

**PLANTAS DE COBERTURA EM
CULTIVO SOLTEIRO E CONSORCIADO E
SEUS EFEITOS NO FEIJOEIRO E NO SOLO
EM PLANTIO DIRETO**

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

2001

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

**PLANTAS DE COBERTURA EM CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO E SEUS EFEITOS NO FEIJOEIRO E NO SOLO EM
PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Tadário Kamel de

Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto / Tadário Kamel de Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2001.

109 p. : il.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Planta de cobertura. 2. Consórcio. 3. Sistema de plantio direto.
4. Feijão. 5. *Phaseolus vulgaris*. 6. Solo. 7. Propriedade química.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.58

TADÁRIO KAMEL DE OLIVEIRA

**PLANTAS DE COBERTURA EM CULTIVO SOLTEIRO E
CONSORCIADO E SEUS EFEITOS NO FEIJOEIRO E NO SOLO EM
PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 23 de Fevereiro de 2001.

Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa DAG/UFLA

Prof. Dr. Carlos Alberto de Bastos Andrade DAG/UEM



Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho
Universidade Federal de Lavras - UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICO

Aos meus avós, Ary, Maria José, Elsonita e Clodoaldo, pelo exemplo de vida, humildade, simplicidade, amor ao próximo e a DEUS.

Aos meus pais, Tadeu Paes de Oliveira e Verônica Maria Kamel de Oliveira, meus eternos conselheiros e mestres, pela dedicação e esforço para educar bem os filhos, por me ensinarem a distinguir o certo do errado e por me mostrarem o caminho do bem.

Aos meus irmãos, Tárík Kamel de Oliveira e Taiane Kamel de Oliveira, pela amizade, companheirismo, pelos momentos de felicidade e pelo apoio intenso.

Dedico-lhes este trabalho e também a toda nossa família, por entenderem os momentos em que não pude estar presente, certos de que sempre estavam em meus pensamentos.

O homem é o que pensa.

Se você insistir em pensar no mal, na dor,
na doença, você os atrairá para si.

Pense na saúde, na alegria, na prosperidade,
e sua vida tomará novo rumo.

Afirme sempre que é feliz,
que as dores passam, que a saúde
se consolida cada vez mais, e a felicidade
baterá a sua porta.

Seja otimista e permaneça o mais possível
ligado ao PAI CELESTIAL.

“Minutos de Sabedoria” (C. Torres Pastorino)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela minha vida, por tudo que até hoje conquistei, pelos meus pais, pelos meus irmãos e por toda minha família. A DEUS que me guia, me ilumina e me protege, que me dá força, saúde, inteligência e amor ao próximo, muito obrigado.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade de realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para realização do curso.

Ao meu orientador, professor Dr. Gabriel José de Carvalho, por todos os ensinamentos transmitidos, amizade e dedicação na orientação do curso de mestrado.

Aos co-orientadores, professores Antônio Eduardo Furtini Neto e Paulo César Lima, pelo auxílio, acompanhamento e sugestões durante o planejamento e execução dos trabalhos.

Aos professores João Batista Donizeti Corrêa e Carlos Alberto de Bastos Andrade, pela participação na banca examinadora, pelas sugestões e contribuições para elaboração final desta dissertação.

À amiga Valdirene Maia Argolo, pela acolhida quando da chegada em Lavras e pela convivência durante o curso. E a José Tadeu de Souza Marinho, pela amizade, ajuda e conselhos no início do curso.

Aos amigos Raimundo Nonato de Souza Moraes e Sérvulo Casas Furtado, companheiros de caminhada que, durante os bons e maus momentos, ajudaram-me a vencer os obstáculos e superar as dificuldades. Pela convivência durante o curso, muito obrigado.

Aos funcionários da UFLA, João, Mário (“Manguinho”), Aginaldo, Corrêa, Alessandro, Júlio, Roberto, João Gualberto, José Roberto (“Pesão”) e especialmente, Sirley, pela grande ajuda na execução dos experimentos. E a todos que indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação, pela agradável convivência durante o curso na UFLA e em Lavras.

E a toda família acreana, Henrique, Nô, Pâmela, Giovana, Reginaldo, Alcivânia, Celeste, Lucas, Lúcia, Vanda, Laila, Beto, Gilson, Luciete, Brendon e Braian, presentes em Lavras durante o período do curso, pela companhia e motivação.

Muito obrigado!

BIOGRAFLA

Tadário Kamel de Oliveira, filho de Tadeu Paes de Oliveira e Verônica Maria Kamel de Oliveira, nasceu em Xapuri – AC, no dia 4 de fevereiro de 1978.

Iniciou o curso primário no Colégio Divina Providência, em Xapuri – AC, no ano de 1984, concluindo em 1986, na Escola Maria Cândida Dantas – SESI, em Rio Branco – AC. Nesta cidade, em 1990, concluiu o ensino fundamental no Instituto São José.

Em 1991, ingressou no ensino médio do Colégio Estadual Rio Branco – CERB, concluindo o curso na Escola de 2º Grau Rio Branco, em 1993.

Em 1994, iniciou o Curso de Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Acre – UFAC, graduando-se Engenheiro Agrônomo em 19 de março de 1999.

Selecionado pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras – UFLA, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, em Maio de 1999, concluindo em 23 de fevereiro de 2001.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRAC.....	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O sistema de plantio direto	4
2.2 Implantação do sistema de plantio direto.....	5
2.3 Plantas de cobertura.....	9
2.4 Consórcio de gramíneas e leguminosas	15
2.5 O feijão da seca e o plantio direto.	17
2.6 Influência do plantio direto no solo.....	20
2.6.1 Distribuição dos nutrientes.....	21
2.6.2 Matéria orgânica.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Descrição geral.....	30
3.2 Primeira fase.....	30
3.2.1 Espécies utilizadas.....	33
3.2.1.1 Gramíneas.....	33
3.2.1.2 Leguminosas.....	34
3.2.2 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos.....	35
3.2.3 Implantação e condução do experimento.....	38
3.2.4 Avaliações das plantas de cobertura.....	40
3.2.4.1 Produtividade de matéria fresca.....	40
3.2.4.2 Produtividade de matéria seca.....	40
3.2.4.3 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura.....	40
3.3 Segunda fase.....	41
3.3.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos.....	41
3.3.2 Implantação e condução do experimento.....	42
3.3.3 Avaliações das características agronômicas do feijoeiro.....	43
3.3.3.1 Estande final.....	43
3.3.3.2 Altura de plantas.....	44
3.3.3.3 Peso de matéria seca da parte aérea.....	44
3.3.3.4 Número de vagens por planta.....	44
3.3.3.5 Número de grãos por vagem.....	45
3.3.3.6 Peso médio de cem grãos.....	45
3.3.3.7 Rendimento de grãos.....	45
3.4 Estudo das propriedades químicas do solo.....	46
3.4.1 Descrição geral.....	46

3.4.2 Delineamento experimental.....	46
3.4.3 Tratamentos.....	47
3.4.4 Condução do experimento.....	48
3.4.5 Avaliações.....	48
3.5 Análises estatísticas.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Primeira fase.....	50
4.1.1 Produtividade de matéria fresca e matéria seca	50
4.1.2 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura.....	53
4.2 Segunda fase.....	60
4.2.1 Características agronômicas do feijoeiro.....	60
4.3 Estudo das propriedades químicas do solo.....	65
4.3.1 Primeira avaliação.....	65
4.3.2 Segunda avaliação.....	75
5 CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS.....	100

RESUMO

OLIVEIRA, Tadário Kamel de. **Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto.** Lavras: UFLA, 2001. 109 p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)*

Objetivou-se estimar a produção de matéria fresca, matéria seca e o acúmulo de nutrientes da fitomassa produzida por gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) e no solo em plantio direto. O trabalho foi conduzido em duas fases, em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (Lavras - MG, Brasil), sobre solo Podzólico Vermelho Amarelo distrófico textura média. A primeira fase consistiu na instalação de um experimento com milheto (*Pennisetum americanum* (L.LEEK) Perl millet), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), milho (*Zea mays* L.), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e feijão de porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram as espécies em cultivo isolado e os consórcios de cada gramínea com as leguminosas. Constatou-se que o sorgo em cultivo solteiro apresentou maior produtividade de matéria fresca e, juntamente com o milheto solteiro e o consórcio milheto e mucuna preta, maior produtividade de matéria seca. O milheto em cultivo solteiro e o consórcio milheto e mucuna preta apresentaram o maior acúmulo de macro e micronutrientes. Na segunda fase do trabalho, realizou-se um experimento com o plantio direto do feijoeiro sobre as palhadas produzidas nos tratamentos da fase anterior e verificou-se que a cultura obteve maior rendimento quando cultivada sobre palhada de milheto em cultivo solteiro ou consorciado com as leguminosas, sendo, portanto, mais influenciada pela espécie produtora de palha que pela forma de cultivo da mesma. O estudo do solo foi desenvolvido ao final da primeira e segunda fases do trabalho. Com o cultivo das plantas de cobertura não se observou influência no pH do solo, mas redução da saturação por alumínio, elevação da saturação por bases e o teor de P. Ao final do ciclo do feijoeiro, observou-se que o pH do solo foi menor nos tratamentos em que havia palhada do milho consorciado com as leguminosas, até 10cm de profundidade. O teor de P na camada de 0-5cm de profundidade e o de K na de 0-10cm foram superiores no solo sob palhada de milheto em cultivo solteiro. Portanto, o cultivo das plantas de cobertura e o plantio direto do feijoeiro, durante a implantação do sistema, promovem modificações nas propriedades químicas do solo.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho - UFLA (Orientador), Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA e Paulo César Lima - UFLA.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Tadário Kamel de. **Cover crops in single and associated cultivation and your effects in the bean plant and in the soil in no-tillage system planting.** Lavras: UFLA, 2001. 109 p. (Dissertation - Master's degree in Agronomy/Crop science)*

The objective of this study was to estimate the production of fresh matter, dry matter and the accumulation of nutrients of the phytomass produced by gramineous and leguminous plants in single and associated cultivation and its effects on bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) and in the soil chemistry in a no-tillage system. The work was conducted in two phases, in an experimental area in the Agriculture Department of the Federal University of Lavras (Lavras - MG, Brazil), under a soil Red Yellow Podzolic. The first phase was the installation of an experiment with millet (*Pennisetum americanum* (L.) LEEK) Perl millet), sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), corn (*Zea mays* L.), black velvet bean (*Stizolobium aterrimum*) and jack beans (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.). The experimental design was that of randomized blocks, with four repetitions. The treatments were the species in isolated cultivation and the consortium of each gramineous plants joined with each leguminous plants. It was verified that the sorghum in an isolated cultivation showed major productivity of fresh matter. Sorghum and millet in isolated cultivation and the association of millet with black velvet bean, produced a great amount of dry matter. The greatest accumulation of macro and micro nutrients was shown by millet in isolated cultivation and in association with black velvet bean. The second phase involved an experiment of direct bean planting on the straw produced in the treatments of the anterior phase. It was verified that the obtained culture had greater yield when it was cultivated in the direct planting system on straw millet in single cultivation and associated with the leguminous plants. The study of the soil was carried out at the end of the first and second phases of the work. It was observed that the cultivation of the cover crops did not influence the pH, but reduced the saturation of Al, increased the saturation of bases and P of the soil. After the harvesting of bean plants, it was observed that the pH of the soil was less in the treatments where there was corn straw joined with the leguminous plants, up to the depth of 10cm. The chemical P in the layer of 0-5cm depth, and K in 0-10cm depth were higher in soil beneath millet straw in isolated cultivation. Hence, both the cultivation of cover crops and the direct planting of bean plants, during the implantation of the system, promote changes in the chemical properties of the soil.

* Guidance Committee: Gabriel José de Carvalho - UFLA (Major professor), Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA e Paulo César Lima - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo é um dos fatores determinantes do sucesso do sistema de plantio direto. Considerando-se as variações climáticas existentes no Brasil, a produção de palhada para plantio direto no cerrado brasileiro está subordinada às condições de umidade e temperaturas elevadas em boa parte do ano, o que leva a rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo.

Visando conferir uma eficiente proteção e obter vantagens como controle de erosão e manutenção da umidade, no sistema de plantio direto deve-se acumular uma camada de matéria orgânica considerável sobre o solo ao longo dos anos, seja por meio de restos da cultura anterior ou pela fitomassa produzida por plantas cultivadas para essa finalidade.

O cultivo quase que exclusivo de espécies comerciais, em rotação de culturas, dificulta a formação de uma camada de matéria orgânica sobre o solo. Além disso, o próprio cultivo de plantas de cobertura enfrenta condições adversas para produção e acúmulo de fitomassa, como ausência de chuvas, baixa temperatura durante o inverno e rápida decomposição no período de verão. Por esta razão, a rotação de culturas no plantio direto deve permitir ao agricultor cultivar, além das espécies comerciais, culturas como milho e sorgo, as quais não se destinam necessariamente ao mercado consumidor e são capazes de produzir grande quantidade de fitomassa.

Espécies utilizadas como adubo verde, principalmente leguminosas, também devem ser incluídas no plano de rotação de culturas em sistema de plantio direto. Dessa forma, os adubos verdes são inseridos nesse contexto como fator de melhoria da fertilidade do solo, pois o consórcio de leguminosas e gramíneas com alta produção de matéria seca possibilita conciliar proteção e

adubação ao solo, sendo estes os principais fatores responsáveis pela obtenção das vantagens desse sistema de plantio.

No sul de Minas Gerais, onde as culturas anuais predominantes são milho e feijão, está se iniciando a adoção do sistema de plantio direto, à semelhança de outras regiões do Brasil. Porém, é pouco o conhecimento que se detém a respeito de plantas de cobertura que possam produzir quantidade de matéria seca suficiente para o sistema, bem como manter ou elevar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas comerciais.

Portanto, para que a expansão do plantio direto seja realizada com sucesso, há necessidade de novas pesquisas que indiquem a sua correta aplicação, considerando o cultivo de gramíneas e leguminosas como plantas de cobertura do solo, a possibilidade de consórcio das mesmas, a melhor forma de manejo, o seu efeito no solo e nas culturas, de acordo com a condição edafoclimática de cada região.

Diante disso, objetivou-se estimar a produtividade de matéria fresca, matéria seca e o acúmulo de nutrientes da fitomassa produzida pelo consórcio de gramíneas com leguminosas e pelo cultivo isolado de cada espécie. Estudar os efeitos das plantas de cobertura no crescimento e rendimento da cultura do feijoeiro e em propriedades químicas do solo sob plantio direto complementam os objetivos do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

“A prática da agricultura, de um modo geral, tem sido uma atividade predatória em termos de conservação do solo. As terras agrícolas vêm sofrendo um processo acelerado de degradação de sua capacidade produtiva, tanto pelo inadequado e mau uso do solo, devido a mecanização intensa e desordenada, como pelos sistemas agrícolas embasados na monocultura ou sucessões contínuas de culturas” (Mondardo, citado por Kluthcouski, 1998).

O aumento de áreas improdutivas ou com baixa produtividade, gera um grave problema para o agricultor, especialmente nas pequenas propriedades, onde uma das maiores limitações é a baixa disponibilidade de área para o cultivo. O preparo convencional, quando realizado de maneira intensiva, pode causar compactação na camada subsuperficial do solo ao longo dos anos e proporcionar maior susceptibilidade a erosão hídrica e eólica, pois modifica sua estrutura original.

Tais problemas podem ser agravados pela falta de proteção do solo, que sofre impacto direto das gotas de chuva, destruindo os agregados e aumentando o escoamento superficial. A insolação direta pode ocasionar a formação de uma crosta endurecida na superfície, a qual dificulta a infiltração de água. Ademais, a diminuição do teor de matéria orgânica contribui substancialmente para o empobrecimento do solo a cada ano.

As irregularidades existentes tornam obrigatório o emprego cada vez mais frequente de máquinas agrícolas, fertilizantes minerais, defensivos e combustíveis fósseis, dentre outros insumos destinados a manter a produtividade durante os anos de cultivo, elevando sobremaneira os custos de produção para o agricultor (Kluthcouski, 1998).

Uma alternativa que vem sendo utilizada para redução destes problemas é a implantação do sistema de plantio direto, que propicia ao agricultor a

✓
reutilização e recuperação de áreas agricultáveis pouco produtivas, otimizando os espaços na propriedade.

2.1 O sistema de plantio direto

✓ Na agricultura nacional, a busca de altos rendimentos demanda, cada vez mais, o emprego de tecnologias avançadas, visando maior lucro. Grandes, médios e pequenos produtores utilizam, dentro de suas possibilidades, os recursos disponíveis em suas regiões, objetivando a melhoria dos seus sistemas de produção.

✓ Atualmente, para a maioria das culturas, já se dispõe de informações referentes ao controle fitossanitário, adubação, irrigação, tratos culturais, enfim, informações sobre como manejar o sistema agrícola na propriedade. Contudo, a utilização inadequada das técnicas pode provocar contaminação e compactação do solo, erosão, aumento da acidez e diminuição da fertilidade, dentre outros capazes de comprometer a produtividade em cultivos posteriores.

✓ Por esta razão, é necessário utilizar sistemas de produção mais estáveis, que melhor conservem os recursos naturais, que tenham custos mais baixos e sejam mais eficientes, do ponto de vista produtivo (Calegari et al., 1993a). Como alternativa, pode-se citar o plantio direto, um sistema de cultivo em que o estabelecimento das culturas é feito sobre os resíduos da cultura anterior, de plantas daninhas ou de outras cultivadas especificamente para este fim, sem revolvimento da camada superficial do solo.

O emprego deste sistema de cultivo tem demonstrado aos produtores e pesquisadores a possibilidade de redução no emprego de insumos agrícolas (Muzilli, 1983) e, conseqüentemente, dos custos de produção, bem como a estabilização da produtividade ao longo dos anos. Também preconiza-se a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, devido a adição de matéria

orgânica, retenção de umidade e diminuição da compactação por ação das raízes das plantas de cobertura. Além disso, o controle da erosão eólica e do escoamento superficial (Bertoni e Lombardi Neto, 1990) é facilitado pela proteção criada pela biomassa vegetal utilizada como cobertura morta.

Em meados dos anos 1970, o plantio direto foi estabelecido no sul do Brasil como uma prática conservacionista, visando apenas controlar a erosão do solo. Atualmente, após várias pesquisas e experiências práticas, é considerado um sistema complexo, que envolve aspectos agrônômicos, ecológicos, econômicos e sociais.

A evolução do plantio direto no Brasil é cada vez mais crescente, partindo de 200 mil hectares em 1978/79 (Landers, citado por Balbino et al., 1996) para 13,37 milhões de hectares em 1998/1999, excluído o cultivo de "safrinha" (Sade, 2000). Este autor afirma ainda que a adoção do sistema de plantio direto em diversas culturas, temporárias e mesmo em horticultura, de norte a sul do país, é o resultado de uma grande parceria entre produtores, extensionistas, pesquisadores e entidades diversas, os quais integram-se com o objetivo de desenvolver uma agricultura produtiva, econômica, sustentável e preservadora do meio ambiente.

2.2 Implantação do sistema de plantio direto

O sucesso do sistema de plantio direto depende de um conjunto de ações fundamentais que são os primeiros passos para sua implantação e manutenção ao longo do tempo. Samaha (1997) e Darolt (1998) destacaram que o treinamento e a capacitação de técnicos e produtores são fundamentais, pois o plantio direto, diferentemente de uma tecnologia de produto, é uma tecnologia de processo que envolve uma série de técnicas (adubos verdes, equipamentos, controle de plantas daninhas, etc.) e que necessita de maior compreensão da natureza do sistema de

produção. De acordo com Pavei (2000), é necessária a integração entre produtor e assistência técnica para evitar ou solucionar problemas iniciais relativos à escolha de máquinas, utilização de insumos e treinamento da mão-de-obra especializada para o sistema.

A implantação do plantio direto na propriedade deve ser direcionada por um conjunto de ações tecnológicas específicas, ou seja, recomendações técnicas que constituem fatores fundamentais para o sucesso dessa iniciativa, acerbando-se de medidas que evitarão problemas com a estabilização do sistema. Dentre estas técnicas, pode-se considerar a implantação do sistema em pequenas áreas e com baixa infestação de plantas daninhas; a escolha correta de máquinas e implementos; a verificação de camadas compactadas; a sistematização da área, corrigindo sulcos e depressões; a correção de acidez do solo e o planejamento de rotação de culturas, visando à produção de grãos e cobertura morta (Balbino, 1997; Thung e Oliveira, 1998; Pavei, 2000).

O sistema de plantio direto envolve uma forte mudança nas formas convencionais de cultivo dos agricultores. Iniciar o plantio direto em áreas com baixa infestação de plantas daninhas é fundamental, pois facilitará o controle e diminuirá os gastos com herbicidas ou outras formas de controle (Darolt, 1998).

Além disso, a escolha correta de máquinas e implementos determina a eficiência das operações e, conseqüentemente, o sucesso na implantação do plantio direto. Assim, de acordo com a cultura, a área de plantio e, principalmente, condições financeiras do agricultor, entre outros fatores, definem-se equipamentos de tração mecanizada, animal ou humana, para efetuar o manejo, plantio, pulverização, calagem e, até mesmo, escarificação. Darolt (1998) cita ainda que equipamentos mal dimensionados podem dificultar o manejo do sistema e que a semeadora/adubadora de plantio direto, rolo-faca, grade de discos recortados, pulverizadores, distribuidor de calcário e esterco, escarificador e matraca com ponteira adaptada para plantio direto são alguns

implementos que podem facilitar o manejo do sistema na pequena propriedade, por exemplo.

Outro aspecto a ser observado dentre as principais práticas durante a implantação do sistema é a operação de descompactação, cujo objetivo é aumentar a porosidade do solo, facilitando o desenvolvimento radicular das plantas, elevando a taxa de infiltração e a capacidade de armazenamento de água (Denardin e Kochhann, 1993).

Em determinadas situações, é importante preparar o solo de maneira convencional antes da implantação do sistema de plantio direto. Segundo Denardin e Kochhann (1993) e Darolt (1998), na grande maioria dos casos, as lavouras cultivadas no sistema convencional apresentam sulcos e depressões no terreno, decorrentes de processos erosivos em função dos métodos de preparo de solo sob intensa mobilização da camada arável. Esses sulcos e depressões têm o inconveniente de concentrar enxurradas e dificultar o plantio com as semeadoras, principalmente as de tração animal, além de constituírem manchas de solo de menor fertilidade, com possibilidade de focos de infestação com plantas daninhas e doenças.

A eliminação destes obstáculos deve ser realizada antes da implantação do sistema e pode ser feita mediante o emprego de plainas ou motoniveladoras, aração ou escarificações seguidas de gradagem, utilizando-se inclusive equipamentos de tração animal como a grade de dentes ou de discos recortados.

Outra operação não menos importante a ser realizada antes da implantação do sistema de plantio direto é a correção da acidez e dos níveis de nutrientes nas áreas de plantio, principalmente P (Thung e Oliveira, 1998). Assim sendo, como relataram Samaha (1997) e Darolt (1998), incorporar calcário antes da implantação do plantio direto permite maior uniformidade química no solo, proporcionando condições ideais para o crescimento e o

estabelecimento das culturas de cobertura, que servirão de “cama” para o plantio direto, principalmente nos primeiros anos.

A rotação de culturas também constitui um requisito fundamental para a viabilização do sistema de plantio direto. O planejamento da sequência de espécies no esquema rotacional de culturas deve considerar, além do potencial de rentabilidade, o histórico e a situação atual das culturas, atentando para aspectos da fertilidade do solo, da exigência nutricional e da susceptibilidade de cada espécie a fitopatógenos, da infestação de pragas, doenças e plantas daninhas e da disponibilidade de equipamentos para o manejo das culturas e de seus restos culturais (Denardin e Kochhann, 1993; Darolt, 1998).

Para os mesmos autores, a alternância de culturas de diferentes famílias, ou de espécies com diferenciado grau de susceptibilidade a pragas e doenças e com variado comportamento diante de problemas relacionados ao controle de plantas daninhas, é um aspecto desejado no planejamento da rotação. Isto porque esta medida potencializa a redução do uso de insumos e, conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema.

Thung e Oliveira (1998) citam que deve ser levado em consideração o ciclo completo de cada cultura, adaptada para cada região, preferencialmente as não alelopáticas com a cultura base e de ciclo de rotação nunca superior a dois anos. Estes autores afirmam que, em solos degradados e muito pobres, antes de se proceder o plantio direto, há necessidade de correção da cobertura vegetal. Para isso, devem ser utilizadas plantas produtoras de grandes quantidades de massa, rústicas em relação à tolerância de doenças e pragas, à baixa fertilidade, secas, geadas e outros fatores, além de possuírem desenvolvimento vegetativo inicial rápido, fácil controle e baixo custo de implantação. Em regiões não irrigadas, segundo os autores, as rotações mais comuns são: milho verde/feijão/milheto; sorgo forrageiro/feijão; consórcio milho x feijão/sorgo ou milheto e milheto/feijão/milheto ou sorgo.

2.3 Plantas de cobertura

A utilização de plantas de rápido crescimento e boa produção de biomassa permite, em sistemas rotacionais ou em consórcio, diminuir os efeitos da erosão hídrica, pela proteção proporcionada pela cobertura vegetal sobre a superfície do solo. Tal proteção pode ainda refletir no aumento da infiltração de água e retenção da umidade no solo, permitindo maior disponibilidade para as culturas no período seco.

Espécies destinadas à cobertura do solo devem ser selecionadas em função das seguintes características: facilidade de obtenção de sementes; capacidade de desenvolvimento do sistema radicular; não ser hospedeira de pragas e doenças; propriedade de reciclar ou incorporar nutrientes no solo; facilidades de manejo, tanto quanto a compatibilidade de ciclo com as demais espécies do sistema, quanto aos riscos de se tornar planta daninha, da velocidade e uniformidade do desenvolvimento vegetativo e, especialmente, do potencial de produção de fitomassa (Denardin e Kochhann, 1993; Los, 1995).

As plantas de cobertura devem produzir fitomassa que permaneça sobre o solo durante todo o ciclo da cultura subsequente, para conferir os benefícios já preconizados com esta técnica.

Portanto, resíduos com maior relação C/N (carbono/nitrogênio) devem ser mais utilizados em plantio direto nas condições de cerrado, pois quanto maior a relação C/N, mais lenta a decomposição dos resíduos, segundo Parr e Pedendick (1987), citados por Calegari et al. (1993a).

Contudo, apesar das leguminosas possuírem um valor menor para esta relação, trazem vantagens a curto prazo, especialmente quanto a liberação de nutrientes durante a decomposição, que ocorre mais rápido em relação às gramíneas, devido ao seu maior teor de N (Fageria, 1989, citado por Fageria, Stone e Santos, 1999). Estes autores citam que a imobilização de N é favorecida

durante a decomposição de resíduos com relação C/N acima de 30 e a mineralização é favorecida quando essa relação é menor que 20.

A relação C/N do milho é de 42,9, a da mucuna preta de 21,0 e do feijão de porco de 15,7 (Calegari et al., 1993a). Alvarenga et al. (1995) encontraram 24,4 para mucuna preta e 19,5 para o feijão de porco. Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) relataram a relação C/N desta última leguminosa com valor ainda menor, 11,2, enquanto Ceretta et al. (1994) obtiveram 14,6.

Já Smith e Sharpely (1990), citados por Fageria, Stone e Santos (1999), relataram que, para o milho, esta relação é de 64,0 e para o sorgo de 36,0. Isto sugere a consorciação de espécies de gramíneas e leguminosas, com a finalidade de otimização das vantagens das plantas de cobertura para plantio direto.

A quantidade mínima ideal de adição de matéria seca em um sistema de rotação de culturas, de maneira que se mantenha adequada a cobertura do solo, é de 6,0 t/ha, segundo Denardin e Kochhann (1993) e Darolt (1998). Porém, Bayer (1996) e Fiorin (1999), citados por Amado (2000), relatam que o aporte de matéria seca a ser adicionado na superfície deveria estar entre 10 e 12 t/ha.

O milho pode produzir de 35 a 55 t/ha de matéria fresca, enquanto o sorgo pode alcançar de 60 a 70 t/ha, demonstrando o alto potencial de produção de matéria fresca destas espécies (Alcântara e Bufarah, 1988). Resultados semelhantes também foram observados por Caixeta (1999), em Lavras-MG, o qual destacou o sorgo, com 45,7 t/ha de matéria fresca e o milho, com 52,0 t/ha. Já Teixeira (2000), trabalhando na mesma localidade, encontrou resultado inferior, de 34,8 t/ha para o milho.

Além das gramíneas, as leguminosas utilizadas em adubação verde podem ser empregadas como plantas de cobertura para plantio direto. Monegat (1991), em avaliações realizadas de 1985 a 1989, em Chapecó-SC, observou valores de produtividade de matéria fresca do feijão de porco em torno de 32,3 t/ha e da mucuna preta, 36,9 t/ha. Ferreira (1996a), pesquisando as

mesmas leguminosas, registrou a média de produtividade de matéria fresca em cerca de 12,5 t/ha, na fase de pleno florescimento. Em estudos realizados em Lavras-MG, Santos (1999 e 2000) observou produtividades para o feijão de porco, de 12,2 t/ha e 6,9 t/ha e, para mucuna preta, 15,7 t/ha e 7,6 t/ha, respectivamente, enquanto que Amabile, Fancelli e Carvalho (2000) encontraram 14,3 t/ha de matéria fresca para mucuna preta, em plantio realizado no mês de novembro.

Os limites ideais de produtividade de matéria fresca da mucuna preta foram citados por Alcântara e Bufarah (1988) e por Calegari (1995), como sendo de 10 a 40 t/ha. Este último autor cita que, para o feijão de porco, estes limites são 14 e 30 t/ha.

Quanto à produtividade de matéria seca, Salton (1993), avaliando a produção de diferentes espécies de verão em cultivo isolado e consorciado, em Dourados-MS, observou produtividade de 3,5 t/ha para sorgo e 8,8 t/ha para o consórcio milho e mucuna preta.

Calegari et al. (1993a), testando dezenove espécies de adubos verdes de verão no sudoeste do Paraná, avaliaram a matéria seca após o corte em plena floração e obtiveram 9,9 t/ha para milheto. Já Oliveira et al. (2000) constataram uma produtividade em torno de 8,0 t/ha para esta espécie, enquanto Menezes et al. (2000), em Goiás, obtiveram uma quantidade de matéria seca entre 5,0 e 6,0 t/ha para o milheto em cultivo solteiro e consorciado, com mucuna preta ou feijão de porco.

Os limites de produtividade de matéria seca do feijão de porco (7,0 a 9,0 t/ha) foram citados por Alcântara e Bufarah (1988). De-Polli e Chada (1989), no Estado do Rio de Janeiro, encontraram 4,0 t de matéria seca/ha para mucuna preta, feijão de porco e crotalária juncea, enquanto Monegat (1991) observou as produtividades de 8,4 t/ha para feijão de porco e 5,9 t/ha para mucuna preta, em avaliações realizadas em Chapecó-SC, entre os anos de 1985 e 1989.

Outros autores, como Araújo e Almeida (1993), observaram média de 4,4 t/ha para feijão de porco, enquanto Calegari (1995) cita que, no Paraná, a média de produtividade de matéria seca é de 3,2 a 7,0 t/ha para esta espécie e de 4,0 a 7,5 t/ha para mucuna preta. Ferreira (1996a) obteve apenas 3,2 t/ha de produtividade dessas leguminosas e Aita (1997) relatou 5,1 t/ha para o feijão de porco e 7,0 t/ha para mucuna preta, como resultados médios obtidos por diversos autores em diferentes condições edafoclimáticas.

Santos (1999 e 2000), em ensaios realizados em Lavras–MG, encontrou médias de 3,5 t/ha no primeiro ano e 1,7 t/ha no segundo ano, para o feijão de porco. Menezes et al. (2000), em Goiás, encontraram valores em torno de 3,0 t/ha e 4,0 t/ha, para mucuna preta e feijão de porco, respectivamente, corroborando com os resultados de Oliveira et al. (2000) para esta última espécie. Amabile, Fancelli e Carvalho (2000) obtiveram 3,5 t de matéria seca/ha, para mucuna preta, com o plantio realizado em meados de novembro.

A necessidade de manter quantidades elevadas de palha na superfície do solo sob plantio direto está associada à rápida decomposição dos resíduos sob condições tropicais e subtropicais. Entre as principais vantagens decorrentes da camada de palha sobre o solo estão a redução da temperatura do solo; a maior infiltração e retenção de água; o incremento da atividade biológica; a redução da infestação de plantas daninhas; o aumento da agregação e preservação da estrutura superficial; o incremento do teor de matéria orgânica; a melhoria da ciclagem e aumento do fornecimento de nutrientes às plantas, pela redução de perdas por lixiviação e erosão; a possibilidade de redução do uso de insumos externos à propriedade e o controle da erosão (Amado, 2000).

Ainda segundo este autor, além da quantidade, a qualidade da palha que é adicionada ao solo é muito importante, devendo-se atentar ainda para fatores como o intervalo de tempo entre o manejo da cultura de cobertura e a semeadura da cultura comercial, que está associado à liberação dos nutrientes pela

fitomassa ou imobilização pelos microrganismos e a possíveis efeitos de substâncias alelopáticas.

Deve-se destacar que a ocorrência e a intensidade de efeitos negativos à cultura em sucessão, devido ao manejo da palhada, são muito variáveis, dependendo das condições de temperatura, umidade, espécie utilizada, tipo de solo, estágio de desenvolvimento da cultura de cobertura e regime de precipitação. Contudo, o teor e o acúmulo de nutrientes pelas espécies produtoras de palha podem influenciar a decomposição do material vegetal e o desempenho da cultura sucessora.

Em estudos de Alvarenga et al. (1995) sobre Podzólico vermelho amarelo, os autores destacaram o feijão de porco como espécie mais indicada para conservação do solo, devido a sua velocidade e percentagem de cobertura do solo, oferecendo maior proteção em menor período de tempo. Esta espécie, conforme os mesmos autores, produziu 26,8 t/ha de matéria fresca, o que correspondeu a 5,3 t/ha de matéria seca, com o acúmulo de 146,2 kg/ha de N; 10,3 kg/ha de P; 113,0 kg/ha de K; 62,7 kg/ha de Ca e 11,7 kg/ha de Mg.

A mucuna preta também foi avaliada por Alvarenga et al. (1995), apresentando 26,9 t de matéria fresca/ha, equivalente a 9,1 t/ha de matéria seca, onde foi observado o acúmulo de 191,5 kg/ha de N; 12,8 kg/ha de P; 125,5 kg/ha de K; 91,0 kg/ha de Ca e 17,0 kg/ha de Mg.

Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) também verificaram a composição química do feijão de porco e encontraram 34 g/kg de N; 5,1 g/kg de P; 22 g/kg de K; 19,2 g/kg de Ca; 3,5 g/kg de Mg e 8 mg/kg de Cu; 26 mg/kg de Zn e 182 mg/kg de Mn. Fiorin et al. (1998) verificaram 216 kg/ha de N, acumulados em 6,2 t/ha de matéria seca de feijão de porco.

Avaliando adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho, Araújo e Almeida (1993) obtiveram conteúdos de nutrientes acumulados na matéria seca da parte aérea do feijão de porco, mesmo na ausência de

adubação fosfatada, acima de 99 kg/ha para N; 5,0 kg/ha para P; 39 kg/ha para K; 86 kg/ha para Ca e 14 kg/ha para Mg, com teores de 21,2 g/kg; 1,2 g/kg; 8,9 g/kg; 19,7 g/kg e 3,3 g/kg, para os respectivos elementos.

Calegari (1995) indica os teores de P adequados para feijão de porco (1,5 g/kg) e mucuna preta (1,3 g/kg). Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) citam que, para milho e sorgo, o teor adequado de P estaria situado entre 2,5 e 3,5 g/kg e 4,0 e 8,0 g/kg, respectivamente, e que o teor adequado de N deve ser de 27,5 a 32,5 g/kg e de 13 a 15 g/kg, nesta mesma ordem.

A composição química da matéria seca da parte aérea de milheto, avaliada por Salton e Hernani (1994) na fase inicial de formação de grãos, mostrou-se com teores de 17,6 g/kg para N; 1,9 g/kg para P; 33,5 g/kg para K; 8,2 g/kg para Ca; 3,6 g/kg para Mg; 13 mg/kg para Cu; 24 mg/kg para Zn e 143 mg/kg para Mn.

Quanto às leguminosas, podem-se citar resultados obtidos por Ceretta et al. (1994), para feijão de porco. Segundo os autores, esta espécie produziu uma quantidade de matéria seca ao redor de 6,0 t/ha, apresentando teores de 25,8 g/kg para N; 2,3 g/kg para P e 16,9 g/kg para K, com o acúmulo de 157 kg de N/ha; 13,5 de P e 102 de K.

O feijão de porco e a mucuna preta foram avaliados por Ferreira (1996a), o qual obteve 27,4 g/kg de N; 1,0 g/kg de P; 10,6 g/kg de K; 0,9 g/kg de Mg; 13,0 g/kg de Ca; 8,7 mg/kg de Cu; 11,9 mg/kg de Zn e 48,3 mg/kg de Mn. Quanto à mucuna, o autor registrou 25,1 g/kg de N; 1,2 g/kg de P; 9,4 g/kg de K; 1,0 g/kg de Mg; 14,8 g/kg de Ca; 12,7 mg/kg de Cu; 20,6 mg/kg de Zn e 64,0 mg/kg de Mn.

Ferreira (1996a) cita também que a contribuição média de nutrientes pelo feijão de porco foi de 89,9 kg/ha de N; 3,2 kg/ha de P; 32,9 kg/ha de K; 48,1 kg/ha de Ca; 3,1 kg/ha de Mg e 28,4 g/ha de Cu; 37,7 g/ha de Zn e 178,5 g/ha de Mn. A mucuna preta acumulou em sua biomassa, 80,9 kg/ha de N;

4,0 kg/ha de P; 29,9 kg/ha de K; 50,2 kg/ha de Ca; 3,4 kg/ha de Mg e 38,8 g/ha de Cu; 66,6 g/ha de Zn e 165,8 g/ha de Mn.

Aita (1997) relatou resultados médios da quantidade de N acumulado pela parte aérea de algumas das principais leguminosas de verão com potencial para inclusão em sistemas de culturas. Este autor citou Amado e Almeida (1987), Cerreta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Bianchi et al. (1997) e Da Ros et al. (1997), os quais trabalharam em Latossolo vermelho escuro, Podzólico vermelho amarelo e Cambissolo distrófico álico, utilizando diferentes adubações ou na sua ausência, em cidades do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina e obtiveram um acúmulo médio de N da ordem de 161 kg/ha para mucuna preta e 144 kg/ha para feijão de porco.

Para esta última espécie, Melarato (1999) cita os limites de acúmulo de macronutrientes: 114 a 228 kg/ha de N; 6 a 12 kg/ha de P; 6 a 12 kg/ha de K; 30 a 60 kg/ha de Ca; 11 a 22 kg/ha de Mg e cerca de 10,9 kg/ha de S.

2.4 Consórcio de gramíneas e leguminosas

Alguns aspectos devem ser levados em consideração para que a associação de duas ou mais espécies seja funcional e benéfica, principalmente quando o objetivo central for a obtenção de cobertura morta para o plantio direto (Monegat, 1991). Dentre esses aspectos, este autor cita que não se deve realizar consórcio entre espécies em que uma sufoque a outra, por agressividade ou por efeito alelopático. Também não se deve consorciar espécies de difícil manejo e de porte semelhante.

Ainda para Monegat (1991), sempre que possível, é recomendável consorciar plantas com ciclo aproximado (plena floração), a fim de evitar brotações após o manejo (corte e acamamento).

Nesse contexto, Harris et al., citados por Calegari et al. (1993a), relatam que o método mais eficiente para promover a estruturação do solo é o consórcio de plantas de cobertura, sendo uma gramínea de vigoroso sistema radicular, em constante renovação e uma leguminosa que atue acelerando a decomposição dos resíduos vegetais.

O consórcio entre gramíneas e leguminosas apresenta como vantagens o maior rendimento de matéria seca em relação ao cultivo isolado de cada espécie; maior estímulo na fixação biológica de N_2 pela leguminosa; maior eficiência na utilização da água e dos nutrientes do solo, devido à exploração de diferentes volumes de solo por sistemas radiculares com padrões distintos e permanência dos resíduos culturais sobre o solo por maior período de tempo (Aita, 1997).

Merten e Fernandes (1998) também recomendam a utilização do consórcio de gramíneas com leguminosas. Segundo os autores, esta estratégia permite que as gramíneas, com maior relação C/N, forneçam uma cobertura residual mais estável, enquanto que as leguminosas contribuem com um aporte maior de N.

Dentre as espécies possíveis de serem consorciadas, Alcântara e Bufarah (1988) citam que milho e sorgo podem ser consorciados com leguminosas como kudzu tropical, lab-lab, caupi ou mucuna, enquanto Calegari (1995) recomenda o feijão de porco e a mucuna preta em consórcio com a cultura do milho.

Avaliando o desempenho de adubos verdes sob cultivo consorciado com milho, Heinrichs, Vitti e Oliveira (1998) observaram que o feijão de porco se destacou dentre as espécies na produção de matéria seca, adaptando-se bem em sistemas de luz difusa. Os autores concluíram que a utilização de adubos verdes intercalares à cultura do milho, além do aumento da produção de matéria seca e reciclagem de nutrientes, reduziu a infestação de plantas daninhas e que a semeadura dos adubos verdes, trinta dias após a do milho, é um manejo não

recomendado, pois além de aumentar a mão-de-obra, prejudica o desempenho dos adubos verdes, exceto o feijão de porco.

Nolla (1999) avaliou o consórcio milho, leguminosas para adubação verde e plantas espontâneas. Somando-se a produtividade de cada espécie do consórcio verifica-se que o autor obteve uma produtividade total de 10,9 t de matéria seca/ha para o consórcio milho e mucuna preta, com acúmulo de 195,5 kg/ha de N; 14,5 kg/ha de P; 123,1 kg/ha de K; 69,4 kg/ha de Ca e 19,6 kg/ha de Mg. Já para o consórcio milho e feijão de porco, o autor registrou 5,8 t/ha de matéria seca, atribuindo a baixa produtividade deste último consórcio ao hábito de crescimento da leguminosa, que não foi eficiente na supressão das invasoras. A biomassa produzida por estas espécies acumulou um total de 88,6 kg/ha de N; 5,8 kg/ha de P; 59,2 kg/ha de K; 39,7 kg/ha de Ca e 12,2 kg/ha de Mg.

O mesmo autor cita que o feijão de porco e a mucuna preta proporcionaram as maiores coberturas de solo, o que também foi constatado em estudos de Nascimento e Lombardi Neto (1999), para esta última espécie.

2.5 O feijão da seca e o plantio direto

No sul de Minas Gerais, segundo Silva (1994), além do café e do leite, as culturas anuais, principalmente milho e feijão, são as principais explorações agropecuárias. Atualmente, o alto custo de produção e a baixa remuneração na atividade agropecuária têm levado os produtores a estabelecerem sistemas de produção mais intensivos, como a rotação milho para silagem – feijão da seca ou milho para produção de grãos – feijão de inverno, sendo este restrito às propriedades que dispõem de irrigação, segundo o autor. Uma outra alternativa seria o cultivo do milho para produção do milho verde, o qual ajusta-se perfeitamente a este sistema de rotação de culturas, com a vantagem de permitir produção de palhada com retorno econômico para o agricultor, amortizando os

custos, especialmente na fase de implantação do sistema, e permitindo o cultivo do feijão da seca em sucessão.

Entretanto, o comportamento das culturas em plantio direto deve ser verificado, especialmente com relação ao efeito da palhada produzida por diferentes plantas de cobertura ou ainda pela consorciação destas, tendo em vista que no plantio convencional já é conhecido o efeito prejudicial de algumas espécies de plantas em sucessão ou mesmo inseridas em esquemas de rotação de culturas.

No que se refere às características do feijão da seca em plantio direto, Siqueira (1989) observou altura de plantas em torno de 27cm, com 4,5 vagens por planta e 4 grãos por vagem, em média. O peso médio de cem grãos esteve em torno de 13 g e o rendimento de grãos 291 kg/ha.

Em um experimento realizado sobre Latossolo Vermelho Escuro, Voss e Sidiras, citados por Balbino et al. (1996), verificaram que o feijoeiro no sistema de plantio direto obteve maior produção de matéria seca da parte aérea, maior nodulação das raízes e maior produtividade, quando as sementes receberam inoculação. A cultura em plantio direto apresentou maior produção de grãos em relação ao preparo convencional, quando se aplicou N. A maior conservação da água no solo e a menor variação de temperatura do mesmo, proporcionada pelo sistema de plantio direto, possivelmente tenham sido os principais fatores responsáveis por esse resultado, segundo os autores.

✓ A disponibilidade de água é um dos principais fatores determinantes da produtividade das culturas. Esse fato demonstra a necessidade de tecnologias que condicionem maior produtividade na safra das secas, sugerindo-se o plantio direto como alternativa para manter a umidade no solo e permitir disponibilidade de água suficiente para o melhor crescimento e desenvolvimento da cultura do feijoeiro na época de estiagem.

Segundo Bonde e Willis (1969), citados por Balbino et al. (1996), quanto menor a quantidade de resíduos na superfície, maior a taxa de evaporação de água no solo ao longo do tempo. Estes mesmos autores citam Blevins et al. (1971), os quais afirmam que o plantio direto promove diminuição da evaporação e aumenta a capacidade de armazenamento de água da chuva no solo que, conseqüentemente, tem uma maior reserva de água no perfil. ✓

No ambiente de cerrado, em que a umidade relativa do ar atinge valores inferiores a 20%, com períodos secos de até sete meses e a ocorrência de veranicos durante o período chuvoso é constante, podendo afetar o rendimento de grãos das culturas de sequeiro, a cobertura do solo assume grande importância (Balbino, 1997). Ainda segundo este autor, na época das águas, a cobertura do solo pela palhada elimina o risco de perdas anuais, parciais ou totais de plantios, causadas pelos veranicos nos meses de janeiro e fevereiro.

Vários autores têm relatado vantagens do cultivo do feijão das secas em plantio direto. Galvão, Rodrigues e Puríssimo (1981) constataram superioridade de 24,76% do plantio direto na produção do feijão da seca em relação ao sistema convencional. Zaffaroni et al. (1991) estudaram a cultura do feijoeiro no sistema de plantio direto e em áreas onde houve preparo do solo por meio de aração e gradagem, manualmente (com enxada) e com tração animal. Os pesquisadores optaram por realizar estes tratamentos em áreas adubadas e não adubadas e verificaram que não houve efeito dos métodos de preparo do solo, mas a adubação aumentou em até 60% o rendimento médio da cultura. A produtividade média nas áreas em plantio direto foi de cerca de 370 kg/ha e 720 kg/ha para os tratamentos sem e com utilização de adubo, respectivamente.

Silva (1994) avaliou o plantio direto do feijão da seca nas cidades de Perdões e Lavras-MG e obteve 1110 kg/ha. Além deste autor, Urchei (1996) observou aumento na produção de grãos, no número de vagens/planta e no número de grãos/vagem, com o plantio direto do feijoeiro, sob irrigação.

Teixeira (1998) e Valério (1998) obtiveram produtividades acima de 1400 kg/ha, mantendo o estande em níveis adequados e utilizando irrigação. Stone e Silveira (1999), após dois anos de cultivo, também observaram que houve diferença significativa na produtividade do feijoeiro irrigado, obtendo maiores produtividades no plantio direto, em torno de 2.500 kg/ha.

Todavia, vários trabalhos demonstraram que o feijoeiro apresenta baixa produtividade na safra da seca (Vieira, 1967; Fontes, 1972; Batista, Brune e Braga, 1975; Chaib, Bulisani e Castro, 1984), a qual estaria relacionada com a pequena quantidade de água disponível no solo, levando ao menor crescimento do sistema radicular e restringindo a absorção e translocação de nutrientes (Moraes, 1988).

Moura, Paiva e Resende (1994) citaram que a média de produção do feijão da seca no plantio convencional em Minas Gerais, entre os anos de 1984 e 1993, foi de 498 kg/ha. Santos e Braga (1998) citaram que o rendimento médio do feijão da seca está situado em torno de 500 kg/ha.

2.6 Influência do plantio direto no solo

A contínua expansão das áreas sob plantio direto no Brasil reflete o reconhecimento, entre técnicos e produtores, dos inúmeros benefícios que esse sistema de cultivo proporciona.

Dentre estes benefícios, destaca-se o aumento da eficiência na utilização dos nutrientes pelas plantas, sejam provenientes de fertilizantes ou do próprio solo, em função das alterações na sua dinâmica em plantio direto. Os principais fatores que propiciam essas alterações são a manutenção dos resíduos culturais em superfície, o aumento da população e da atividade microbiana e o não revolvimento do solo (Chueiri e Vasconcellos, 2000).

A estabilização dos teores de nutrientes no solo implica no aumento ou manutenção dos níveis de produtividade no decorrer das safras agrícolas, o que pode levar a redução da quantidade ou mesmo tornar desnecessária a utilização de adubo mineral. Entretanto, o cultivo unicamente de espécies comerciais pode esgotar ou reduzir o estoque desses nutrientes no solo, devido à exportação pela colheita e a reposição insuficiente dos mesmos por meio de fertilizantes.

Por esta razão, torna-se fundamental a utilização de espécies produtoras de palhada que mobilizem os nutrientes na camada agricultável, retendo-os na sua fitomassa e devolvendo-os ao solo durante a decomposição. No entanto, há necessidade de verificar a real contribuição das diferentes espécies produtoras de palhada, no sentido de manter ou elevar os níveis de fertilidade na área cultivada em sistema de plantio direto, o que justifica a realização de novas pesquisas na área.

2.6.1 Distribuição dos nutrientes

Os efeitos do plantio direto na distribuição e acumulação da matéria orgânica, P, K, Ca, Mg e variação do pH (potencial hidrogeniônico) na camada arável de um Latossolo Roxo distrófico (após cinco anos de cultivo) e de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico argiloso (após quatro anos de cultivo), foram estudados por Muzilli (1983). Segundo o autor, houve maior acúmulo de P nas camadas superficiais do solo e maior disponibilidade dos nutrientes para as culturas, evidenciando a possibilidade de redução nos níveis de adubação fosfatada pela adoção desse sistema. Ainda segundo este autor, K, Ca e Mg mostraram tendência de diminuição gradativa da sua disponibilidade, à medida que se aprofundou na camada arável.

Muzilli (1983) afirmou ainda não existir efeito de acidificação da camada arável do solo sob plantio direto. Em concordância com este autor,

Siqueira (1989) observou que o pH não apresentou diferença significativa entre os sistemas de plantio direto e convencional, embora no primeiro tenha obtido maiores valores para profundidades de 2 a 5 cm e 10 a 20 cm. Em outra análise do comportamento dos nutrientes no solo em plantio direto e convencional, este último autor concluiu também não haver diferença entre os teores de K, Ca e Mg para os sistemas de plantio analisados.

Segundo estudos de Paiva (1990), o sistema de plantio direto não acarretou redução no pH do solo quando comparado ao plantio convencional. Entretanto, a adubação sucessiva com sulfato de amônio resultou na redução do pH, da CTC efetiva, dos teores e da saturação por bases, além de elevar os teores de alumínio trocável (Al) e a acidez potencial.

Avaliando os efeitos de material vegetal na acidez do solo, em Londrina (PR), e utilizando amostras de Latossolo Roxo álico, Latossolo Roxo distrófico e Cambissolo álico, Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) observaram que os materiais vegetais aumentaram o pH do solo e diminuíram os teores de Al. Os resíduos das leguminosas causaram as maiores diminuições na acidez do solo em relação às gramíneas e, embora os efeitos sejam de curta duração, os materiais vegetais podem ser considerados importantes melhoradores da fertilidade dos solos ácidos, gerando benefícios pelo menos na fase inicial da nova cultura implantada.

Todavia, a adoção do sistema de plantio direto por agricultores do norte dos EUA, cultivando milho após milho, causou problemas de acidez do solo. McMahon e Thomas (1976) e Blevins et al. (1978), citados por Sá (1993), estudaram o efeito de cultivos sucessivos de milho sobre a acidez e observaram que o principal motivo da acidez na camada superficial era devido ao N mineral dos fertilizantes, que por meio da nitrificação do N amoniacal, acidificava o solo. Franchini et al. (2000) também concluíram que o emprego de maior quantidade de N na forma amoniacal provoca a acidificação do solo, de forma

que o intervalo de tempo entre as aplicações de calcário deve ser reduzido para recuperar os teores de Ca trocável e elevar o pH.

De acordo com Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992), sistemas de culturas que promoveram o aumento de carbono (matéria orgânica) no solo possibilitaram o aumento da CTC, o qual possivelmente permitiu maior retenção dos cátions adicionados ou liberados pela biomassa das culturas, reduzindo sua lixiviação, fato que explicaria os aumentos proporcionais nos teores de Ca, Mg, K e, conseqüentemente, da soma de bases.

Contudo, Chueiri e Vasconcelos (2000) citam que estão sendo realizadas pesquisas quanto à mobilização orgânica de cátions básicos como o Ca e o Mg para camadas mais profundas do solo. Esses resultados explicam e justificam o sucesso da aplicação de calcário em superfície e sem incorporação no plantio direto. Compostos orgânicos liberados no processo de decomposição de certos resíduos vegetais e com grande afinidade por estes cátions transportam-nos para maiores profundidades. Isso promove o aumento da saturação por bases, diminuindo a acidez e reduzindo o Al em subsuperfície, o que favorece o desenvolvimento das raízes nessa região.

Observando os teores de matéria orgânica, de P e de K, Alves (1992) constatou que houve diferença significativa entre as profundidades em estudo no solo sob plantio direto, havendo maior acúmulo na camada de 0 a 10cm, para todas estas variáveis.

Durante sete anos, Calegari et al. (1992) estudaram o plantio direto associado com a rotação de culturas em uma mesma área. Os resultados mostraram acúmulo de matéria orgânica e maior aumento na disponibilidade dos nutrientes P, K, Ca e Mg, principalmente nas camadas superficiais do solo. A mesma tendência foi encontrada por Sá (1990), citado por Sá (1993), para o P, quando avaliou quarenta áreas na região dos Campos Gerais-PR, envolvendo diversas classes de solo e tempo de adoção do sistema de plantio direto.

Em geral, nutrientes como N e S, que possuem alta mobilidade no solo, são os mais influenciados nos processos de perdas por lixiviação, em função do maior movimento descendente. Por outro lado, o P, que possui baixa mobilidade e alta capacidade de fixação pelos sítios de adsorção, tem sido beneficiado pelo não revolvimento do solo, deixando-o com menor superfície de contato e ligado a formas orgânicas no solo, mais estáveis e menos susceptíveis à fixação, aumentando a eficiência de aproveitamento dos adubos fosfatados aplicados, com relevante papel da biomassa microbiana na sua disponibilidade para as plantas (Hedley et al., 1982 e Selles et al., 1990, citados por Sá, 1993; Kurihara et al., 1998; Bartz, 1998).

De Maria e Castro (1993) concluíram que o teor de P disponível no solo aumentou na camada de 0-5cm de profundidade, com a utilização do plantio direto, a partir do segundo ano de plantio, e na camada de 5-10cm no sétimo. Também avaliaram o K e verificaram que o teor deste elemento foi maior nos preparos reduzidos (cultivo mínimo e plantio direto), na camada de 0-5cm, exceto para amostragem realizada após período de muitas chuvas.

A distribuição do K no solo, devido sua mobilidade, depende de fatores relativos ao solo e ao clima, enquanto que para o Ca e Mg depende principalmente da metodologia de aplicação (incorporado ou em superfície), segundo Pauletti et al. (1995). Nos resultados obtidos, estes autores observaram um acúmulo destes elementos na camada de 0-2,5cm. O K, segundo eles, provavelmente adsorvido às cargas negativas da matéria orgânica e Ca e Mg pelas aplicações de calcário em superfície.

O K pode ser facilmente extraído (lavado) dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo. Ele encontra-se na forma iônica e não participa na constituição de compostos orgânicos estáveis, o que propicia maior concentração desse nutriente nas camadas superficiais de solos sob plantio direto (Bartz, 1998).

De acordo com Calegari et al. (1992), adubos verdes podem complementar o fornecimento dos principais macronutrientes às culturas por meio da decomposição da fitomassa, além da fixação de N atmosférico.

Essa importante característica de algumas espécies de leguminosas é uma vantagem para o sistema de plantio direto. Segundo trabalhos de Alvarenga (1996), comparando plantio direto e convencional de sorgo e feijão, em sucessão a milho, soja e crotalária, o teor de N no solo foi elevado nas parcelas anteriormente cultivadas com as leguminosas, que mostraram-se eficientes no fornecimento deste elemento ao solo. Em seus estudos com leguminosas, Alcântara (1998) observou que as maiores diferenças para os teores de N no solo apareceram nas primeiras profundidades, onde o processo de mineralização da biomassa foi mais intenso.

Autores como Bianchi et al. (1997) e Fiorin (1999), citados por Amado (2000), citam que leguminosas como a mucuna preta e o feijão de porco são eficientes na ciclagem de K, além de P, Ca e Mg, para esta última espécie.

Observando a dinâmica de íons no solo manejado com resíduos vegetais, dentre estes o milheto, Cassiolato et al. (1998) verificaram que o material vegetal em superfície contribuiu para um aumento do pH, Ca, Mg e K trocável e diminuição do Al trocável ao longo do perfil do solo e que a combinação desses resíduos com calcário causou maior crescimento radicular do trigo.

Quanto à influência do acúmulo de nutrientes em diferentes camadas do solo no desenvolvimento das culturas, Kluthcouski (1998) citou que, devido ao revolvimento do solo por meio da aração no cultivo convencional, houve homogeneização no perfil, daqueles nutrientes que mais se concentraram na superfície. Contudo, em áreas com sucessivos cultivos sob plantio direto, o acúmulo de nutrientes em superfície não teve efeito significativo sobre o comportamento das culturas.

A quantidade de C, N e P, reciclados em um determinado solo por culturas de cobertura, depende tanto da quantidade de matéria seca produzida quanto dos teores dos elementos presentes no tecido, segundo Gonçalves (1997). O mesmo autor observou que o C e as formas de N foram influenciados pelos sistemas de cultura apenas na camada superficial do solo (0-2,5cm).

Chueire (1998) observou maior produção de biomassa em sistemas de culturas de semeadura direta envolvendo milho. Outros sistemas estudados pelo autor proporcionaram variações nas propriedades químicas do solo, aumentando os teores de Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases, em seqüências de culturas onde estavam inseridos milho, crotalária e guandu.

Ainda com relação aos nutrientes do solo em plantio direto, Thung e Oliveira (1998) consideram adequados, para que o plantio direto seja desenvolvido sem problemas de fertilidade, os seguintes índices: matéria orgânica > 2 dag/kg; pH acima de 5,5; Ca > 2 cmol/dm³; Mg > 0,8 cmol/dm³; P > 20 mg/dm³ e K > 50 mg/dm³.

Estudando as modificações dos atributos químicos de um solo arenoso sob plantio direto, Rheinheimer et al. (1998) constataram que a adoção do sistema de plantio direto aumentou o teor de carbono orgânico, de ácidos fúlvicos e húmicos, a capacidade de troca de cátions (CTC), a disponibilidade de P, K e a acidez potencial. Isto ocorreu especialmente na camada de 0 a 5 cm, o que demonstra as mudanças provocadas pela adoção do sistema na dinâmica dos nutrientes e na fertilidade do solo como um todo.

As condições ambientais criadas pelo acúmulo de resíduos modificam a velocidade e a intensidade das reações que controlam a disponibilidade da maioria dos nutrientes no solo. Por meio de um processo estritamente biológico, o fluxo de liberação de N, por exemplo, será influenciado pela presença de resíduos com maior ou menor relação C/N (Bartz, 1998).

Segundo Reinrsten, Elliott e Cochran (1984), citados por Alcântara (1998), a maior relação C/N do material vegetal implica em um maior período de tempo para a completa mineralização dos nutrientes pelos microrganismos, adiando a liberação dos mesmos no solo. Chueiri e Vasconcellos (2000) citam que a liberação dos nutrientes contidos na matéria orgânica ocorre de forma gradual e contínua, reduzindo as perdas por lixiviação ou fixação e maximizando o aproveitamento ao longo do desenvolvimento das culturas, o que denota a importância da biomassa vegetal em superfície.

2.6.2 Matéria orgânica

A redução da matéria orgânica com o sistema convencional de preparo do solo é fato bastante conhecido, dada a intensa e rápida decomposição dos resíduos orgânicos das culturas quando incorporados. Após a decomposição da palhada, ocorre a transformação do carbono orgânico (componente fundamental dos benéficos ácidos orgânicos e substâncias húmicas) em dióxido de carbono (CO₂), que é liberado para a atmosfera (Chueiri e Vasconcellos, 2000).

O plantio direto proporciona um aporte de matéria orgânica na camada superficial, que aliada ao não revolvimento do solo, mantém os agregados estáveis e assegura condições de temperatura e umidade que favorecem o aumento da população de microrganismos e provocam alterações na dinâmica dos nutrientes no solo (Bartz, 1998; Chueiri e Vasconcellos, 2000).

Na avaliação de áreas sob longo período de plantio direto (entre 14 e 16 anos), Sá (1993) observou que o acúmulo de matéria orgânica na camada de 0-2,5cm e 2,5-5,0cm foi expressivo, formando-se um gradiente até a profundidade de 10-20cm. De Maria e Castro (1993) verificaram, na camada de 0-5cm, que o plantio direto conservou em níveis mais elevados a matéria orgânica, a partir do terceiro ano. Pauletti et al. (1995) também observaram um

maior gradiente nos teores de matéria orgânica, entre as profundidades de 0-2,5cm e 2,5-5,0cm.

A matéria orgânica tem três funções: química, como fonte de nutrientes para as plantas; biológica, mantendo a microbiota no solo e física, melhorando a aeração e umidade, por meio da estruturação do solo, propiciada pelas hifas dos fungos e compostos cimentantes produzidos por bactérias decompositoras, os quais condicionam a formação de agregados mais estáveis (Fries, 1997; Reeves, citado por Kluthcouski, 1998).

Sabe-se que nos solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica é responsável por grande parte da CTC, que é o reservatório onde ficam armazenados os cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e também os micronutrientes catiônicos (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} e Fe^{2+}), em equilíbrio com a solução do solo. Diminuir a matéria orgânica significa reduzir a capacidade do solo de armazenar nutrientes, comprometendo inclusive o aproveitamento dos fertilizantes adicionados (Chueiri e Vasconcellos, 2000).

Alguns autores constataram influência direta da matéria orgânica na CTC do solo. Bayer e Mielniczuk (1997) destacaram um incremento na CTC de um solo Podzólico Vermelho Escuro com a utilização do plantio direto e de sistemas de cultura com alta adição de resíduos. Essa elevação poderia estar relacionada ao aumento dos teores de matéria orgânica, a qual apresentou uma CTC em torno de $314 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

Chueiri e Vasconcellos (2000) citam que dentre os constituintes da matéria orgânica estão as substâncias húmicas, compostos de estrutura molecular complexa e de maior persistência no solo. Elas têm papel fundamental no aumento da CTC, devido à grande quantidade de grupos funcionais carboxílicos e fenólicos em suas estruturas.

Portanto, no plantio direto haverá sempre a tendência de aumentar a capacidade ou o tamanho do reservatório de nutrientes para as plantas.

No plantio convencional prevalece a rápida decomposição da matéria orgânica, que leva à formação de compostos orgânicos menos estáveis, resultando na diminuição da fertilidade do solo.

A matéria orgânica pode ainda neutralizar o Al trocável, formando complexos estáveis, diminuindo sua disponibilidade e eliminando seu efeito tóxico sobre as plantas (Vale et al., 1995a; Bayer e Mielniczuk, 1999).

O acúmulo de matéria orgânica sobre a superfície do solo, com o plantio direto, apresenta-se como fator fundamental para que sejam obtidas vantagens próprias deste sistema. Assim, plantas de cobertura em cultivo solteiro ou consorciadas, com elevada capacidade de produção de biomassa e que sejam compatíveis quanto a época de plantio e ausência de efeitos alelopáticos, por exemplo, são recomendadas para a rotação de culturas. A palhada produzida pode melhorar as propriedades químicas do solo com a diminuição das perdas por lixiviação e erosão, reciclagem de nutrientes e fornecimento gradativo para as culturas comerciais durante a decomposição.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição geral

O trabalho foi conduzido em duas fases, em área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, no ano agrícola 1999/2000. Durante a condução dos experimentos, procedeu-se ao estudo de propriedades químicas do solo.

A área experimental encontrava-se em pousio por um período de cinco anos, sendo o solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo distrófico, textura média. Os resultados das análises química e granulométrica, anteriores à instalação dos experimentos, encontram-se na Tabela 1.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, encontrada em Vianello e Alves (1991), é do tipo Cwa, temperado úmido (com verão quente e inverno seco). As variações climáticas ocorridas durante o período de condução dos experimentos são apresentadas na Figura 1.

3.2 Primeira fase

A primeira fase do trabalho consistiu na instalação de um experimento com três gramíneas e duas leguminosas, em cultivo solteiro e consorciado. As gramíneas foram escolhidas entre as mais utilizadas para a formação de palhada e cobertura do solo no sistema de plantio direto, enquanto as leguminosas estão entre as mais utilizadas como adubo verde na região.

TABELA 1. Resultados da análise química e granulométrica do solo, em quatro profundidades, antes da implantação do experimento. UFLA, Lavras – MG, julho de 1999⁽¹⁾.

Propriedades químicas	Profundidades			
	0 – 5 cm	5 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 40 cm
pH em água (1:2,5)	5,6 AcM	5,1 AcM	5,3 AcM	5,4 AcM
P (mg/dm ³)	2,0 B	2,0 B	1,0 B	1,0 B
K (mg/dm ³)	83,0 A	37,0 B	28,0 B	20,0 B
Ca (cmol/dm ³)	1,0 B	1,0 B	1,1 B	0,9 B
Mg (cmol/dm ³)	0,7 M	0,6 M	0,2 B	0,8 M
Al (cmol/dm ³)	0,3 M	0,6 M	0,1 B	0,3 M
H + Al (cmol/dm ³)	3,2 M	4,5 M	3,6 M	2,9 M
SB (cmol/dm ³)	1,9 B	1,7 B	1,4 B	1,8 B
t (cmol/dm ³)	2,2 B	2,3 B	1,5 B	2,1 B
T (cmol/dm ³)	5,1 M	6,2 M	5,0 M	4,7 M
m (%)	13,6 B	26,1 M	6,8 B	14,6 B
V (%)	37,4 B	27,4 B	27,6 B	37,7 B
Ca/T (%)	19,6	16,1	22,1	19,3
Mg/T (%)	13,7	9,7	4,0	17,2
K/T (%)	4,2	1,5	1,4	1,1
Ca/Mg	1,4	1,7	5,5	1,1
Ca/K	4,7	10,5	15,3	17,5
Mg/K	3,3	6,3	2,8	15,6
MO (dag/kg)	1,9 M	1,9 M	1,6 M	1,1 B
Granulometria				
Areia (%)	53,0	51,0	50,0	43,0
Silte (%)	14,0	16,0	15,0	13,0
Argila (%)	33,0	33,0	35,0	44,0

⁽¹⁾ Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. AcM = acidez média, B = baixo teor, M = médio teor, A = alto teor (Comissão..., 1989). SB = soma de bases, t = CTC efetiva, T = CTC a pH 7,0 ou CTC potencial, m = saturação por alumínio, V = saturação por bases, MO = matéria orgânica (Embrapa, 1979; Tomé Jr., 1997).

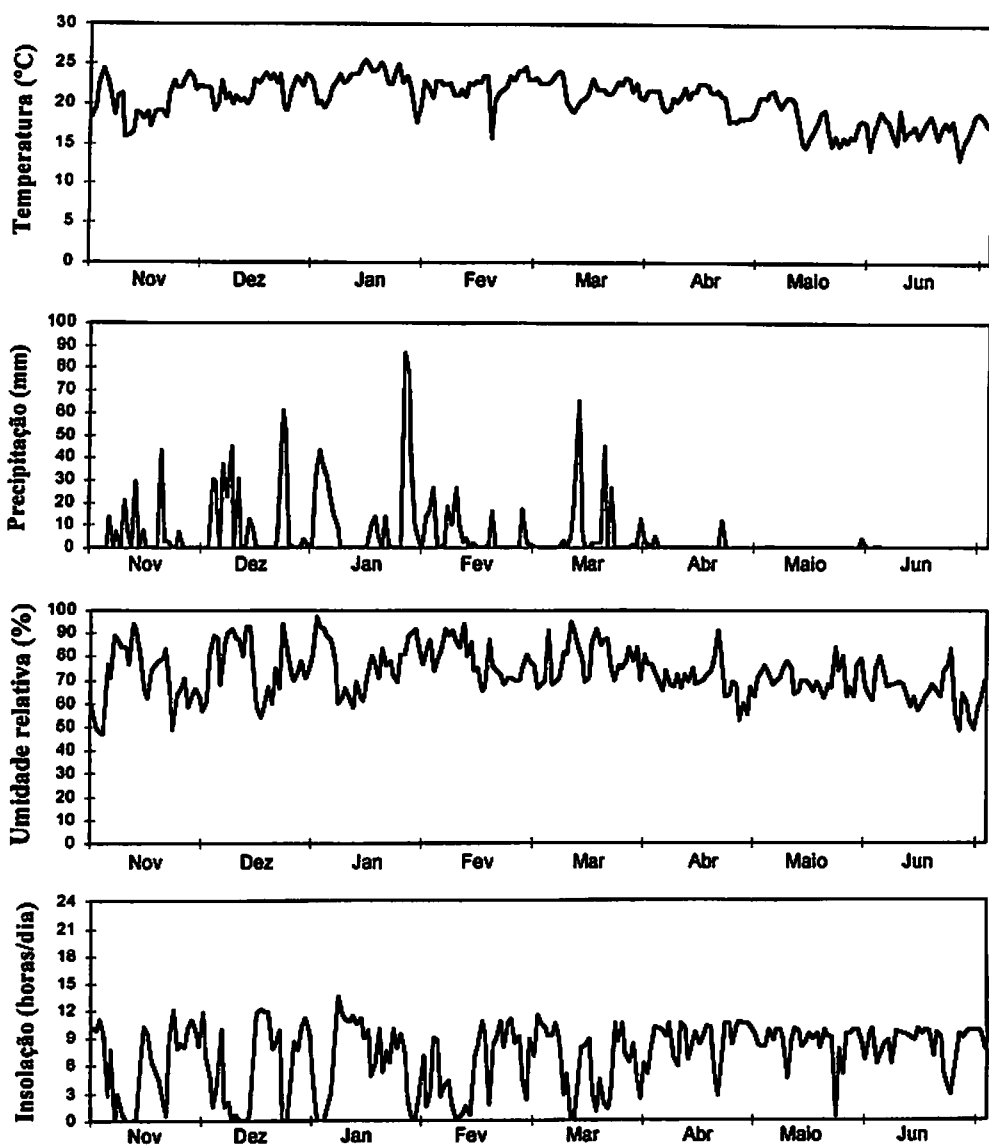


FIGURA 1. Representação gráfica da temperatura média, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação diárias, no período de novembro de 1999 a junho de 2000 (Dados coletados pela Estação Climatológica Principal de Lavras – MG em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e fornecidos pelo setor de agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA).




3.2.1 Espécies utilizadas

3.2.1.1 Gramíneas

- i. Milheto (*Pennisetum americanum* ou *P. typhoideum* (L.LEEK) Perl millet): é uma planta muito utilizada no sistema de plantio direto, em vista do rápido desenvolvimento vegetativo e da abundante produção de matéria fresca, que tornam a cultura muito competitiva e supressora de infestantes (Pitol, 1993; Salton e Kichel, 1998). Estes últimos autores descrevem-na como uma planta anual, de clima tropical, que apresenta crescimento ereto e porte alto, podendo atingir até 4 a 5 metros de altura, com ciclo de 130 dias. É recomendado para produção de palha e cobertura do solo no sistema de plantio direto por apresentar elevada taxa de crescimento. Balbino et al. (1996), utilizando os dados do CNPAF e de Calegari, afirmaram que o milheto produz 23 t/ha de matéria fresca, em média. Neste experimento foi cultivada a variedade milheto comum.

- ii. Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): é uma gramínea anual que pode atingir de 3 a 5 metros de altura, com colmos eretos dispostos em forma de touceira e suculentos, folhas lineares, entrecruzando-se, com 25 a 50 mm de largura e 50 a 100 cm de comprimento. É uma planta de clima tropical, cultivada em muitas regiões do país. É pouco exigente quanto a fertilidade dos solos, crescendo bem nos médios e arenosos, profundos e permeáveis, resistindo bem a seca e a geada, segundo descrição de Alcântara e Bufarah (1988). O mesmo autor cita que o sorgo é utilizado principalmente como forrageira para corte e ensilagem, produzindo cerca de 30 a 40 t/ha, podendo-se obter 60 a 70 t/ha de matéria fresca. Entretanto, empregando os dados do CNPAF e de Calegari, Balbino et al. (1996) citaram a produção em torno de 28 t/ha.



Atualmente, vem sendo utilizada na produção de palhada para plantio direto, tendo em vista o seu crescimento vegetativo elevado, com boa produção de matéria fresca e matéria seca. Foi cultivado o híbrido AG-2002 neste experimento.

iii. Milho (*Zea mays* L.): é uma planta constituída basicamente por uma haste cilíndrica, com nós e entrenós compactos. As folhas são compostas de bainha e limbo, em cuja base pode desenvolver-se a inflorescência feminina (de maior interesse econômico) ligada ao colmo, que sempre termina em uma inflorescência masculina (Fornasieri Filho, 1992). Trata-se de uma das espécies comerciais mais utilizadas no plantio direto. É empregada em sistemas de rotação de culturas, é produtora de grãos para consumo humano e de palhada para cultivos subsequentes. Foi utilizada na condução do experimento a cultivar DINA-170, específica para produção de milho verde.

3.2.1.2 Leguminosas

i. Mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*): planta robusta, de crescimento rasteiro e indeterminado, possui ramos trepadores. É uma planta anual resistente à seca, à sombra, às temperaturas elevadas e ligeiramente resistente ao encharcamento. De clima tropical e subtropical, é bastante rústica, desenvolvendo-se bem em solos ácidos e pobres em fertilidade (Monegat, 1991 e Calegari et al., 1993b). É muito utilizada como adubação verde em todo o Brasil e produz boa quantidade de matéria fresca, que protege rapidamente o solo, sendo capaz de fixar cerca de 157 kg de N/ha, segundo Calegari (1998).

ii. Feijão de porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.): Monegat (1991) e Calegari et al. (1993b) descrevem-na como uma planta de crescimento ereto e hábito determinado (0,6 a 1,2 m de altura). É uma leguminosa muito rústica, anual ou bianual, de crescimento inicial lento, resistente a altas temperaturas e à seca, podendo tolerar o sombreamento parcial. É de clima tropical e subtropical, não suportando geadas. Adapta-se praticamente a todos os tipos de solos (argilosos, arenosos), inclusive aqueles pobres em P. Segundo Calegari (1998) esta espécie possui capacidade de fixação de N em torno de 49 a 190 kg/ha, quando em associação com bactérias fixadoras desse elemento.

3.2.2 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, compostos pelas gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado, perfazendo um total de onze tratamentos com quatro repetições (Figura 2). Cada parcela experimental foi dimensionada em 5,0 m x 3,0 m, ou seja, 15 m², com bordaduras laterais de 1,0 m e bordadura de cabeceira de 0,50 m, delimitando a área útil da parcela em 6,0 m² (Figura 2).

Os tratamentos consistiram no plantio consorciado das gramíneas com as leguminosas, e de todas as espécies em monocultivo (solteiras). Quais sejam:

1. consórcio milho + mucuna preta;
2. consórcio milho + feijão de porco;
3. consórcio sorgo + mucuna preta;
4. consórcio sorgo + feijão de porco;
5. consórcio milho + mucuna preta;
6. consórcio milho + feijão de porco;
7. cultivo do milho;
8. cultivo do sorgo;
9. cultivo do milho;
10. cultivo da mucuna preta;
11. cultivo do feijão de porco.

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

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é o efeito do tratamento i no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito do tratamento i , $i = 1, 2, 3, \dots, 11$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4$;

e_{ij} é o erro experimental.

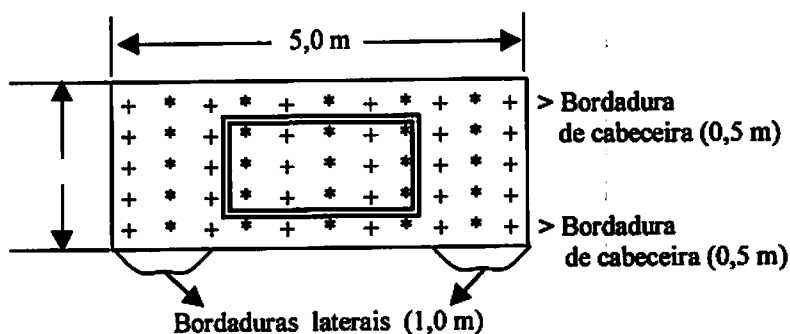
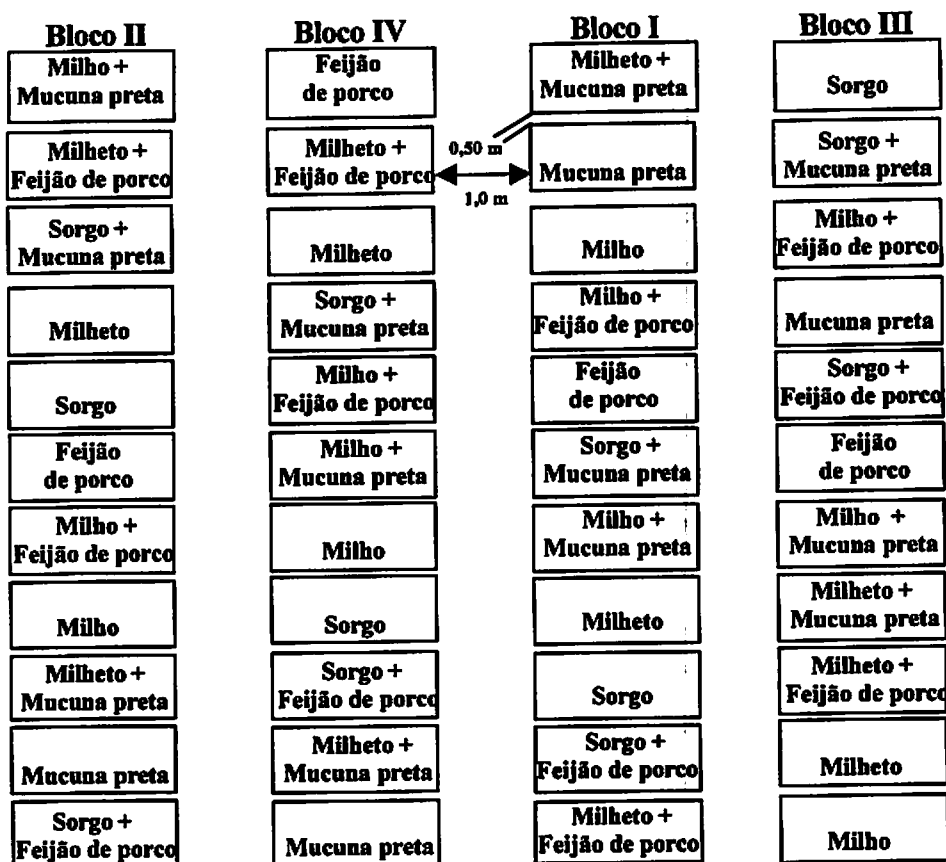


FIGURA 2. Representação esquemática dos tratamentos em cada bloco do experimento e de uma parcela experimental, demonstrando as dimensões, área útil, bordaduras laterais e de cabeceira, além da disposição das gramíneas (*) e leguminosas (+) consorciadas.

3.2.3 Implantação e condução do experimento

Inicialmente, fez-se o corte da vegetação presente na área com roçadora de tração mecanizada. Após esta operação, realizou-se a abertura de duas minitrincheiras nas dimensões de 40 x 40 x 40 cm, sendo verificada a existência de camada compactada na área, entre 10 e 20 cm de profundidade.

Segundo análise química do solo (Tabela 1), observou-se a necessidade de calagem, a qual foi calculada pelo método da saturação por bases (Comissão..., 1989), elevando o valor desta para 75%. Aplicou-se calcário dolomítico PRNT 100%, na quantidade de 2.400 kg/ha.

Com a finalidade de incorporar o calcário e eliminar a camada compactada, realizou-se uma aração seguida de gradagem, 60 dias antes do plantio. Visando corrigir o baixo teor de P, segundo análise do solo (Tabela 1), realizou-se fosfatagem corretiva, aplicando-se, a lanço, 10 kg P_2O_5 /% argila (Comissão..., 1989), equivalente a 1750kg de superfosfato simples/ha, incorporado por meio de nova gradagem, na véspera do plantio. Em seguida, encerrando o preparo do solo de maneira convencional, realizou-se abertura dos sulcos de plantio por meio de uma sulcagem com cultivador de tração animal.

Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se o plantio das gramíneas, em novembro de 1999. Tendo em vista a utilização de diferentes espécies, a adubação e semeadura foram realizadas manualmente, simulando a semeadora/adubadora tração animal.

A adubação de plantio, imediatamente anterior à semeadura, consistiu da aplicação de 20 kg/ha de N; 80 kg/ha de P_2O_5 , e 50 kg/ha de K_2O , aplicados em 300 kg/ha da formulação comercial 4-30-16.

O milho foi cultivado na densidade de 5 plantas/metro linear e no espaçamento de 0,80m entre linhas (EMBRAPA, 1993a), adotando-se o mesmo espaçamento para o sorgo, na densidade de 12 a 15 plantas por metro linear

(Van Raij et al., 1996), tanto no cultivo solteiro quanto em consórcio. O milheto foi semeado na densidade de 40 a 50 sementes por metro linear, utilizando-se 0,25 m entre linhas para as parcelas de cultivo solteiro (Pitol, 1993; Salton e Kichel, 1998) e o mesmo espaçamento do milho e sorgo para as parcelas de consórcio.

A semeadura das leguminosas foi realizada 25 dias após a das gramíneas, nas entrelinhas de plantio, quando estas já estavam estabelecidas. Utilizou-se a densidade de 5 a 8 sementes por metro linear e o espaçamento de 0,50 m entre linhas para o cultivo solteiro das leguminosas (Calegari et al., 1993b).

Os tratos culturais realizados durante o cultivo foram duas capinas, 35 e 65 dias após o plantio das gramíneas. Realizou-se adubação em cobertura para o milho, visando a produção de milho verde, aplicando-se em filete ao lado das linhas de plantio, 80 kg/ha de N sob a forma de sulfato de amônio (20% de N), parcelados em duas aplicações. A primeira, 25 dias após a germinação (plantas com 6 – 8 folhas desdobradas) (Van Raij et al., 1996), e a segunda, 30 dias após a primeira aplicação.

O manejo das espécies deu-se no ponto de colheita do milho verde, quando o sorgo iniciava a fase de floração, o feijão de porco apresentava-se em floração e o milheto já apresentava formação de grãos. As plantas foram submetidas ao corte com roçadora costal e acamadas sobre a superfície do solo sempre no mesmo sentido, visando ao plantio subsequente.

Durante o ensaio, observou-se o transporte das sementes de sorgo por formigas saúvas (*Atta spp*), necessitando a realização de replantio durante a primeira semana de implantação. Esta praga causou ainda a desfolha da mucuna preta durante todo o ciclo, demonstrando preferência por esta espécie em relação às outras. Utilizou-se formicidas comerciais, formulações isca e pó, para o controle. Empregou-se ainda o inseticida deltamethrin, na dose de 0,2 L/ha, para

o controle da lagarta do cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*), praga que incidiu sobre a cultura do milho aproximadamente 20 dias após a germinação.

3.2.4 Avaliações das plantas de cobertura

3.2.4.1 Produtividade de matéria fresca

Para determinação da matéria fresca, todas as plantas da área útil de cada parcela foram cortadas rente ao solo e pesadas, transformando-se os valores para t/ha, conforme o espaçamento de cada espécie e forma de cultivo. Após a pesagem, as plantas foram devolvidas ao solo.

3.2.4.2 Produtividade de matéria seca

Foi retirada uma amostra de matéria fresca em cada parcela de cultivo solteiro e dos consórcios (neste caso, após homogeneização da biomassa das diferentes espécies). As amostras foram colocadas em estufa com ventilação forçada, a 65°C, até atingir peso constante. A porcentagem de matéria seca em cada amostra correspondia ao teor de matéria seca da parte aérea das plantas.

A matéria seca foi calculada pelo produto do teor de matéria seca com a produção total de matéria fresca em cada parcela, sendo os valores transformados em t/ha, de acordo com o espaçamento de cada espécie e forma de cultivo.

3.2.4.3 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

As amostras retiradas para avaliação do teor de matéria seca em cada parcela, após a secagem em estufa, foram moídas em moinho tipo Wiley e

enviadas ao laboratório de análise foliar do Departamento de Ciência do solo da UFLA, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn da parte aérea das plantas de cobertura (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Por digestão nitroperclórica foram obtidos extratos da matéria seca da parte aérea, a exceção do B, no qual a extração ocorreu por via seca. Os teores de N foram determinados pelo método Semi-Micro Kjeldahl. Os teores de P e B por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e S por turbidimetria.

O acúmulo de macro e micronutrientes foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca com o teor dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, em cada parcela. Para cada tratamento, os valores médios do acúmulo de macronutrientes foram transformados em kg/ha e os de micronutrientes em g/ha.

3.3 Segunda fase

Realizou-se um experimento com o plantio direto do feijoeiro sobre as palhadas produzidas pelas gramíneas e leguminosas dos monocultivos e consórcios descritos na fase anterior.

3.3.1 Delineamento, parcelas experimentais e tratamentos

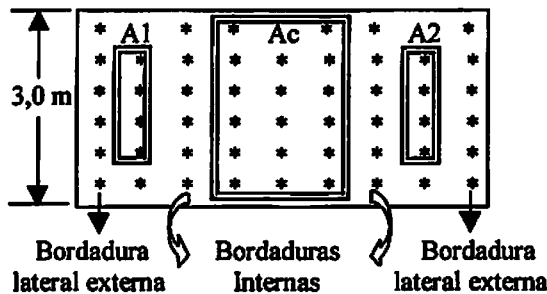
O delineamento experimental e o modelo estatístico que descreveram as observações do experimento foram os mesmos do experimento descrito anteriormente (primeira fase). Cada parcela experimental foi constituída por 9 linhas de feijoeiro (3,65 m de largura) com 3,0 m de comprimento, totalizando 10,95 m², com bordaduras laterais externas e internas de uma linha, sendo a bordadura de cabeceira correspondente ao 0,50m que separava as parcelas do

experimento anterior. A área útil de cada parcela correspondia a duas linhas para amostragem destrutiva ($1,8 \text{ m}^2$), com o objetivo de avaliar o peso de matéria seca da parte aérea na fase de floração e a três linhas centrais para as variáveis de produção e altura de plantas ($4,05 \text{ m}^2$), conforme representação esquemática da Figura 3.

Os tratamentos consistiram no cultivo do feijoeiro sobre a palhada produzida em cada tratamento do experimento da primeira fase.

3.3.2 Implantação e condução do experimento

Visando eliminar plantas daninhas e novas brotações do sorgo (espécie que na ocasião do corte ainda iniciava a fase de floração), utilizou-se o herbicida de ação total glifosate, na dose $2,0 \text{ L/ha}$, catorze dias após o corte das plantas de cobertura. Fez-se a aplicação com pulverizador tração animal.



A1 e A2 – áreas úteis da parcela para avaliação do peso de matéria seca da parte aérea ($A1 + A2 = 1,8 \text{ m}^2$);

Ac – área útil central da parcela ($4,05 \text{ m}^2$), para avaliação das variáveis de produção e altura de plantas.

FIGURA 3. Representação esquemática de uma parcela experimental, demonstrando a disposição das linhas de plantio do feijoeiro, área útil e bordaduras laterais externas e internas.

Foi realizado o plantio direto da cultivar de feijão carioca, em março de 2000, utilizando-se semeadora/adubadora de plantio direto tração mecânica, com três linhas, adaptada para trator de baixa potência (55 – 65 CV). Na adubação de plantio empregou-se a formulação comercial 4-14-8, na dose de 500 kg/ha. O espaçamento adotado foi de 0,45 m entre linhas com 12 a 15 sementes por metro linear, conforme recomendações de Embrapa (1993b) e Araújo (1998).

Houve germinação de sementes de milho nas parcelas em que esta espécie foi cultivada, uma vez que, na ocasião do corte, já havia sementes viáveis. Para o controle, realizou-se aplicação do herbicida robust (fluazifop-p-butyl + fomesafen), seletivo para o feijoeiro, na dose de 1,0 L/ha, em abril de 2000, utilizando-se pulverizador tração animal.

Não houve necessidade de realizar capinas durante o ciclo do feijoeiro, pois a infestação de plantas daninhas foi insignificante. Contudo, com relação a pragas, observou-se infestação por cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri* Ross e Moore), na qual empregou-se o inseticida carbaryl, na dose de 2,0 L/ha, para o controle.

A colheita do feijoeiro foi realizada noventa dias após o plantio.

3.3.3 Avaliações das características agronômicas do feijoeiro

3.3.3.1 Estande final

O estande final foi obtido pela contagem do número de plantas na área útil das parcelas, ao final do cultivo do feijoeiro, sendo os valores transformados em número de plantas/ha.

3.3.3.2 Altura de plantas

A avaliação da altura foi obtida pela média de dez plantas escolhidas ao acaso na área útil de cada parcela, sendo medidas do solo até a base do pecíolo da última folha recém formada, no estágio de floração plena.

3.3.3.3 Peso de matéria seca da parte aérea

Foi determinada a quantidade de matéria fresca em 1,8 m² de área útil de cada parcela, cortando-se as plantas rente ao solo na fase de floração plena e pesadas. Posteriormente, foram retiradas amostras de cada parcela, colocadas em sacos de papel e levadas à secagem em estufa com ventilação forçada, sob temperatura de 65°C, até atingirem peso constante. Após a secagem, o material foi pesado, determinando-se o teor de matéria seca da parte aérea e multiplicando-se pela quantidade de matéria fresca calculada anteriormente. Os valores foram transformados em kg/ha para indicação da peso de matéria seca da parte aérea do feijoeiro em cada tratamento.

3.3.3.4 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi obtido pela média aritmética do número de vagens de dez plantas, escolhidas ao acaso na área útil central de cada parcela.

3.3.3.5 Número de grãos por vagem

Das dez plantas utilizadas para calcular o número de vagens por planta, foram tomadas ao acaso quinze vagens, procedendo-se à contagem e determinando-se o valor médio do número de grãos por vagem.

3.3.3.6 Peso médio de cem grãos

O peso médio de cem grãos foi determinado pela estimativa do peso médio de três amostras de cem grãos por parcela. Para cada bloco determinou-se a umidade inicial média e, em cada amostra de cem grãos, realizou-se a correção do peso obtido originalmente para 13% de umidade, segundo a expressão a seguir, sugerida por ABEAS (1987):

$$Pf = \frac{Pi(100 - Ui)}{(100 - Uf)}$$

Em que:

Pf: peso final dos grãos para a umidade requerida (peso corrigido);

Pi: peso inicial dos grãos colhidos;

Ui: umidade inicial por ocasião da pesagem;

Uf: umidade final requerida para correção.

3.3.3.7 Rendimento de grãos

Foi determinado o rendimento de grãos pesando-se a produção obtida na área útil central de cada parcela e transformando-se os valores em kg/ha. Fez-se correção para 13% de umidade, conforme a expressão sugerida por ABEAS (1987).

3.4 Estudo das propriedades químicas do solo

3.4.1 Descrição geral

O estudo do solo foi desenvolvido durante a primeira e segunda fases do trabalho. Na área, procedeu-se à verificação de algumas modificações químicas ocorridas no solo em função do cultivo solteiro e consorciado das plantas de cobertura e em função do plantio direto do feijoeiro sobre as diferentes palhadas produzidas. Avaliou-se o solo em três profundidades e por duas ocasiões: no período intermediário entre o manejo das plantas de cobertura e o plantio do feijoeiro (primeira avaliação); e ao final do experimento com o feijoeiro em plantio direto (segunda avaliação).

3.4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Para a primeira avaliação, foi estudado, nas parcelas, o efeito das diferentes plantas de cobertura e da vegetação natural de uma área em pousio adjacente ao experimento, semelhante ao local de implantação do ensaio. Esta foi considerada condição natural do solo, pois permaneceu em pousio, sem realização de preparo do solo, calagem e adubação corretiva. Na segunda avaliação, estudou-se, nas parcelas, o efeito das palhadas produzidas pelas plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e também a situação da área em pousio. Nas subparcelas, para as duas avaliações, verificou-se o efeito das profundidades.

O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento em cada avaliação sobre as diferentes espécies cultivadas e palhadas produzidas, nas três profundidades, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + tb_{ij} + p_k + tp_{ik} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o efeito das plantas de cobertura e área em pousio i , na profundidade k , no bloco j ;

μ é uma constante;

t_i é o efeito dos tratamentos com as plantas de cobertura e área em pousio i ,
 $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

b_j é o efeito do bloco j , $j = 1, 2, 3, 4$;

tb_{ij} é o erro experimental (a);

p_k é o efeito da profundidade k , $k = 1, 2, 3$;

tp_{ik} é o efeito da interação dos tratamentos de plantas de cobertura e área em pousio i com a profundidade k ;

e_{ijkl} é o erro experimental (b).

3.4.3 Tratamentos

Os tratamentos consistiram no solo sob cultivo solteiro e consorciado das plantas de cobertura (primeira avaliação) e no solo com plantio direto do feijoeiro sobre as palhadas produzidas anteriormente (segunda avaliação). Também foi considerado tratamento, nas duas avaliações, o solo sob vegetação natural da área em pousio. Observou-se o efeito desses tratamentos nas profundidades 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm, perfazendo um total de 36 tratamentos para cada época de amostragem.

3.4.4 Condução do experimento

Após o manejo das plantas de cobertura, anteriormente ao plantio do feijoeiro, procedeu-se a amostragem do solo em cada parcela e na área em pousio, nas profundidades já mencionadas, segundo sugestões de Balbino et al. (1996) para amostragem de solo em plantio direto. Foram coletadas cinco amostras simples para constituir uma amostra composta em cada parcela, utilizando-se trado holandês.

Ao final do cultivo do feijoeiro, após a colheita, realizou-se nova amostragem do solo, nas mesmas profundidades, correspondendo à segunda época de avaliação. Foram retiradas três amostras simples, utilizando-se enxadão, as quais foram homogeneizadas para constituir uma amostra composta para cada parcela e para a área em pousio.

Todas as amostras, ao término de cada coleta, foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, em Lavras-MG, para a realização das análises químicas.

3.4.5 Avaliações

Por meio da análise química foram realizadas determinações de pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e matéria orgânica, bem como soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por bases (V), teores de N-total, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ e de S-SO₄⁻² (apenas na segunda avaliação). As determinações foram efetuadas conforme Vettori (1969), com modificações pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1979), quais sejam: o pH em água (na proporção de 1:2,5 para solo : água); Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ (extraídos pelo KCl 1 N); P e K (extraídos pelo HCl 0,05 + H₂SO₄ 0,025 N) e acidez extraível (H + Al) (SMP). O carbono

orgânico foi determinado pelo método colorimétrico e a matéria orgânica foi estimada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724 (Tomé Jr., 1997). Os teores de N-total foram determinados pelo método de Micro Kjeldahl e N-NO_3^- e N-NH_4^+ por extração com KCl 1 N e destilação com MgO e liga de Devarda (Bremner, 1965).

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos para cada variável da primeira e segunda fase foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância (Banzatto e Kronka, 1995; Ferreira, 1996b), sendo transformados quando as variâncias não encontravam-se homogêneas. Os dados de produtividade de matéria seca, acúmulos de N, P, K, S e Mn, foram transformados em \sqrt{x} , enquanto que os conteúdos acumulados de Ca, Mg, B e Fe foram transformados em Log x. Posteriormente, realizou-se análise de variância e, para os efeitos significativos, comparação entre médias de tratamentos pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Foram realizadas ainda, as análises de variância dos dados referentes ao efeito no solo do cultivo das plantas de cobertura (primeira avaliação) e das palhadas durante o plantio direto do feijoeiro (segunda avaliação). Realizou-se uma análise estatística para cada época de amostragem. Testou-se a significância dos efeitos principais e da interação de plantas de cobertura e profundidades pelo teste F. Quando os efeitos foram significativos realizou-se comparação de médias pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade. Foram realizados os desdobramentos de plantas de cobertura dentro de profundidades e vice-versa, no caso das interações significativas. Quando os efeitos isolados foram significativos, estes foram apresentados em tabelas ou representados graficamente. Para realização das análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeira fase

4.1.1 Produtividade de matéria fresca e matéria seca

Observando-se os dados constantes da Tabela 1A, verifica-se que houve diferença significativa entre os cultivos solteiros e consorciados para todas variáveis analisadas. Quanto à produção de matéria fresca (MF) destacou-se o sorgo em cultivo solteiro (Tabela 2), diferindo significativamente das demais espécies, as quais foram estatisticamente iguais, exceto mucuna preta e feijão de porco em cultivo solteiro, que apresentaram as menores produtividades.

De modo geral, as produtividades observadas neste trabalho encontram-se inseridas e, em alguns casos, superam os limites citados por Alcântara e Bufarah (1988), para milho (35 a 55 t MF/ha) e para sorgo (60 a 70 t MF/ha), confirmando o alto potencial de produção de matéria fresca destas espécies. Resultados semelhantes também foram observados por Caixeta (1999), em Lavras-MG, o qual destacou em seu estudo o sorgo (45,69 t MF/ha) e o milho (52,05 t MF/ha). Estes valores superaram também aqueles citados por Balbino et al. (1996). E também Teixeira (2000), que encontrou 34,79 t MF/ha para o milho.

Ainda pelos valores observados na Tabela 2, verifica-se que a produtividade de matéria fresca do feijão de porco em cultivo solteiro foi menor que os valores obtidos por Monegat (1991) e por Alvarenga et al. (1995), além de não se inserir nos limites de produtividade de 14 a 30 t MF/ha, estabelecidos por Calegari (1995), para esta espécie. No entanto, foi semelhante aos resultados de Ferreira (1996a) e superior às médias encontradas por Santos (1999 e 2000).

TABELA 2 – Produção de matéria fresca, matéria seca e teor de matéria seca produzidos pelas plantas de cobertura em monocultivo e em consórcio. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	Matéria fresca (t/ha)	Teor de matéria seca (%)	Matéria seca (t/ha)
Milheto + mucuna preta	40,05 b	44,76 a	17,01 a
Milheto + feijão de porco	32,92 b	33,39 b	10,81 b
Sorgo + mucuna preta	47,50 b	19,39 d	9,21 b
Sorgo + feijão de porco	55,88 b	23,06 c	11,18 b
Milho + mucuna preta	43,75 b	28,45 c	12,42 b
Milho + feijão de porco	43,51 b	27,03 c	11,70 b
Milheto	45,76 b	34,43 b	14,18 a
Sorgo	77,19 a	20,26 d	15,48 a
Milho	45,79 b	26,83 c	12,17 b
Mucuna preta	5,29 c	25,01 c	1,09 d
Feijão de porco	13,96 c	24,71 c	3,43 c
Média geral	41,05	27,94	10,02

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

A produtividade de matéria fresca da mucuna preta em cultivo solteiro não atingiu os limites de 10 a 40 t/ha, citados por Alcântara e Bufarah (1988) e por Calegari (1995). O resultado encontrado esteve abaixo do observado por diversos autores (Monegat, 1991; Alvarenga et al., 1995; Ferreira, 1996a; Santos, 1999 e 2000; Amabile, Fancelli e Carvalho, 2000).

De maneira geral, a baixa produtividade de matéria fresca das leguminosas neste trabalho pode ser explicada pelo fato de não terem sido realizadas adubações ou inoculação das sementes e, especialmente para a mucuna preta, deve-se enfatizar o intensivo ataque de formigas cortadeiras, desde a germinação.

Para a produção de matéria seca (MS), o consórcio milheto e mucuna preta, sorgo solteiro e milheto solteiro destacaram-se dos demais tratamentos e

apresentaram as maiores produtividades (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Salton e Hernani (1994), quando observaram produtividade de 14 t/ha de milho, manejado aos 89 dias após o plantio.

Os valores encontrados no presente estudo superaram os obtidos por Salton (1993), para sorgo solteiro e para o consórcio milho com mucuna preta e por Nolla (1999), para o consórcio do milho com as leguminosas, além de Calegari et al. (1993a) e Oliveira et al. (2000), para milho. Vale ressaltar que os resultados observados por Menezes et al. (2000) para milho em cultivo solteiro, consorciado com feijão de porco e com mucuna preta, também foram inferiores aos obtidos neste estudo.

A média geral de produtividade deste trabalho foi de 10,02 t MS/ha (Tabela 2), valor superior a 6,0 t/ha, citado por Denardin e Kochhann (1993) e por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de adição de matéria seca em um sistema de rotação de culturas, para que se mantenha adequada a cobertura do solo. Embora Bayer (1996) e Fiorin (1999), citados por Amado (2000), relatem que o aporte deveria ser maior (10 a 12 t MS/ha), de todos os tratamentos estudados, apenas as leguminosas em cultivo solteiro não alcançaram ou aproximaram-se dessa produtividade recomendada por estes autores.

A produtividade média de matéria seca do feijão de porco não atingiu os limites de 7,0 a 9,0 t/ha, citados por Alcântara e Bufarah (1988). De-Polli e Chada (1989), Monegat (1991), Alvarenga et al. (1995) e Aita (1997) também observaram resultados superiores aos deste estudo para esta espécie e para mucuna preta.

Ainda para o feijão de porco, Araújo e Almeida (1993), Ceretta et al. (1994) e Fiorin et al. (1998) obtiveram resultados superiores, enquanto Calegari (1995) registou melhor desempenho da mucuna em comparação com o presente trabalho. Contudo, segundo este mesmo autor, a produtividade de matéria seca

do feijão de porco encontra-se no limite mínimo da produção geralmente obtida no Paraná.

Outros autores, como Ferreira (1996a), Santos (1999 e 2000), Menezes et al. (2000) e Oliveira et al. (2000), obtiveram uma produtividade média das leguminosas semelhante ao observado neste trabalho. A baixa produtividade de matéria seca encontrada no presente estudo, principalmente da mucuna preta, provavelmente pode ter decorrido do ataque de formigas cortadeiras no decorrer do experimento, como mencionado anteriormente, afetando a produção de matéria fresca e, conseqüentemente, de matéria seca.

A produção de matéria fresca e matéria seca do sorgo em cultivo isolado foi maior que a produção do consórcio desta espécie com as leguminosas, discordando dos resultados observados por Aita (1997). Este autor afirmou que a produção de matéria seca do consórcio de gramíneas com leguminosas é superior em relação ao cultivo isolado de cada espécie.

O milho em cultivo solteiro apresentou produção de matéria fresca e matéria seca semelhante à produzida quando consorciado com as leguminosas.

Os consórcios do milheto com as leguminosas produziram quantidade de matéria fresca semelhante ao cultivo isolado da gramínea. A produção de matéria seca do cultivo solteiro foi semelhante à do consórcio com a mucuna preta e menor com o feijão de porco.

4.1.2 Teor e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

Pode-se verificar, pelos dados constantes da Tabela 2A, que houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de macro e micronutrientes da parte aérea, à exceção de K, Fe e Mn.

As médias dos tratamentos, para cada nutriente avaliado, podem ser observadas na Tabela 3. Os teores de macronutrientes foram maiores no feijão de porco em cultivo solteiro, sendo estes resultados superiores aos encontrados por Araújo e Almeida (1993) e por Miyazawa, Pavan e Calegari (1993). No caso destes últimos autores, apenas para N e Ca, tendo em vista que os valores por eles observados para P, K, e Mg superaram os obtidos neste trabalho.

Para o teor de N, o feijão de porco apresentou 34,45 g/kg de matéria seca, diferindo significativamente dos demais tratamentos, que foram estatisticamente semelhantes. Este valor supera àquele citado por Ceretta et al. (1994), de 25,8 g/kg e por Calegari (1995), de 31,9 g/kg, o que sugere um bom suprimento deste nutriente para as plantas, seja fornecido pelo solo ou por fixação biológica, processo no qual a própria leguminosa estaria inserida.

Pelos dados da Tabela 3, observa-se que milho e sorgo em cultivo solteiro apresentaram valores inferiores aos limites citados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) para o teor adequado de N, que estaria situado de 27,5 a 32,5 g/kg e de 13 a 15 g/kg, respectivamente, apesar de ter sido realizada adubação nitrogenada em cobertura, no caso do milho.

Quanto ao P, os maiores teores foram observados para o feijão de porco, mucuna preta, sorgo e milheto, todos em cultivo solteiro. Os teores apresentados por estes tratamentos são superiores a 1,3 g/kg e 1,5 g/kg, valores citados por Calegari (1995) como teores de P adequados para mucuna preta e feijão de porco, respectivamente, mostrando um estado nutricional adequado das leguminosas, com relação a esse elemento. No entanto, vale-se ressaltar que o teor de P no milho e no sorgo encontra-se abaixo daquele citado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), no qual os níveis adequados do elemento estariam entre 2,5 e 3,5 g/kg e entre 4,0 e 8,0 g/kg, respectivamente.

TABELA 3 – Teores de macro e micronutrientes da fitomassa das plantas de cobertura por ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg					
Milheto + mucuna preta	6,70 b	1,33 b	19,45 a	4,92 c	2,44 b	1,77 a
Milheto + feijão de porco	10,10 b	1,05 b	18,19 a	5,63 c	3,21 a	1,83 a
Sorgo + mucuna preta	15,15 b	1,38 b	16,63 a	5,21 c	3,03 a	0,89 b
Sorgo + feijão de porco	12,40 b	1,60 b	17,25 a	4,97 c	2,92 a	0,85 b
Milho + mucuna preta	13,70 b	1,15 b	14,74 a	6,43 c	3,25 a	1,04 b
Milho + feijão de porco	9,35 b	1,05 b	16,00 a	5,49 c	2,37 b	0,84 b
Milheto	10,25 b	1,79 a	18,82 a	7,03 c	3,90 a	1,87 a
Sorgo	12,70 b	1,74 a	16,31 a	5,25 c	3,56 a	0,83 b
Milho	13,00 b	1,52 b	18,51 a	5,57 c	2,67 b	1,07 b
Mucuna preta	17,95 b	2,05 a	18,51 a	15,49 b	2,22 b	1,54 a
Feijão de porco	34,45 a	2,43 a	16,31 a	29,62 a	3,42 a	2,33 a
Média geral	14,16	1,56	17,34	8,69	3,00	1,35
PLANTAS DE COBERTURA	Micronutrientes					
	B	Zn	Cu	Fe	Mn	
	mg/kg					
Milheto + mucuna preta	10,51 c	12,41 b	3,94 b	78,02 a	66,24 a	
Milheto + feijão de porco	10,08 c	14,63 b	5,24 b	94,29 a	80,61 a	
Sorgo + mucuna preta	12,70 c	13,81 b	5,83 b	130,71 a	58,56 a	
Sorgo + feijão de porco	12,57 c	15,46 b	6,12 b	117,03 a	53,77 a	
Milho + mucuna preta	12,02 c	11,77 b	5,47 b	134,94 a	72,58 a	
Milho + feijão de porco	10,71 c	10,31 b	4,62 b	84,50 a	67,31 a	
Milheto	13,61 c	20,88 a	5,04 b	149,36 a	105,86 a	
Sorgo	9,91 c	17,98 a	6,61 b	100,16 a	60,49 a	
Milho	14,05 c	19,85 a	5,73 b	101,18 a	80,92 a	
Mucuna preta	26,02 b	20,89 a	11,21 a	206,28 a	75,91 a	
Feijão de porco	44,51 a	19,29 a	7,79 b	152,64 a	49,48 a	
Média geral	16,06	16,12	6,15	122,65	70,16	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Para o teor de Ca, destacou-se o feijão de porco em cultivo solteiro, seguido da mucuna preta, os quais foram estatisticamente diferentes entre si e dos demais tratamentos. Os teores de Mg e S variaram entre as espécies em cultivo solteiro e consorciado. De maneira geral, estes elementos encontram-se em teores adequados, situados entre os limites para mucuna preta e feijão de porco (Calegari, 1995) e para milho e sorgo (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

A composição química da matéria seca da parte aérea de milheto, avaliada por Salton e Hernani (1994), também na fase inicial de formação de grãos, apresentou valores para N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, acima dos encontrados no presente estudo.

Quanto aos micronutrientes, o teor de B no feijão de porco em cultivo solteiro foi estatisticamente superior, seguido da mucuna preta, também em cultivo isolado, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3).

O teor de Zn apresentou-se estatisticamente diferente entre as espécies, de acordo com a forma de cultivo. Todas as espécies em cultivo isolado foram superiores aos consórcios. Pode-se atribuir tal fato a um possível efeito de competição entre as espécies por este micronutriente.

Com relação ao teor de Cu, a mucuna preta em cultivo solteiro destacou-se dos outros tratamentos, sendo inferior ao observado por Ferreira (1996a), o que também ocorreu com o feijão de porco.

Os teores de Zn, Cu e Mn na matéria seca do feijão de porco encontrados por Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) foram superiores aos obtidos neste estudo. Contudo, os teores de Zn e Mn, além de P, K, Ca e Mg, se encontraram acima daqueles obtidos por Ferreira (1996a), para mucuna preta e feijão de porco. Apenas o teor de N na mucuna preta foi inferior ao citado por este autor.

O resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo médio de macro e micronutrientes nas plantas, encontra-se na Tabela 3A. Verifica-se, pelos dados apresentados, que houve efeito significativo dos tratamentos para todos os macro e micronutrientes analisados, exceto para o Ca.

Observando-se os dados apresentados na Tabela 4, constata-se que apenas a mucuna preta apresentou baixo conteúdo de N acumulado quando comparada aos demais tratamentos que, independente da forma de cultivo, acumularam quantidade superior a 110 kg de N/ha.

O acúmulo de P foi estatisticamente superior nos cultivos solteiros de milho, milheto e sorgo, bem como nos consórcios sorgo e feijão de porco e milheto e mucuna preta.

Quanto ao conteúdo acumulado de K, sorgo e milheto em cultivo solteiro e o consórcio milheto e mucuna preta forneceram as maiores quantidades ao solo na ocasião do manejo (Tabela 4), possivelmente pela maior quantidade de matéria seca produzida nestes tratamentos (Tabela 2).

Para o Mg, observou-se que as leguminosas em cultivo solteiro apresentaram menor acúmulo. Já o S foi estatisticamente superior nos tratamentos em que foi cultivado milheto, independente da forma de cultivo.

O conteúdo acumulado de N, P e K foi inferior ao observado por Ceretta et al. (1994) para feijão de porco. Ademais, a quantidade de macronutrientes acumulada pela mucuna preta e feijão de porco, em cultivo solteiro, foi inferior àquela obtida por Alvarenga et al. (1995), à exceção do Ca, para esta última espécie e do S, que não foi avaliado pelo autor em seus estudos. Aita (1997) relata resultados médios obtidos por diversos autores, em diferentes condições edafoclimáticas, em que o acúmulo de N é superior ao obtido neste trabalho: 161 kg/ha para mucuna preta e 144 kg/ha para feijão de porco.

TABELA 4 – Acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de cobertura por ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg/ha					
Milheto + mucuna preta	131,06 a	21,51 a	329,02 a	72,43 a	38,37 a	29,55 a
Milheto + feijão de porco	129,12 a	10,96 b	197,45 b	54,50 a	31,41 a	19,48 a
Sorgo + mucuna preta	135,78 a	12,29 b	150,96 b	47,23 a	27,27 a	7,93 b
Sorgo + feijão de porco	161,46 a	17,88 a	191,23 b	54,88 a	32,25 a	9,58 b
Milho + mucuna preta	165,61 a	14,05 b	181,80 b	73,58 a	38,81 a	12,58 b
Milho + feijão de porco	114,41 a	12,03 b	185,97 b	63,41 a	27,13 a	9,74 b
Milheto	162,71 a	24,81 a	267,56 a	93,28 a	53,80 a	25,59 a
Sorgo	198,52 a	26,17 a	247,90 a	79,65 a	53,66 a	12,88 b
Milho	156,64 a	18,58 a	223,66 b	66,77 a	32,11 a	12,99 b
Mucuna preta	25,42 b	2,18 c	20,84 d	14,60 a	2,11 c	1,69 c
Feijão de porco	127,62 a	8,35 b	55,61 c	100,88 a	11,52 b	7,93 b
Média geral	132,12	14,35	172,58	51,49	25,12	12,44

PLANTAS DE COBERTURA	Micronutrientes				
	B	Zn	Cu	Fe	Mn
	g/ha				
Milheto + mucuna preta	161,50 a	215,89 a	66,77 a	1253,07 a	1054,81 a
Milheto + feijão de porco	100,36 a	162,87 b	59,40 a	869,90 a	813,06 b
Sorgo + mucuna preta	108,85 a	123,51 b	53,31 a	1031,58 a	505,78 b
Sorgo + feijão de porco	132,54 a	169,74 b	69,43 a	1133,62 a	603,47 b
Milho + mucuna preta	138,85 a	145,34 b	66,26 a	1514,36 a	857,30 a
Milho + feijão de porco	122,41 a	117,44 b	53,73 a	961,33 a	734,72 b
Milheto	157,17 a	292,41 a	69,86 a	1871,66 a	1409,10 a
Sorgo	136,97 a	279,63 a	102,26 a	1425,77 a	922,64 a
Milho	165,49 a	237,53 a	70,87 a	1148,63 a	965,28 a
Mucuna preta	24,68 b	28,07 c	13,15 b	168,16 c	84,58 c
Feijão de porco	145,87 a	68,10 c	27,46 b	435,43 b	168,39 c
Média geral	115,96	167,32	59,32	923,46	674,05

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

No entanto, as quantidades acumuladas de N, P, e Mg estão inseridas nos limites citados por Melarato (1999) para feijão de porco. K e Ca superaram os valores citados por este autor e, para S, obteve-se um valor aproximado.

No consórcio milho e feijão de porco, Nolla (1999) observou os conteúdos acumulados de N, P, K, Ca e Mg, inferiores aos obtidos no presente trabalho, o que, possivelmente, deve-se à menor produtividade de matéria seca encontrada pelo autor. Os mesmos resultados aplicam-se para o consórcio milho e mucuna preta, exceto para N e P, nos quais este autor obteve maiores valores.

De maneira geral, o milheto em cultivo solteiro e o consórcio deste com a mucuna preta destacaram-se como os tratamentos em que houve maior acúmulo de macronutrientes, a serem fornecidos ao solo para o cultivo seguinte.

Para os micronutrientes, destacaram-se com os melhores resultados, o milheto em cultivo solteiro e consorciado com mucuna preta, juntamente com o sorgo e o milho, cultivados isoladamente. Observa-se, pela Tabela 4, que o acúmulo de B foi inferior apenas na mucuna preta em cultivo isolado, sendo as outras plantas de cobertura estatisticamente iguais para este elemento, enquanto que, para o acúmulo de Zn, destacaram-se os cultivos solteiros de milho, milheto e sorgo e o consórcio milheto com mucuna preta.

Para Cu e Fe, apenas as leguminosas em cultivo solteiro apresentaram acúmulo em quantidades inferiores. O maior acúmulo de Mn ocorreu nos consórcios de milheto com mucuna preta e milho com mucuna preta, além do milheto, sorgo e milho, todos em cultivo solteiro.

As quantidades de macro e micronutrientes fornecidas pela mucuna preta em cultivo solteiro encontram-se abaixo daquelas citadas por Ferreira (1996a). Este fato deve-se, provavelmente, à baixa produtividade de matéria seca obtida neste trabalho. No feijão de porco, exceto para Cu e Mn, o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e Zn superou os obtidos por este autor, o que ocorreu devido ao maior teor dos elementos encontrados e à maior quantidade de matéria seca

produzida no presente estudo. Porém, o conteúdo acumulado de N no feijão de porco foi inferior ao encontrado por Fiorin et al. (1998).

Diante dos resultados apresentados por diversos autores, constata-se que maiores estudos devem ser realizados com a finalidade de compreender melhor as interações de gramíneas e leguminosas para cobertura do solo no plantio direto, de forma a obter conhecimentos mais aprofundados e fornecer recomendações seguras sobre este sistema de produção.

4.2 Segunda fase

4.2.1 Características agronômicas do feijoeiro

O resumo das análises de variância realizadas para as características agronômicas do feijoeiro encontram-se na Tabela 4A. Pelos dados apresentados, verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis altura de plantas, número de vagens por planta, peso médio de cem grãos e rendimento de grãos. Estes valores foram superiores aos encontrados por Siqueira (1989), incluindo o número de grãos por vagem.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao estande final (Tabela 5). Com relação à altura de plantas, os feijoeiros cultivados sobre palhada de mucuna preta e feijão de porco, ambos em cultivo solteiro, bem como dos consórcios sorgo com mucuna preta e sorgo com feijão de porco, apresentaram as menores alturas quando comparados às plantas dos demais tratamentos, como se pode observar na Tabela 5.

É possível que, nos tratamentos com as leguminosas em cultivo solteiro, devido a decomposição mais rápida da palhada, tenha ocorrido maior evaporação direta da água retida no solo, além de possibilitar temperatura mais

TABELA 5 – Características agronômicas do feijoeiro em plantio direto sobre palhada de gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

TRATAMENTOS	Características agronômicas do feijoeiro						
	Estande final (plantas/ha)	Altura de plantas (cm)	Peso de MSPA (kg/ha)	Número de vagens/ planta	Número de grãos/ vagem	Peso médio de cem grãos (g)	Rendimento de grãos (kg/ha)
PDFS milho + mucuna preta	153086,41 a	41,67 a	997,28 a	6,57 b	4,20 a	17,92 b	505,27 a
PDFS milho + feijão de porco	141975,29 a	41,22 a	989,87 a	6,12 b	4,75 a	17,78 b	525,58 a
PDFS sorgo + mucuna preta	127777,76 a	35,85 b	558,69 a	5,97 b	4,12 a	17,29 b	347,28 b
PDFS sorgo + feijão de porco	139506,16 a	37,02 b	990,97 a	6,07 b	4,35 a	17,18 b	439,47 b
PDFS milho + mucuna preta	145061,71 a	39,25 a	746,09 a	5,30 c	4,70 a	17,40 b	451,78 b
PDFS milho + feijão de porco	124691,34 a	40,45 a	826,81 a	4,52 c	4,55 a	16,83 b	321,44 b
PDFS milho	128395,05 a	47,95 a	1126,99 a	9,05 a	4,52 a	19,43 a	640,31 a
PDFS sorgo	125308,63 a	38,45 a	914,34 a	6,20 b	4,82 a	17,95 b	434,39 b
PDFS milho	137034,52 a	44,53 a	1002,90 a	6,35 b	4,30 a	17,72 b	443,97 b
PDFS mucuna preta	156172,82 a	31,67 b	736,79 a	4,15 c	4,25 a	17,43 b	351,04 b
PDFS feijão de porco	132098,75 a	29,90 b	905,34 a	5,12 c	4,57 a	19,23 a	340,32 b
Média geral	137373,49	38,99	890,55	5,95	4,47	17,83	436,44

PDFS: plantio direto do feijoeiro sobre. MSPA: matéria seca da parte aérea. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott e Knott, a 5% de probabilidade.

elevada, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento radicular e o crescimento das plantas. Considerando afirmação de Bonde e Willis (1969), citados por Balbino et al. (1996), de que quanto menor a quantidade de resíduos na superfície, maior a taxa de evaporação de água no solo ao longo do tempo, pode-se supor que, nos demais tratamentos, onde a produção de matéria seca foi maior (Tabela 2), tenham ocorrido melhor proteção do solo, menor evaporação e um aumento da capacidade de armazenamento de água da chuva, que favoreceu o crescimento das plantas.

De maneira geral, mesmo tendo ocorrido diferenças quanto a altura de plantas, o peso de matéria seca da parte aérea do feijoeiro não foi afetado pelas diferentes palhadas das plantas de cobertura (Tabela 5).

Quanto ao número de vagens por planta, destacou-se como melhor tratamento o plantio do feijoeiro sobre palhada de milho em cultivo solteiro (Tabela 5). Este resultado possivelmente pode ser explicado pelo fato de o milho ter produzido grande quantidade de matéria seca, proporcionando boa cobertura do solo, o que provavelmente manteve maior umidade, propiciando a formação de maior número de flores e, conseqüentemente, de vagens. Embora os tratamentos sorgo solteiro e o consórcio milho e mucuna preta tenham apresentado produção de matéria seca semelhante ao milho solteiro (Tabela 2), a permanência da palhada na superfície por maior período de tempo pode ter sido responsável por esta diferença no número de vagens por planta. Vale ressaltar que, durante o período da floração, aproximadamente 45 dias após a germinação, ocorreu a última chuva no local (Figura 1). Segundo O'Toole et al. (1977), citados por Portes (1996), o estresse hídrico reduz a fotossíntese, tornando escassa a disponibilidade de fotossintatos para o enchimento das vagens, podendo acarretar a queda das mesmas, fato este que pode ter ocorrido nos demais tratamentos.

Pela Tabela 5, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável número de grãos por vagem. Quanto ao peso médio de cem grãos, pode-se verificar que destacaram-se com os melhores resultados, as plantas cultivadas sobre as palhadas do feijão de porco e do milheto, ambos em cultivo solteiro.

As possíveis explicações para estes resultados podem ser atribuídas ao fato de o feijão de porco ter disponibilizado o N em menor tempo que as demais plantas de cobertura estudadas, devido a sua rápida decomposição (baixa relação C/N, segundo Miyazawa, Pavan e Calegari, 1993; Calegari et al., 1993a; Alvarenga et al., 1995).

Além disso, de acordo com Oliveira, Araujo e Dutra (1996), a maior acumulação de N no feijoeiro ocorre entre cinquenta e sessenta dias após a germinação, período de grande exigência em nutrientes, para produção de matéria fresca, formação de vagens e grãos. Segundo Resende et al. (2000), sessenta dias é o prazo necessário para que ocorra mineralização de metade do N contido na parte aérea do feijão de porco. Assim sendo, é provável que a disponibilização mais rápida do N, coincidindo com o período de exigência da cultura, tenha sido o fator que propiciou o melhor desenvolvimento das plantas e a produção de grãos maiores pelo feijoeiro cultivado sobre a palhada desta leguminosa. Este resultado é semelhante àquele obtido por Teixeira (1998), que observou aumento no peso médio de cem grãos, devido aumento nas doses de N utilizadas em adubação.

Já o milheto, com produção de matéria seca acima de 14 t/ha (Tabela 2), possivelmente propiciou maior proteção ao solo e maior retenção de umidade, diminuindo o déficit hídrico e favorecendo a formação de grãos adequadamente. Este resultado está de acordo com os observados por Voss e Sidiras, citados por Balbino et al. (1996), os quais relataram que a maior conservação da água no solo e a menor variação de temperatura do mesmo, foram os principais fatores

responsáveis pelo aumento de produtividade em seus estudos com plantio direto do feijoeiro.

Pelos dados da Tabela 5, verifica-se que os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos com milheto, independente da forma de cultivo. Possivelmente, a elevada quantidade de matéria seca produzida (Tabela 2) com maior acúmulo de macro e micronutrientes apresentado por estes tratamentos (Tabela 4) e a alta relação C/N do milheto (Calegari et al., 1993a) tenham possibilitado maior tempo de permanência da palhada na superfície do solo, o que pode ter contribuído positivamente com o desenvolvimento das plantas de feijão e proporcionado maior rendimento de grãos.

Deve-se enfatizar que, em observações de campo durante a execução do experimento, pôde-se constatar a maior porcentagem de cobertura do solo nos tratamentos com milheto. Nas parcelas onde foram cultivados sorgo ou milho, as folhas (com relação C/N menor) decompunham-se mais rapidamente, permanecendo os colmos, os quais não abrangiam área suficiente para proteger o solo por completo, o que pode ter ocasionado maior evapotranspiração, maior consumo de água e, conseqüentemente, menor rendimento.

A média geral de produtividade do experimento foi cerca de 436 kg/ha. Este resultado encontra-se abaixo dos valores observados por Silva (1994), Teixeira (1998) e Valério (1998). O fator preponderante para essa diferença parece estar relacionado ao estande superior e à irrigação utilizada por estes autores em seus estudos.

O resultado observado neste estudo aproxima-se da média de produção do feijão da seca no plantio convencional em Minas Gerais, entre os anos de 1984 e 1993 (Moura, Paiva e Resende, 1994) e está de acordo com Santos e Braga (1998). Ademais, Zaffaroni et al. (1991) obtiveram uma produtividade semelhante, enquanto Souza (2000) obteve uma produtividade de apenas 320 kg/ha, em trabalho realizado na mesma área experimental do presente estudo,

fato que sugere um melhor desempenho das plantas com relação ao severo déficit hídrico, tendo em vista que não se realizou irrigação, mesmo com ausência total de chuvas, desde a floração até a colheita (Figura 1).

O plantio direto do feijoeiro foi influenciado pelas diferentes palhadas e foi mais favorecido pelos tratamentos que mantiveram maior proteção do solo, o que possivelmente diminuiu a evaporação e reteve maior quantidade de água para a cultura.

4.3 Estudo das propriedades químicas do solo

4.3.1 Primeira avaliação

O resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, correspondentes à primeira amostragem e avaliadas em três profundidades, após o manejo das plantas de cobertura, são apresentados nas Tabelas 5A e 6A. Houve efeito significativo da interação das plantas de cobertura e das profundidades para pH, teores de K, Ca, Mg, Al, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V). Houve efeito isolado das profundidades para o teor de P e não ocorreu efeito dos tratamentos para CTC potencial (T) e teores de matéria orgânica (MO), N amoniacal (N-NH₄⁺), nítrico (N-NO₃⁻) e total (N-total). As médias para estas variáveis, em que não houve efeito das plantas de cobertura e profundidades, encontram-se na Tabela 7A.

Pelos dados da Tabela 6, verifica-se que o pH, na profundidade 0-5cm, foi maior nos solos sob cultivo dos consórcios milho e feijão de porco, sorgo com as leguminosas e na área em pousio, enquanto que, de 5-10cm, os maiores valores foram observados para os consórcios de milho e sorgo com as leguminosas, milho com feijão de porco, sorgo e feijão de porco (ambos em

cultivo solteiro) e na área em pousio. Destacaram-se com os menores valores na profundidade de 10-20cm, o consórcio milho e feijão de porco, milho solteiro e área em pousio.

O solo onde foi cultivado o milho solteiro, até 20cm de profundidade, mostrou-se dentre os mais baixos valores de pH. Resultado semelhante também foi relatado por Sá (1993).

Possivelmente, a maior acidez encontrada no solo sob milho tenha sido decorrência da utilização de fertilizante nitrogenado amoniacal na adubação em cobertura, pois sabe-se que a nitrificação do N amoniacal destaca-se no solo pela geração de acidez (Paiva, 1990; Vale et al., 1995a; Franchini et al., 2000).

TABELA 6 – pH em água e teor de Al do solo, após o manejo das plantas de cobertura, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	pH			Al (cmol _e /dm ³)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	5,35 b A	5,45 a A	5,47 a A	0,10 b A	0,12 c A	0,10 b A
Milheto + feijão de porco	5,50 a A	5,60 a A	5,50 a A	0,10 b A	0,12 c A	0,12 b A
Sorgo + mucuna preta	5,55 a A	5,47 a A	5,42 a A	0,10 b A	0,12 c A	0,12 b A
Sorgo + feijão de porco	5,50 a A	5,45 a A	5,47 a A	0,10 b A	0,10 c A	0,05 b A
Milho + mucuna preta	5,37 b A	5,30 b A	5,37 a A	0,22 a A	0,22 b A	0,10 b B
Milho + feijão de porco	5,17 b A	5,40 a A	5,22 b A	0,25 a A	0,25 b A	0,17 b A
Milheto	5,25 b A	5,22 b A	5,32 a A	0,12 b A	0,12 c A	0,05 b A
Sorgo	5,32 b A	5,47 a A	5,55 a A	0,07 b A	0,10 c A	0,10 b A
Milho	5,12 b A	5,17 b A	5,22 b A	0,25 a A	0,25 b A	0,15 b A
Mucuna preta	5,35 b A	5,32 b A	5,40 a A	0,15 b A	0,20 b A	0,12 b A
Feijão de porco	5,35 b A	5,42 a A	5,47 a A	0,17 a A	0,15 c A	0,12 b A
Área em pousio	5,67 a A	5,40 a B	5,02 b C	0,22 a C	0,45 a B	0,55 a A
Média geral*	5,37	5,39	5,37	0,15	0,18	0,14
Valor inicial**	5,60	5,10	5,30	0,30	0,60	0,10

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

O cultivo das plantas de cobertura não ocasionou aumento nos valores de pH do solo nos primeiros 20cm, tendo em vista que os maiores valores foram semelhantes aos da área em pousio e aos observados antes da implantação do experimento (Tabela 1).

Apenas para a área em pousio houve diferença significativa de pH entre as profundidades estudadas, sendo o maior valor encontrado de 0-5cm. As médias de pH do solo situaram-se em torno de 5,3 nas três profundidades, o que pode ser considerado acidez média (Tomé Jr., 1997).

Quanto ao Al (Tabela 6), pode-se verificar que, de 0-5cm, o maior teor foi encontrado nos tratamentos onde se cultivou feijão de porco, milho (solteiro e consorciado com as leguminosas) e na área em pousio. A partir de 5cm até os 20cm, o maior teor de Al foi observado na área em pousio, demonstrando que o cultivo das plantas de cobertura pode ter diminuído os teores deste elemento no solo, possivelmente por efeito da calagem.

De maneira geral, os tratamentos não afetaram o teor de Al em profundidade, exceto no consórcio milho e mucuna preta, no qual houve maior concentração de Al até 10cm e na área em pousio, onde esta concentração aumentou com a profundidade.

De 0-5cm, a maior acidez potencial (Tabela 7) foi encontrada no solo onde foi cultivado milho (independente da forma de cultivo), milheto solteiro e o feijão de porco. De 5-10cm, verificou-se o mesmo resultado, excluindo o feijão de porco e incluindo a área em pousio dentre os maiores valores para acidez potencial, de forma que nesta camada, o cultivo das espécies nos tratamentos citados não exerceu diminuição da acidez potencial. Todavia, de 10-20cm, apenas a área em pousio destacou-se com o maior valor para a variável em questão.

TABELA 7 – H+Al e saturação por Al (m) do solo, após o manejo das plantas de cobertura, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	H + Al (cmol _e /dm ³)			m (%)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	3,67 b A	3,75 b A	3,57 b A	4,32 b A	5,17 c A	3,90 b A
Milheto + feijão de porco	3,65 b A	3,42 b A	3,65 b A	4,15 b A	4,85 c A	4,02 b A
Sorgo + mucuna preta	3,32 b A	3,55 b A	3,22 b A	4,65 b A	5,40 c A	5,72 b A
Sorgo + feijão de porco	3,40 b A	3,25 b A	3,27 b A	3,92 b A	4,05 c A	1,90 b A
Milho + mucuna preta	3,92 a A	4,05 a A	3,52 b A	9,17 a A	10,4 b A	4,45 b A
Milho + feijão de porco	3,97 a A	4,10 a A	3,87 b A	9,62 a A	12,9 b A	7,80 b A
Milheto	4,17 a A	4,05 a A	3,45 b B	4,20 b A	4,70 c A	1,40 b A
Sorgo	3,65 b A	3,45 b A	3,10 b A	2,32 b A	3,50 c A	4,50 b A
Milho	4,05 a A	4,15 a A	3,62 b A	10,4 a A	11,2 b A	6,27 b A
Mucuna preta	3,50 b A	3,65 b A	3,37 b A	6,67 b A	8,92 b A	5,67 b A
Feijão de porco	3,82 a A	3,47 b A	3,47 b A	8,15 a A	6,97 c A	6,72 b A
Área em pousio	3,62 b C	4,37 a B	5,05 a A	13,4 a C	24,0 a B	31,6 a A
Média geral*	3,73	3,77	3,60	6,75	8,51	6,99
Valor inicial**	3,20	4,50	3,60	13,60	26,10	6,80

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

À semelhança do que ocorreu para o teor de Al, a acidez potencial aumentou gradativamente com a profundidade na área em pousio. Para o cultivo do milheto solteiro, observou-se maior acidez potencial até 10cm de profundidade.

Quanto à saturação por Al, ainda pela Tabela 7, os resultados foram os mesmos apresentados para teor de Al, isto é, na camada mais superficial, onde foi cultivado o feijão de porco, o milho (solteiro e consorciado com as leguminosas) e na área em pousio, a saturação por alumínio apresentou-se mais elevada. Dos 5cm até os 20cm, esta variável apresentou-se mais elevada na área em pousio, aumentando gradativamente com a profundidade.

As médias de saturação por Al, obtidas para cada profundidade estudada (Tabela 7), encontram-se abaixo do nível de toxidez para a cultura do feijoeiro, que seria de 20%, segundo Fageria et al. (1988), citados por Vale et al. (1995b), portanto, em uma situação ideal para a boa produção da cultura.

Pelos dados da Tabela 8, observa-se que o maior teor de K na camada de 0-5cm foi observado no solo cultivado com milho. Os menores valores foram verificados na área em pousio e no consórcio sorgo e mucuna preta, de forma que apenas neste tratamento não houve elevação do teor de K, com cultivo das plantas de cobertura. De 5-10cm, os tratamentos milho, milho e mucuna preta, todos em cultivo solteiro, apresentaram os maiores teores de K, enquanto que na maior profundidade destacou-se apenas a mucuna preta. Isto provavelmente foi decorrência do menor crescimento da cultura, afetado pela incidência de formigas cortadeiras, o que pode ter implicado na extração de menor quantidade do elemento do solo. Até 10cm, os maiores teores foram observados no solo sob milho solteiro.

À exceção da área em pousio, das leguminosas em cultivo solteiro e dos consórcios de sorgo e de milho com a mucuna preta, todos os outros tratamentos apresentaram os maiores teores de K na camada mais superficial.

Para o teor de Ca no solo, a área em pousio, na profundidade de 10-20cm, apresentou o menor valor. Analisando-se as plantas de cobertura separadamente, observa-se que não houve diferença entre as profundidades, exceto para o consórcio milho e feijão de porco e na área em pousio, onde o maior teor foi encontrado de 0-5cm.

Quanto ao teor de Mg, até 10cm de profundidade não foram encontradas diferenças entre as plantas de cobertura. De 10-20cm, os tratamentos sorgo e mucuna preta consorciados, milho e feijão de porco em cultivo solteiro e área em pousio, apresentaram os menores teores.

TABELA 8 – Teores de K, Ca e Mg do solo, após o manejo das plantas de cobertura, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	K (mg/dm ³)			Ca (cmol _e /dm ³)			Mg (cmol _e /dm ³)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	58,00 c A	33,25 b B	32,75 c B	1,90 a A	2,15 a A	1,92 a A	0,90 a A	0,90 a A	1,05 a A
Milheto + feijão de porco	41,00 d A	22,25 b B	23,50 c B	1,72 a A	1,80 a A	2,00 a A	0,95 a A	0,75 a A	0,92 a A
Sorgo + mucuna preta	28,50 e A	22,75 b A	24,75 c A	1,52 a A	1,75 a A	1,75 a A	0,87 a A	0,67 a A	0,70 b A
Sorgo + feijão de porco	37,75 d A	24,25 b B	27,00 c B	1,97 a A	2,07 a A	1,95 a A	0,67 a A	0,85 a A	1,05 a A
Milho + mucuna preta	39,50 d A	30,25 b A	28,00 c A	1,67 a A	1,57 a A	1,75 a A	0,80 a A	0,75 a A	0,87 a A
Milho + feijão de porco	51,75 c A	32,00 b B	29,00 c B	2,25 a A	1,42 a B	1,55 a B	0,85 a A	0,45 a B	0,87 a A
Milheto	133,00 a A	54,00 a B	33,50 c C	1,97 a A	1,87 a A	2,42 a A	0,65 a B	0,57 a B	1,00 a A
Sorgo	42,25 d A	28,50 b B	31,25 c B	1,85 a A	1,77 a A	2,00 a A	1,00 a A	0,97 a A	0,92 a A
Milho	69,00 b A	44,50 a B	36,25 b B	1,65 a A	1,60 a A	1,77 a A	0,62 a A	0,60 a A	0,65 b A
Mucuna preta	50,00 c A	43,50 a A	50,75 a A	2,00 a A	1,90 a A	1,92 a A	0,60 a A	0,77 a A	0,85 a A
Feijão de porco	42,50 d A	34,00 b A	38,75 b A	1,67 a A	1,67 a A	1,87 a A	0,85 a A	0,80 a A	0,62 b A
Área em pousio	25,75 e A	28,25 b A	25,75 c A	1,92 a A	1,35 a B	1,00 b B	1,10 a A	0,77 a A	0,45 b B
Média geral*	51,58	33,12	31,77	1,84	1,74	1,82	0,82	0,73	0,83
Valor inicial**	83,00	37,00	28,00	1,00	1,00	1,10	0,70	0,60	0,20

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

No consórcio milho e feijão de porco, o menor teor de Mg no solo foi encontrado de 5-10cm. Para o cultivo do milheto, observou-se maior concentração de Mg na maior profundidade, enquanto que na área em pousio, os maiores valores foram observados até 10 cm.

Provavelmente, a uniformidade dos teores de Ca e Mg no solo, de 0-20cm, tenha sido consequência da realização de calagem, com incorporação do calcário por meio de aração, antes da implantação das plantas de cobertura.

A soma de bases não diferiu entre as plantas de cobertura na camada mais superficial (Tabela 9). Porém, de 5-10cm, foi superior nos tratamentos em que se cultivou milheto consorciado com as leguminosas, sorgo solteiro e consorciado com feijão de porco e mucuna preta em cultivo solteiro. Na maior profundidade, a soma de bases foi superior também para o tratamento com milheto solteiro, além dos citados para a profundidade intermediária.

Especificamente para o consórcio de milho com feijão de porco e para a área em pousio, a soma de bases apresentou os maiores valores nos primeiros 5 cm de profundidade, enquanto que para o milheto em cultivo solteiro, esta superioridade ocorreu na camada de 10-20cm.

Pela Tabela 9, pode-se observar que para CTC efetiva houve diferença entre as plantas de cobertura apenas na profundidade de 10-20cm, destacando-se os tratamentos onde foram cultivados o milheto solteiro e consorciado com as leguminosas, o sorgo solteiro e consorciado com feijão de porco e a mucuna preta em cultivo solteiro. Para o consórcio milho com feijão de porco e para a área em pousio, a CTC efetiva foi maior nos primeiros 5 cm de profundidade, sendo superior na maior profundidade para o milheto em cultivo solteiro, em concordância com o que ocorreu para soma de bases.

TABELA 9 – Soma de bases (SB), CTC efetiva (t) e saturação por bases (V) do solo, após o manejo das plantas de cobertura, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	SB (cmol _d /dm ³)			t (cmol _d /dm ³)			V (%)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	2,97 a A	3,12 a A	3,05 a A	3,07 a A	3,25 a A	3,15 a A	44,30 a A	45,77 a A	45,95 a A
Milheto + feijão de porco	2,77 a A	2,65 a A	3,00 a A	2,87 a A	2,77 a A	3,12 a A	43,27 a A	43,17 a A	45,32 a A
Sorgo + mucuna preta	2,50 a A	2,50 b A	2,52 b A	2,60 a A	2,62 a A	2,65 b A	42,35 a A	41,27 a A	43,50 b A
Sorgo + feijão de porco	2,75 a A	3,00 a A	3,10 a A	2,85 a A	3,10 a A	3,15 a A	44,52 a A	47,35 a A	48,37 a A
Milho + mucuna preta	2,57 a A	2,42 b A	2,72 b A	2,80 a A	2,65 a A	2,82 b A	39,35 a A	36,85 b A	43,12 b A
Milho + feijão de porco	3,25 a A	1,97 b B	2,52 b B	3,50 a A	2,22 a B	2,70 b B	42,87 a A	32,70 b B	39,12 b A
Milheto	2,97 a B	2,57 b B	3,52 a A	3,10 a B	2,70 a B	3,57 a A	41,67 a B	39,05 b B	50,55 a A
Sorgo	2,97 a A	2,85 a A	3,02 a A	3,05 a A	2,95 a A	3,12 a A	45,12 a A	45,32 a A	48,77 a A
Milho	2,42 a A	2,32 b A	2,52 b A	2,67 a A	2,57 a A	2,67 b A	37,50 a A	36,17 b A	40,95 b A
Mucuna preta	2,72 a A	2,77 a A	2,90 a A	2,87 a A	2,97 a A	3,02 a A	42,95 a A	42,52 a A	45,57 a A
Feijão de porco	2,65 a A	2,57 b A	2,60 b A	2,82 a A	2,72 a A	2,72 b A	40,27 a A	42,52 a A	42,50 b A
Área em pousio	3,10 a A	2,20 b B	1,52 c C	3,32 a A	2,65 a B	2,07 b B	44,62 a A	32,92 b B	22,70 c C
Média geral*	2,80	2,58	2,75	2,96	2,76	2,90	42,40	40,47	43,03
Valor inicial**	1,90	1,70	1,40	2,20	2,30	1,50	37,40	27,40	27,60

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

A saturação por bases não apresentou diferenças entre as plantas de cobertura na camada mais superficial (Tabela 9). Contudo, de 5-10cm, foi inferior nos tratamentos em que se cultivou milho (solteiro e consorciado com as leguminosas), milheto solteiro e na área em pousio, demonstrando que não houve influência destes tratamentos para esta variável. Todavia, na camada de 10-20cm, a menor saturação por bases foi encontrada na área em pousio, de forma que pôde-se perceber uma elevação da saturação por bases com o cultivo das plantas de cobertura, possivelmente devido a calagem ter aumentado a quantidade de Ca e Mg nesta profundidade. Além disso, obtiveram-se maiores valores com relação ao valor inicial observado na área, por ocasião da instalação do experimento (Tabela 1).

A saturação por bases mostrou, ainda, aumento gradativo em profundidade para milheto em cultivo solteiro, ocorrendo resultado inverso na área em pousio. O menor valor para o consórcio milho e feijão de porco foi encontrado de 5-10cm, não havendo diferença entre as profundidades para os demais tratamentos.

Os valores médios observados para saturação por bases, para cada profundidade, em torno de 42%, encontram-se próximos de 50% que, segundo Fageria e Sant'ana (1998), é um valor adequado de saturação por bases para produção de feijão em solo sob cerrado, demonstrando o enriquecimento na fertilidade do solo com o cultivo das plantas de cobertura estudadas.

A Figura 4 expressa o comportamento do P nas diferentes profundidades de amostragem de solo. Pode-se observar que, na camada de 0-5cm, o teor de P foi superior com relação às outras, que foram estatisticamente iguais, embora tenha ocorrido diminuição gradativa em profundidade, o que denota a baixa mobilidade do elemento no solo (Vale et al., 1995b) e a menor incorporação nas camadas mais profundas.

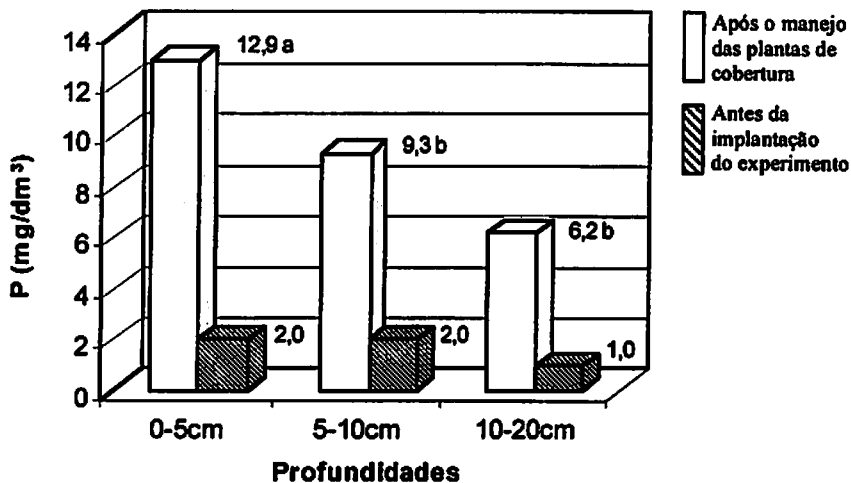


FIGURA 4. Teor de P (mg/dm^3) em função das diferentes profundidades, avaliadas em cada tratamento (após o manejo das plantas de cobertura) e na área em pousio (antes da implantação do experimento). UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

Na análise realizada após o manejo das plantas de cobertura, o teor de P é considerado médio até os 5 cm e baixo até os 20 cm de profundidade (Tomé Jr., 1997; Comissão..., 1999). Segundo Thung e Oliveira (1998), para que o plantio direto seja desenvolvido sem problemas, o teor de P deve estar acima de $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Embora não se tenha observado este valor, deve-se destacar que, com o cultivo das plantas de cobertura, obteve-se uma elevação superior a cinco vezes o teor de P original, nos 20cm de profundidade analisados antes da implantação do experimento, o que demonstra um enriquecimento do solo quanto ao teor deste elemento, possivelmente por efeito da fosfatagem corretiva realizada na área.

Independente das espécies e formas de cultivo utilizadas, não houve diferença quanto ao teor de P nos solos cultivados com as diferentes plantas de cobertura.

De modo geral, o solo cultivado com as plantas de cobertura para implantação do plantio direto apresentou-se com acidez média, baixa saturação por Al e aumento da saturação por bases em relação ao estado inicial do solo antes da instalação do experimento. Daí, pode-se inferir que as operações de calagem e correção dos baixos teores de nutrientes no solo, via fosfatagem e adubação das culturas de cobertura, são necessárias para melhorar a fertilidade do solo a ser cultivado em plantio direto.

4.3.2 Segunda avaliação

O resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, correspondentes à segunda amostragem, avaliadas em três profundidades após o ciclo do feijoeiro em plantio direto, encontram-se nas Tabelas 8A e 9A. Houve efeito significativo da interação das plantas de cobertura e das profundidades, para as variáveis pH, teores de P, K, Ca, Al, acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V). Houve efeito isolado das plantas de cobertura para os teores de Mg e $S-SO_4^{-2}$, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), teores de $N-NO_3^-$ e N-total. O efeito isolado das profundidades foi observado para o teor de $S-SO_4^{-2}$, SB, t, T, teores de matéria orgânica (MO) e $N-NO_3^-$. Não ocorreu efeito dos tratamentos com relação ao teor de N amoniacal ($N-NH_4^+$). As médias para esta variável, em que não foram observadas diferenças em relação às profundidades e plantas de cobertura, são apresentadas na Tabela 10A.

Pelos dados da Tabela 10, verifica-se que o pH do solo foi menor nos tratamentos onde havia palhada do milho consorciado com as leguminosas e sob

TABELA 10 – pH em água e teor de Al do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	pH			Al (cmol/dm ³)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	5,30 a A	5,47 a A	5,50 a A	0,15 b A	0,12 b A	0,07 b A
Milheto + feijão de porco	5,47 a A	5,35 a A	5,45 a A	0,15 b A	0,22 b A	0,17 b A
Sorgo + mucuna preta	5,25 a A	5,50 a A	5,45 a A	0,15 b A	0,15 b A	0,20 b A
Sorgo + feijão de porco	5,37 a A	5,25 b A	5,37 a A	0,20 b A	0,25 b A	0,22 b A
Milho + mucuna preta	4,92 b B	5,22 b A	5,25 b A	0,42 a A	0,27 b A	0,30 b A
Milho + feijão de porco	5,05 b A	5,10 c A	5,15 b A	0,32 a A	0,30 b A	0,22 b A
Milheto	5,42 a A	5,45 a A	5,47 a A	0,10 b A	0,17 b A	0,12 b A
Sorgo	5,37 a A	5,50 a A	5,40 a A	0,15 b A	0,17 b A	0,12 b A
Milho	5,27 a A	5,27 b A	5,35 a A	0,27 a A	0,17 b A	0,20 b A
Mucuna preta	5,25 a A	5,35 a A	5,27 b A	0,15 b A	0,17 b A	0,22 b A
Feijão de porco	5,15 b A	5,40 a A	5,17 b A	0,20 b A	0,20 b A	0,22 b A
Área em pousio	5,30 a A	4,92 c B	4,92 c B	0,40 a B	0,97 a A	0,90 a A
Média geral*	5,26	5,31	5,31	0,22	0,26	0,25
Valor inicial**	5,60	5,10	5,30	0,30	0,60	0,10

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

feijão de porco em cultivo solteiro, nos primeiros 5cm de profundidade. De 5-10cm, os menores valores de pH foram encontrados no solo sob palhada do consórcio com milho com feijão de porco e na área em pousio.

Para a camada de 10-20cm, o menor valor do pH foi observado na área em pousio, o que demonstra uma possível influência das palhadas das plantas de cobertura no aumento do pH nesta camada de solo, até o final do ciclo do feijoeiro. Este resultado corrobora os encontrados por Muzilli (1983) e por Siqueira (1989), que não observaram acidificação da camada arável do solo sob plantio direto e com Miyazawa, Pavan e Calegari (1993), os quais observaram que os materiais vegetais aumentaram o pH do solo.

Na área em pousio, o maior pH foi encontrado de 0-5cm, enquanto que, para o consórcio milho e mucuna preta, ocorreu o menor valor de pH nesta camada, sendo estes os únicos tratamentos onde se observaram diferenças entre profundidades.

Quanto ao teor de Al (Tabela 10), verifica-se que, de 0-5cm, esta variável mostrou maiores valores na área em pousio e nos tratamentos em que havia palhada de milho, em cultivo solteiro e consorciado com as leguminosas.

De maneira geral, o maior teor de Al foi encontrado na área em pousio, até 20cm de profundidade. Possivelmente, a palhada das plantas de cobertura foi responsável pela adição de matéria orgânica na superfície, o que reduziu o teor deste elemento no solo sob os demais tratamentos. Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) também observaram diminuição no teor de Al no solo pela influência de biomassa vegetal. De acordo com Vale et al. (1995a) e Bayer e Mielniczuk (1999), a matéria orgânica pode formar complexos estáveis e neutralizar o Al trocável, diminuindo seu efeito prejudicial sobre as culturas.

Observando-se os dados apresentados na Tabela 11, pode-se constatar que a acidez potencial, na camada de 0-5cm, mostrou-se superior nos tratamentos com palhada de milho cultivado com as leguminosas e na área em pousio. Nesta, observaram-se os maiores valores até 20cm de profundidade. Para os tratamentos com milho, pode-se supor um efeito do elevado poder acidificante do sulfato de amônio (Paiva, 1990; Vale et al., 1995a; Franchini et al., 2000) utilizado na adubação em cobertura ainda durante o cultivo do milho, elevando a quantidade de íons H^+ no solo.

Para o milho em cultivo solteiro e consorciado com as leguminosas, a profundidade de 0-5cm apresentou-se com maior acidez potencial em relação às demais profundidades. Resultados semelhantes foram obtidos por Rheinheimer et al. (1998), nos quais, dentre outras variáveis, a acidez potencial aumentou na

TABELA 11 – H+Al e saturação por alumínio (m) do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	H + Al (cmol _e /dm ³)			m (%)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milheto + mucuna preta	3,20 b A	3,20 b A	2,95 b A	4,50 c A	4,50 b A	2,15 b A
Milheto + feijão de porco	3,25 b A	3,35 b A	2,92 b A	4,47 c A	7,55 b A	5,27 b A
Sorgo + mucuna preta	3,02 b A	3,02 b A	2,97 b A	4,80 c A	5,27 b A	7,00 b A
Sorgo + feijão de porco	3,25 b A	3,52 b A	3,05 b A	6,57 c A	8,50 b A	7,35 b A
Milho + mucuna preta	3,97 a A	3,37 b B	3,37 b B	17,4 a A	12,5 b A	13,6 b A
Milho + feijão de porco	3,92 a A	3,45 b B	3,25 b B	12,5 b A	12,0 b A	10,1 b A
Milheto	3,17 b A	3,20 b A	2,82 b A	3,02 c A	6,57 b A	4,42 b A
Sorgo	3,00 b A	2,95 b A	3,07 b A	4,72 c A	5,52 b A	4,00 b A
Milho	3,52 b A	3,15 b B	2,92 b B	9,75 c A	6,02 b A	6,72 b A
Mucuna preta	3,00 b A	3,25 b A	3,07 b A	4,40 c A	6,37 b A	8,10 b A
Feijão de porco	3,17 b A	3,20 b A	3,37 b A	7,10 c A	7,85 b A	8,87 b A
Área em pousio	4,00 a B	4,77 a A	4,75 a A	20,2 a B	55,5 a A	54,3 a A
Média geral*	3,37	3,37	3,21	8,29	11,51	10,99
Valor inicial**	3,20	4,50	3,60	13,60	26,10	6,80

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

camada de 0-5cm, devido ao plantio direto. Na área em pousio, a acidez potencial foi superior de 5-20cm de profundidade.

Com relação à saturação por Al (Tabela 11), de 0-5cm, o solo da área em pousio e sob palhada do consórcio milho e mucuna preta apresentou os maiores valores. De 5cm aos 20cm de profundidade, a saturação por Al foi superior na área em pousio, com relação aos demais tratamentos, inclusive com valores acima de 50%, o que confere um caráter álico a esta camada de solo (Tomé Jr., 1997), podendo prejudicar o crescimento das plantas.

As palhadas produzidas pelas plantas de cobertura foram, possivelmente, as responsáveis pelos baixos valores de saturação por Al

encontrados no solo sob plantio direto do feijoeiro, devido a ação neutralizante da matéria orgânica sobre o Al, conforme discutido anteriormente.

Quanto ao teor de P no solo, na profundidade de 0-5cm, observa-se pela Tabela 12 que destacou-se a palhada de milho em cultivo solteiro, com a maior concentração dentre as plantas de cobertura estudadas, denotando a capacidade de reciclagem deste elemento pela cultura. Nas demais profundidades não houve diferença entre as plantas de cobertura, para esta variável.

Vale ressaltar que, nos tratamentos com palhada do consórcio milho e feijão de porco, milho consorciado com as leguminosas e milho em cultivo solteiro, o teor de P foi superior na profundidade 0-5cm em relação às demais

TABELA 12 – Teores de P e K do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	P (mg/dm ³)			K (mg/dm ³)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milho + mucuna preta	18,25 b A	11,5 a A	5,25 a A	213 b A	78,5 a B	58,2 a B
Milho + feijão de porco	16,00 b A	4,00 a B	2,75 a B	203 b A	62,0 a B	40,7 a B
Sorgo + mucuna preta	11,75 b A	5,75 a A	5,00 a A	113 c A	39,0 b B	32,7 a B
Sorgo + feijão de porco	15,00 b A	14,2 a A	6,75 a A	129 c A	51,5 b B	34,2 a B
Milho + mucuna preta	18,50 b A	7,25 a B	3,50 a B	106 c A	49,2 b B	34,2 a B
Milho + feijão de porco	18,50 b A	6,75 a B	4,25 a B	120 c A	54,7 b B	41,7 a B
Milho	40,50 a A	10,7 a B	6,25 a B	258 a A	83,5 a B	67,2 a B
Sorgo	15,50 b A	6,75 a A	6,25 a A	186 b A	40,2 b B	36,5 a B
Milho	15,50 b A	10,7 a A	3,25 a A	123 c A	62,5 a B	40,5 a B
Mucuna preta	11,00 b A	8,00 a A	3,25 a A	81 d A	52,0 b B	44,0 a B
Feijão de porco	8,25 b A	9,25 a A	4,25 a A	90 d A	37,5 b B	35,0 a B
Área em pousio	1,25 b A	1,00 a A	1,00 a A	22 e A	15,2 b A	12,5 a A
Média geral*	15,83	8,00	4,31	137,2	52,1	39,8
Valor inicial**	2,00	2,00	1,00	83,0	37,0	28,0

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

profundidades. Este resultado está de acordo com os apresentados por Muzilli (1983), que observou maior acúmulo de P nas camadas superficiais do solo após cinco anos sob plantio direto, além de autores como Alves (1992), Calegari et al. (1992), Sá (1993), De Maria e Castro (1993), Bartz (1998) e Rheinheimer et al. (1998), que também obtiveram resultados semelhantes.

A palhada de milho em cultivo solteiro destacou-se ainda para o teor de K no solo (Tabela 12), para o qual registraram-se os maiores teores até 10cm de profundidade. De 5-10cm, destacaram-se também os tratamentos do milho consorciado com as leguminosas e o milho solteiro. De 10-20cm de profundidade, não houve diferença entre as plantas de cobertura quanto a esta variável.

Vale ressaltar que, para todas as plantas de cobertura avaliadas, o teor de K no solo foi superior na camada de 0-5cm, a exceção da área em pousio, onde o teor do elemento não variou com a profundidade. Muzilli (1983) observou que o K apresentou uma tendência de diminuição gradativa da sua disponibilidade, à medida que se aprofundou na camada arável. Alves (1992), Calegari et al. (1992), De Maria e Castro (1993), Pauletti et al. (1995) e Rheinheimer et al. (1998) observaram maior quantidade de K na camada superficial do solo. Possivelmente, as palhadas produzidas pelas plantas de cobertura liberaram K durante a decomposição, enriquecendo a camada mais superficial do solo e confirmando a afirmação de Bartz (1998), de que o K pode ser facilmente extraído dos tecidos vegetais, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, já que sua maioria está na forma iônica e não participa na constituição de compostos orgânicos estáveis.

Para cada profundidade, a média do teor de K dentre as plantas de cobertura, na ocasião do manejo (Tabela 8), apresentava-se com valores adequados ao plantio direto, de acordo com Thung e Oliveira (1998), apenas nos primeiros 5cm. Ao final do ciclo do feijoeiro (Tabela 12), encontrava-se acima

de 50 mg/dm³ até 10cm de profundidade, demonstrando o enriquecimento do solo com relação a este elemento, possivelmente pelo efeito da palhada das plantas de cobertura e/ou pela adubação do feijoeiro.

Quanto ao Ca, os menores teores no solo (0-20cm) foram encontrados na área em pousio, enquanto que os tratamentos com as plantas de cobertura apresentaram maior quantidade do elemento (Tabela 13). Contudo, nos primeiros 5cm, os consórcios do milho com as leguminosas apresentaram os mais baixos teores de Ca dentre as plantas de cobertura, superando apenas a área em pousio. Para a última profundidade destacou-se a palhada do consórcio milho e mucuna preta, com o maior teor de Ca presente no solo.

TABELA 13 – Teores de Ca e saturação por bases (V) do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	Ca (cmol/dm ³)			V (%)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
	(cm)			(cm)		
Milho + mucuna preta	2,05 a B	2,17 a B	2,57 a A	52,5 a A	50,7 a A	55,3 a A
Milho + feijão de porco	1,80 a A	1,80 a A	1,97 b A	50,5 a A	46,7 a A	53,0 a A
Sorgo + mucuna preta	1,97 a A	2,05 a A	1,95 b A	52,6 a A	50,2 a A	50,4 a A
Sorgo + feijão de porco	1,95 a A	1,80 a A	1,97 b A	47,8 a A	44,6 a A	51,5 a A
Milho + mucuna preta	1,62 b A	2,00 a A	1,92 b A	39,0 b A	46,4 a A	45,3 b A
Milho + feijão de porco	1,47 b A	1,72 a A	1,72 b A	37,7 b A	41,4 a A	41,8 b A
Milho	1,75 a A	2,00 a A	1,97 b A	52,0 a A	47,3 a A	51,4 a A
Sorgo	2,00 a A	2,05 a A	2,02 b A	53,2 a A	51,9 a A	49,0 a A
Milho	1,80 a A	2,17 a A	2,10 b A	45,5 a A	49,4 a A	52,2 a A
Mucuna preta	2,25 a A	1,87 a B	1,65 b B	54,4 a A	47,6 a A	45,8 b A
Feijão de porco	1,95 a A	1,90 a A	1,80 b A	49,2 a A	47,2 a A	44,6 b A
Área em pousio	1,10 c A	0,55 b B	0,50 c B	29,6 c A	14,3 b B	14,0 c B
Média geral*	1,81	1,84	1,84	47,00	44,82	46,21
Valor inicial**	1,00	1,00	1,10	37,40	27,40	27,60

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial na área em pousio, antes da implantação dos experimentos da primeira e segunda fase.

Para os tratamentos com palhada de mucuna preta em cultivo solteiro e na área em pousio, o teor de Ca no solo foi superior nos primeiros 5cm de profundidade, enquanto que no consórcio milho e mucuna preta este teor mostrou-se superior na camada 10-20cm. Este último resultado observado discorda daqueles encontrados por Muzilli (1983), que observou diminuição do teor de Ca com o aumento da profundidade.

Quanto à saturação por bases (Tabela 13), nos primeiros 5cm de profundidade, o solo da área em pousio mostrou-se com o menor valor, seguido do solo sob palhada de milho em consórcio com as leguminosas. Para as demais plantas de cobertura não houve diferença significativa. Nas outras profundidades, a área em pousio apresentou o menor valor, mostrando que a palhada das plantas de cobertura pode ter elevado os teores dos cátions básicos no solo durante a decomposição, principalmente de Ca (Tabela 13).

Para a camada de 10-20cm, as leguminosas em cultivo solteiro e os consórcios de milho com leguminosas foram estatisticamente iguais, superiores à área em pousio e inferiores aos demais tratamentos.

Analisando-se separadamente cada planta de cobertura, verifica-se que não houve diferença entre as profundidades avaliadas, exceto na área em pousio, onde a saturação por bases foi maior nos primeiros 5 cm de profundidade.

Pelos dados apresentados na Tabela 14, observa-se que os menores valores para teor de Mg, SB, CTC efetiva e CTC potencial foram observados na área em pousio. Isto sugere que a palhada produzida pelas plantas de cobertura, independente da espécie ou forma de cultivo, foi eficiente na melhoria destas propriedades químicas do solo no plantio direto do feijoeiro.

Ainda pela Tabela 14, verifica-se que houve maior concentração de $S-SO_4^{-2}$ no solo sob palhada de milho solteiro e consorciado com as leguminosas, além da mucuna preta em cultivo solteiro. Para os tratamentos com milho, possivelmente as adubações em cobertura com sulfato de amônio,

TABELA 14 - Teor de Mg, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), teores de S, N-NO₃⁻ e N-total do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das palhadas das plantas de cobertura e área em pousio. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	Mg	SB	t	T	S	N-NO ₃ ⁻	N-total
	-----cmol/dm ³ -----				-----mg/dm ³ -----		dag/kg
Milheto + mucuna preta	0,92 a	3,50 a	3,62 a	6,62 a	22,02 b	18,64 b	0,27 a
Milheto + feijão de porco	1,06 a	3,19 a	3,37 a	6,37 a	22,92 b	19,46 b	0,23 a
Sorgo + mucuna preta	0,98 a	3,13 a	3,30 a	6,14 a	23,27 b	22,19 b	0,21 a
Sorgo + feijão de porco	0,89 a	2,99 a	3,22 a	6,27 a	22,27 b	17,32 b	0,22 a
Milho + mucuna preta	0,82 a	2,83 a	3,17 a	6,41 a	37,42 a	18,71 b	0,23 a
Milho + feijão de porco	0,57 b	2,41 a	2,69 a	5,95 b	37,58 a	18,90 b	0,21 a
Milheto	0,85 a	3,10 a	3,23 a	6,17 a	21,82 b	20,42 b	0,22 a
Sorgo	0,94 a	3,20 a	3,35 a	6,21 a	17,70 b	30,27 a	0,21 a
Milho	0,91 a	3,15 a	3,37 a	6,35 a	39,92 a	23,03 b	0,23 a
Mucuna preta	0,97 a	3,06 a	3,24 a	6,17 a	31,29 a	17,04 b	0,22 a
Feijão de porco	0,89 a	2,93 a	3,14 a	6,18 a	21,00 b	28,51 a	0,24 a
Área em pousio	0,31 c	1,05 b	1,81 b	5,56 c	15,51 b	8,59 b	0,21 a

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

durante o cultivo do milho para produção de palhada, foram responsáveis pela elevação do teor deste elemento no solo. Quanto à mucuna preta, a absorção do S-SO₄⁻² pode ter ocorrido em menor intensidade devido ao fato de que o crescimento da espécie foi afetado pela incidência de formigas cortadeiras.

O maior teor de N-NO₃⁻ foi encontrado no solo sob palhada de sorgo e feijão de porco, ambos em cultivo solteiro. Resultado semelhante foi observado por Alvarenga (1996), que verificou aumento do teor de N no solo nas parcelas anteriormente cultivadas com uma leguminosa.

Os teores de N-total foram semelhantes para todas as plantas de cobertura e área em pousio, o que denota não ser esta variável um bom indicativo de diferença entre as plantas de cobertura, como também afirmou

Alcântara (1998), em seus estudos com adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado.

A Figura 5 mostra os teores de $S-SO_4^{2-}$, $N-NO_3^-$, soma de bases, CTC efetiva, CTC potencial e teor de matéria orgânica no solo, em função das diferentes profundidades, avaliadas ao final do ciclo do feijoeiro. Pode-se verificar que a maior concentração, para todas variáveis, foi observada na camada de 0-5cm de profundidade, a exceção do S, cujo maior valor foi encontrado de 10-20cm, discordando dos resultados obtidos por Silva et al. (1998). Estes autores observaram aumento da quantidade de S armazenada no solo sob plantio direto, sendo este efeito restrito às camadas mais superficiais. Possivelmente, a maior concentração de 10-20cm pode ter sido originada da movimentação descendente do sulfato precipitado com Ca ou Mg, no perfil do solo, o que pode ocorrer em áreas onde aplicou-se calcário recentemente (Vale et al., 1995b).

Estes resultados confirmam os de diversos autores, como Alves (1992), Calegari et al. (1992), Sá (1993), De Maria e Castro (1993) e Pauletti et al. (1995), os quais também constataram maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo.

Segundo Tomé Jr. (1997), o teor de matéria orgânica sempre diminui com a profundidade. É válido citar que a maior quantidade de matéria orgânica na camada superficial possivelmente influenciou o comportamento das demais variáveis, especialmente quanto à CTC efetiva e CTC potencial, haja visto serem estas propriedades químicas altamente influenciadas pela quantidade de matéria orgânica presente no solo (Tomé Jr., 1997; Chueiri e Vasconcellos, 2000).

Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992) e Bayer e Mielniczuk (1997), observaram aumento da CTC do solo devido à elevação do teor de matéria orgânica, o que possivelmente permitiu maior retenção de cátions liberados pela biomassa das culturas e reduziu sua lixiviação, explicando os aumentos nos

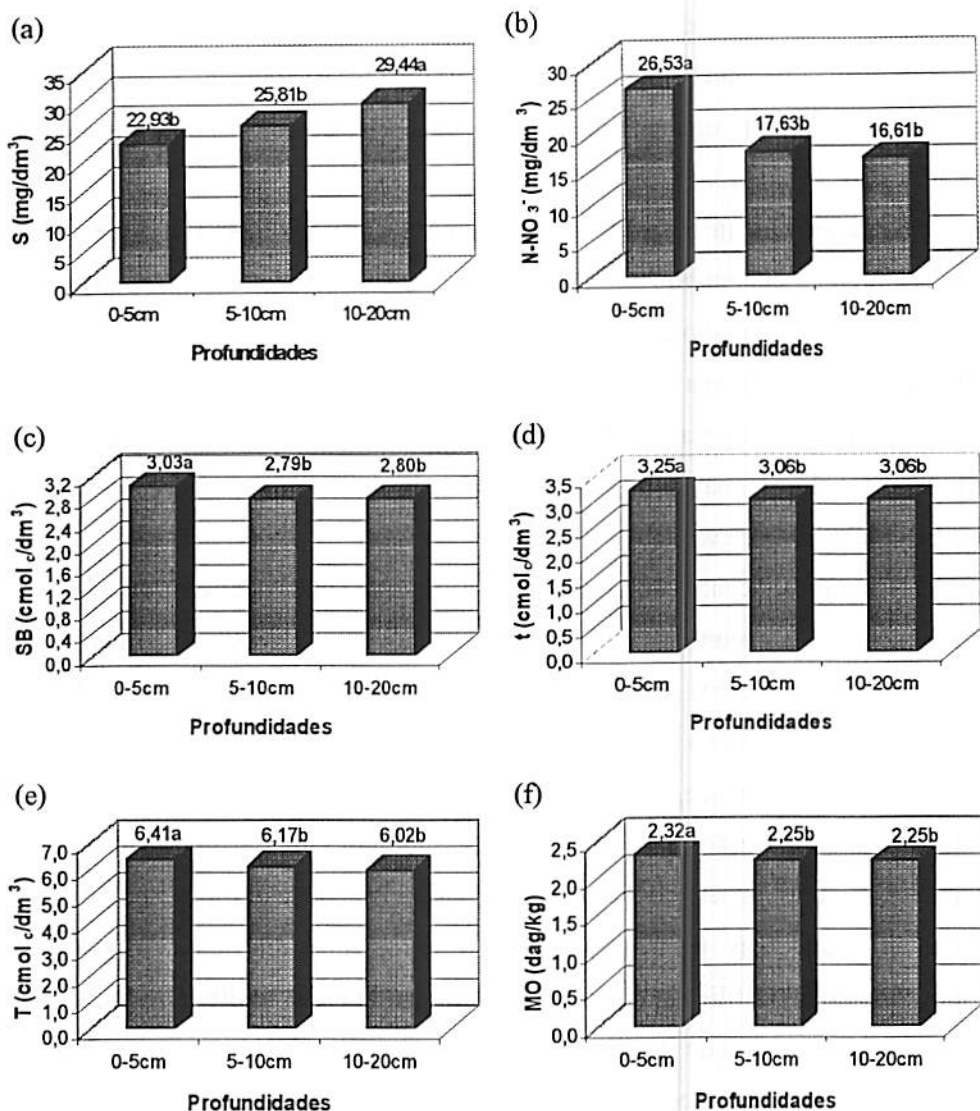


FIGURA 5. Teores de S (mg/dm³) (a) e N-NO₃⁻ (mg/dm³) (b), soma de bases - SB (cmol_e/dm³) (c), CTC efetiva - t (cmol_e/dm³) (d), CTC potencial - T (cmol_e/dm³) (e) e teor de matéria orgânica - MO (dag/kg) (f) do solo nas diferentes profundidades avaliadas ao final do ciclo do feijoeiro. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

teores de K e da soma de bases, de acordo com os resultados verificados no presente trabalho. Rheinheimer et al. (1998) observaram a elevação da quantidade de matéria orgânica na camada superficial do solo, acompanhada da elevação da CTC.

De acordo com observações de Thung e Oliveira (1998), os teores de matéria orgânica encontrados neste estudo, até 20cm de profundidade, ao final do ciclo do feijoeiro, são adequados para o bom desenvolvimento do plantio direto, pois estão acima de 2 dag/kg (Figura 5). Deve-se enfatizar que, por ocasião do manejo das plantas de cobertura, o teor de matéria orgânica no solo apresentava valores abaixo deste índice (Tabela 7A), o que sugere provável efeito da palhada na elevação desse teor.

A maior concentração de $N-NO_3^-$ na camada superficial está de acordo com os resultados encontrados por Alcântara (1998), que observou as maiores diferenças para os teores de N no solo nas primeiras profundidades, onde o processo de mineralização da biomassa foi mais intenso.

Vale ressaltar que, durante o período de execução do experimento, o efeito físico, de proteção da palhada sobre a superfície do solo, possivelmente relacionado à diminuição de evaporação e maior retenção de água no perfil, parece ter sido mais pronunciado que o efeito químico, em termos de enriquecimento da fertilidade do solo. Este fator beneficiou o cultivo do feijoeiro nos tratamentos em que a permanência da palhada foi maior, caso dos tratamentos com milho, conforme discutido anteriormente.

5 CONCLUSÕES

O sorgo em cultivo solteiro apresentou maior produtividade de matéria fresca e, juntamente com o milho solteiro e o consórcio milho e mucuna preta, maior produtividade de matéria seca.

As palhadas de milho em cultivo solteiro e consorciado com mucuna preta apresentaram o maior acúmulo de nutrientes.

O rendimento de grãos da cultura do feijoeiro no sistema de plantio direto é influenciado pelas diferentes palhadas das plantas de cobertura, sendo mais afetado pela espécie produtora de palha que pela forma de cultivo da mesma.

O cultivo das plantas de cobertura e o plantio direto do feijoeiro, durante a implantação do sistema, promovem modificações nas propriedades químicas do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM: ênfase em plantio direto, 3., 1997, Santa Maria – RS. Palestras apresentadas... Santa Maria: UFSM/Pallotti, 1997. p.76-111.
- ALCÂNTARA, F.A. de. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado.** Lavras: UFLA, 1998. 104p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas.** 5.ed. São Paulo: Nobel, 1988. 162p.
- ALVARENGA, A. de P. **Respostas da planta e do solo ao plantio direto e convencional, de sorgo e feijão, em sucessão a milho, soja e crotalária.** Viçosa: UFV, 1996. 162p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia)
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.2, p. 175-185, fev. 1995.
- ALVES, M.C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 173p. (Tese – Doutorado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas)
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.35, n.1, p.47-54, jan. 2000.
- AMADO, T.J.C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p.105-111.

ARAÚJO, A.P.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.245-251, fev. 1993.

ARAÚJO, G.A.A. Preparo do solo e plantio. In: VIEIRA, C. ; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p.99-122.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Secagem de sementes**. Brasília, 1987. 37p.

BALBINO, L.C. Sistema plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. **Anais... Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA**, 1997. v.2, p.219-228 (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 70).

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G. da; OLIVEIRA, E.F. de; OLIVEIRA, I.P. de. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.301-352.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: UFSM/Pallotti, 1998. p.52-63.

BATISTA, C.D.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). V. Absorção de micronutrientes. **Experientiae**, Viçosa, v.19, n.3, p.33-57, fev.1975.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.105-112, jan./mar. 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, F.E.; CLARK, F.E. (eds.). **Methods of soil analysis chemical and microbiological properties**. Agronomy. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1965. n.9, pt. 2, p.1149-1178.
- CAIXETA, C.C. Avaliação de diferentes espécies de gramíneas para produção de matéria seca no sistema de cultivo plantio direto com e sem adubação cultivadas no verão e no inverno. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12., 1999, Lavras. **Resumos...** Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 1999. p.85.
- CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M.R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina, 1998. p.65-93 (IAPAR. Circular, 101).
- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (IAPAR. Circular, 80).
- CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C.. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993a. p.207-328.
- CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JÚNIOR, L. **Plantio direto e rotação de culturas (experiência em Latossolo Roxo / 1985-1992)**. Paraná: COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992. 64p.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; COSTA, M.B.B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993b. p. 01-56.
- CASSIOLATO, M.E.; MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Dinâmica de íons no solo manejado com resíduos vegetais. In: FERTBIO 98 / REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998. p.358.

- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p.215-220, maio/ago. 1994.
- CHAIB, S.L.; BULIZANI, E.A.; CASTRO, L.H.S. M. de. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta a profundidade de aplicações de adubo fosfatado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.7, p.817-822, jul. 1984.
- CHUEIRE, F.B. Efeito de plantas de cobertura e sistemas de controle de plantas daninhas em semeadura direta na produção de biomassa, propriedades do solo e produtividade do milho (*Zea mays* L.). Jaboticabal: UNESP, 1998. 69p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal).
- CHUEIRI, W.A.; VASCONCELLOS, H.P. Dinâmica de nutrientes no plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. *Resumos...* Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha 2000. p.129-130.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª aproximação.* Lavras, MG, 1989. 176p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.* Viçosa, MG, 1999. 359p.
- DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. *Plantio direto: pequena propriedade sustentável.* Londrina, 1998. p.16-45 (IAPAR. Circular, 101).
- DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo roxo, sob diferentes sistemas de manejo com milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.471-477, set./dez. 1993.

- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: CNPT-EMBRAPA, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.19-27.
- DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.287-293, set/dez. 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijão; zona 61 e 83**. Brasília: Serviço nacional de levantamento e conservação de solos, 1993b. 93p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1993a. 204p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. EMBRAPA – SNLCS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
- FAGERIA, N.K.; SANT'ANA, E.V.P. Níveis adequados de saturação por bases e de pH para produção de arroz, feijão, milho e soja em sistemas de rotação em solo sob cerrado. In: FERTBIO 98 / REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, MG. Resumos... Lavras: UFLA, 1998. p.47.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.
- FERREIRA, A.M. **Efeito de adubos verdes nos componentes de produção de diferentes cultivares de milho**. Lavras: UFLA, 1996a. 70p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia / Fitotecnia)

- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: FSCar: 2000. p.255-258.
- FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 2.ed. Maceió: EDUFAL, 1996b. 606p.
- FIORIN, J.E.; BIANCHI, M.A.; CANAL, I.N.; PETRERE, C.; CAMPOS, B.C. de. Resposta do trigo a adubação verde de verão e uso de nitrogênio no sistema plantio direto. In: FERTBIO 98 / REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, MG. Resumos... Lavras: UFLA, 1998. p.329.
- FONTES, L.A.N. Nota sobre os efeitos da aplicação de adubo nitrogenado e fosfatado, calcário e inoculante na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.19, n.103, p.211-216, 1972.
- FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.
- FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, G.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, abr./jun. 2000.
- FRIES, M.R. Microbiologia e matéria orgânica: recuperação pelo sistema plantio direto. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM, ênfase em plantio direto, 3., 1997, Santa Maria – RS. Palestras apresentadas... Santa Maria: UFSM/Pallotti, 1997. p.47-75.
- GALVÃO, J.D.; RODRIGUES, J.J.V.; PURÍSSIMO, C. Sistemas de plantio, direto e convencional, na cultura do feijão da seca, em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.28, n.158, p.412-416, 1981.
- GONÇALVES, C.N. **Plantas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre carbono, nitrogênio e fósforo do solo e na produtividade do milho em sucessão, sob plantio direto**. Santa Maria: UFSM, 1997. 115p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)

- HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, J.A. de. Desempenho de adubos verdes sob cultivo consorciado com milho. I. Primeiro ano de cultivo. In: FERTBIO 98 / REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998. p.354.
- KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 179p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia)
- KURIHARA, C.H.; FABRÍCIO, A.C.; PITOL, C.; STAUT, L.A.; KICHEL, A.N.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa-SPI; Dourados; Embrapa-CPAO, 1998. p.135-144. (Coleção 500 perguntas 500 respostas)
- LOS, C. J. Princípios básicos para iniciar o plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro – PR. **Anais...** Castro: Fundação abc, para assistência e divulgação técnica agropecuária, 1995. p.285-295.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MELARATO, M. Manejo da fertilidade do solo em culturas perenes sob plantio direto. **Revista Plantio Direto, Passo Fundo, n.52, p.15-23, jul/ago, 1999.**
- MENEZES, L.A.; LEANDRO, W.M.; PIRES JR., V.T.; LIMA, J.E.S.; CARVALHO, G.S. de; BOTELHO, S.A. Biomassa total e residual de coberturas, com potencial de utilização em plantio direto, isoladas ou consorciadas com gramíneas, plantadas em safrinha em Goiás. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus – BA. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC – MA – SBCS, 2000. CD-Rom.
- MERTEN, G.H.; FERNANDES, F.F. Manejo de solo de baixa aptidão. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável.** Londrina, 1998. p.46-64 (IAPAR. Circular, 101).

- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, set./dez. 1993.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó, 1991. 337p.
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.261-262.
- MOURA, P.A.M.; PAIVA, B.M.; RESENDE, L.M.A. Aspectos econômicos da cultura do feijão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.68-72, 1994.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, jan./abr. 1983.
- NASCIMENTO, P.C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.1, p.121-125, jan./mar. 1999.
- NOLLA, A. **Avaliação do consórcio milho, leguminosas para adubação verde e plantas espontâneas**. Viçosa: UFV, 1999. 123p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- OLIVEIRA, H.C. de; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JR., J.P. de; LIMA, J.H.S.; BOTELHO, S.A. Biomassa total de coberturas verdes plantadas no verão em sistema de plantio direto em Goiás. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus – BA. *Anais... Ilhéus: CEPLAC/CEPEC – MA – SBCS, 2000. CD-Rom.*
- OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.169-222.

- PAIVA, P.J.R. Parâmetros da fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo.** Lavras: UFLA, 1990. 88p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- PAULETTI, V.; VIEIRA, S.M.; SANTOS, A.F. dos; OLIVEIRA, S.O. de; MOTTA, A.C.V. Avaliação da fertilidade do solo em profundidade e da palhada em áreas sob plantio direto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p.630-632.
- PAVEI, J. Como iniciar o plantio direto.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha 2000. p.77-79.
- PITOL, C. Espécies para cobertura do solo no Mato Grosso do Sul.** In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.163-166.
- PORTES, T. de A. Ecofisiologia.** In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.101-138.
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.F.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.4, p.713-721, out./dez. 1998.
- RESENDE, A.S. de; QUESADA, D.M.; XAVIER, R.P.; BODDEY, R.M.; GUERRA, J.G.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Taxa de decomposição de talos e folhas de três leguminosas utilizadas para fins de adubação verde.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus – BA. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC – MA – SBCS, 2000. CD-Rom.
- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto.** In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.37-60.

- SADE, M. Uma breve história... In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha 2000. p.15-17.
- SALTON, J.C. Alternativas para produzir palha no Mato Grosso do Sul. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 159-162.
- SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: SBCS, 1994. p.248-249.
- SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto, uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.45, p.41-43, maio/jun. 1998. Especial Cerrado.
- SAMAHA, M.J. Pré-requisitos para o plantio direto de feijão na pequena propriedade. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: EMBRAPA-CNPAP-APA, 1997. v.2, p.209-217 (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 70).
- SANTOS, C.T.C. Avaliação de leguminosas utilizadas para adubação verde, cultivadas no inverno e no verão sem adubação química na região de Lavras. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12., 1999, Lavras. Resumos... Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 1999. p.43.
- SANTOS, C.T.C. Efeitos da adubação verde nos componentes do híbrido (AG-1051) de milho, nos sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 13., 2000, Lavras. Resumos... Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 2000. p.28.
- SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BOREM, A. (eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.19-53.
- SCOTT, A.J; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Fort Collins, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

- SILVA, C.A.; MACHADO, P.L.O.A.; OLIVEIRA, E.L. de; VIANNA, M.S.; TAOUIL, A. Armazenamento de enxofre em Latossolo roxo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo e rotação de culturas. In: FERTBIO 98 / REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu, MG. Resumos... Lavras: UFLA, 1998. p.132.
- SILVA, V.A. da. Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão da “seca” (*Phaseolus vulgaris* L.) em sequência à cultura do milho (*Zea mays* L.). Lavras: UFLA, 1994. 66p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia / Fitotecnia).
- SIQUEIRA, N.S. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijoeiro e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Viçosa: UFV, 1989. 106p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia)
- SOUZA, A.B. de. Populações de plantas, níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) num solo de baixa fertilidade. Lavras: UFLA, 2000. 69p. (Tese - Doutorado em Agronomia / Fitotecnia)
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.1, p.83-91, jan. 1999.
- TEIXEIRA, C.M. Avaliação dos componentes de produção do feijoeiro cultivado sob palhadas de diferentes plantas de cobertura no plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 13., 2000, Lavras. Resumos... Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 2000. p.29.
- TEIXEIRA, I.R. Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada. Lavras: UFLA, 1998. 67p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia / Fitotecnia)
- TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico vermelho escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.1, p.107-114, jan./abr. 1992.
- THUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I.P. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 172p.

~~CONFIDENTIAL - UFPA~~

TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

URCHEI, M.A. **Efeitos do plantio direto e o preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho Escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** Botucatu: UNESP, 1996. 131p. (Tese – Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem)

VALE, F.R. do; GUEDES, G.A. de A.; GUILHERME, L.R.G.; FURTINI NETO, A.E. **Manejo da fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1995a. 206 p.

VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de A.; FURTINI NETO, A.E. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1995b. 171p.

VALÉRIO, C.R. **Comportamento de cultivares de feijão tipo carioca em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas.** Lavras: UFLA, 1998. 69p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia / Fitotecnia)

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

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

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.

VIEIRA, C. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento.** Viçosa: UFV, 1967. 220p.

ZAFFARONI, E.; BARROS, H.H.A.; NÓBREGA, J.A.M.; LACERDA, J.T.; SOUZA JR., V.E. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p.99-104, jan./abr. 1991.

ANEXOS

Página

- TABELA 1A – Resumo das análises de variância dos dados referentes à produtividade de matéria fresca, teor de matéria seca e matéria seca das plantas de cobertura na ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 101
- TABELA 2A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às análises químicas para teor de macro e micronutrientes da parte aérea das gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 102
- TABELA 3A – Resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de cobertura na ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 102
- TABELA 4A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às características agronômicas do feijoeiro em plantio direto sobre palhada de gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 103
- TABELA 5A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, pH, Al, H+Al, m, K, Ca, Mg e P, avaliadas em três profundidades, após o manejo das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 104
- TABELA 6A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, SB, t, V, T, MO, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-total, avaliadas em três profundidades, após o manejo das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 105
- TABELA 7A – CTC potencial (T), teores de matéria orgânica (MO), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), nítrico (N-NO₃⁻) e total (N-total) do solo, após o manejo das plantas de cobertura, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 106

TABELA 8A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, pH, Al, H+Al, m, P, K, Ca, Mg e S, avaliadas em três profundidades, ao final do ciclo do feijoeiro. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 107

TABELA 9A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, SB, t, T, V, MO, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-total, avaliadas em três profundidades, ao final do ciclo do feijoeiro. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 108

TABELA 10A – Teor de N-NH₄⁺ do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 109

TABELA 1A – Resumo das análises de variância dos dados referentes à produtividade de matéria fresca, teor de matéria seca e matéria seca das plantas de cobertura na ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios		
		Matéria fresca	Teor de matéria seca	Matéria seca
Blocos	3	50302239,78	0,007093	0,21701
Tratamentos	10	1482172340**	0,043155**	3,38329**
Resíduo	30	74365431,29	0,002647	0,1504
Total	43			
CV (%)		21,00	3,59	12,25

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

TABELA 2A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às análises químicas para teor de macro e micronutrientes da parte aérea das gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	MACRONUTRIENTES (Quadrados médios)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	48,454	0,076	21,954	10,648	1,689	0,280
Tratamentos	10	217,749**	0,739**	8,512	229,353**	1,131*	1,132**
Resíduo	30	36,316	0,208	4,760	3,233	0,488	1,177
Total	43						
CV (%)		42,56	29,32	12,58	20,68	23,30	31,15
Fontes de variação	GL	MICRONUTRIENTES (Quadrados médios)					
		B	Zn	Cu	Fe	Mn	
Blocos	3	241,925	37,904	12,653	11102,980	7052,898	
Tratamentos	10	436,674**	58,920*	15,408**	5629,435	994,699	
Resíduo	30	20,264	22,451	2,548	4755,389	464,866	
Total	43						
CV (%)		28,02	29,40	25,97	56,22	30,73	

GL – graus de liberdade. * e ** indicam significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A – Resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de cobertura na ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	MACRONUTRIENTES (Quadrados médios)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	1,185	0,189	10,573	0,364	0,025	0,490
Tratamentos	10	22,034**	4,371**	61,454**	0,342	0,638**	5,238**
Resíduo	30	4,912	0,653	2,763	0,268	0,032	0,513
Total	43						
CV (%)		19,28	21,33	12,65	30,27	12,88	20,32
Fontes de variação	GL	MICRONUTRIENTES (Quadrados médios)					
		B	Zn	Cu	Fe	Mn	
Blocos	3	0,131	8848,584	967,801	0,063	127,493	
Tratamentos	10	0,217**	27880,013**	2203,045**	0,347**	281,812**	
Resíduo	30	0,040	2939,341	479,011	0,050	19,695	
Total	43						
CV (%)		9,71	32,40	36,89	7,55	17,09	

GL – graus de liberdade. * e ** indicam significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às características agrônômicas do feijoeiro em plantio direto sobre palhada de gramíneas e leguminosas em cultivo solteiro e consorciado. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios						
		Estande final	Altura de plantas	Produção matéria seca da parte aérea	Nº vagens/ planta	Nº grãos/ vagem	Peso médio de cem grãos	Rendimento de grãos
Blocos	3	402492445,5	33,004	28208,243	4,005	0,757	1,112	52787,067
Tratamentos	10	476868005,8	110,211**	103741,281	6,657**	0,224	2,651**	36902,907**
Resíduo	30	343330429,3	23,565	50059,032	1,081	0,299	0,794	10674,245
Total	43							
CV (%)		13,49	12,45	25,12	17,48	12,24	5,00	23,67

GL – graus de liberdade. ** indica significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, pH, Al, H+Al, m, teores de K, Ca, Mg, e P, avaliados em três profundidades, após o manejo das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	Propriedades químicas do solo							
		-----Quadrados médios-----							
		pH	Al	H+Al	m	K	Ca	Mg	P
Blocos	3	3,2846	0,664	9,163	1515,93	880,41	7,595	1,634	574,08
Plantas de cobertura	11	0,1317	0,098*	1,129	355,10*	2176,65**	0,420	0,116	222,14
Resíduo (a)	33	0,1677	0,044	0,957	154,81	313,66	0,498	0,124	111,06
Profundidades	2	0,0046	0,018*	0,391*	43,89	5880,63**	0,131	0,123	553,52**
Plantas de cobertura x Profundidades	22	0,0571**	0,014**	0,335**	38,75**	813,42**	0,208*	0,104*	94,71
Resíduo (b)	72	0,0250	0,004	0,108	15,09	54,42	0,114	0,057	63,49
TOTAL	143								
CV (%) (a)		7,61	128,89	26,43	167,65	45,61	39,12	44,24	110,91
CV (%) (b)		2,94	42,72	8,89	52,35	19,00	18,74	29,95	83,86

GL – graus de liberdade; pH - potencial hidrogeniônico; Al - teor de alumínio; H + Al - hidrogênio e alumínio; saturação por Al (m); K - teor de potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio e P- fósforo. * e ** indicam significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, SB, t, V, T, MO, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-total, avaliados em três profundidades, após o manejo das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	Propriedades químicas do solo							
		Quadrados médios							
		SB	t	V	T	MO	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-total
Blocos	3	15,208	10,143	2622,65	6,078	0,287	1017,23	405,28	0,0198
Plantas de cobertura	11	0,767	0,425	185,63	0,863	0,121	98,15	75,98	0,0058
Resíduo (a)	33	0,947	0,644	191,34	0,586	0,093	47,62	116,84	0,0084
Profundidades	2	0,662*	0,480	85,77*	0,544	0,025	24,81	50,03	0,0038
Plantas de cobertura x Profundidades	22	0,442**	0,354*	70,50**	0,226	0,010	42,15	36,66	0,0058
Resíduo (b)	72	0,179	0,177	21,49	0,189	0,017	59,45	67,58	0,0048
TOTAL	143								
CV (%) (a)		35,88	27,90	32,96	11,93	16,74	38,40	55,60	38,47
CV (%) (b)		15,61	14,62	11,05	6,78	7,19	42,90	42,28	29,05

GL – graus de liberdade; SB - soma de bases; t - CTC efetiva; V - saturação por bases; T - CTC a pH 7,0; MO - teor de matéria orgânica; N-NH₄⁺ - nitrogênio amoniacal; N-NO₃⁻ - nitrogênio nítrico e N-total - nitrogênio total. * e ** indicam significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 9A – Resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, SB, t, T, V, MO, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-total, avaliadas em três profundidades, ao final do ciclo do feijoeiro. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de variação	GL	Propriedades químicas do solo							
		-----Quadrados médios-----							
		SB	t	T	V	MO	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-total
Blocos	3	7,999	4,145	2,332	1921,12	1,995	110,654	966,84	0,0030
Plantas de cobertura	11	4,789**	2,619**	0,820**	993,17**	0,117	36,539	373,55**	0,0046*
Resíduo (a)	33	0,657	0,449	0,181	131,60	0,129	30,348	110,12	0,0018
Profundidades	2	0,857*	0,614*	1,838**	58,50	0,076*	21,706	1427,25**	0,0019
Plantas de cobertura x Profundidades	22	0,252	0,152	0,085	59,18*	0,020	24,589	155,47	0,0012
Resíduo (b)	72	0,196	0,159	0,144	29,83	0,021	20,217	102,02	0,0019
TOTAL	143								
CV (%) (a)		28,15	21,44	6,86	24,93	15,80	36,33	51,80	19,16
CV (%) (b)		15,37	12,76	6,13	11,87	6,41	29,65	49,86	19,65

GL – graus de liberdade; SB - soma de bases; t - CTC efetiva; T - CTC a pH 7,0; V - saturação por bases; MO - teor de matéria orgânica; N-NH₄⁺ - nitrogênio amoniacal; N-NO₃⁻ - nitrogênio nítrico e N-total - nitrogênio total. * e ** indicam significativo pelo teste F, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 10A - Teor de $N-NH_4^+$ do solo, ao final do ciclo do feijoeiro, em função das profundidades e das espécies e formas de cultivo utilizadas. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

PLANTAS DE COBERTURA	N- NH_4^+ (mg/dm ³)		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Milheto + mucuna preta	26,37	18,87	13,67
Milheto + feijão de porco	16,30	10,90	17,30
Sorgo + mucuna preta	12,57	15,35	14,42
Sorgo + feijão de porco	15,35	12,57	13,67
Milho + mucuna preta	14,50	14,70	14,52
Milho + feijão de porco	15,45	13,87	15,55
Milheto	12,75	15,27	19,27
Sorgo	15,45	13,80	13,70
Milho	15,55	17,30	18,10
Mucuna preta	16,37	15,45	15,65
Feijão de porco	14,52	12,85	13,70
Área em pousio	14,62	12,75	12,77
Média geral*	15,81	14,47	15,19

Médias desprovidas de letra não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade.