [*]	87,0278 ^{ns}	738,2662 [*]	5,101 ^{ns}
C x M	2	70,8981 ^{ns}	72,8634 ^{ns}	104,7315 ^{ns}	117,1690 ^{ns}	2,656 ^{ns}
Resíduo (b)	8	147,7130	140,2477	322,1435	129,0613	7,060
Profundidade (P)	5	9094,8611 ^{**}	8140,2097 ^{**}	1479,2889 ^{**}	11990,2426 ^{**}	0,461 ^{**}
Resíduo (c)	10	23,6444	20,8458	89,3000	40,6356	1,481
P x M	5	140,8759 ^{ns}	137,0579 ^{ns}	62,1259 [*]	145,8440 ^{ns}	0,206 ^{ns}
Resíduo (d)	10	80,3037	71,0384	14,1592	73,9079	0,279
P x C	10	116,1611 ^{**}	113,7708 ^{**}	27,0500 ^{ns}	154,8440 ^{**}	0,510 ^{ns}
P x C x M	10	144,8648 ^{**}	132,9579 ^{**}	58,5981 [*]	212,3690 ^{**}	0,723 ^{ns}
Resíduo (e)	40	39,4185	37,4810	26,3046	38,3294	0,553
C.V. (P) %		28,41	30,04	3,30	12,61	10,46
C.V. (C) %		42,27	39,31	23,70	31,52	28,10
C.V. (M) %		21,84	20,32	6,77	17,18	7,86

ns, * e ** indicam, respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

ANEXO B

TABELA B1. Caracterização das espécies utilizadas como adubo verde.

Caracterização	Espécie	
	Guandu	Crotalária juncea
Família	Leguminosae	Leguminosae
Subfamília	Papilionoideae	Papilionoideae
Tribo	Phaseoleae	Genisteae
Nome científico	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	<i>Crotalaria juncea</i> L.
Nome comum	Guandu	Crotalária juncea
Origem	Índia e África tropical ocidental	Índia e Ásia tropical
Descrição morfológica	Arbustiva, com folhas alternadas trifoliadas, folíolos largos e ovais com pubescência acentuada, inflorescências em racemos menores que as folhas, sendo as flores amarelas ou amarelas com estrias avermelhadas ou roxas. Vagens de coloração castanho aguda, verde, verde com estrias castanhas e com 4 a 7 sementes, as quais apresentam coloração bastante variada. Facilidade de fecundação cruzada.	Subarbustiva, com porte de 2 a 3 metros, caule ereto, semilenhoso, ramificado na parte superior e talos estriados. Folhas simples, pecíolo quase nulo, sésseis, elípticas, lanceoladas e mucronadas; com nervura principal pronunciada. Flores de 2 a 3 cm de comprimento, em número de 15 a 20 por inflorescência. Vagens longas, pubescentes, com 10 a 20 grãos de coloração verde-acinzentada, reniformes e de face lisa.
Características agrônômicas	Planta anual, bianual ou semiperene. Bom crescimento em solos tropicais e subtropicais, sendo bastante resistente à seca e não suportando geadas fortes. Desenvolve-se bem em solos arenosos e argilosos e não tolera excesso de umidade nas raízes. É uma planta rústica, pouco exigente quanto à fertilidade. Seu ciclo varia de 150 a 360 dias. Para adubação verde deve ser incorporada no florescimento e seu plantio pode ser exclusivo, consorciado a culturas anuais ou intercalado a culturas perenes. As principais pragas são as lagartas <i>Heliothis virescens</i> e <i>Ancylostonia stercorae</i> .	Planta anual, de clima tropical e subtropical, com rápido crescimento inicial e efeito alelopático e/ou supressor de invasoras. Comporta-se bem em solos arenosos e argilosos. Seu ciclo completo é de 210 a 240 dias e deve ser incorporada após a floração, podendo ser cultivada solteira, consorciada com culturas anuais ou intercalada a culturas perenes. Problemas como o ataque da lagarta <i>Utethesia ornatrix</i> e do fungo <i>Fusarium</i> sp. têm ocorrido em algumas situações. No estado de São Paulo tem sido usada com bastante êxito no controle de nematóides em áreas canavieiras.

Fonte: Calegari et al. (1993).