

RÔMULO FREDSON DUARTE

AVALIAÇÃO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes

Montes Claros

2010

Elaborada pela BIBLIOTECA COMUNITÁRIA DO ICA/UFMG

D812a
2010

Duarte, Rômulo Fredson.
Avaliação de adubos verdes no Norte de Minas Gerais /
Rômulo Fredson Duarte. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2010.
82 f: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes.

Banca examinadora: Paulo Henrique Graziotti, Leonardo David Tuffi Santos, Reginaldo Arruda Sampaio, Luiz Arnaldo Fernandes.

Inclui bibliografia: f. 74-82.

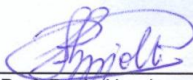
1. Adubação verde. 2. Minas Gerais, região Norte. 3. Ecologia. I. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 631.8

RÔMULO FREDSON DUARTE

AVALIAÇÃO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS

Aprovada em 08 de Julho de 2010.



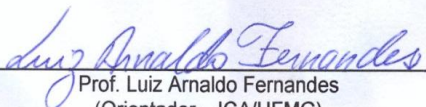
Prof. Paulo Henrique Graziotti
(UFVJM)



Prof. Leonardo David Tuffi Santos
(ICA/UFMG)



Prof. Regynaldo Arruda Sampaio
(Co-orientador – ICA/UFMG)



Prof. Luiz Arnaldo Fernandes
(Orientador – ICA/UFMG)

Montes Claros
2010

DEDICO

Primeiramente a Deus por iluminar os meus caminhos e guiar meus passos.

A meus pais, Antônio Vilmar Duarte e Paula de Assis Alves Duarte.

A meus irmãos, Renato Farley, Rônades Fagner e Renata Duarte.

E a todos familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela força e por estar sempre conosco independente ao que nos venha acontecer.

Aos meus pais, Antônio Vilmar Duarte e Paula de Assis Alves Duarte, pelo carinho e por ter me instruído na humildade e esperança de que a casa de um pai é o melhor ensinamento para um filho.

Aos meus irmãos, Renato Farley Duarte, Rônades Fagner Duarte e Renata Franciele Alves Duarte que sempre estiveram me apoiando e me incentivando em busca de novos conhecimentos.

A Universidade Federal de Minas Gerais e à Coordenação de Pós-graduação em Ciências Agrárias/Agroecologia.

Ao Dr. Luiz Arnaldo Fernandes, pela orientação eficiente e profissional, pela amizade e estímulo para desenvolver esta pesquisa.

Ao professor, Dr. Reginaldo Arruda Sampaio, pela coorientação; aos professores Dr. Paulo Henrique Graziotti e Dr. Leonardo David Tuffi Santos pelo empenho e dedicação em avaliar esta pesquisa.

Aos amigos Reginaldo Proque, Rafael Valadares, Thays cordeiro, Nathália Parreiras, João Paulo, João Batista, Rodrigo e ao grupo de Manejo e Fertilidade do Solo que me ajudou na condução do trabalho.

Ao agricultor familiar, o Sr. José Maria Ferreira Leal, que destinou a área para a realização deste trabalho e sua família.

Aos professores e funcionários do ICA/UFMG.

A todos aqueles que, direto ou indiretamente, me ajudaram na realização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2 – COBERTURA DO SOLO E TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ADUBOS VERDES CULTIVADOS NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	25
GRÁFICO 1 - Dados de temperatura máxima, de temperatura mínima e de precipitação pluvial mensal no período de abril a outubro de 2009 em Montes Claros, MG....	30
CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO SOB CULTIVO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	47
GRÁFICO 1 - Dados de temperatura máxima, de temperatura mínima e de precipitação pluvial mensal no período de abril a outubro de 2009 em Montes Claros, MG....	52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – COBERTURA DO SOLO E TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ADUBOS VERDES CULTIVADOS NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	25
1 - Densidades de semeadura dos adubos verdes utilizados no experimento.....	31
2 - Altura (cm) dos adubos verdes com hábito de crescimento ereto medida durante a floração plena (acima de 50% de florescimento).....	34
3 - Médias de cobertura do solo (%) dos tratamentos aos 59, 80 e 125 dias após semeadura (DAS).....	35
4 - Valores médios de massa fresca (MF) e massa seca (MS) na época de floração plena dos adubos verdes. Médias de três repetições.....	38
5 - Massa seca e teor de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) na parte aérea de cada adubo verde por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009.....	40
6 - Massa seca e teor de micronutrientes (boro, zinco, ferro, manganês e cobre) na parte aérea de cada adubo verde por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009.....	42
7 - Massa seca e acúmulo de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) na parte aérea de cada adubo verde por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009.....	43
8 - Massa seca e acúmulo de micronutrientes (boro, zinco, ferro, manganês e cobre) na parte aérea de cada espécie de adubo verde por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009	45

CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO SOB CULTIVO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	47
1 - Densidades de semeadura dos adubos verdes utilizados no experimento.....	53
2 - Características químicas do solo nas entrelinhas dos adubos verdes.....	58
3 - Características químicas do solo nas linhas dos adubos verdes.....	60
4 - Resultado da análise química do solo, do teor de macronutrientes na camada 0-5 cm.....	63
5 - Resultado da análise química do solo, do teor de macronutrientes na camada 5-10 cm.....	65
6 - Resultado da análise química do solo, do teor de micronutrientes na camada 0-5 cm e na camada 5-10 cm.....	68
7 - Teor de fósforo remanescente e nitrogênio total no solo, nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidades do solo.....	71

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 – REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	11
1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	O Norte de Minas Gerais o agricultor familiar.....	13
2.2	Os sistemas de cultivos.....	14
2.2.1	Cultivos em consórcio.....	14
2.2.2	Cultivo solteiro.....	15
2.3	A adubação verde e a sua utilização.....	15
2.4	Benefícios da adubação verde.....	17
2.4.1	Efeitos sobre os atributos físicos.....	17
2.4.2	Efeitos sobre os atributos biológicos.....	18
2.4.3	Efeitos sobre os atributos químicos.....	18
2.5	Caracterização de alguns adubos verdes.....	19
2.5.1	Crotalária Comum - <i>Crotalaria juncea</i> L.....	19
2.5.2	Feijão-de-porco - <i>Canavalia ensiformis</i> (L) D. C.....	20
2.5.3	Guandu – <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millisp.....	20
2.5.4	Mucuna-preta - <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland.....	21
2.5.5	Mucuna-cinza - <i>Mucuna pruriens</i> L.....	21
2.5.6	Mucuna-anã - <i>Mucuna deeringiana</i> (Bort.) Merr.....	22
2.5.7	Lab-lab - <i>Lablab purpureus</i> L. Sweet	22
2.5.8	Caupi - <i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.....	22
2.6	Utilização de coquetel de adubos verdes	23

CAPÍTULO 2 – COBERTURA DO SOLO E TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ADUBOS VERDES CULTIVADOS NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1 - INTRODUÇÃO.....	27
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1 Altura das plantas.....	34
3.2 Cobertura do solo.....	34
3.3 Nodulação.....	37
3.4 Produtividade de massa fresca e de massa seca.....	37
3.5 Teor e acúmulo de nutrientes.....	40
4 CONCLUSÃO.....	46
CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO SOB CULTIVO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	47
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	48
1 - INTRODUÇÃO.....	49
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	51
2.2 Parâmetros avaliados.....	54
2.2.1 Características químicas do solo nas linhas e entrelinhas dos adubos verdes.....	54
2.2.2 Teor de macronutrientes e de micronutrientes no solo.....	55
2.2.3 Teor de fósforo remanescente e nitrogênio no solo.....	55
2.2.4 Análise estatística.....	56

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
3.1	Características químicas do solo nas linhas e nas entrelinhas dos adubos verdes.....	57
4	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

O cenário da agricultura atual, marcado por sistemas que buscam a produção de alimentos em alta escala, seja para atingir a demanda nacional ou para a geração de divisas, por meio de exportações, faz com que vários componentes do sistema, entre eles o solo, sejam degradados ou erodidos com o tempo de uso.

Em sistemas produtivos, representados por agricultores familiares, é cada vez mais comum a busca pela convivência harmônica entre o produtor e o meio ambiente, embora isso seja mais pronunciado em locais onde já exista um histórico na prática da agricultura alternativa.

O contexto regional do Norte de Minas Gerais, principalmente em áreas onde há predomínio de agricultores familiares, a produção de alimentos é vista por uma série de fatores que condiciona a produção de alimentos de forma sustentável. Todavia esse comportamento não é unânime em todas as propriedades. Assim, é notória a preocupação, por parte das universidades, órgãos de pesquisa, organizações não-governamentais, entre outras, com a melhoria da qualidade de vida das inúmeras famílias na região do Norte de Minas Gerais. Não obstante, trabalhos que favorecem os sistemas produtivos locais são extremamente importantes, principalmente aqueles relacionados à diminuição dos custos de produção dos agricultores e à melhoria das características químicas do solo.

O uso de adubos verdes é uma prática milenar, praticada pelos gregos e romanos (GRANATO, 1924) e, no Brasil, tem alcançado grande benefício para a agricultura. A adubação verde consiste no plantio de plantas de cobertura do solo, sendo essas incorporadas ou não, utilizadas na forma de pré-plantio, consórcio ou pós-plantio de culturas anuais ou perenes. Dentre suas inúmeras vantagens, destacam-se aquelas relacionadas às características químicas, como ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo; física, por meio da proteção do solo contra a erosão e

biológica, na forma de fixação biológica de nitrogênio, principalmente pelas leguminosas.

Embora diversos trabalhos tenham comprovado o efeito positivo da utilização da adubação verde na agricultura, o modo como as diversas espécies devem ser implantadas em uma região vai depender muito das suas condições edafoclimáticas. Assim, apesar de muitos agricultores familiares do Norte de Minas Gerais já usarem adubos verdes, principalmente por meio de consórcios com outras plantas, ainda é incipiente o estudo do comportamento de algumas leguminosas manejadas nas condições dessa região como cobertura do solo na entressafra.

Dentre as várias dificuldades observadas na busca pela sustentabilidade de sistemas agrícolas em base ecológica, em situações onde há estações seca e chuvosas bem definidas, o Norte de Minas Gerais destaca-se pelo fato do solo destinado à produção agrícola, em geral, permanecer desprovido de vegetação por vários meses. Dessa forma, quando a cobertura vegetal do solo torna-se mais escassa, maiores são os problemas relacionados à erosão, agravada pelo maior impacto das gotas da chuva sobre o solo. Por outro lado, na estação de seca, na medida em que são registradas as maiores temperaturas nesse período, em relação a outras regiões, as taxas de evaporação também se encontram altas e, para compensar a água perdida por esse processo, o solo ou a planta procura repor cada vez mais as fontes de água e, conseqüentemente, há maior consumo, o que poderá ter influência na redução do lençol freático presente na subsuperfície do solo.

Diante do exposto, estudos que avaliem o comportamento de espécies vegetais para a adubação e a cobertura do solo são de fundamental importância para o desenvolvimento de sistemas de cultivos dos agricultores que residem na região Norte de Minas Gerais.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento de alguns adubos verdes semeados no final da estação chuvosa, nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Norte de Minas Gerais e o agricultor familiar

O Norte de Minas Gerais, originariamente com 63% de sua área coberta com a vegetação dos cerrados, possui uma ampla faixa de transição para a caatinga cuja região entra em contato com o semiárido nordestino (DAYRELL, 1998).

Segundo Carrara (2007), no mosaico de interesses e necessidades que compõem o Norte de Minas Gerais, há populações que moldaram a si mesmas, a partir da capacidade e potencialidade do cerrado, de onde obtêm ou obtinham a maior parte de suas necessidades, quase sempre limitadas ao seu território. Por outro lado, há os interesses do complexo agroindustrial, que possui os seus modos de produção baseados na monocultura, com necessidade de grandes extensões de terra e de insumos externos. Essa forma de produção põe em risco a biodiversidade do cerrado, além de suprir necessidades externas, em detrimento da autonomia local. Esse embate, que se desenrola em várias regiões e também no Norte de Minas Gerais, provoca algumas reflexões sobre um tema central das agendas governamentais nacionais e internacionais, que trata dos limites do planeta, frente à insustentabilidade do desenvolvimentismo desenfreado.

A convivência dos agricultores em ambientes ou ecossistemas com reconhecidas limitações edafoclimáticas, que afetam a produtividade da maioria das espécies cultivadas, requer a adoção de tecnologias inovadoras e adaptáveis a essa realidade, com potencial para incrementar a produção e a melhoria da renda dos produtores rurais.

Na perspectiva de se produzir dentro de cada realidade ou de cada contexto regional, o Norte de Minas Gerais possui diversas propriedades que desenvolvem atividades econômicas, tendo como protagonista a figura do agricultor familiar, um dos principais geradores de tecnologias, o qual serve de exemplo e fonte de inspiração quanto à sua adaptação em condições adversas no ambiente em que está inserido. Além do mais, nessas regiões, o agricultor norte mineiro convive com técnicas históricas ou desenvolvem

formas novas para a agricultura e pecuária dentro de sua realidade de inclusão. A partir dessa abordagem, surgem condições para a criação de plantios diversificados em suas propriedades, dentro do seu próprio modo adaptativo, como, por exemplo, a produção de grãos (milho, feijão e arroz), a produção do leite e derivados, além de alguns agricultores se especializarem na produção de hortaliças.

2.2 Os sistemas de cultivos

Na região do Norte de Minas Gerais, os agricultores familiares e populações tradicionais (geraizeiros, barranqueiros, quilombolas, ribeirinhos, entre outros), possuem uma variedade de arranjos produtivos, associada a grande diversidade cultural que é transferida de gerações passadas para gerações futuras. Assim, faz-se necessário em abordar alguns desses arranjos, como uma forma de valorizar o conhecimento tradicional, que considera os agroecossistemas essenciais para a implantação ou a manutenção de um sistema produtivo mais próximo da conservação dos recursos naturais.

2.2.1 Cultivos em consórcio

O sistema de cultivo consorciado de culturas pode ser uma alternativa para aumentar a reciclagem de nutrientes e melhorar a produtividade (HEINRICHS *et al.*, 2005). Por meio do consórcio de leguminosas e gramíneas com elevada produção de matéria seca, pode-se conciliar proteção e, ao mesmo tempo, adubação (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Esse tipo de sistema é observado em praticamente todas as propriedades, sendo os exemplos mais comuns: o plantio do milho (*Zea mays*) com a fava (*Vigna faba*), ou com o feijão (*Phaseolus vulgaris*); o milho com a mandioca ou com a abóbora; o feijão com a cana, dentre outros. Embora a implantação do modelo “tecnicista” estivesse presente na região por alguns períodos, com a lógica da monocultura e a utilização de sementes híbridas, ainda persiste, em algumas propriedades, uma grande diversidade

de sementes crioulas, que são multiplicadas e conservadas por longas gerações. Nesse sentido, ao dispor desse material geneticamente diverso, o agricultor abre mão da compra e da dependência de outras sementes ou de certos insumos externos, uma vez que as suas sementes já são adaptadas às regiões onde se encontram inseridas.

2.2.2 Cultivo solteiro

O cultivo solteiro consiste no plantio de apenas uma cultura em uma área reservada para tal fim na propriedade. Alguns agricultores adotam esse tipo de cultivo devido ao mesmo propiciar melhor rendimento de algumas plantas, por exemplo, o milho, o feijão e o arroz, se comparado com o consorciado. Os agricultores ainda salientam que esse sistema proporciona-lhes a um melhor manejo e condução das lavouras, principalmente no que se refere às operações de capina e de colheita, já que atualmente a mão de obra é cada vez mais escassa no meio rural.

2.3 A adubação verde e a sua utilização

A preocupação atual com o meio ambiente tem colocado em destaque a degradação dos recursos naturais. No Brasil, a degradação do solo é intensa, mas a sua extensão tem sido ainda pouco avaliada. A degradação causada pela exploração intensiva e indevida do solo pela agropecuária rompe o equilíbrio entre os atributos físicos, químicos e biológicos do ecossistema, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico. A capacidade intrínseca de produção agrícola dos solos está íntima e diretamente relacionada aos seus teores de matéria orgânica e de nitrogênio. Manter esses dois componentes em nível satisfatório na maioria dos solos cultivados é um desafio.

A adubação verde consiste na utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação de culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando à proteção superficial, bem como a manutenção e a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive a

profundidades significativas. Eventualmente, as plantas utilizadas como adubos verdes podem ter outras destinações, como, por exemplo, a produção de sementes, fibras e alimentação animal (COSTA *et al.*, 1993).

O uso de leguminosas como plantas de cobertura de solo revela-se como uma estratégia importante para aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, trazendo benefícios para o solo e para as culturas (GUERRA; TEIXEIRA, 1997). A realização dessa prática agrícola pode trazer algumas vantagens, como: a possibilidade de fixação de nitrogênio, a riqueza em compostos orgânicos e a presença de sistema radicular ramificado e profundo, promovendo à ciclagem de nutrientes presentes em camadas profundas do solo (COSTA, 1993); além de maior aporte de biomassa às áreas cultivadas (ESPINDOLA *et al.*, 2005); mais proteção do solo contra a erosão, amenizando o impacto ocasionado pelas chuvas intensas, permitindo a manutenção da umidade do solo e a maior infiltração; favorecimento na atividade microbiana e a sua fauna; o maior controle de plantas espontâneas (BUSSCHER *et al.*, 1996; ESPINDOLA *et al.*, 2001; LOPES, 1994;).

A eficácia da adubação verde está condicionada à escolha adequada do adubo verde a ser plantado, levando-se em conta os fatores climáticos, o solo, o sistema agrícola adotado e a finalidade dessa adubação. Calegari *et al.* (1993) salientam que a espécie mais indicada para um dado regime de exploração agrícola depende do seu ciclo, da sua produção de fitomassa, do seu porte e, ainda, da sua adaptação ao clima e ao solo. Já Silva *et al.* (2007) consideram como espécies potenciais aquelas que respondem quanto à capacidade de produzir biomassa vegetal, à qualidade desse material e à velocidade com que os nutrientes contidos nele estarão disponíveis para as culturas. Além disso, a espécie que apresentar um bom crescimento vegetativo, com material rico em nutrientes, sistema radicular profundo e capacidade de associar-se a fungos micorrízicos ou a bactérias diazotróficas, será considerada um adubo verde em potencial.

Embora haja, no Norte de Minas Gerais, alguns cultivos realizados por agricultores utilizando leguminosas em consórcio, ainda não há estudos quanto à eficácia dessas plantas, principalmente em condições de entressafra, como cobertura de solos.

2.4 Benefícios da adubação verde

A adubação verde é uma prática importante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Diversos trabalhos constataram os seus efeitos na proteção do solo, mediante a redução das perdas por erosão; o aumento da capacidade de troca catiônica e da ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície, dentre outras (AMABILE *et al.*, 2000).

2.4.1 Efeitos sobre os atributos físicos

Estratégias de manejo que mantêm ou adicionam carbono ao solo, têm bom potencial para a melhoria da qualidade física do solo e, conseqüente, para o crescimento das plantas (ANDRADE *et al.*, 2009). Os sistemas de adubação verde, em sucessão à cultura principal, protegem o solo do impacto direto das gotas de chuva na entressafra e evitam bruscas variações no grau de umidade do solo (SILVA *et al.*, 1998).

Dentre as abordagens relacionadas ao uso dos adubos verdes, quanto aos atributos físicos, Amabile e Carvalho (2006) relatam alguns benefícios que essa prática promove. Entre eles, está a proteção do solo contra erosões hídricas e eólicas. A cobertura protege o solo de chuvas de alta intensidade, impedindo o impacto das gotas das chuvas, preservando a agregação do solo e a porosidade e, conseqüentemente, melhorando a permeabilidade e a retenção de água; aumenta a infiltração de água, devido ao efeito da cobertura e do sistema radicular, reduzindo, dessa forma, as enxurradas e o transporte de solo, de fertilizantes e pesticidas, além de controlar as variações térmicas das camadas superficiais do solo, mantendo-as mais amenas, com redução da perda d'água por evaporação direta.

Silva *et al.* (1998), ao avaliarem a estabilidade e a resistência de agregados em Latossolo, após o cultivo de adubos verdes, verificaram que, nos sistemas com a braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), houve maior ação agregante.

2.4.2 Efeitos sobre os atributos biológicos

Dentre os organismos do solo favorecidos pela adubação verde, merecem destaque as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Tais microrganismos são capazes de promover a fixação biológica do N₂ atmosférico, em simbiose com diversas leguminosas. A fixação biológica do nitrogênio, por meio do complexo enzimático chamado nitrogenase, ocorre dentro dos bacterioides (forma imóvel da bactéria); a planta hospedeira disponibiliza carboidratos (principalmente a sacarose), que servem como fonte de energia, por meio de sua oxidação (ESPÍNDOLA *et al.*, 1997; RIBEIRO JUNIOR; RAMOS, 2006).

2.4.3 Efeitos sobre os atributos químicos

O nitrogênio é um elemento químico presente abundantemente, em sua forma mais estável, na atmosfera. A estabilidade do gás N₂ é devido à presença de uma forte ligação triplíce, entre os átomos de N. Para incorporar essa forma de nitrogênio a esqueletos de carbono, é necessário que essa ligação triplíce seja rompida e o nitrogênio esteja na forma de íons amônio (REIS; TEIXEIRA, 2005). A fixação biológica de nitrogênio é a transformação do nitrogênio atmosférico elementar (N₂) em forma assimilável pelas plantas, por meio de microrganismos procarióticos. Quando o sistema envolve, além do microrganismo, uma planta hospedeira, é chamado de “fixação simbiótica do nitrogênio” (RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006). As leguminosas constituem algumas das plantas mais utilizadas como adubos verdes, embora espécies de outras famílias botânicas também sejam utilizadas. Devido à capacidade das leguminosas de fixarem nitrogênio atmosférico em associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, essas plantas podem substituir os adubos minerais no fornecimento de N para várias culturas de interesse comercial (ESPÍNDOLA *et al.*, 1997; SMYTH *et al.*, 1991).

A adubação verde permite, ainda, o aporte de quantidades expressivas de fitomassa, possibilitando uma elevação no teor de matéria orgânica do

solo ao longo dos anos. Como consequência, obtém-se um aumento da capacidade de troca catiônica - CTC do solo, o que traz maior retenção de nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação (KIEHL, 1985). Contribui também para a redução da acidez do solo, a partir da decomposição dos resíduos vegetais. Segundo Liu e Hue (1996)¹, durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos, capazes de complexar íons Al^{+++} presentes na solução do solo, reduzindo, dessa forma, o alumínio tóxico do solo.

Outro efeito benéfico dessa prática nas características químicas do solo diz respeito à ciclagem de nutrientes (COSTA, 1993). Quando se utilizam plantas de cobertura, aumenta-se o aproveitamento dos fertilizantes, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das culturas de interesse comercial (ROSSI, 2009). Após o corte dessas plantas, ocorre a liberação gradual dos nutrientes para a camada superficial, por meio da decomposição dos resíduos, tornando-os disponíveis para culturas subsequentes.

2.5 Caracterização de alguns adubos verdes

2.5.1 Crotalária Comum - *Crotalaria juncea* L.

A *Crotalaria juncea* é uma leguminosa anual de clima tropical e possui crescimento determinado, cujo uso como adubo verde é amplamente preconizado, face ao seu rápido crescimento, à supressão de plantas espontâneas, ao grande potencial de produção de biomassa e à fixação biológica de nitrogênio (BURLE *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2005).

Em geral, é uma espécie que possui resposta ao fotoperíodo, comportando-se como planta de dias curtos, pois, à medida em que a semeadura dessa leguminosa é atrasada, ocorre redução no seu porte e, conseqüentemente, na produção de fitomassa (AMABILE *et al.*, 2000). No caso de deficit hídrico, ela é relativamente tolerante à seca, desde que não ocorra compactação ou adensamento do solo, já que o seu sistema radicular não é eficiente para romper essas camadas de impedimento (BURLE *et al.*, 2006).

¹ <http://www.springerlink.com/content/h56258277ht57t66/fulltext.pdf>

2.5.2 Feijão-de-porco - *Canavalia ensiformis* (L) D. C.

O feijão-de-porco é uma planta anual ou bianual, de origem tropical, da família das leguminosas, muito adaptada a clima seco, suportando, com folhas verdes, longos períodos sem ocorrência de chuva (CALEGARI *et al.*, 1993). No Cerrado do Brasil Central, essa planta pode ser semeada no final do período de chuvas (após a colheita de uma cultura comercial de ciclo mais precoce), devido à sua resistência à seca e ao fato de não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo. Uma das opções para a utilização do feijão-de-porco tem sido o seu plantio 45 dias após o plantio de milho e também a sua associação com culturas perenes, já que possui tolerância ao sombreamento parcial (BURLE *et al.*, 2006).

O crescimento acelerado e as amplas folhas cotiledonares favorecem a rápida cobertura do solo e o eficiente manejo de plantas espontâneas. Efeitos alelopáticos são atribuídos a essa espécie condicionadora do solo (BURLE *et al.*, 2006).

2.5.3 Guandu - *Cajanus cajan* (L.) Millisp

O guandu é uma leguminosa arbustiva, com folhas alternadas trifoliadas, inflorescências com flores amarelas ou amarelas com estrias avermelhadas ou roxas. As suas vagens possuem sementes de coloração variável. É uma planta anual, bianual ou semiperene, que cresce bem em solos tropicais e subtropicais, com bastante resistência à seca (CALEGARI *et al.*, 1993).

No Norte de Minas Gerais, o guandu é uma planta já comumente conhecida pelos agricultores familiares, posto que os mesmos costumam conduzir essa planta em seus próprios quintais, extraindo, assim, os grãos, que são utilizados para a complementação da alimentação humana.

Essa planta possui a capacidade de fixar elevada quantidade de nitrogênio, produção de fitomassa, ciclagem de nutrientes, além de reduzir problemas com a compactação do solo. Pode ser empregado: como adubo verde, em rotação e associação de cultivos, em consorciação com gramíneas

anuais, na alimentação animal, na produção de grãos, entre outras (CALEGARI *et al.*, 1993).

2.5.4 Mucuna-preta - *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland

A mucuna-preta é uma leguminosa de ciclo anual superior a 150 dias, bastante agressiva, hábito de crescimento indeterminado e com ramos trepadores. Essa espécie é a mais difundida nas áreas do cerrado, possivelmente, pela maior disponibilidade de sementes e por ser de uso mais comum em todo o Brasil (AMABILE *et al.*, 2006; CALEGARI *et al.*, 1993).

Embora tenha o comportamento agressivo, a mucuna-preta pode ser utilizada em consórcio, desde que a sua semeadura seja após o plantio da cultura principal. O consórcio milho + plantas espontâneas + mucuna-preta foi o que acumulou mais matéria seca e nutrientes; o uso dessa leguminosa nas entrelinhas aos 64 dias após semeio do milho proporcionou maiores cobertura do solo (NOLLA *et al.*, 2009), sendo um fator essencial para diminuição do selamento (encrostamento) da camada superficial do solo (AGOSTINETTO *et al.*, 2000).

2.5.5 Mucuna-cinza - *Mucuna pruriens* L.

A mucuna-cinza é uma leguminosa de desenvolvimento muito vigoroso, de clima tropical e subtropical, resistente à seca e a altas temperaturas, não tolerando geadas. Apresenta hábito de crescimento inicial rápido (precoce), desenvolvendo-se em solos ácidos e com baixa fertilidade. Entre outras vantagens dessa espécie, estão a sua capacidade de promover uma cobertura eficiente do solo, controlando, sobremaneira, o crescimento das plantas espontâneas, além de sua elevada produção de fitomassa, contribuindo efetivamente para as boas características químicas, físicas e biológicas do solo (CALEGARI *et al.*, 1993; DA ROS; AITA, 1996).

2.5.6 Mucuna-anã - *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.

A mucuna-anã é uma leguminosa anual, de crescimento determinado, resistente à seca e de razoável rusticidade. É de clima tropical e subtropical, desenvolvendo-se bem em solos argilosos, arenosos, com alguma resistência às condições de acidez e baixa fertilidade (CALEGARI *et al.*, 1993).

Dessa forma, o menor rendimento em produção de fitomassa em relação às demais espécies de mucuna e o seu hábito de crescimento permitem que a mucuna-anã seja intercalada a culturas perenes (BURLE *et al.*, 2006).

2.5.7 Lab-lab - *Lablab purpureus* L. Sweet

O lab-lab é uma leguminosa anual ou bianual (a frutificação ocorre em períodos diferentes durante a fase reprodutiva), de hábito de crescimento indeterminado, de clima tropical e subtropical, não tolerando geadas. Geralmente, é sensível ao fotoperíodo e razoavelmente tolerante às secas prolongadas, adaptando-se aos diversos tipos de solos, com melhor crescimento naqueles bem drenados e férteis. O seu uso pode ser adotado para a alimentação humana, por meio dos grãos e como forragem verde para bovinos e eqüinos, desde que não seja fornecido em excesso (pode provocar timpanismo ou transmitir um gosto amargo ao leite) (CALEGARI *et al.*, 1993).

Devido ao seu crescimento rasteiro, o lab-lab é indicado para intercalar com culturas perenes, não impedindo o uso de máquinas, além de produzir grande quantidade de fitomassa (BURLE *et al.*, 2006).

2.5.8 Caupi - *Vigna unguiculata* (L.) Walp

O caupi ou feijão-caupi é uma leguminosa granífera, cultivado principalmente para a produção de grãos secos e verdes, visando ao consumo humano; é dotado de alto conteúdo proteico, sendo cultivado nas

áreas semiáridas do nordeste brasileiro (FREIRE FILHO *et al.*, 1999²; NEVES, 2006; SILVA *et al.*, 2010).

Além disso, o caupi é uma espécie rústica bem adaptada às condições de clima e solo da região e, ao mesmo tempo, possuidora de uma grande variabilidade genética, a qual a torna versátil, podendo ser usada em diferentes sistemas de produção, tradicionais ou modernos. É uma planta que exige pouca fertilidade de solos e possui capacidade de fixar nitrogênio, constituindo-se numa opção como fonte de matéria orgânica na recuperação de solos pobres em fertilidade ou esgotado pelo uso intensivo (FREIRE FILHO *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 1988).

Ao verificarem a adubação como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em cultivo consorciado, Castro *et al.* (2004) observaram que o caupi, associado ao milheto, sobressaíram-se quanto à fixação biológica de nitrogênio e na participação na produtividade dessa hortaliça. Já Devide *et al.* (2009) recomendam o consórcio do caupi + mandioca + milho, uma vez que essa leguminosa tem contribuído em termos de aporte de matéria orgânica e de nutrientes, além de cobertura do solo o que o torna com bom potencial no controle de erosão.

2.6 Utilização de coquetel de adubos verdes

Os coquetéis vegetais, que consistem da mistura de espécies leguminosas e não-leguminosas, são uma alternativa para a recomposição e a manutenção da biodiversidade dos agroecossistemas locais, constituindo em pré-requisitos para maior eficiência e a estabilidade produtiva, e resiliência dos cultivos a pragas e doenças (COSTA, 2004).

A ideia desse tipo de consorciação de plantas de cobertura no sistema é desejável, pois, além de contribuir para a obtenção de materiais vegetais de maneira rápida, dada pela presença de variadas espécies vegetal, esse processo atuará na recomposição de inimigos naturais, na microbiota do solo, na ciclagem de nutrientes e no aumento da matéria orgânica, sendo

² <http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html>

importante na melhoria das condições físicas, químicas do solo. Guilherme *et al.* (2007), trabalhando com um coquetel composto por 11 tipos de adubos verdes incluindo leguminosas e não-leguminosas, em plantio de tomate cereja, obtiveram 45 t ha^{-1} de biomassa, além do seu efeito no incremento de matéria orgânica no solo em curto prazo. De acordo com Bayer *et al.* (1998), a associação de leguminosas ao sistema produtivo possibilita obter maiores rendimentos, com menor investimento em adubação mineral, principalmente nitrogênio, além de propiciar maior produção de resíduos vegetais.

Portanto, pesquisas que possibilitem o estudo de adubos verdes com leguminosas nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais, a fim de elevar a taxa de atividade biológica e restaurar a fertilidade do solo, são realmente importantes.

CAPÍTULO 2 – COBERTURA DO SOLO E TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ADUBOS VERDES CULTIVADOS NO NORTE DE MINAS GERAIS

RESUMO

Objetivou-se avaliar o comportamento de algumas leguminosas utilizadas como adubos verdes e o seu potencial de cobertura do solo, teor e acúmulo de nutrientes no Norte de Minas Gerais. Os tratamentos, distribuídos no delineamento em blocos ao acaso, com 3 repetições foram: vegetação espontânea (testemunha); crotalária comum (*Crotalaria juncea* L.); guandu (*Cajanus cajan* (L) Millisp.); mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L.); mucuna-anã (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.); lab-lab (*Lablab purpureus* L. Sweet); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C); caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) e coquetel (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi). Ao atingir o florescimento pleno, as plantas foram avaliadas quanto à altura, à massa fresca (MF), à massa seca (MS), ao teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea, além de taxas de cobertura do solo (aos 59, 80 e 125 dias após semeadura dos adubos verdes). A crotalária foi a que propiciou o mais rápido crescimento no campo, porém a vegetação espontânea mais a mucuna-cinza aos 125 dias após semeadura foram as espécies com maior cobertura do solo. Maiores produções de MF foram encontradas na vegetação espontânea, crotalária e feijão-de-porco, apresentando valores entre 10520 kg ha⁻¹ e 12540 kg ha⁻¹ e MS nos tratamentos com crotalária e vegetação espontânea, apresentando 3760 kg ha⁻¹ e 3325 kg ha⁻¹, respectivamente. A crotalária obteve maiores teores de nutrientes na parte aérea, especialmente o N, P, Ca, Mg e B, menos o K, que foi maior na vegetação espontânea. As maiores eficiências na extração de nutrientes foram demonstradas pela crotalária (N, P, Ca, Mg, S, B, Zn e Mn) e vegetação espontânea (K, Mg, e Fe). A utilização de leguminosas pelos agricultores familiares, em sistemas de cultivos em sucessão ou pousio, pode ser um recurso importante na melhoria da qualidade dos solos e na redução do uso de insumos agrícolas.

Palavras-chave: Feijão-de-porco. Agricultura familiar. Cultivos em sucessão. Qualidade dos solos. Agroecologia.

CHAPTER 2 – SOIL COVER AND NUTRIENTS QUANTITY AND ACCUMULATION IN GREEN MANURES CULTIVED IN THE NORTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the behavior of some legumes used as green manures and its potential for soil coverage, content and accumulation of nutrients in the North of Minas Gerais. The treatments, distributed in delineate in randomized blocks, with three replicates were: spontaneous vegetation (witness), *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.), pigeonpea (*Cajanus cajan* (L) Millisp.) velvet bean (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); gray-mucuna (*Mucuna pruriens* L.); black-mucuna (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.) lab-lab (*Lablab purpureus* L. Sweet), pig bean (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) and cocktail (crotalaria, pig bean, pigeon pea, mucuna, lab-lab and cowpea). Upon reaching full bloom, the plants were evaluated for height, fresh mass (FM), dry mass (DM), content and accumulation of nutrients in the aerial part, beside coverage rates in the soil (at 59, 80 and 125 days after sowing of the green manures). The crotalaria was the one that provided the fastest growing in the field, but the spontaneous vegetation more the gray-mucuna to 125 days after sowing were the species with more soil coverage. Higher yields of FM were found in the spontaneous vegetation, crotalaria and pig bean, showing values between 10520 kg ha⁻¹ and 12540 kg ha⁻¹ and DS in the treatments with crotalaria and spontaneous vegetation, showing 3760 kg ha⁻¹ and 3325 kg ha⁻¹, respectively. The crotalaria got higher nutrient contents in the aerial part, especially the N, P, Ca, Mg and B, minus K, which was higher in the spontaneous vegetation. The greater efficiencies in extraction of nutrient were demonstrated by crotalaria (N, P, Ca, Mg, S, B, Zn and Mn) and spontaneous vegetation (K, Mg, and Fe). The use of legumes by family farmers in cropping systems in succession or fallow may be an important resource in improving in the soil quality and in reducing the use of agricultural inputs.

Keywords: Pig bean. Family farming. Crop rotation. Soil quality. Agroecology.

1 INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma prática agrícola milenar que tem propiciado ao solo melhorias em suas propriedades químicas: capacidade de troca catiônica (CTC), poder tampão, fonte e reciclagem de nutrientes lixiviados e ação quelante; propriedades físicas: estrutura, retenção de água, cor do solo e consistência e, ainda, propriedades biológicas, como controle de nematoides e como hospedeira de inimigos naturais (SILVA, 1995).

O cultivo de adubos verdes confere ao produtor certa autonomia em relação à disponibilidade de matéria orgânica, destacando-se as leguminosas (PEREIRA, 2007). As espécies dessa família têm a vantagem, devido às mesmas formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, resultando em aporte de quantidades expressivas desse nutriente ao sistema solo-planta (PERIN *et al.*, 2003), que pode ser disponibilizado em cultivos subsequentes.

A cobertura do solo é uma medida importante aos solos tropicais e subtropicais, uma vez que protege os mesmos da incidência direta de sol, de chuvas e de ventos, favorecendo, assim, a manutenção de sua umidade e diminuindo a oscilação da temperatura, o que, conseqüentemente, favorece a atividade da microbiota (RIBEIRO, 2008). Assim, devido à maior eficiência na conservação do solo proporcionado pela cobertura vegetal dos adubos verdes (TELHADO, 2007), há a possibilidade de grande aporte de biomassa às áreas cultivadas (ESPINDOLA *et al.*, 2005), tanto antecedendo o cultivo do milho na região Sul do Brasil (AGOSTINETTO *et al.*, 2000), quanto ao cultivo de feijão e arroz em semeadura direta no estado de São Paulo (BORDIN *et al.*, 2003) e em sucessão ao milho em sistema de plantio direto e convencional Cerrado (SODRÉ FILHO *et al.*, 2004).

Embora diversos trabalhos tenham comprovado o efeito benéfico da utilização da adubação verde na agricultura, o modo como as diversas espécies são implantadas em uma região depende muito das condições edafoclimáticas. Assim, apesar de muitos agricultores familiares do Norte de Minas Gerais já usarem adubos verdes, principalmente por meio de consórcios com outras plantas, ainda é incipiente o estudo do comportamento

de algumas leguminosas manejadas nas condições dessa região como cobertura do solo na entressafra.

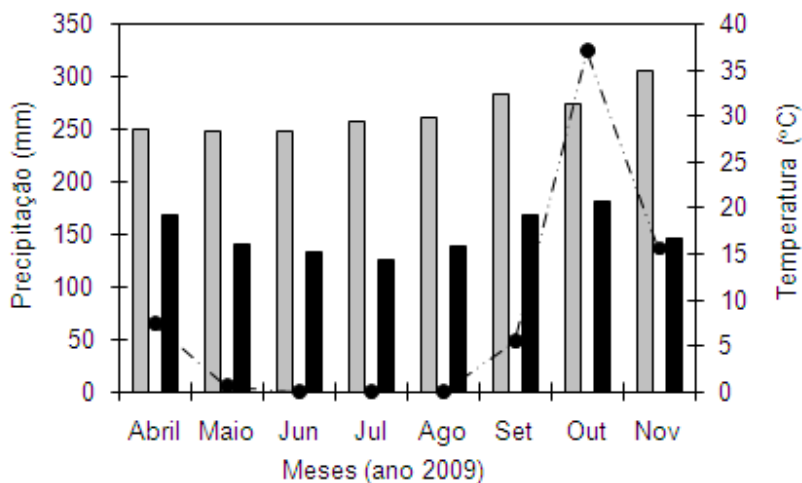
O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de algumas leguminosas, quanto ao seu potencial de cobertura do solo e nos teores e acúmulo de nutrientes na região Norte de Minas Gerais, visando a estabelecer o uso de adubos verdes, a fim de conhecer uma forma de manejo mais pertinente com as condições locais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área rural na propriedade de um agricultor familiar, na Comunidade Planalto – município de Montes Claros, localizada às margens da BR 135, no km 25, sentido Montes Claros – Belo Horizonte, latitude 16°54'6" S e longitude 43°52'32" W, altitude de 978 metros, no período de abril a novembro de 2009.

O solo da região é classificado como Cambissolo Háplico. Os resultados das análises físicas e químicas na camada 0 – 20 cm de profundidade do solo antes do experimento foram (EMBRAPA, 1997): pH em água = 6,1; P Mehlich (mg dm^{-3}) = 40,6; K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,11; Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,0; Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,8; Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,0; H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 1,41; SB ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,91; t ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,91; T ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 5,31; V(%) = 74; MO (dag kg^{-1}) = 2,93; Areia grossa (g kg^{-1}) = 111; Areia fina (g kg^{-1}) = 669; Silte (g kg^{-1}) = 80 e Argila (dag kg^{-1}) = 140.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Aw. A estação chuvosa inicia-se em meados de outubro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a março. Em determinados meses do ano, há pouco ou nenhum registro pluviométrico, principalmente nos meses de abril a setembro. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de setembro a fevereiro, atingindo registros acima de 30°C, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de maio a agosto. No GRÁF. 1, seguem os dados climatológicos de temperatura máxima e mínima e precipitação, referentes ao período de condução do experimento.



Nota: Temp. máxima (C°) Temp. mínima (C°) – Precipitação (mm)

GRÁFICO 1 - Dados de temperatura máxima, de temperatura mínima, e de precipitação pluviométrica mensal no período de abril a outubro de 2009 em Montes Claros, MG

Fonte: 5º DINMET – Montes Claros – MG.

O experimento foi montado no delineamento experimental de blocos ao acaso, com dez tratamentos e 3 repetições. Os adubos verdes usados foram: vegetação espontânea (testemunha); crotalária (*Crotalaria juncea* L.); guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millisp.); mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L.); mucuna-anã (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.); lab-lab (*Lablab purpureus* L. Sweet); feijão-deporco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C); caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) e coquetel (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi). Com relação ao tratamento com a vegetação espontânea, foi realizada uma caracterização da área para verificar as principais espécies. As mais frequentes foram: *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc, *Bidens pilosa* L., *Crotalaria incana* L., *Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barneby, *Sida* spp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Acanthospermum hispidum* DC., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Commelina diffusa* Burm. f. e *Blainvillea rhomboidea* Cass.

As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 2 m de comprimento, espaçadas em 1 m, totalizando 8 m². Utilizou-se a densidade

de semeadura, conforme recomendações para cada espécie (TAB. 1). A área útil para a amostragem foi representada pelas duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

TABELA 1

Densidades de semeadura dos adubos verdes utilizados no experimento

Espécies	Qualidade de sementes	
	Sementes m ⁻¹	Quantidade de sementes (kg ha ⁻¹)
Crotalária	20	40
Feijão-de-	5-6	150-180
Feijão guandu	18	50
Mucuna-preta	6-8	60-80
Mucuna-cinza	6-8	60-90
Mucuna-anã	6-8	80-100
Labe-labe	8	45
Feijão Caupi	20	60-75

Fonte: Adaptado de CALEGARI *et al.*, 1993.

O solo foi preparado para o plantio em 14/04/2009, por meio de aração e de gradagem leve e não recebeu nenhum tipo de correção da acidez e adubação. Até o verão de 2009, a área vinha sendo cultivada no sistema de rotação de culturas, por meio do plantio de culturas anuais no verão e algumas hortaliças, como a vagem, a berinjela e o quiabo no inverno ou quando a colheita dessas plantas coincidia com a época de maior preço no mercado, ou seja, quando era mais vantajoso economicamente para o produtor rural escolher essa época de plantio. O preparo realizado era convencional, constando de operações de aração e gradagem para as culturas de verão; gradagem para culturas de inverno, realizadas com trator de porte médio. É comum, para conduzir a lavoura, o produtor fazer o uso da adubação mineral no plantio para todas as culturas e, em cobertura somente

para as hortaliças além de realizar o controle para o combate de eventuais pragas e doenças específicas de cada cultura.

No experimento, por ocasião da semeadura, realizada em sulcos, bactérias do gênero *Rhizobium* da coleção da Embrapa Agrobiologia, específicas para cada espécie, foram inoculadas nas sementes de crotalária, guandu, mucunas, lab-lab, feijão-de-porco e caupi.

As sementes de todos os adubos verdes utilizados no experimento não receberam nenhum tipo de tratamento para superar a impermeabilidade do tegumento. Não houve nenhuma prática cultural durante o experimento, porém foi realizada uma limpeza nas linhas de plantio após a emergência dos adubos verdes para a retirada das plantas espontâneas. O experimento foi irrigado apenas no período inicial de estabelecimento das plantas, quando não houve nenhum registro de chuvas.

Na fase reprodutiva das plantas, ou seja, coincidindo com a coleta da massa fresca, foi avaliada a altura apenas dos adubos verdes que apresentaram comportamento ereto, como a *C. juncea*, *V. unguiculata*, *C. cajan*, *D. lablab* e *C. ensiformis*. Para isso, foram tomadas cinco plantas de cada área útil, medidas a 1 cm do nível do solo até a última folha da haste.

Na avaliação da cobertura das plantas, foram feitas duas amostragens de cobertura por parcela, sendo realizadas aos 59, 80 e 125 dias após a semeadura dos adubos verdes (DAS). Para isso, utilizou-se uma moldura de madeira de 50 x 50 cm, com uma rede de barbantes espaçados regularmente a cada 2 cm, onde se observou a presença de cobertura proporcionada pelas leguminosas e pelas plantas espontâneas nas interseções da rede de barbantes (ALVARENGA, 1993).

A nodulação foi observada na fase de florescimento pleno das leguminosas em todos os adubos verdes, porém, nem todas essas plantas apresentavam nódulos. Para isso, foram arrancadas duas plantas de cada parcela, coletando-se todo o volume de solo explorado pelas raízes, sendo, em seguida, lavadas em água corrente, com o auxílio de uma peneira de 2 mm e, logo após, feita a contagem dos nódulos do sistema radicular.

A massa vegetal e os teores de nutrientes extraídos e acumulados na parte aérea das leguminosas foram avaliados entre a fase de florescimento

pleno e a formação das vagens, entre 120 (12/08/2009) e 137 (29/08/2009) dias após a semeadura. O material vegetal contido em 1m² da área útil das parcelas foi cortado rente ao solo e pesado em seguida, para a determinação da massa fresca. Esse material coletado foi separado e secado em estufa de ventilação forçada a 65°C, até peso constante, para a determinação da massa seca e da acumulação de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn e Cu) pelas plantas, segundo Malavolta *et al.* (1989). Os extratos da massa seca de parte aérea foram obtidos por digestão nitroperclórica, exceto no B, cuja extração foi feita via seca. P e B foram determinados por calorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção iônica; K, por fotometria de chama e S, por turbidimetria. Para a determinação do teor de N, o material moído foi submetido à digestão sulfúrica e destilação em Kjeldahl. O acúmulo de nutrientes foi obtido pelo produto da massa seca, com o teor do nutriente no tecido das plantas.

Os dados obtidos referentes à altura, à taxa de cobertura do solo, à massa fresca, à massa seca e acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das variáveis comparadas pelo teste Scott - Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura das plantas

A altura da crotalária foi maior ($p < 0,05$) do que as demais leguminosas, apresentando 129,33 cm (TAB. 2). A superioridade da crotalária era esperada, uma vez que ela apresenta comportamento como planta de dias curtos e rápido crescimento comparado com as demais plantas observadas (BURLE *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2005). Essa altura foi maior do que a observada por Andrade Neto *et al.* (2008), que utilizaram o esterco bovino e o húmus como fonte de substrato, encontrando valores de 92,4 cm e 86,5 cm, respectivamente no semiárido nordestino, porém menor do que a altura observada por Dourado *et al.* (2001), em solo de cerrado, na ausência de adubação fosfatada.

TABELA 2

Altura (cm) dos adubos verdes com hábito de crescimento ereto medida durante a floração plena (acima de 50% de florescimento)

Adubos verdes	Altura (cm)
Crotalária	129,3 a
Feijão-de-porco	64,0 b
Guandu	59,7 b
Lab-lab	52,0 b
Caupi	34,3 b
CV (%)	18,4

Nota: Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott - Knott a 5% de probabilidade.

3.2 Cobertura do solo

A vegetação espontânea proporcionou a maior ($p < 0,05$) cobertura do solo nas três épocas avaliadas, com 53,7% aos 59 DAS, 80,3% aos 80 DAS e 97,3% aos 125 DAS. Porém aos 125 DAS, a mucuna-cinza produziu o mesmo efeito de cobertura do solo (98,7%) (TAB. 3).

TABELA 3

Médias de cobertura do solo (%) dos tratamentos aos 59, 80 e 125 dias após semeadura (DAS)

Tratamentos	Cobertura do solo (%)		
	59 DAS	80 DAS	125 DAS
Vegetação espontânea	53,7 a	80,3 a	97,3 a
Feijão-de-porco	36,7 b	36,0 d	65,7 b
Coquetel	33,3 b	55,3 c	40,0 c
Crotalária	34,3 b	59,3 c	36,3 c
Mucuna-cinza	30,3 b	68,3 b	98,7 a
Lab-lab	19,3 c	27,3 e	39,3 c
Caupi	23,7 c	22,3 e	**
Guandu	8,0 d	14,3 f	30,0 d
Mucuna-anã	5,0 d	5,0 f	24,0 d
Mucuna-preta	*	7,7 f	27,5 d
CV (%)	13,0	13,3	11,1

Notas: Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Scott - Knott a 5% de probabilidade. Valores médios de três repetições. * Não foi identificada emergência das plantas; ** Não houve cobertura.

Aos 59 e 80 DAS, os menores índices de cobertura foram observados no guandu, mucuna-anã e mucuna-preta. O guandu possui crescimento ereto, assim, pode ter contribuído para os menores valores de cobertura. Além do mais, o seu crescimento inicial lento, conforme verificado até os 80 DAS, pode também ter favorecido esse resultado. Favero *et al.* (2001), estudando as modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes, verificaram um lento crescimento do guandu.

Já para a mucuna-preta, foram verificados problemas na emergência das plântulas, além de ter apresentado lento desenvolvimento. Suzuki e Alves (2006), estudando a produção de massa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo, também verificaram lento desenvolvimento inicial da mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), o que propiciou o estabelecimento de plantas espontâneas na parcela. Tais fatos podem ter culminado em desuniformidade das plântulas após 80 DAS. Por outro lado, Sodré Filho *et al.* (2004), em trabalho realizado com culturas de sucessão ao milho em solo de Cerrado, obtiveram os maiores valores de

cobertura do solo nas áreas plantadas com *Mucuna cochinchinensis*, tanto aos 30 e aos 60 dias após a semeadura. Portanto, a grande vantagem da mucuna-preta em apresentar desenvolvimento vegetativo eficiente e acentuada rusticidade é que isso possibilita a sua boa adaptação às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas (AMABILE *et al.*, 2000). Tal fato, entretanto, não foi verificado nesta pesquisa.

É importante salientar que, devido à diferença entre o ciclo de uma determinada leguminosa em relação a outra, ocorreu certa variação nos valores de cobertura do solo não somente entre os tratamentos, mas também entre os períodos de amostragens. Aos 125 DAS, por exemplo, as plantas encontravam-se nos seguintes estágios de desenvolvimento: guandu - estado de floração já com início de preenchimento dos grãos; mucuna-preta - em fase de desenvolvimento vegetativo da planta; mucuna-cinza - final de desenvolvimento vegetativo a início de floração; mucuna-anã e feijão-deporco - acima de 50% de floração; lab-lab - final de preenchimento de grãos a início da maturação; caupi - fase de maturação a maturação completa dos grãos (presença de vagens secas) e coquetel - presença dessas variadas fases descritas anteriormente. Segundo Agostinetto *et al.* (2000), a diferença no comportamento das espécies vegetais, além daqueles inerentes à própria espécie, quanto à cobertura do solo, pode ser devido a fatores climáticos, edáficos e ambientais, os quais interferem no crescimento e na adaptação das espécies naquele local.

O prevalecimento da vegetação espontânea com os maiores valores de cobertura do solo pode ser atribuído a essas plantas já estarem adaptadas às condições locais de clima e solo, além de possivelmente maior banco de sementes no solo. Com relação às leguminosas, a mucuna-cinza se destacou como potencial em cobertura do solo aos 125 DAS, sendo uma importante espécie a ser recomendada como pousio ou sucessão nas condições do Norte de Minas Gerais. Para isso, deve ser plantada no final da estação chuvosa. Bueno *et al.* (2007) admitem os benefícios proporcionados pelas espécies de *Mucuna spp.*; entre elas, a de possuir crescimento rápido e capacidade de produzir grande quantidade de massa verde para a cobertura do solo.

3.3 Nodulação

No estágio de floração das leguminosas, o qual coincidiu com épocas distintas entre as plantas, foi encontrada a presença de nódulos nas raízes de apenas 6 adubos verdes, ou seja, na crotalária, no guandu, na mucuna-cinza, no lab-lab, no feijão-de-porco e no caupi. Entre essas plantas, a crotalária apresentou uma média acima de 200 nódulos por planta, porém, esses nódulos apresentavam tamanho pequeno, sendo até característico da espécie utilizada. Já o feijão de porco e a mucuna-cinza apresentaram uma média de 49 e 23 nódulos por planta, respectivamente. Alguns períodos de coleta das raízes para a verificação da nodulação (julho a agosto) coincidiram com os maiores valores de temperatura e ausência de precipitações (GRAF. 1), o que pode ter comprometido o desenvolvimento da simbiose e da formação de nódulos nas raízes. Além do mais, durante a coleta das raízes para a verificação dos nódulos, observou-se que o solo se encontrava em condições de umidade diferente entre as amostragens. Assim, como essas plantas apresentaram floração em diferentes épocas, convém salientar que a ausência de nódulos nas raízes dos adubos verdes pode estar relacionada a isso.

Apesar de 4 vezes menor o número de nódulos encontrado no feijão-de-porco, em relação aos valores observados na crotalária, verificou-se que o feijão-de-porco apresentou a maior massa seca da raiz (4120 mg por planta). Já a mucuna-cinza apresentou a maior massa seca dos nódulos por planta (4797,3 mg por planta) e a massa média dos nódulos por planta (208,58 mg por nódulo). Ao avaliarem cultivares de soja, sob manejo orgânico, Padovan *et al.* (2002) observaram 87 nódulos por planta na cultivar Campo Grande e 760 mg por planta de massa nodular na cultivar Lambari, aos 81 dias após a emergência da soja.

3.4 Produtividade de massa fresca e de massa seca

A vegetação espontânea, a crotalária e o feijão-de-porco apresentaram valores superiores ($p < 0,05$), quanto à produção de massa fresca (MF) com

12540, 11600 e 10540 kg ha⁻¹, respectivamente, em relação aos demais adubos verdes (TAB. 4). Gouveia e Almeida (1997) encontraram 8498 e 11460 kg ha⁻¹, respectivamente, para a vegetação espontânea e o feijão-de-porco em produção de massa fresca, ao avaliarem adubos verdes de inverno no município de Paty do Alferes - RJ. Os maiores valores de MF observados para a vegetação espontânea se justificam pela presença de plantas já adaptadas às condições ambientais locais, principalmente baixas precipitações pluviais e limitações de nutrientes no solo. Já as maiores MF alcançadas pelas leguminosas feijão-de-porco e crotalária podem estar relacionadas a fatores como desenvolvimento radicular, já que o feijão-de-porco apresentou maior massa seca da raiz e a crotalária foi observada maior número de nódulos. A presença de nódulos nas raízes é importante para a fixação biológica de nitrogênio e, conseqüentemente, para o desenvolvimento dessas plantas. O segundo, por que essas duas plantas foram as que apresentaram as maiores médias de massa seca da raiz, podem conferir crescimento mais vigoroso das plantas.

TABELA 4

Valores médios de massa fresca (MF) e massa seca (MS) na época de floração plena dos adubos verdes. Médias de três repetições

Tratamentos	MF	MS
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Vegetação espontânea	12540 a	3325 a
Crotalária	11600 a	3760 a
Feijão-de-porco	10520 a	2713 b
Mucuna-anã	8720 b	2460 b
Mucuna-cinza	8240 b	2470 b
Coquetel	7933 b	1950 c
Caupi	*	1520 c
Lab-lab	4340 c	1217 d
Mucuna-preta	4120 c	1170 d
Guandu	3480 c	1017 d
CV (%)	16,35	14,22

Notas: Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - Knott, a 5% de probabilidade.* Dados não computados.

Para a massa seca, a crotalária (3760 kg ha⁻¹) e a vegetação espontânea (3525 kg ha⁻¹) foram superiores ($p < 0,05$) aos demais adubos verdes. Assim, o fato da crotalária apresentar esse resultado não a torna uma planta adaptada às condições ambientais locais, pois o experimento foi realizado em apenas uma época, sendo considerado um período relativamente curto para a avaliação de adubos verdes e, portanto, seriam necessários no mínimo dois ciclos de cultivo dos adubos verdes para ser mais pertinente nessa afirmativa. A *Crotalaria juncea*, semeada em abril em solo de Cerrado, em sucessão à cultura do milho produziu 2147 kg ha⁻¹ de massa seca sob plantio convencional e 2412 kg ha⁻¹ sob plantio direto (SODRÉ FILHO *et al.*, 2004). Nascimento e Silva (2004), ao analisarem leguminosas para uso como cobertura do solo, encontraram acima de 2000 kg ha⁻¹ em massa seca na crotalária, valor inferior ao encontrado neste experimento. Para Perin *et al.* (2004), a crotalária se mostrou como espécie potencial a apresentar maior produção em fitomassa do que a vegetação espontânea em experimento realizado em um Cambissolo.

As leguminosas, lab-lab, mucuna-preta e guandu apresentaram as menores massa fresca e seca (TAB. 4). Esses resultados podem ser devido à mudança da época de plantio das espécies, pois, segundo Amabile *et al.* (2000), ao deixar de optar por uma época considerada favorável (início de novembro), para outras, consideradas como marginais, que possuem dias curtos, pode diminuir a fase vegetativa de espécies, como o guandu (*Cajanus cajan*). A menor produção de massa verde do guandu pode estar associada ao seu lento desenvolvimento, onde tal comportamento, segundo Suzuki e Alves (2006), tem possibilitado o surgimento de plantas espontâneas, competindo com o guandu por água, luz e nutrientes. A não realização de operações de capina nas entrelinhas de plantio reforça essa hipótese. Além disso, apesar do guandu ser uma espécie já plantada dentro das condições locais, o seu estabelecimento no campo se mostrou mais tardio, coincidindo com as maiores temperaturas e as menores precipitações (GRAF. 1), conferindo menor produção de massa.

3.5 Teor e acúmulo de nutrientes

Os maiores teores de N foram observados para a crotalária (46,77 g kg⁻¹) e os de P para o caupi (4,20 g kg⁻¹), lab-lab (4,03 g kg⁻¹), a crotalária (3,97 g kg⁻¹) e a vegetação espontânea (3,77 g kg⁻¹). Os maiores teores de K foram encontrados na vegetação espontânea (26,50 g kg⁻¹), de Ca obtido no coquetel (28,30 g kg⁻¹), crotalária (27,97 g kg⁻¹), caupi (25,07 g kg⁻¹) e mucuna-preta (24,70 g kg⁻¹) e, para Mg, os maiores valores foram encontrados na vegetação espontânea (4,13 g kg⁻¹) e crotalária (4,00 g kg⁻¹) (TAB. 5).

TABELA 5

Massa seca e teor de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) na parte aérea de cada adubo verde, por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009.

Tratamentos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vegetação espontânea	23,10 d	3,77 a	26,50 a	17,10 c	4,13 a	2,13 ^{ns}
Crotalária	46,77 a	3,97 a	9,97 c	27,97 a	4,00 a	2,57 ^{ns}
Feijão-de-porco	38,20 b	2,43 b	9,07 c	22,43 b	3,03 b	2,50 ^{ns}
Mucuna-anã	37,70 b	2,00 b	5,60 d	22,90 b	1,80 c	1,90 ^{ns}
Mucuna-cinza	36,43 b	2,70 b	6,70 d	22,00 b	2,53 c	2,10 ^{ns}
Coquetel	38,43 b	3,10 b	9,97 c	28,30 a	3,13 b	2,73 ^{ns}
Caupi	35,00 b	4,20 a	13,90 b	25,07 a	3,40 b	3,27 ^{ns}
Lab-lab	30,40 c	4,03 a	13,20 b	21,47 b	2,70 c	2,77 ^{ns}
Mucuna-preta	36,20 b	2,70 b	5,80 d	24,70 a	2,10 c	2,10 ^{ns}
Guandu	34,20 b	2,57 b	11,83 b	17,03 c	3,20 b	2,00 ^{ns}
CV (%)	9,84	16,99	10,71	10,51	14,99	20,04

Notas: *Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo em nível de 5%.

Os maiores valores de N encontrados na crotalária podem estar relacionados a uma boa eficiência dessa planta em realizar a fixação biológica de nitrogênio, o que pode ser verificado no campo pela presença de nódulos nas plantas. Os teores de N (46,77 g kg⁻¹) e P (3,97 g kg⁻¹) na crotalária foram acima dos observados por Cazetta *et al.* (2005), ao avaliarem

o cultivo exclusivo e consorciado de crotalária, e por Carvalho *et al.* (2008), ao avaliarem plantas de cobertura cultivadas em sucessão ao milho em solo de cerrado. Pereira *et al.* (2007) também encontraram diferença significativa nos teores de N, P, K, Ca e Mg, inclusive para condições de outono-inverno (semeadura em 30 de março), sendo superior na espécie *C. juncea* ($1,54 \text{ g kg}^{-1}$), para o nutriente fósforo. Os valores de K, sendo superiores na vegetação espontânea, estão de acordo com os encontrados por Perin *et al.* (2004), o que mostra que a presença dessas plantas foi mais eficiente na absorção desse nutriente, embora o tipo de espécies encontradas é distinto entre esses experimentos. Com relação aos valores Ca e Mg, corroboram os resultados encontrados por Perin *et al.* (2004) e por Saminêz *et al.* (2006), para o Mg, encontrado na crotalária em solo de Cerrado.

Foram observadas muitas variações nos adubos verdes utilizados no experimento, quanto aos teores de micronutrientes (TAB. 6). Os maiores teores de B foram encontrados no cultivo de lab-lab, caupi, crotalária e guandu ($51,33 \text{ mg kg}^{-1}$, $43,33 \text{ mg kg}^{-1}$, $42,33 \text{ mg kg}^{-1}$ e $38,00 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente), de Zn, no caupi ($54,00 \text{ mg kg}^{-1}$); de Fe, no lab-lab ($1353,67 \text{ mg kg}^{-1}$); de Mn, na mucuna-cinza, mucuna-anã, coquetel e caupi ($101,33 \text{ mg kg}^{-1}$, $90,00 \text{ mg kg}^{-1}$, $84,33 \text{ mg kg}^{-1}$ e $78,00 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente) e Cu, na mucuna-anã ($26,00 \text{ mg kg}^{-1}$). A partir desses resultados, pode-se inferir que a maioria dos adubos verdes avaliados corresponde positivamente em relação à reciclagem de micronutrientes (PEREIRA, 2007), sendo que a capacidade de ciclagem de nutrientes deve ser considerada como critério na seleção de leguminosas para adubação verde (ESPÍNDOLA *et al.*, 2005).

TABELA 6

Massa seca e teor de micronutrientes (boro, zinco, ferro, manganês e cobre) na parte aérea de cada adubo verde, por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	B	Zn	Fe	Mn	Cu
Vegetação espontânea	29,00 b	34,00 c	1006,00 c	46,33 b	8,67 e
Crotalária	42,33 a	47,67 b	332,67 e	55,00 b	13,00 d
Lab-lab	51,33 a	42,33 b	1353,67 a	50,00 b	10,00 e
Mucuna-cinza	31,33 b	35,33 c	325,00 e	101,33 a	19,67 b
Caupi	43,33 a	54,00 a	1181,33 b	78,00 a	9,67 e
Feijão-de-porco	29,67 b	22,00 d	227,00 e	51,67 b	8,00 e
Mucuna-anã	23,00 b	28,00 d	334,00 e	90,00 a	26,00 a
Coquetel	35,00 b	32,33 c	502,33 d	84,33 a	11,33 d
Mucuna-preta	28,00 b	33,00 c	457,00 d	67,00 b	17,00 c
Guandu	38,00 a	35,00 c	482,67 d	61,67 b	16,33 c
CV (%)	18,30	13,53	10,64	22,82	7,60

Nota: *Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

A crotalária foi estatisticamente superior ($p < 0,05$), quanto à concentração dos macronutrientes N, P, Ca, Mg e S ($175,84 \text{ kg ha}^{-1}$, $14,92 \text{ kg ha}^{-1}$, $105,16 \text{ kg ha}^{-1}$, $15,04 \text{ kg ha}^{-1}$ e $9,65 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente), em relação aos demais adubos verdes e à vegetação espontânea. Além de ter apresentado maiores teores de Mg ($13,80 \text{ kg ha}^{-1}$), juntamente com a crotalária, a vegetação espontânea apresentou maior acúmulo de K ($88,34 \text{ kg ha}^{-1}$), em relação as demais coberturas do solo.

As maiores quantidades de nutrientes acumulados pela crotalária (TAB. 7) vêm demonstrar que esse adubo verde poderá ser cultivado em sistemas pousio ou sucessão às culturas de interesse comercial, já que consegue dispor de variados nutrientes, como N, P, Ca, Mg e S a plantios subsequentes. Além disso, soma-se ainda a maior produção de massa seca (TAB. 4), sendo essencial para a cobertura e consequente proteção do solo. Castro *et al.* (2004) também encontraram os maiores valores de N total acumulado na crotalária (126 kg ha^{-1}) antes da cultura da berinjela (pré-cultivo). Assim, a capacidade de acúmulo de grande quantidade de N, em curto espaço de tempo, faz da crotalária uma espécie de grande potencial na

utilização como adubo verde (PERIN *et al.*, 2004). Além do mais, a capacidade de acúmulo de nutrientes, na parte aérea dos adubos verdes, faz com que essas plantas sejam utilizadas para a ciclagem de nutrientes do solo e fixação biológica de nitrogênio (BARROSO *et al.*, 2009).

TABELA 7

Massa seca e acúmulo de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) na parte aérea de cada adubo verde, por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009

Tratamentos	Macronutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vegetação espontânea	76,97 b	12,48 b	88,34 a	56,83 b	13,80 a	7,07 b
Crotalária	175,84 a	14,92 a	37,45 b	105,16 a	15,04 a	9,65 a
Lab-lab	36,64 c	4,99 c	16,03 c	26,11 d	3,26 c	3,44 d
Mucuna-cinza	89,99 b	6,67 c	16,55 c	54,34 b	6,26 b	5,19 c
Caupi	53,81 c	6,39 c	21,14 c	38,00 c	5,18 b	4,94 c
Feijão-de-porco	103,30 b	6,59 c	24,46 c	60,88 b	8,28 b	6,74 b
Mucuna-anã	92,74 b	4,92 c	13,78 c	56,33 b	4,43 c	4,67 c
Coquetel	74,15 b	5,84 c	18,52 c	52,01 b	6,20 b	5,00 c
Mucuna-preta	42,35 c	3,16 d	6,79 c	28,90 d	2,46 c	2,46 d
Guandu	34,79 c	2,61 d	12,02 c	17,33 e	3,26 c	2,04 d
CV (%)	15,96	15,22	18,80	11,32	23,35	16,55

Nota: *Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

Com relação à vegetação espontânea, em função da diversidade de plantas, as espécies encontradas merecem maiores estudos, uma vez que contribuíram em maiores quantidades de K e S acumulados (TAB. 7), em comparação com as leguminosas. Dessa forma, uma das recomendações ao agricultor familiar seria a manutenção da área recém-colhida por um período suficiente ao desenvolvimento das plantas espontâneas e consequente produção de massa e cobertura do solo, mas sempre com o cuidado de não

deixar que essas espécies deem origem a sementes na mesma área a ser implantada a cultura.

Diante do exposto, convém salientar que os adubos verdes são bastante promissores ao produtor rural, pois, além de baixo custo, pode apresentar boa eficiência em extrair nutrientes no solo, o que pode contribuir com o aumento da produtividade das culturas.

Conforme TAB. 8, o boro (B), o zinco (Zn), o ferro (Fe), o manganês (Mn) e o cobre (Cu) apresentaram diferença significativa em todos os tratamentos, em relação à quantidade acumulada (g ha^{-1}) na parte aérea dos adubos verdes. A crotalária apresentou maiores teores de B, Zn e Mn ($159,17 \text{ g ha}^{-1}$, $179,23 \text{ g ha}^{-1}$ e $206,80 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente) sendo superior ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos, apenas para os dois primeiros micronutrientes. Para os demais micronutrientes, a vegetação espontânea apresentou maiores teores de Fe ($3331,92 \text{ g ha}^{-1}$); a mucuna-cinza e a mucuna-anã ($250,29 \text{ g ha}^{-1}$ e $221,40 \text{ g ha}^{-1}$, respectivamente) proporcionaram os maiores teores de Mn, sendo que essa última leguminosa apresentou maior valor de Cu ($63,96 \text{ g ha}^{-1}$) acumulado.

TABELA 8

Massa seca e acúmulo de micronutrientes (boro, zinco, ferro, manganês e cobre) na parte aérea de cada adubo verde, por ocasião do corte (média de três repetições). Montes Claros – MG, 2009

Tratamentos	Micronutrientes (g ha ⁻¹)				
	B	Zn	Fe	Mn	Cu
Vegetação espontânea	96,26 b	112,72 b	3331,92 a	152,52 b	28,71 c
Crotalária	159,17 a	179,23 a	1250,83 c	206,80 a	48,88 b
Lab-lab	60,93 c	52,11 d	1651,58 b	60,73 c	12,27 d
Mucuna-cinza	77,39 b	87,27 c	802,75 d	250,29 a	48,58 b
Caupi	65,73 c	82,08 c	1793,09 b	118,92 b	14,71 d
Feijão-de-porco	79,84 b	59,50 d	617,89 e	143,27 b	21,71 c
Mucuna-anã	56,58 c	68,88 c	821,64 d	221,40 a	63,96 a
Coquetel	64,61 c	60,80 d	961,18 d	151,28 b	22,97 c
Mucuna-preta	32,76 d	38,61 e	534,69 e	78,39 c	19,89 c
Guandu	38,63 d	35,64 e	490,73 e	62,66 c	16,60 d
CV (%)	14,13	12,09	14,64	19,18	14,49

Nota: *Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

O acúmulo de B, Zn e Cu (TAB. 8) foram semelhantes aos observados por Oliveira *et al.* (2002), em cultivo consorciado de leguminosas (mucuna-preta e feijão-de-porco) com gramíneas (milho, sorgo e milheto) e acima dos maiores valores encontrados por Teixeira *et al.* (2008), para os micronutrientes B, Cu e Fe, ao avaliarem o acúmulo de micronutrientes em feijão-de-porco, guandu-anão e milheto, em cultivo solteiro e consorciado. Da mesma forma, esses últimos autores encontraram valores em acúmulo de Zn (158,83 g ha⁻¹) e Mn (187,38 g ha⁻¹) no feijão-de-porco, em cultivo solteiro, abaixo do encontrado pela crotalária, porém acima do observado pela mesma espécie nesta pesquisa.

4 CONCLUSÃO

1. Dentre as leguminosas de comportamento ereto, a crotalária foi a espécie que propiciou o maior crescimento em altura.
2. Entre todos os adubos verdes avaliados, a mucuna-cinza e a vegetação espontânea, aos 125 dias após semeadura, apresentaram maior potencial de cobertura do solo.
3. As maiores produções de massa fresca foram alcançadas pela vegetação espontânea, crotalária e feijão-de-porco, apresentando valores entre 10520 kg ha^{-1} e 12540 kg ha^{-1} .
4. A crotalária (3760 kg ha^{-1}) e a vegetação espontânea (3325 kg ha^{-1}) obtiveram as maiores produção de massa seca.
5. Os adubos verdes que apresentam mais nutrientes em sua parte aérea foram a crotalária, com maiores teores de N, P, Ca, Mg e B e a vegetação espontânea, com os maiores teores de K e Mg.
6. Maior eficiência na extração de nutrientes foi observada na crotalária, para N, P, Ca, Mg, S, B, Zn e Mn e, na vegetação espontânea, para K, Mg, e Fe.

CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM SOLO SOB CULTIVO DE ADUBOS VERDES NO NORTE DE MINAS GERAIS

RESUMO

Esta pesquisa objetivou avaliar os atributos químicos de um solo cultivado com adubos verdes no Norte de Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições e as seguintes coberturas de solo: vegetação espontânea (testemunha); crotalária comum (*Crotalaria juncea* L.); guandu (*Cajanus cajan* (L) Millisp.); mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L.); mucuna-anã (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.); lab-lab (*Lablab purpureus* L. Sweet); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C); caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) e coquetel (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi). Foram avaliados os níveis de fertilidade nas linhas e entrelinhas das plantas na camada 0-20 cm aos 125 dias após semeadura dos adubos verdes (DAS) além de serem determinados os teores de macronutrientes e micronutrientes, fósforo remanescente (P-rem) e nitrogênio total no solo nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidades do solo aos 83 dias após o corte dos adubos verdes (DAC), os quais foram deixados sobre o solo. A manutenção da cobertura do solo, na forma de pousio (com ou sem leguminosas), contribui para a manutenção da matéria orgânica, além de disponibilizar nutrientes, como K e Mg. O manejo dos adubos verdes, aos 83 DAC, foi suficiente para que houvesse incrementos significativos quanto ao pH, ao Ca, ao H+Al, soma de bases (SB), à CTC potencial e à saturação por bases (V%) na camada 0-5 cm e Ca, Mg, SB, CTC potencial e V% na camada 5-10 cm de profundidade do solo. Nas condições do Norte de Minas Gerais, a utilização de leguminosas em áreas de pousio em propriedades de agricultores familiares pode ser uma das estratégias para a manutenção e a melhoria das condições químicas do solo.

Palavras-chave: Mucuna-cinza. Fertilidade do solo. Cobertura do solo. Pousio.

CHAPTER 3 – CHEMICAL PROPERTIES OF A SOIL UNDER GREEN MANURES CULTIVATION IN THE NORTHERM OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the soil chemical properties in management with green manures of the northerm of Minas Gerais. The treatments, distributed in randomized block with three replications were: spontaneous vegetation (control); *Crotalaria juncea* L.; *Cajanus cajan* (L.) Millisp.; *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland; *Mucuna pruriens* L.; *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.; *Lablab purpureus* L. Sweet; *Canavalia ensiformis* (L.) D.C; *Vigna unguiculata* (L.) Walp and Vegetal cocktails (mixture of legumes). Were evaluated in levels of fertility in the rows and in-between rows of the cover crops in the 0 – 20 cm layer 125 days after sowing of green manures, the macronutrient and micronutrient contents, equilibrium phosphorus (EP), total nitrogen in the 0 - 5 and 5 – 10 cm layers 83 days after cutting of green manures and placed on the soil surface. The use of soil cover crops in the fallow form (with or without legume) has contributed to the maintenance of the soil organic matter, besides of nutrient increase as the K and Mg. This experiment, 83 days after cutting of the green manures, the management promoted increased in soil pH, exchangeable Ca and H + Al, sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC pH 7.0), and base saturation (V%) in the 0 – 5 cm layer. Also, did increase in the exchangeable Ca and Mg, SB, CTC pH 7.0 and base saturations in the 5 – 10 cm soil layer. In the Northerm of Minas Gerais conditions, the use of legume green manures in crop rotation systems in farming families can to be a very important strategy to the maintenance and improvement of the soil chemical properties.

Keywords: Gray Mucuna. Soil fertility. Soil cover. Crop rotation.

1 INTRODUÇÃO

A realização de práticas de manejo e de conservação, como o emprego de plantas de cobertura são relevantes para a manutenção ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas dos solos. Em solos tropicais, o acúmulo de material orgânico, em sua superfície, principalmente na forma de adubação verde, tem sido um desafio, uma vez que as temperaturas elevadas, nesses ambientes, têm promovido rápida mineralização da matéria orgânica (ANDRADE *et al.*, 2009). A adubação verde utiliza espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo o ano. Entretanto as leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N_2 , o que resulta no aporte de quantidades expressivas desse nutriente no sistema solo-planta (PERIN *et al.*, 2003).

Alguns trabalhos mostram a melhoria dos atributos químicos, propiciada pela utilização de adubos verdes, como a diminuição da acidez potencial, o aumento da matéria orgânica e a saturação por bases do solo aos 180 dias após o plantio das espécies (BARROSO *et al.*, 2008); os incrementos do P remanescente ($30,8 \text{ mg L}^{-1}$), do K trocável (295 mg dm^{-3}) e da matéria orgânica ($46,0 \text{ g kg}^{-1}$) aos 30 dias após manejo dos adubos verdes (GUILHERME *et al.*, 2007), utilizados na forma de coquetéis, que é a mistura de gramíneas com leguminosas. O uso de leguminosas isoladas com efeitos benéficos ao solo também foi verificado em espécies como o guandu e a crotalária, as quais manifestaram boa capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes (ALCÂNTARA *et al.*, 2000); guandu, lab-lab, mucuna-preta, mucuna-cinza e feijão-de-porco, tendo efeito positivo na elevação dos teores de nutrientes no solo na camada 0-10 cm de profundidade (NASCIMENTO *et al.*, 2003).

Além das vantagens já abordadas, a adição de resíduos de adubos verdes propicia melhor aproveitamento de adubos químicos e a redução nos custos com adubação mineral, uma vez que promove aumento da atividade biológica do solo (HERNANI *et al.*, 1995; STOPES *et al.*, 1996), por meio do

melhor aproveitamento do processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (N₂), via simbiose entre diversas leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (VARGAS, *et al.*, 2004) e gramíneas, o que é extremamente interessante ao agricultor familiar.

Dessa forma, ao optar por práticas que contribuem para o desenvolvimento de arranjos produtivos, por meio da utilização de adubos verdes no Norte de Minas Gerais, devem ser considerados fatores específicos de cada localidade como tipo de clima, tipo de solo, o que pode representar comportamento distinto das diferentes plantas de coberturas usadas.

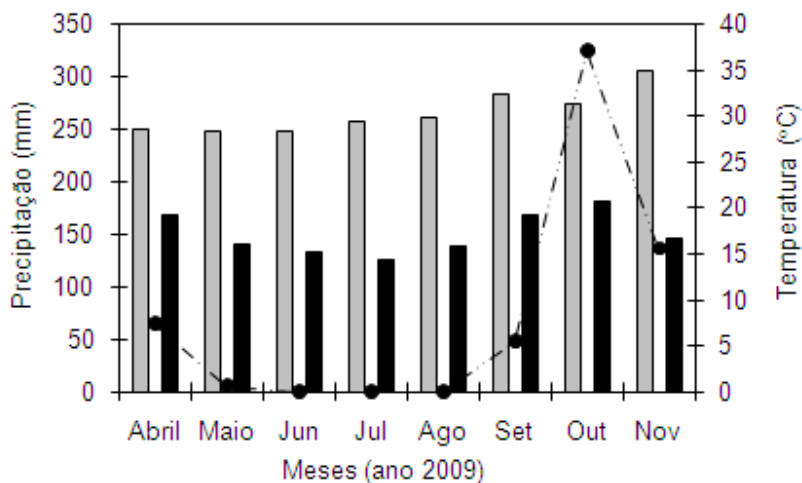
Nessa perspectiva, considerando-se a importância das leguminosas para a melhoria e a contribuição dos cultivos, principalmente aqueles onde há grande abrangência da agricultura familiar, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes adubos verdes nas melhorias dos atributos químicos do solo nas condições do Norte de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área rural na propriedade de um agricultor familiar, na Comunidade Planalto – município de Montes Claros, localizada às margens da BR 135, no km 25, sentido Montes Claros – Belo Horizonte, latitude 16°54'6" S e longitude 43°52'32" W, altitude de 978 metros, no período de abril a novembro de 2009.

O solo da região é classificado como Cambissolo Háplico. Os resultados das análises físicas e químicas na camada 0 – 20 cm de profundidade do solo antes do experimento foram (EMBRAPA, 1997): pH em água = 6,1; P Mehlich (mg dm^{-3}) = 40,6; K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,11; Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,0; Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,8; Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0,0; H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 1,41; SB ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,91; t ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3,91; T ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 5,31; V(%) = 74; MO (dag kg^{-1}) = 2,93; areia grossa (g kg^{-1}) = 111; areia fina (g kg^{-1}) = 669; silte (g kg^{-1}) = 80 e argila (dag kg^{-1}) = 140.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Aw. A estação chuvosa inicia-se em meados de outubro, sendo os maiores índices pluviométricos observados nos meses de novembro a março. Em determinados meses do ano, há pouco ou nenhum registro pluviométrico, principalmente nos meses de abril a setembro. As temperaturas mais elevadas distribuem-se entre os meses de setembro a fevereiro, atingindo registros acima de 30°C, enquanto as médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de maio a agosto. O GRÁF. 1 ilustra os dados climatológicos de temperatura máxima e mínima e precipitação, referentes ao período de condução do experimento.



Nota: Temp. máxima (°C) Temp. mínima (°C) – ● – Precipitação (mm)

GRÁFICO 1 - Dados de temperatura máxima, de temperatura mínima e de precipitação pluvial mensal no período de abril a outubro de 2009 em Montes Claros, MG

Fonte: 5º DINMET – Montes Claros – MG.

O experimento foi montado no delineamento experimental de blocos ao acaso, com dez tratamentos e 3 repetições. Os adubos verdes usados foram: vegetação espontânea (testemunha); crotalária (*Crotalaria juncea* L.); guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millisp.); mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland); mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* L.); mucuna-anã (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr.); lab-lab (*Lablab purpureus* L. Sweet); feijão-deporco (*Canavalia ensiformis* (L.) D.C); caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) e coquetel (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi). Com relação ao tratamento com a vegetação espontânea, foi realizada uma caracterização da área para verificar as principais espécies. As mais frequentes foram: *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc, *Bidens pilosa* L., *Crotalaria incana* L., *Senna obtusifolia* (L.) H. S. Irwin & Barneby, *Sida* spp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Acanthospermum hispidum* DC., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Commelina diffusa* Burm. f. e *Blainvillea rhomboidea* Cass.

As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 2 m de comprimento, espaçadas em 1 m, totalizando 8 m². Utilizou-se a densidade

de semeadura, conforme recomendações para cada espécie (TAB. 1). A área útil para a amostragem foi representada pelas duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

TABELA 1

Densidades de semeadura dos adubos verdes utilizados no experimento

Espécies	Qualidade de sementes	
	Sementes m ⁻¹	Quantidade de sementes (kg ha ⁻¹)
Crotalária	20	40
Feijão-de-	5-6	150-180
Feijão guandu	18	50
Mucuna-preta	6-8	60-80
Mucuna-cinza	6-8	60-90
Mucuna-anã	6-8	80-100
Labe-labe	8	45
Feijão Caupi	20	60-75

Fonte: Adaptado de CALEGARI *et al.*,1993.

O solo foi preparado para o plantio em 14/04/2009, por meio de aração e de gradagem leve e não recebeu nenhum tipo de correção da acidez e adubação. Até o verão de 2009, a área vinha sendo cultivada no sistema de rotação de culturas, por meio do plantio de culturas anuais no verão e algumas hortaliças, como a vagem, a berinjela e o quiabo no inverno ou quando a colheita dessas plantas coincidia com a época de maior preço no mercado, ou seja, quando era mais vantajoso economicamente para o produtor rural escolher essa época de plantio. O preparo realizado era convencional, constando de operações de aração e gradagem para as culturas de verão; gradagem para culturas de inverno, realizadas com trator de porte médio. É comum, para conduzir a lavoura, o produtor fazer o uso da adubação mineral no plantio para todas as culturas e, em cobertura, somente

para as hortaliças, além de realizar o controle para o combate de eventuais pragas e doenças específicas de cada cultura.

No experimento, por ocasião da semeadura, realizada em sulcos, bactérias do gênero *Rhizobium* da coleção da Embrapa Agrobiologia, específicas para cada espécie, foram inoculadas nas sementes de crotalária, guandu, mucunas, lab-lab, feijão-de-porco e caupi.

As sementes de todos os adubos verdes utilizados no experimento não receberam nenhum tipo de tratamento para superar a impermeabilidade do tegumento. Não houve nenhuma prática cultural durante o experimento, porém foi realizada uma limpeza nas linhas de plantio após a emergência dos adubos verdes para a retirada das plantas espontâneas. O experimento foi irrigado apenas no período inicial de estabelecimento das plantas, quando não houve nenhum registro de chuvas.

2.2 Parâmetros avaliados

2.2.1 Características químicas do solo nas linhas e entrelinhas dos adubos verdes

Aos 125 dias após a semeadura dos adubos verdes, no dia 17/08/09, ou seja, quando as plantas estavam recém-cortadas (12/08/09) e deixadas sobre o solo, foram coletadas amostras de solo nas linhas (L) e nas entrelinhas dos adubos verdes (EL), na camada de 0 – 20 cm de profundidade. Foram avaliados o pH em água, o fósforo Mehlich (P_{me}), o fósforo remanescente (P_{rem}), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o alumínio (Al), a acidez potencial (H+Al), a soma de bases (SB), a CTC a pH 7 (T), a saturação por bases (V%) e matéria orgânica (MO) (EMBRAPA, 1997). Na ocasião da análise, foi acrescido mais um tratamento na análise de variância, ou seja, o resultado da análise química do solo retirado antes da instalação do experimento foi utilizado para fins de comparação com o solo que continha as plantas de cobertura.

2.2.2 Teor de macronutrientes e de micronutrientes no solo

Para a determinação dos teores de macronutrientes e de micronutrientes, aos 83 dias após o corte dos adubos verdes, dia 03/11/09, foram coletadas amostras nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidades do solo, sendo duas amostras simples, que corresponderam a uma composta por área útil de cada parcela. As amostras de solo foram homogeneizadas e passadas em peneira de malha de 4 mm, para que resíduos de plantas e raízes fossem removidos, seguidos pela sua secagem ao ar. Após esse processo, foram determinados o pH em água e os teores de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, S, Al, H+Al, soma de bases (SB), CTC potencial (CTCt), saturação por bases (V%) e micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn e Cu). O pH foi determinado, utilizando-se a suspensão solo-água na proporção de 1:2,5 e a matéria orgânica, pelo Método Calorimétrico; Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} trocáveis, extraídos pelo KCl 1N; acidez potencial (H+Al), pelo extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e fenolftaleína de indicador; S (Fosfato monobásico de cálcio); P, K e micronutrientes foram extraídos com o extrator Mehlich-1 e determinados por espectrofotometria de ionização de chama (K) e pelo método do azul de Mo (P), conforme Embrapa (1997).

2.2.3 Teor de fósforo remanescente e nitrogênio no solo

A partir das mesmas amostras de solo utilizadas para a determinação dos teores de macronutrientes e de micronutrientes, ou seja, coletadas nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidades do solo aos 83 dias após o corte dos adubos verdes (DAC), foram verificados os teores de fósforo remanescente (P-rem) e nitrogênio total (N total) no solo. A determinação do N total nas amostras de solo foi realizada pelo método Kjeldahl, descrito por Tedesco *et al.* (1995) e P remanescente, conforme Embrapa (1997).

2.2.4 Análise estatística

Os dados obtidos referentes à análise química do solo nas entrelinhas e linhas das plantas de cobertura e análise química do solo antes do experimento, na camada 0 - 20 cm, os teores de macronutrientes, de micronutrientes, de fósforo remanescente e de nitrogênio total (camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidade) no solo foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das variáveis comparadas pelo teste Scott - Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características químicas do solo nas linhas e nas entrelinhas dos adubos verdes

De acordo com a análise química do solo nas entrelinhas das plantas de cobertura do solo na camada 0 - 20 cm de profundidade, houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis fósforo remanescente (P-rem), K e Mg trocáveis (TAB. 2). O P-rem ($44,3 \text{ mg kg}^{-1}$), na avaliação do solo realizada antes do experimento, foi superior ($p < 0,05$) aos demais tratamentos. Com relação ao teor de K, esse foi maior nos solos sob guandu (76 mg kg^{-1}) e caupi (74 mg kg^{-1}), comparado com os demais tratamentos. Já as concentrações de Mg foram maiores no solo que continha a mucuna-cinza, mucuna-anã, lab-lab, feijão-de-porco e caupi (TAB. 2).

TABELA 2Características químicas do solo nas entrelinhas dos adubos verdes¹

Trat²	pH ^{ns} (H ₂ O)	M.O ^{ns} g kg ⁻¹	P-rem mg dm ⁻³	PMel ^{ns} -----mg kg ⁻¹ -----	K	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	H+Al ^{ns}	SB ^{ns}	T ^{ns}	V ^{ns} (%)
						-----cmol _c dm ⁻³ -----					
VE	6,03	28,80	33,90 b	32,37	37,67 b	2,67	0,87 b	1,63	3,63	5,26	69,33
CROT	6,33	29,30	34,70 b	35,77	50,67 b	2,60	0,90 b	1,59	3,63	5,22	69,33
G	6,27	29,80	33,50 b	44,77	76,00 a	2,80	0,90 b	1,18	3,89	5,07	76,67
MP	6,20	27,43	34,70 b	29,07	37,00 b	2,77	1,00 a	1,37	3,86	5,23	73,33
MC	5,87	29,30	32,87 b	29,17	31,67 b	2,80	0,83 b	1,82	3,72	5,54	66,33
MA	6,03	25,93	35,10 b	26,63	36,00 b	2,60	1,00 a	1,55	3,69	5,25	70,00
LL	6,23	29,37	34,27 b	34,13	39,67 b	2,87	1,07 a	1,31	4,04	5,35	75,00
FP	5,97	28,80	33,90 b	31,33	54,00 b	2,40	1,03 a	1,53	3,57	5,10	70,00
CA	6,27	25,03	35,43 b	37,80	74,00 a	2,63	1,17 a	1,41	3,99	5,40	73,67
COQ	5,97	25,30	33,57 b	32,17	55,33 b	2,47	0,93 b	1,59	3,54	5,13	69,00
Antes	6,10	29,30	44,30 a	40,60	42,90 b	3,00	0,80 b	1,41	3,91	5,31	74,00
CV(%)	4,42	9,35	5,76	38,01	32,71	19,27	10,90	22,47	15,04	8,75	9,09

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

² VE: vegetação espontânea; CROT: crotalaria; G: guandu; MP: mucuna-preta; MC: mucuna-cinza; MA: mucuna-anã; LL: lab-lab; FP: feijão-de-porco; CA: caupi e COQ: coquetel; Antes: corresponde à análise do solo antes da implantação do experimento.

Ao observar a época de implantação do experimento (quando foi realizada a análise do solo “antes”) em relação à época de coleta da amostra de solo, correspondente aos demais tratamentos (adubos verdes), destaca-se a ocorrência de alguns processos, como variações de temperatura e precipitação (GRÁF. 1), além de possíveis alterações promovidas por microrganismos, que são frequentes nos solos e podem ter interferido na disponibilidade de nutrientes no solo, como o K e o Mg (TAB. 2). O P-rem, sendo menor ($p < 0,05$) nos tratamentos com adubos verdes (TAB. 2 e 3), mostrou que as plantas de cobertura utilizadas podem retirar esse nutriente do solo. Ademais, as leguminosas dependem do P no solo para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) (altamente exigente em energia na forma de ATP), proporcionado pelos fungos micorrízicos arbusculares (JESUS *et al.*, 2005), o que, possivelmente, pode ter levado ao menor fósforo disponível, no solo que continha os adubos verdes.

TABELA 3Características químicas do solo nas linhas dos adubos verdes¹

Trat ²	pH ^{ns} (H ₂ O)	M.O ^{ns} g kg ⁻¹	P-rem mg dm ⁻³	PMe ^{ns} ¹ ----mg kg ⁻¹ ----	K ^{ns}	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	H+Al ^{ns}	SB ^{ns}	T ^{ns}	V ^{ns} (%)
						-----cmolc dm ⁻³ -----					
VE	6,30	28,80	33,17 b	35,00	37,67	2,90	1,03	1,54	4,03	5,57	72,00
CROT	5,80	27,87	30,60 b	24,33	42,00	2,50	0,83	1,72	3,44	5,16	66,67
G	5,93	26,93	32,43 b	31,43	53,67	2,40	0,87	1,52	3,41	4,92	69,00
MP	6,20	27,43	34,70 b	29,07	37,00	2,77	1,00	1,37	3,86	5,23	73,33
MC	5,90	26,43	33,70 b	17,70	28,00	2,57	1,20	1,83	3,84	5,67	67,00
MA	5,90	27,33	34,37 b	17,73	34,00	2,50	0,93	1,47	3,52	5,00	70,67
LL	5,80	27,87	34,40 b	21,57	31,33	2,37	0,83	1,57	3,28	4,85	67,67
FP	5,83	29,30	35,10 b	22,57	35,00	2,57	0,83	1,83	3,49	5,32	64,67
CA	6,10	24,63	34,27 b	30,60	66,33	2,67	0,93	1,16	3,77	4,93	76,00
COQ	6,13	23,33	35,10 b	24,00	42,00	2,47	1,10	1,44	3,68	5,12	71,67
Antes	6,10	29,30	44,30 a	40,60	42,50	3,00	0,80	1,41	3,91	5,31	74,00
CV(%)	5,36	8,36	6,77	46,22	39,00	19,52	23,37	21,28	17,52	10,71	9,53

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

² VE: vegetação espontânea; CROT: crotalaria; G: guandu; MP: mucuna-preta; MC: mucuna-cinza; MA: mucuna-anã; LL: lab-lab; FP: feijão-de-porco; CA: caupi e COQ: coquetel; Antes: corresponde à análise do solo antes da implantação do experimento

Já com relação ao potássio (TAB. 2), pode-se inferir que os adubos verdes guandu e caupi poderão ser espécies eficientes em disponibilizar K em cultivos subsequentes, uma vez que foi encontrado maior teor de K trocável no solo. Na ocasião do corte dos adubos verdes, observou-se senescência natural de folhas em alguns adubos verdes, principalmente o caupi, que se encontrava totalmente seco no campo. Dessa forma, isso pode ter contribuído para a liberação mais rápida de nutrientes no solo, como o K (TAB. 2). Maior K encontrado, no solo com guandu, possivelmente é devido a essa planta possuir sua raiz principal profunda, o que lhe permite, por meio de suas raízes, fazer a reciclagem desse nutriente lixiviado de camadas mais profundas para camadas mais superficiais do solo. Essa capacidade de o sistema radicular do guandu crescer até grandes profundidades faz com que ela também seja utilizada em solos com algum grau de compactação (REINERT *et al.*, 2008). Já Moreira *et al.* (2007) também observaram eficiência em algumas dessas espécies em disponibilizar K ao solo, em um sistema de produção orgânica de grãos. Ao manejarem a biomassa de adubos verdes na recuperação da fertilidade de um solo degradado, de forma não incorporada ao solo, passados 90 dias, Alcântara *et al.* (2000) encontraram valores inferiores aos deste experimento em todas as profundidades amostradas.

Também houve diferença significativa entre os tratamentos para P-rem, sendo maior ($p < 0,05$) na análise do solo antes do experimento (TAB. 3). O fósforo remanescente é destinado a avaliar a capacidade de fixação de P no solo, onde, quanto maior o seu valor, menor é a fixação de P no solo. Assim, o efeito do P-rem encontrado na análise de solo antes do experimento reforça a hipótese de que a matéria orgânica ou o resíduo orgânico é um dos fatores responsáveis pela variação da adsorção de fósforo nos solos, ou seja, geralmente o aumento dos valores de P-rem diminui a fixação de P pelo solo, devido ao bloqueio dos sítios de fixação de P pelos óxidos de ferro e alumínio (ANDRADE *et al.*, 2002).

Já a ausência do efeito da cobertura, nos demais atributos químicos do solo (TAB. 2 e 3) era muito provável, uma vez que, no momento da análise do solo, passaram-se apenas alguns dias após o corte dos adubos verdes,

não havendo matéria orgânica no solo considerável a ponto de sofrer mineralização e liberar nutrientes. Alcântara *et al.* (2000) admitem que os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores, como a espécie utilizada, o manejo do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores.

Aos 83 dias após o corte dos adubos verdes (03/11/09), conforme TAB. 4, houve diferença entre os tratamentos para os valores referentes ao pH em água, teor de cálcio (Ca), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC potencial (CTCt) e saturação por bases (V%) na camada 0-5 cm de profundidade do solo.

TABELA 4Resultado da análise química do solo, teor de macronutrientes na camada 0-5 cm¹

Trat²	pH (H₂O)	M.O^{ns} g kg⁻¹	PMel^{ns} -----mg dm⁻³-----	S^{ns} -----	K^{ns} -----	Ca	Mg^{ns} -----cmolc dm⁻³-----	H+Al	SB	CTCt	V (%)
VE	6,20 b	15,00	40,43	3,06	101,7	3,60 a	0,33	2,96 a	4,19 a	7,17 a	58,33 b
CROT	6,40 a	14,67	36,90	2,43	132,7	3,47 a	0,40	2,33 c	4,21 a	6,57 a	64,67 a
G	6,40 a	16,33	39,70	2,63	161,0	3,33 a	0,43	2,27 c	4,18 a	6,43 a	64,67 a
MP	6,27 b	16,00	27,57	2,27	103,3	2,73 b	0,57	2,47 c	3,57 a	5,67 b	56,33 b
MC	6,27 b	15,33	34,93	2,30	125,0	2,17 b	0,23	2,63 b	2,72 b	5,37 b	51,33 b
MA	6,33 a	14,67	34,43	3,17	106,3	2,40 b	0,27	2,27 c	2,93 b	5,20 b	56,33 b
LL	6,33 a	15,67	41,90	2,80	145,0	3,83 a	0,40	2,37 c	4,61 a	6,97 a	66,00 a
FP	6,20 b	15,33	40,97	2,43	120,7	3,07 a	0,37	2,23 c	3,74 a	6,00 b	63,00 a
CA	6,13 b	15,33	36,80	2,37	97,0	3,37 a	0,33	2,53 c	3,95 a	6,47 a	61,00 a
COQ	6,33 a	16,67	38,10	2,60	126,0	3,40 a	0,43	2,27 c	4,16 a	6,40 a	64,33 a
CV(%)	1,40	9,82	16,74	17,29	30,40	12,52	52,83	7,29	10,60	7,08	5,20

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

² VE: vegetação espontânea; CROT: crotalaria; G: guandu; MP: mucuna-preta; MC: mucuna-cinza; MA: mucuna-anã; LL: lab-lab; FP: feijão-de-porco; CA: caupi e COQ: coquetel.

Apesar da variação entre os valores de pH, sendo superiores ($p < 0,05$) nos tratamentos com a crotalária, guandu, mucuna-anã, lab-lab e coquetel, variando entre 6,40 e 6,33, todos os resultados (TAB. 4) referentes a essa variável estão dentro da faixa ótima de pH, entre 6,0 e 7,5, o que significa que, em geral, todos os nutrientes estão razoavelmente disponíveis (TROEH; THOMPSON, 2007).

Na camada 0-5 cm de profundidade, os teores de Ca variaram de 3,07 a 3,83 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no solo nos tratamentos com a vegetação espontânea, crotalária, guandu, lab-lab, feijão-de-porco, caupi e coquetel, diferindo dos demais tratamentos que continham as mucunas, as quais apresentaram teores mais abaixo de 2,73 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no solo (TAB. 4). Resultado semelhante ao observado neste experimento foi encontrado por Faria *et al.* (2004), que constataram valores de Ca na camada 0-10 cm, variando entre 2,2 a 2,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ até a nona safra de videira, em consórcio com leguminosas, como a crotalária e o feijão-de-porco no Submédio São Francisco. Da mesma forma, exceto mucuna-anã, na camada 5-10 cm, os mesmos tratamentos foram significativos, quanto ao Ca, em relação às mucunas, apresentando valores variando entre 3,30 e 3,93 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no solo (TAB. 5), sendo superiores aos encontrados na camada 0-5 cm (TAB. 4). Alcântara *et al.* (2000), 90 dias após o manejo não incorporado de adubos verdes para a recuperação de um solo degradado, encontraram 3,03 e 2,76 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca trocável nas camadas 0-5 e 5-10 cm, respectivamente.

TABELA 5Resultado da análise química do solo, do teor de macronutrientes na camada 5-10 cm¹

Trat ²	pH ^{ns}	M.O ^{ns}	PMel ^{ns}	S ^{ns}	K ^{ns}	Ca	Mg	H+Al ^{ns}	SB	CTCt	V
	(H ₂ O)	g kg ⁻¹	---mg dm ⁻³ ----			-----cmolc dm ⁻³ -----					
VE	6,30	15,33	31,40	3,10	80,00	3,70 a	0,30 a	2,47	4,20 a	6,67 a	62,00 a
CROT	6,30	14,67	30,40	2,50	81,33	3,70 a	0,23 b	2,47	4,14 a	6,37 a	62,67 a
G	6,33	15,33	40,17	2,93	78,67	3,30 a	0,27 a	2,40	3,77 a	6,17 b	61,33 a
MP	6,27	15,67	25,30	2,70	75,67	2,83 b	0,20 b	2,40	3,23 b	5,63 b	57,33 a
MC	6,27	16,33	30,13	2,37	71,67	2,30 b	0,17 b	2,77	2,65 b	5,43 b	48,67 a
MA	6,33	16,00	38,63	2,63	67,00	3,30 a	0,30 a	2,27	3,77 a	6,03 b	62,33 a
LL	6,30	16,00	38,27	2,40	181,67	3,60 a	0,37 a	2,37	4,43 a	6,80 a	65,33 a
FP	5,97	15,67	36,87	2,70	72,00	3,30 a	0,33 a	2,80	3,82 a	6,60 a	57,33 a
CA	6,10	15,33	33,16	2,03	85,33	3,60 a	0,30 a	2,60	4,12 a	6,73 a	61,67 a
COQ	6,33	16,00	46,00	2,37	97,00	3,93 a	0,37 a	2,30	4,55 a	6,87 a	66,33 a
CV(%)	3,67	6,98	34,68	21,01	43,44	14,02	22,22	12,54	13,14	7,50	8,54

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

² VE: vegetação espontânea; CROT: crotalaria; G: guandu; MP: mucuna-preta; MC: mucuna-cinza; MA: mucuna-anã; LL: lab-lab; FP: feijão-de-porco; CA: caupi e COQ: coquetel.

Valores médios de H+Al diferiram apenas na camada 0-5 cm, com maior acidez potencial no solo sob vegetação espontânea ($2,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em relação aos demais. Esse valor demonstrado pela vegetação espontânea está ainda abaixo dos menores observados por Moreti *et al.* (2007), em solo de cerrado, sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. Nascimento *et al.* (2003) também encontraram efeito significativo no cultivo de doze leguminosas e vegetação espontânea na camada 0-10 cm de profundidade em solo degradado, com valores variando entre 2,42 e 3,41 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Na camada 0-5 cm, a soma de bases foi maior ($p < 0,05$) no solo sob vegetação espontânea, crotalária, guandu, mucuna-preta, lab-lab, feijão-de-porco, caupi e coquetel, variando de 3,57 a 4,61 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ entre esses (TAB. 4). Em solo cultivado com vegetação espontânea, crotalária, guandu, lab-lab, caupi e coquetel, foram observados maior CTC potencial, variando entre 6,40 e 7,17 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo superiores às demais plantas de cobertura (TAB. 4).

Quanto ao valor saturação por bases (V%), conforme TAB. 4, o solo cultivado com crotalária, guandu, lab-lab, feijão-de-porco, caupi e coquetel foi superior aos demais tratamentos, apresentando valores entre 61 e 66%. Assim, convém salientar que o solo com essas plantas, conforme já abordado, possui uma boa capacidade de preservar nutrientes no solo. Troeh e Thompson (2007) definem a porcentagem de saturação de bases de um solo como uma boa medida de quanto de capacidade de troca de cátions está sendo utilizada para estocar nutrientes vegetais. Os valores dessa variável encontrados neste experimento foram idênticos aos encontrados por Nascimento *et al.* (2003), na camada 0-10 cm de profundidade de solo. Esses últimos autores observaram o efeito de algumas leguminosas nas características químicas de um solo no semiárido e por Alcântara *et al.* (2000), na camada 0-5 cm, os quais observaram valores acima de 61% em um solo manejado com o guandu e a crotalária em Latossolo degradado.

Para os micromutrientes boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), tanto na camada de 0-5 cm quanto na camada 5-10 cm (TAB. 6) de profundidades do solo, não houve diferença significativa entre os

tratamentos observados. Apesar disso, é importante reafirmar o papel dos micronutrientes tanto na composição estrutural das moléculas enzimáticas (boro e molibdênio), atuando em algum processo essencial à planta, quanto na atuação como coenzimas (cobre, ferro, manganês, níquel e zinco), sem fazer parte de sua molécula (TROEH; THOMPSON, 2007). Segundo Abreu *et al.* (2007), os micronutrientes na solução do solo estão em fluxo constante e as suas concentrações dependem da força iônica da solução, da concentração dos outros íons, do pH, da umidade, da temperatura, das reações de oxirredução, da adição de fertilizantes e da absorção pelas plantas, dentre outros. Tais fatores apontam para certa variação dos teores de micronutrientes, nas camadas de solo estudadas, o que foi observado neste experimento (TAB. 6).

TABELA 6Resultado da análise química do solo, do teor de micronutrientes na camada 0-5 cm e na camada 5 – 10 cm¹

Tratamentos ²	B ^{ns}	Zn ^{ns}	Fe ^{ns}	Mn ^{ns}	Cu ^{ns}	B ^{ns}	Zn ^{ns}	Fe ^{ns}	Mn ^{ns}	Cu ^{ns}
	-----mg dm ⁻³ -----					-----mg dm ⁻³ -----				
	Camada 0 – 5 cm					Camada 5 – 10 cm				
VE	0,20	1,37	149,33	20,00	1,63	0,27	1,47	149,67	21,20	1,70
CROT	0,13	1,43	127,33	17,83	1,43	0,13	1,47	147,67	19,63	1,80
G	0,17	1,73	145,00	20,20	1,93	0,20	1,83	132,00	20,60	1,80
MP	0,13	1,40	134,33	18,30	2,03	0,13	1,60	168,67	22,40	2,27
MC	0,20	1,47	149,33	21,70	1,73	0,17	1,50	136,33	21,03	1,93
MA	0,17	1,77	148,33	21,93	1,70	0,17	2,30	141,33	23,30	1,87
LL	0,17	2,36	123,00	21,00	1,70	0,20	2,23	122,67	21,00	1,87
FP	0,17	1,53	156,67	23,50	1,90	0,13	1,63	175,33	22,87	2,17
CA	0,17	1,90	153,00	20,00	1,70	0,13	1,43	157,67	19,87	2,07
COQ	0,17	1,97	179,33	23,80	2,27	0,20	2,53	170,00	26,43	3,10
CV(%)	26,33	29,29	13,75	12,59	28,18	47,50	44,96	14,74	23,53	29,86

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

² VE: vegetação espontânea; CROT: crotalaria; G: guandu; MP: mucuna-preta; MC: mucuna-cinza; MA: mucuna-anã; LL: lab-lab; FP: feijão-de-porco; CA: caupi e COQ: coquetel.

Na profundidade 5-10 cm de profundidade do solo, além do Ca, já abordado anteriormente, a análise de variância demonstrou diferença entre os tratamentos para os teores de magnésio trocável (Mg), de soma de bases (SB), de CTC potencial (CTCt) e de saturação por bases (V%) (TAB. 5). Os maiores valores médios encontrados neste experimento, quanto ao Mg, foram inferiores aos menores valores encontrados por Alcântara *et al.* (2000), nas leguminosas guandu e crotalária até 10 cm de profundidade de solo, 90 dias após o manejo dos adubos verdes sobre o solo e por Arf *et al.* (1999), ao verificarem os efeitos na cultura do trigo da rotação de adubos verdes e milho na presença e na ausência de adubação nitrogenada em região de Cerrado.

Para SB (TAB. 5), praticamente as mesmas culturas na camada 0-5 cm foram também maiores ($p < 0,05$) na camada 5-10 cm, exceto a mucuna-preta e mucuna-cinza, que foram menores aos demais tratamentos. As maiores SB variaram entre 3,77 e 4,55 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo idênticos aos 4,31 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ encontrados por Nascimento *et al.* (2003), na camada 0-10 cm, ao avaliarem o efeito de doze leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado na Paraíba.

A CTC potencial foi maior ($p < 0,05$) no solo sob cultivo de coquetel, lab-lab, caupi, vegetação espontânea, feijão-de-porco e crotalária e variou de 6,87 a 6,37 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para os solos sob essas coberturas. A análise variância indicou diferença significativa para a saturação de bases (V%) nos solos sob as diferentes plantas de cobertura, porém sendo estatisticamente iguais ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Conforme resultado, na camada de solo amostrada (5-10 cm), apenas a mucuna-cinza apresentou V menor que 50%, sendo observadas, nos demais tratamentos, médias de até 66,33% (coquetel) para essa variável, ou seja, valores considerados característicos de solos eutróficos ou solos férteis ($V > 50\%$) (TAB. 5).

Cabe ressaltar que o efeito ($p < 0,05$) da SB, CTCt e V nas camadas 0-5 e 5-10 cm (TAB. 4 e 5) pode ter sido influenciado pela matéria orgânica já presente no solo e o histórico de manejo adotado pelo agricultor familiar na área do experimento, baseado no plantio de hortaliças em sistema de rotação com culturas anuais. Dessa maneira, os diversos atributos químicos do solo

comportam-se de forma bastante diferenciada nas áreas cultivadas, devido, entre outros fatores, às alterações provocadas pelo manejo agrícola (SILVA *et al.*, 2010). Além disso, conforme TAB. 2 e 3, a variação nos teores de matéria orgânica (23,33 até 29,80 g kg⁻¹) encontrados, considerados médios (ALVAREZ *et al.*, 1999), foram acima daqueles observados por outros autores. Andrade *et al.* (2009) encontram, com as leguminosas guandu e crotalária, médias de 20,6 e 21,8 g dm⁻³ (0-10 cm) e 18,0 e 18,6 g dm⁻³ (10-20 cm), respectivamente, em sistema de plantio direto em região de Cerrado. Já Nascimento *et al.* (2003) conseguiram apenas 11,63 g kg⁻¹ e 10,75 g kg⁻¹, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, onde, entre as leguminosas, estavam o guandu, lab-lab, mucuna-preta, mucuna-cinza, crotalária e feijão-de-porco, sendo inferiores inclusive ao valores médios encontrados neste experimento até a profundidade de 10 cm (TAB. 4 e 5) aos 83 dias após manejo dos adubos verdes.

Por meio da análise de variância, conforme TAB. 7, não foi verificada diferença dos tratamentos para o nitrogênio total no solo (N total) nas duas camadas de solo amostradas (0-5 e 5-10 cm). Os teores de N total foram considerados baixos, porém dentro da expectativa, considerando o período de amostragem. Além do mais, não poderia esperar mais tempo, pois o agricultor necessitaria da área para o preparo do solo e plantio subsequente, respeitando o sistema de rotação de culturas manejado na propriedade. Portanto, 83 dias apenas após o corte dos adubos verdes, nas condições do experimento, pode ser considerado um tempo muito pequeno para a decomposição dos resíduos vegetais e disponibilização de nutrientes de forma significativa, como aconteceu com o nitrogênio. Apesar disso, a forma como foram manejados os adubos verdes, deixados na superfície do solo, tinha como propósito maior a manutenção da cobertura do solo, a fim de minimizar os efeitos degradantes do solo (CALEGARI *et al.*, 1993), já que, após o corte dessas plantas, o fornecimento de nutrientes ocorre via decomposição dos resíduos e a sua liberação ocorre de maneira gradual para a camada superficial, onde, em seguida, serão disponibilizados a culturas subsequentes (ESPÍNDOLA *et al.*, 1997; SILVA, 2006).

TABELA 7

Teor de fósforo remanescente e de nitrogênio total no solo, nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidades do solo¹

Plantas de cobertura	N total		P remanescente	
	g kg ⁻¹		mg L ⁻¹	
	(0 – 5 cm)	(5 – 10 cm)	(0 – 5 cm)	(5 – 10 cm)
Vegetação Espontânea	0,55 ^{ns}	0,46 ^{ns}	44,50 b	44,07 ^{ns}
Crotalária	0,38 ^{ns}	0,34 ^{ns}	48,70 a	47,57 ^{ns}
Guandu	0,36 ^{ns}	0,41 ^{ns}	47,57 a	47,07 ^{ns}
Mucuna-preta	0,57 ^{ns}	0,67 ^{ns}	46,00 b	46,57 ^{ns}
Mucuna-cinza	0,46 ^{ns}	0,51 ^{ns}	45,00 b	45,00 ^{ns}
Mucuna-anã	0,41 ^{ns}	0,41 ^{ns}	47,07 a	48,77 ^{ns}
Lablab	0,57 ^{ns}	0,46 ^{ns}	45,00 b	46,07 ^{ns}
Feijão-de-porco	0,43 ^{ns}	0,48 ^{ns}	47,57 a	47,70 ^{ns}
Caupi	0,43 ^{ns}	0,38 ^{ns}	46,57 a	47,57 ^{ns}
Coquetel	0,51 ^{ns}	0,48 ^{ns}	47,57 a	46,00 ^{ns}
CV(%)	26,22	25,96	3,26	4,06

Notas: ^{ns} Não significativo; ¹ médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, a 5% de probabilidade.

Em relação ao fósforo remanescente (P-rem), apenas na camada 0-5 cm de profundidade do solo, houve diferença significativa entre os tratamentos, cujos maiores valores foram observados no solo sob crotalária (48,70 mg L⁻¹), guandu, feijão-de-porco e coquetel (47,57 mg L⁻¹ cada um), mucuna-anã (47,07 mg L⁻¹) e caupi (46,57 mg L⁻¹), sendo maiores ($p < 0,05$) do que nos demais solos (TAB. 7). Esses valores encontrados foram superiores aos da análise química do solo nas entrelinhas e nas linhas das plantas de cobertura e da análise química do solo antes do experimento na camada 0 a 20 cm (TABELAS 2 e 3) aos 125 dias após semeadura das plantas de cobertura. Como no momento da coleta do solo para análise química já havia certa quantidade de matéria orgânica no solo, somado àquela existente (TAB. 2 e 3), tal fato pode ter contribuído para uma maior quantidade de MO e redução da adsorção do solo (DONAGEMMA *et al.*, 2008).

4 CONCLUSÃO

1. A manutenção da cobertura do solo na forma de pousio, com ou sem leguminosas, contribui para a manutenção da matéria orgânica do solo, além de disponibilizar K e Mg. É considerada uma prática importante para a melhoria dos atributos químicos do solo a cultivos posteriores.
2. O manejo dos adubos verdes, aos 83 dias após o seu corte, foi suficiente para que houvesse incrementos, quanto ao pH, à Ca e ao H+Al trocáveis, à soma de bases, à CTC potencial e à saturação por bases na camada 0-5 cm e Ca, Mg, soma de bases, CTC potencial e saturação por bases na camada 5-10 cm de profundidade do solo.
3. A maioria dos adubos verdes utilizados contribui para o aumento da disponibilidade de P.
4. A utilização de leguminosas em áreas de pousio, em propriedade de agricultor familiar no Norte de Minas Gerais, constitui-se em uma estratégia para a manutenção e a melhoria das condições químicas do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

AGOSTINETTO, D.; FERREIRA, F. B.; STOCH, G.; FERNANDES, F.; PINTO, J. O. Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no Sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 47-52, jan./abr. 2000.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

ALVARES, V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Orgs.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.) **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Caracterização de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

ANDRADE NETO, R. C.; ARAÚJO, W. B. M.; GÓES, G. B.; SILVA, M. O.; RIBEIRO, M. C. C. Desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e *Crotalaria juncea* cultivado com adubos orgânicos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 3, n. 1, p. 125-132, jan./mar. 2008.

ANDRADE, A. T.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum and phosphorus adsorption by lowland soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 349-355, 2002.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411–418, 2009.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 323-334, jul. 1999.

BARROSO, G. R. P.; CARVALHO, J. O. M.; SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; MARCOLAN, A. L. Influência da adubação verde na melhoria dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Saber Científico**, Porto Velho, v. 1, n. 2, p.134-138, jun./dez. 2008.

BARROSO, G. R. P.; CARVALHO, J. O. M.; SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; MARCOLAN, A. L. Teor de macronutrientes em plantas utilizadas como adubo verde. **Saber Científico**, Porto Velho, v. 2, n. 1, p. 37-42, jan./jun. 2009.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 23-28, 1998.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FILHO, D. F. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

BUENO, J. R.; SAKAI, R. H.; NEGRINI, A. C.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F. Caracterização química e produtividade de biomassa de quatro espécies de mucuna. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 901-904, out. 2007.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.) **Cerrado**: adubação verde. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.

BUSSCHER, W. J.; REEVES, D. W.; KOCHHANN, R. A.; BAUER, P. J.; MULLINS, G. L.; CLAPHAM, W. M.; KEMPER, W. D.; GALERANI, P. R. Conservation farming in southern Brazil: using cover crops to decrease erosion and increase infiltration. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 51, n. 3, p. 188-192, May. 1996.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CARRARA, A. A. **Reconversão Agroextrativista: perspectivas e possibilidades para o Norte de Minas Gerais**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF, 2007.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA JUNIOR, J. G. A. VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2831-2838, out./dez. 2008.

CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 779-785, ago. 2004.

CAZETTA, D. A.; FILHO, D. F.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milheto e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, out./dez. 2005.

COSTA, M. B. B. **Análise da sustentabilidade da agricultura de Região Metropolitana de Curitiba pela ótica da agroecologia**. 2004. 292 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

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

DA ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, jan./fev. 1996.

DAYRELL, C. A. **Gerzeiros e biodiversidade no norte de Minas: a contribuição da agroecologia e da etnoecologia nos estudos dos agroecossistemas tradicionais**. 1998. 180 f. Dissertação (Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Internacional de Andalucia, Sede Ibero Americana La Rábida, 1998.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L.; CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca

consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 145-153, 2009.

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. A.; KER, J. C.; FONTES, M. P. F. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, n. 4, p.1785-1791, ago. 2008.

DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

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

ESPINDOLA, J. A. A.; OLIVEIRA, S. J, C. R.; CARVALHO, G. J. A.; SOUZA, C. L. M.; PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Potencial alelopático e controle de plantas invasoras por leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 8 p. (Embrapa – CNPAB, Comunicado Técnico, 47).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de Leguminosas Herbáceas para Adubação Verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Orgs.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 18, p. 435-451.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 4. ago. 2004.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. F. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) na região Nordeste. In: QUEIROZ, M. A; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos

Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html>>. Acesso: 27 nov. 2008.

GOUVEIA, R. F.; ALMEIDA, D. L. **Avaliação das características agrônômicas de sete adubos verdes de inverno no município de Paty do Alferes (RJ)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 7 p. (Embrapa – CNPAB, Comunicado Técnico, 20).

GRANATO, L. **Adubação verde: arte antiga e ciência moderna: uma revolução na economia agrícola nacional**. São Paulo: Monteiro Lobato, 1924. 188 p.

GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente no solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 7 p. (Embrapa – CNPAB, Comunicado Técnico; 16).

GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; TELESFILHO, S. C.; CAVALCANTI, T. F. M.; MENEZES, J. B. C.; COELHO, D. A. P.; FERNANDES, S. G. M. Utilização de coquetel de plantas usadas na adubação verde na melhoria das condições físicas e químicas do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2. p. 1445-1448, out. 2007.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1. p. 71-79, fev. 2005.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SANTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 545-552. jul./ago. 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

LIU, J.; HUE, N. V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, n. 4, p. 264-270, 1996. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/h56258277ht57t66/fulltext.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2008.

LOPES, A. S. Manejo: aspectos químicos. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP/SBCS, 1994. p. 79-111.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MOREIRA, J. A. A.; CARVALHO, M. T. M. Produtividade do milho e fertilidade do solo em sistemas de produção orgânica de grãos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, out. 2007.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. P. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, jan./fev. 2007.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 947-949, maio/jun. 2004.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

NEVES, L. O. **Fluxos de CO₂, calor sensível e calor latente na cultura de caupi (*Vigna unguiculata* L.)**. 2006. 58 f. Especialização (Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NOLLA, A.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C. Cobertura do solo proporcionada pelo cultivo consorciado de milho com leguminosas e espécies espontâneas. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 3, p.151-163, 2009.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos de semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Eds). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 63-96.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; NDIAYE, A. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1705-1710, dez. 2002.

PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema de plantio direto.** 2007. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. **Desempenho agrônômico de *crotalaria juncea* em diferentes arranjos populações e épocas do ano.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Embrapa – CNPAB, Comunicado Técnico, 82).

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 38, n. 7, p. 791-796, jul. 2003.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 39, n. 1, p. 35-40, jan. 2004.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1805-1816, set./out. 2008.

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K. R. S. Fixação Biológica de Nitrogênio - Estado da Arte. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Orgs.). **Processos Biológicos do Sistema Solo-Planta.** Brasília, DF: SPI, Embrapa, 2005, v. 1, p. 151-180.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.) **Cerrado: adubação verde.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p. 171-209.

RIBEIRO, T. S. **Influência da adubação verde sobre o crescimento e nutrição de gravioleira e mangueira e sobre a atividade microbiana do solo.** 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

ROSSI, Celeste. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo.** 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

SAMINÊZ, T. C. O.; RESENDE, F. V.; SOUZA, A. F.; CARVALHO, A. M. Extração de nutrientes por espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção nas condições de verão dos Cerrados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1011-1014, nov. 2006.

SILVA, A. J.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 31-36, mar. 2010.

SILVA, G. T. A. **Implantação de banco de dados de espécies vegetais para fins de adubação verde no Brasil**. 2006. 72 f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

SILVA, G. T. A.; OLIVEIRA, W. R. D.; MATOS, L. V.; NÓBREGA, P. O.; KRAINOVIC, P. M.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S. **Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição de plantas para adubação verde visando a elaboração de uma base de dados**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 29 p. (Embrapa – CNPAB, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

SILVA, J. A. A. **Consortiação de adubos verdes na cultura de citrus em formação**. 1995. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, A. M. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 97-103, jan. 1998.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 15-22, 2010.

SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; MELGAR, R. J. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. **Tropical Agriculture**, London, v. 68, n. 4, p. 366-372, 1991.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, M. C. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 4, p. 327-334, abr. 2004.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; SOBRINHO, R. R. L.; OLIVEIRA, E. A. B. Influência de esterco bovino e calcário sobre o efeito residual da adubação

fosfatada para a *Brachiaria brizantha* cultivada após o feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 1, p. 143-150, jan./fev. 2010.

STOPES, C.; MILLINGTON, S; WOODWARD, L. Dry matter and nitrogen accumulation by three leguminous green manure and the yield of a following wheat crop in an organic production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 57, p. 189-196, May. 1996.

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

TEDESCO, M. J. GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, C.; CARVALHO, G.; ANDRADE, M.; FURTINI NETO, A. Fitomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 533-538, out. 2008.

TELHADO, S. F. P. **Desempenho e produtividade de milho em consórcio com adubos verdes em sistema orgânico de produção**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2007.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo: Andrei, 2007. 718 p.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; CARVALHO, A. M.; LOBO-BURLE, M.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 97-128.