



**DIFERENTES PALHADAS E DOSES DE
NITROGÊNIO NO PLANTIO DIRETO DO
FEIJOEIRO**

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

2004

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

Teixeira, Cícero Monti

**Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro /
Cícero Monti Teixeira. – Lavras : UFLA, 2004.**

89 p. : il.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Plantio direto. 2. Planta de cobertura. 3. Adubação nitrogenada. 4. Feijão. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-635.652894

57557
049320

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

**DIFERENTES PALHADAS E DOSES DE NITROGÊNIO NO PLANTIO
DIRETO DO FEIJOEIRO**

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

Orientador

Prof. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS
200

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

Teixeira, Cícero Monti

**Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro /
Cícero Monti Teixeira. – Lavras : UFLA, 2004.**

89 p. : il.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Plantio direto. 2. Planta de cobertura. 3. Adubação nitrogenada. 4. Feijão. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-635.652894

CÍCERO MONTI TEIXEIRA

**DIFERENTES PALHADAS E DOSES DE NITROGÊNIO NO PLANTIO
DIRETO DO FEIJOEIRO**

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

APROVADA em 18 de fevereiro de 2004

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade DAG/UFLA

Pesquisador Dr. Moisés de Souza Reis EPAMIG



Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

A Deus, pela vida e pelas bênçãos

AGRADEÇO

A todos aqueles que, de forma socialmente justa e ambientalmente responsável, retiram do solo o sustento da humanidade

OFEREÇO

À minha mãe, Maria Aparecida Monti Teixeira; ao meu pai, Zoroastro Benício Teixeira e à minha irmã, Adriana Monti Teixeira, pelo constante apoio e por terem construído a base da minha vida

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Patrícia, pelo companheirismo e apoio nas horas mais difíceis.

Ao meu cunhado Gilberto Vilas Boas Magalhães, pela amizade e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho, pela orientação.

Ao Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade ao Prof. Dr. Antônio Eduardo Furtini Neto, pela co-orientação.

Ao Pesquisador Dr. Moisés de Souza Reis, pelas sugestões.

Ao Prof. Dr. Paulo César Lima, pelo apoio na estatística.

Aos Engenheiros Agrônomos Luís Gonzaga Carneiro e Luís Francisco de Rosa Macêdo, pelo apoio e incentivo na carreira agrônômica.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura, Agnaldo, Alessandro, Corrêa, Júlio, Mário (Manguinha), João Batista (Pila) e, de forma especial, ao Sirlei, pela colaboração nos trabalhos a campo.

Aos colegas da pós-graduação, Anastácia, João Batista e Karina e ao estudante de agronomia Edson Marques, pela colaboração na realização do trabalho.

Aos demais colegas, funcionários e professores do Departamento de Agricultura pela agradável convivência.

- A todos os amigos de Pedralva e Lavras, pelo apoio e incentivo.

À memória de Benedito Décio Realino e Ronaldo Bustamante Junho, meus grandes incentivadores.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista,

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O sistema plantio direto.....	3
2.2 Plantio direto do feijoeiro.....	6
2.3 Plantas de cobertura do solo.....	9
2.4 Consórcio de gramíneas e leguminosas.....	13
2.5 Dinâmica do nitrogênio no plantio direto.....	16
2.6 Adubação nitrogenada do feijoeiro.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Primeira fase.....	22
3.1.1 Espécies utilizadas.....	25
3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	26
3.1.3 Implantação e condução do experimento.....	27
3.1.4 Avaliações nas plantas de cobertura.....	28
3.1.4.1 Fitomassa fresca.....	28
3.1.4.2 Fitomassa seca.....	29
3.1.4.3 Macro e micro nutrientes na parte aérea.....	29
3.2 Segunda fase.....	29
3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.2.2 Implantação e condução do experimento.....	30
3.2.3 Avaliações no feijoeiro.....	32
3.2.3.1 Estande inicial e final.....	32
3.2.3.2 Altura de plantas.....	32
3.2.3.3 Número de vagens por planta.....	32
3.2.3.4 Número de grãos por vagem.....	33
3.2.3.5 Peso médio de cem grãos.....	33
3.2.3.6 Rendimento de grãos.....	33
3.2.3.7 Avaliação do estado nutricional.....	34
3.3 Análise estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Fitomassa fresca e seca.....	35
4.2 Teores de macro e micronutrientes.....	38
4.3 Acúmulo de macro e micronutrientes.....	46
4.4 Macro e micronutrientes no feijoeiro.....	54
4.5 Características agronômicas do feijoeiro.....	68
5 CONCLUSÕES.....	82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

RESUMO

TEIXEIRA. Cícero Monti. **Diferentes palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro**. Lavras: Ufla, 2004. 90 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)*

Determinou-se a produção de biomassa e acúmulo de nutrientes do cultivo isolado de milho, feijão-de-porco, guandu-anão e dos consórcios da gramínea com as leguminosas e seus efeitos na cultura do feijoeiro em diferentes doses de nitrogênio. O estudo foi conduzido em duas fases, no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG, Brasil). A primeira fase constituiu-se da semeadura das plantas de cobertura, usando o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Apenas o guandu-anão solteiro apresentou menor produção de fitomassa fresca e seca, não sendo os demais diferentes estatisticamente. De forma geral, os acúmulos de N, P, K e S acompanharam a produção de fitomassa. O feijão-de-porco solteiro apresentou maior acúmulo de Ca. Para o Mg, os maiores acúmulos ocorreram no feijão-de-porco, milho e seu consórcio. O maior acúmulo de B foi verificado no feijão-de-porco solteiro e seu consórcio com milho. Observaram-se maiores acúmulos de Cu, Mn e Zn nos consórcios e no milho e de Fe no milho+feijão-de-porco. A segunda fase foi implantada sob as palhadas formadas na primeira fase, com inclusão do esquema fatorial com parcelas subdivididas com as doses de N nas subparcelas. O maior estande do feijoeiro foi obtido na palhada de milho. Os maiores pesos de 100 grãos foram obtidos com o cultivo sob feijão-de-porco e nos consórcios. As doses de N proporcionaram efeito linear negativo para o estande inicial e positivo para o peso de 100 grãos. O número de grãos por vagem aumentou até a dose de 106 kg.ha⁻¹ com pequena redução após este valor. Houve interações significativas entre palhadas e doses para altura de planta, vagens por planta e rendimento de grãos. A maior altura de plantas foi obtida no milho+feijão-de-porco na dose de 115 kg. ha⁻¹ de N. Para o número de vagens por planta houve efeito linear positivo para todas as palhadas com os maiores valores sendo obtidos nos consórcios na maior dose. O maior rendimento de grãos foi obtido no milho+feijão-de-porco na maior dose.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho – Ufla (Orientador), Antônio Eduardo Furtini Neto – Ufla e Messias José Bastos de Andrade – Ufla.

ABSTRACT

TEIXEIRA. Cicero Monti. Dry bean in no till system in different nitrogen levels and under straws. Lavras: Ufla, 2004. 90 p. (Dissertation – Master's degree in Agronomy/Crop science)*

This study was conducted to evaluate biomass yield and nutrient accumulations in millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf), jack bean (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.) and guandu (*Cajanus cajan*, dwarf cultivar), and also intercropping millet + leguminous and their effects on dry bean at different nitrogen fertilization levels. Two phases were used in this study. The first one was settled the experiment using cover plants, in a randomized block design, and four replications. Only guandu presented smaller fresh and dry biomass yield than other treatments. In generally N, P, K e S accumulation was similar to biomass yield. Greatest Ca accumulation was observed with single jack bean. Greatest Mg accumulation was observed in jack bean and millet singles and their intercropping. Single jack bean and its intercropping with millet gave largest B accumulation. Greatest Cu, Mn and Zn accumulation was observed at single millet and its intercropping combinations, and largest Fe accumulation was observed also, at millet at single system and intercropped with jack bean. On the second phase dry bean was sowed under the straws using the same first phase design, including nitrogen levels in split plot arrangement. Millet straw provided greatest dry bean stand. Jack bean single and intercropped provided the largest hundred-grain weight. Nitrogen rate provided negative linear effect for initial stand, and positive effect in hundred-grain weight. Grain number per pod increased until 106 kg.ha⁻¹ N rate and had little reduction after that. There were significant interactions between straws and N rate for plant height, pod per plant and grain yield. Millet + jack bean provided greatest plant height at 115 kg.ha⁻¹ N rate. Pod number per plant had linear and positive effect in all straw types and the greatest values was observed in intercropping combinations in the maximum N rate. The best grain yield was obtained under millet + jack bean in the largest N rate.

* Guidance committee: Gabriel José de Carvalho – Ufla (adviser), Antônio Eduardo Furtini Neto – Ufla and Messias José Bastos de Andrade – Ufla.

1 INTRODUÇÃO

O plantio direto foi introduzido no Brasil pelos agricultores da região Sul, na década de 1970, tendo como objetivo principal o controle da erosão. Após a sua adoção, observou-se que o sistema ia além da simples proteção do solo, apresentando outras vantagens, como aumento ou conservação dos níveis de matéria orgânica, aumento da atividade biológica, estruturação dos solos, maior ciclagem de biomassa e nutrientes, entre outras. Diante disso, o plantio direto passou por um crescimento exponencial, ultrapassando as fronteiras da região Sul e expandindo-se para o cerrado brasileiro.

Com a expansão do plantio direto, a experiência dos produtores e os resultados de pesquisa mostraram que a rotação/sucessão de culturas era fundamental para a viabilidade do sistema, devendo ser determinada com base em três pontos: a) utilização do solo, tanto química quanto fisicamente, devido às diferenças de exigência nutricional e exploração pelo sistema radicular das diferentes espécies; b) pragas e doenças não comuns entre as espécies, com o intuito de não permitir a manutenção de populações de insetos praga ou aumentar o inóculo dos patógenos, principalmente dos que têm uma fase de seu ciclo de vida no solo e c) o potencial de produção de palha das culturas, sejam elas comerciais, aproveitando os restos culturais, ou semeadas exclusivamente para este fim.

Entretanto, com a enorme diversidade de climas e solos do Brasil, a decisão baseada nos fatores citados anteriormente deve ser adaptada para cada região. Na região Sul, o inverno chuvoso permite a implantação de cultivos de inverno para a produção exclusiva de palha ou produção de grãos com alta quantidade de restos culturais, como o trigo, centeio, cevada e aveia. Além desse fator, naquela região, o verão, com temperaturas mais amenas, aumenta a longevidade do material sobre a superfície do solo, permitindo, inclusive, o uso

de plantas com relação carbono/nitrogênio mais baixa, como as leguminosas que possuem a vantagem adicional da fixação biológica de nitrogênio. Já nos cerrados, a produção e manutenção de altas quantidades de palha sobre a superfície tornam-se um pouco mais difíceis devido ao fato dessas regiões possuírem duas estações bem definidas, com seis meses de chuva e muito calor na primavera/verão e seis meses de estiagem no outono /inverno. Neste caso, a produção de palha fica restrita aos cultivos em safrinha, aproveitando as últimas chuvas do mês de março, após a colheita da cultura principal, associados à utilização de culturas que produzem grandes quantidades de restos culturais, como o milho. Nestas condições, as altas temperaturas do verão restringem o uso de leguminosas para a produção de palha devido à rápida decomposição, tornando-se uma opção viável a utilização de consórcios entre gramíneas e leguminosas, o que ainda necessita de estudos para identificar as melhores combinações entre espécies.

A utilização do feijão cultivado no inverno/primavera, com semeadura em julho/agosto, apesar de pouco difundida no Sul de Minas Gerais, mostra-se uma ótima opção para os produtores que utilizam irrigação no sistema plantio direto porque a cultura de verão pode ser semeada em novembro e a safrinha ou cultura destinada à produção de palha, em março, aproveitando o intervalo até o plantio de verão para o cultivo do feijão, que é uma cultura de ciclo curto. Assim, o solo é melhor explorado, aumentando a renda por hectare, diluindo melhor o custo fixo da irrigação e das máquinas e, conseqüentemente, aumentando a viabilidade econômica da atividade agrícola.

Seguindo este raciocínio, o objetivo do presente trabalho foi determinar a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes de plantas de cobertura em cultivo isolado ou consorciado, bem como seus efeitos na cultura do feijoeiro em diferentes doses de nitrogênio mineral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O sistema plantio direto

O plantio direto foi introduzido no Brasil, no início da década de 1970, como um método alternativo de preparo do solo, para controlar a erosão nas lavouras cultivadas com a sucessão de culturas de trigo e soja na região Sul do país. As primeiras informações técnicas geradas pela pesquisa, imediatamente após a introdução do sistema no país, foram relativas à sua elevada eficiência no controle da erosão. A partir desses resultados, somados aos conhecimentos proporcionados pelas experiências individuais dos produtores, o plantio direto passou a ser difundido quase que exclusivamente sob o enfoque conservacionista (Kochhann & Denardin, 2000).

Segundo Verneti Junior & Gomes (1999), em regiões temperadas, onde normalmente os solos apresentam boa fertilidade natural, o denominado preparo convencional objetiva interromper o ciclo entre o inverno e a primavera, expondo o solo à ação direta dos raios solares e, em consequência, elevar sua temperatura, além de eliminar plantas daninhas e criar condições de germinação e desenvolvimento das culturas de verão. Em regiões tropicais ou subtropicais, onde a fertilidade natural dos solos é, em geral baixa, devido, entre outros aspectos, ao intenso processo pedogenético, o preparo do solo visa, além do enterrio das plantas daninhas e/ou restos culturais, a incorporação de corretivos e fertilizantes, com vistas à melhoria das condições químicas do solo, no sentido de aumentar seu potencial produtivo. Nestas regiões, os agentes climáticos atuam com maior intensidade sobre a superfície dos solos cultivados, o que, associado à maior taxa de decomposição em relação à adição de restos orgânicos, tem sido fator determinante da degradação. O uso intensivo do solo,

assim como as monoculturas, também tem contribuído para a sua degradação e, em consequência, para a alimentação do chamado “ciclo da pobreza”.

Para Chaves (1997), os efeitos benéficos do plantio direto podem ser sentidos tanto na propriedade como fora dela. A redução da enxurrada, da erosão, a diminuição nas grandes variações na umidade e temperatura do solo, a diminuição do aporte de sedimentos aos corpos de água a redução da poluição e, não menos importante, a maior produtividade e o menor custo de produção a longo prazo são alguns benefícios proporcionados por essa forma de manejo.

A redução da erosão se dá por dois processos: no primeiro, o solo, que originalmente ficava desprotegido durante toda época de preparo e durante as fases iniciais da cultura, ficará parcialmente protegido pela resteva e pelas ervas mortas, reduzindo as chances de desagregação das partículas do solo pelas gotas de chuva. No segundo, o aumento da rugosidade da superfície reduz substancialmente a velocidade da enxurrada. Reduções semelhantes são observadas nos volumes de enxurrada gerados nas áreas sob plantio direto, em razão da maior infiltrabilidade proporcionada por esse tipo de manejo. No primeiro processo, o solo é positivamente afetado em longo prazo pela estabilidade dos agregados. O aumento paulatino do conteúdo de matéria orgânica do solo superficial, proporcionado pelo acúmulo de palhada sob o plantio direto, tende a aumentar a estabilidade dos agregados à destruição pela chuva e enxurrada, uma vez que os compostos orgânicos oriundos da decomposição de resíduos e da atividade microbiana contribuem para a sua coesão e hidrofobia.

O processo erosivo também ocorre em função dos impedimentos à penetração da água na superfície do solo e à drenagem da água infiltrada. A cobertura vegetal vem resolver o problema da penetração da água, pois, o impacto das gotas de chuva promove a desagregação das partículas do solo, que entopem os poros da superfície, reduzindo a infiltração, acarretando assim o

escorrimento superficial e transporte das partículas desagregadas. A redução da matéria orgânica, devido ao preparo inadequado ao longo do tempo, tem influências químicas, físicas e biológicas nos solos. A agregação das partículas unitárias do solo é promovida pela presença de material cimentante. Entre os agentes cimentantes, encontram-se os colóides orgânicos, substâncias gomosas produzidas pela atividade biológica do solo, lipídios e substâncias insolúveis em água que podem cobrir as partículas unitárias, contribuindo para a formação de agregados ou para estabilizar os agregados já formados (Henklain, 1997).

Muito tem se falado a respeito das emissões de carbono para a atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis e seus efeitos diretos no aquecimento global pelo efeito estufa. Muitas são as possibilidades de fixação deste carbono, ou de parte dele, e a agricultura pode ser considerada como setor chave neste balanço, já que o solo é um reconhecido sumidouro de carbono por meio da sua fixação na matéria orgânica. Nesse sentido, Derpsh (1997) afirma que o preparo do solo libera emissões inaceitáveis de CO₂ para a atmosfera, em detrimento do enriquecimento do solo com a matéria orgânica, contribuindo para o efeito estufa.

Para Reicosky (2000), o entendimento de que a agricultura poderá solucionar problemas de âmbito global e mitigar o efeito estufa leva à busca de práticas agrícolas eficientes no seqüestro de carbono, que deve ser considerado na avaliação da sustentabilidade da agricultura. Novas técnicas de manejo dos solos, das lavouras e da água, além de aumentar a produção, estarão também contribuindo para o seqüestro de carbono no solo por meio do manejo adequado dos resíduos de colheita, processos de preparo conservacionista, manejo da água e recuperação das terras degradadas.

Observa-se, portanto, que o plantio direto vem trazer benefícios não só ao produtor, pela maior viabilidade econômica, com a redução dos custos e conservação da fertilidade e estrutura dos solos da propriedade, mas também à

sociedade como um todo, à medida que o meio ambiente é preservado, culminando com o aumento da qualidade de vida nas áreas urbanas.

2.2 Plantio direto do feijoeiro

No final da década de 1980 e início dos anos 90, o aumento das áreas agrícolas cultivadas sob sistema plantio direto no Brasil passou a ser exponencial. Em 1990, a área sob plantio direto era de 1 milhão de hectares e chegou, em 2000, a quase 17,5 milhões (FEBRAPDP, 2004), o que representa um aumento de aproximadamente 1.650% em dez anos. Este crescimento deve-se principalmente à adoção do plantio direto nas regiões de cerrado com as culturas de milho e algodão e, com maior destaque, da soja. No Sul de Minas, onde as principais atividades são a leiteira e cafeeira, as principais culturas são o milho (grãos e silagem) e feijão, nas quais alguns produtores utilizam o sistema plantio direto.

Na cultura do feijão, alguns trabalhos já foram realizados com o objetivo de se comparar métodos de preparo de solo. Silva (1994), por exemplo, trabalhando com a safra da seca em duas localidades (Lavras e Perdões), com cinco métodos de preparo e quatro níveis de adubação com fórmula NPK 04-14-08 (300, 400, 500 e 600 kg.ha⁻¹), não encontrou significância para a interação sistemas de preparo x níveis de adubação em ambas as localidades. Em Perdões, sem irrigação, a semeadura direta proporcionou o maior estande final, seguida da escarificação, arado de aiveca e aração invertida, não tendo os dois últimos diferido dos demais tratamentos, com menor estande. Comportamento parecido foi encontrado para o rendimento de grãos, no qual a maior produtividade foi obtida com a semeadura direta (1.100 kg.ha⁻¹) e a menor, no preparo apenas com grade intermediária. Os outros tratamentos não diferiram da semeadura direta, porém, não diferiram da grade intermediária. Os autores atribuíram este

comportamento à redução do “déficit” hídrico, proporcionada pela cobertura com palha na semeadura direta e no tratamento com escarificação. Em Lavras, onde foi utilizada irrigação, não houve diferenças significativas entre os métodos de preparo. Para o fator níveis de adubação houve resposta linear em ambos os experimentos.

Em um ensaio em Senador Canedo, GO, Urchei (1996), trabalhando com plantio direto e convencional, duas cultivares de feijão (Safira e Aporé) e dois espaçamentos sob irrigação, obteve maior produção de grãos, maior número de vagens por planta e grãos por vagem no sistema de plantio direto, o que atribuiu a modificações químicas, físicas e biológicas ocorridas no sistema de plantio direto, onde a camada superficial apresentou melhorias na estruturação do solo, aumento da microporosidade, maior retenção de água e diminuição da evaporação aumentando, conseqüentemente, a umidade superficial e disponibilidade de água para as plantas.

Carvalho (2000), trabalhando com feijão de inverno irrigado em Selvíria, MS, após cinco coberturas de solo na primavera (mucuna, guandu comum, milheto, *Crotalaria juncea* e pousio) e três culturas no verão (algodão, milho e soja) nos sistemas de plantio convencional e direto no primeiro ano de implantação, não encontrou diferenças significativas entre as diferentes coberturas de solo na primavera. Com relação às culturas de verão, foram obtidos maiores valores de altura de planta, estande final, grãos por vagem e rendimento de grãos (2.446 kg.ha^{-1}) do feijão cultivado após soja. Entre os sistemas de cultivo, foi verificado maior rendimento de grãos do feijoeiro no plantio direto (2.337 kg.ha^{-1} contra 1.990 kg.ha^{-1} no plantio convencional). Os teores de macronutrientes do feijoeiro também foram avaliados, não havendo diferença para N, P, Ca e S. O teor de Mg foi maior nos tratamentos com guandu comum e o de potássio foi maior nos tratamentos com milheto. As

produtividades das culturas do milho, soja e algodão não diferiram, em função das coberturas de solo na primavera, dos sistemas de plantio ou da sua interação.

Diferentemente dos autores citados anteriormente, Alvarenga (1996), trabalhando em Sete Lagoas, MG, não encontrou diferenças significativas para altura de plantas, teor de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e rendimento de grãos do feijoeiro entre os sistemas de plantio convencional e direto e entre o cultivo com diferentes culturas de verão antecedendo o feijão (milho forrageiro, milho grão, soja e crotalária).

Kluthcouski (1998), em Santa Helena, GO, testou os sistemas plantio direto, escarificação profunda, grade aradora e aração profunda em um solo sob plantio direto há oito anos. O maior rendimento da cultura do feijão foi obtido no tratamento com aração profunda, não havendo diferença significativa para os outros componentes de produção.

Também em Santa Helena, GO, Ribeiro (2000), em quatro sistemas de manejo do solo (plantio direto, grade aradora, escarificação e aração profunda) após oito anos de plantio direto, obteve maior rendimento de grãos de feijão no tratamento com aração profunda, seguido da escarificação, plantio direto e gradeação, não sendo os três últimos diferentes estatisticamente entre si. A autora ressaltou que, na área sob plantio direto, ocorreu maior incidência de *Rhizoctonia solani* p.v. *phaseoli* e *Fusarium solani* p.v. *phaseoli* no início do desenvolvimento da cultura, sendo provavelmente este fato suficiente para afetar negativamente o rendimento do feijão. Segundo a mesma, os mencionados patógenos são favorecidos por solos compactados ou por condições de baixa aeração e que, no trabalho em questão, o revolvimento do solo pode ter contribuído para a minimização do problema. Este fato reforça um dos preceitos básicos para que se obtenha sucesso no sistema plantio direto, a rotação/sucessão de culturas.

2.3 Plantas de cobertura do solo

Há bem pouco tempo, a utilização de plantas com a finalidade de proteger o solo e melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas era dividida entre adubação verde, que consistia no cultivo de plantas, basicamente leguminosas, que eram incorporadas ao solo antes do plantio da cultura comercial, e o cultivo de plantas com a finalidade de se produzir palhada, ou cobertura morta, para o plantio direto. Atualmente, estes conceitos se encontram praticamente fundidos, sendo utilizados os termos cobertura verde do solo ou plantas de cobertura, incluindo aquelas destinadas à formação de palhada no plantio direto. Segundo Calegari et al (1992 a), na atualidade, pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando à proteção superficial, bem como a manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Portanto, a semeadura de qualquer planta que se destine à melhoria ou proteção do solo pode ser chamada de adubação verde, cobertura verde do solo ou cultivo de plantas de cobertura.

O cultivo das plantas de cobertura pode ser classificado, quanto à época de plantio, em cultivo de outono/inverno e de primavera/verão. O plantio de outono/inverno é mais utilizado na região Sul, onde o inverno chuvoso permite o bom desenvolvimento sem a utilização de irrigação, tendo como principal vantagem a não ocupação do terreno na época de cultivo das culturas comerciais. Em algumas regiões de Minas Gerais, como no Sul do estado, uma alternativa é a semeadura dos adubos verdes após a colheita das culturas, aproveitando o final do período chuvoso, no mês de março, podendo também ser utilizada a irrigação de acordo com as possibilidades do produtor. Nesse sentido,

muitos trabalhos atestam a viabilidade do uso de algumas espécies para a época em questão.

Amabile (1996), trabalhando com *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, guandu e mucuna-preta, semeados em três épocas (12/11, 07/01 e 04/03) em Senador Canedo, GO, concluiu que a mucuna foi a espécie menos sensível à variação da época de semeadura, porém, apresentou as menores produtividades, mesmo na época mais tardia. Na semeadura em 04/03, as maiores produtividades foram da *Crotalaria juncea* e do guandu, com 6,0 Mg.ha⁻¹ e 5,7 Mg.ha⁻¹ de matéria seca respectivamente.

De-polli & Chada (1989) encontraram, em Itaguaí, RJ, com semeadura em janeiro/fevereiro e inoculação das leguminosas, maior produção de fitomassa seca e maior adição de nitrogênio pelo feijão-de-porco (6.040 kg.ha⁻¹ de material seco e fornecimento de 107,5 kg.ha⁻¹ de N) em relação à *Crotalaria juncea*, mucuna preta e vegetação espontânea. Em outro trabalho em Itaguaí, RJ, Araújo & Almeida (1993), com a utilização de inoculação e plantio no início da primavera, verificaram que o feijão-de-porco produziu 4,931 Mg.ha⁻¹ de fitomassa seca, com 2,12; 0,12; 0,89; 1,97 e 0,33 dag.kg⁻¹ de N, P K, Ca e Mg, respectivamente.

Ceretta et al. (1994), em Santa Maria, RS, com semeadura no início da primavera, determinaram as produções de fitomassa seca e os teores de N, P e K do feijão de porco, guandu anão, *Crotalaria spectabilis* e vegetação espontânea, utilizando inoculação para as sementes das leguminosas. A maior produção de fitomassa seca foi obtida com o feijão-de-porco (6.025 kg.ha⁻¹), o qual apresentou maiores teores de N, P e K (2,58; 0,23 e 1,69 dag.kg⁻¹) em relação ao guandu (1,9; 0,2 e 1,19 dag.kg⁻¹), que produziu 5.322 kg.ha⁻¹ de fitomassa seca.

Alvarenga et al. (1995), semeando em novembro, em Viçosa, MG, verificaram que a produção de fitomassa seca do guandu (cv. fava larga) superou as de mucuna-preta, lab-lab, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, feijão-

bravo-do-ceará, caupi e feijão-de-porco, com 17,9 Mg.ha⁻¹. As menores produções foram as do feijão-de-porco e caupi, com 5,3 e 4,1 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Quanto ao acúmulo de nutrientes na parte aérea, o guandu apresentou quantidades de K, P e N significativamente superiores às das outras leguminosas. Os autores atribuíram estes resultados, em parte, à grande capacidade do sistema radicular do guandu em aprofundar no perfil, explorando assim maior volume de solo. Por outro lado, este resultado também pode ser atribuído à maior produção de fitomassa seca do guandu, já que os teores de N, P, K, Ca e Mg do mesmo foram baixos quando comparados aos do feijão de porco.

Em Lavras, MG, Teixeira & Carvalho (1999) estudaram, em dois cortes, o comportamento de quatro cultivares de sorgo, uma de milho e uma de aveia preta, plantadas em março, sem irrigação e adubação, na produção de forragem e palhada para o plantio direto. No primeiro corte, apenas a aveia preta apresentou baixa produtividade, não havendo diferença significativa entre as produções de fitomassa seca das cultivares de sorgo e de milho, com uma produção média de 3,3 Mg.ha⁻¹.

Santos & Carvalho (1999), também em Lavras, MG, trabalhando com mucuna-preta, mucuna-rajada, feijão-de-porco, guandu e *Crotalaria juncea*, semeadas em março, sem adubação e irrigação encontraram maiores produções de matéria seca para a mucuna-preta, guandu e feijão-de-porco, com média de 3,5 Mg.ha⁻¹.

Já Favero et al. (2000), em Sete Lagoas, MG, semeando em novembro sem adubação, com e sem capina, observaram maior produção de fitomassa e maior acúmulo de nutrientes nos tratamentos com capina. A produção de fitomassa seca do feijão-de-porco foi maior em relação ao guandu comum (7.564 kg.ha⁻¹ contra 5.118 kg.ha⁻¹), acumulando o feijão-de-porco maior quantidade de macronutrientes em relação ao guandu. Os autores atribuíram a

menor produção do guandu ao fato deste não ter atingido seu pleno crescimento por ocasião da amostragem. No trabalho citado anteriormente, o número de dias para o florescimento do guandu foi de 181, contra 90 do feijão-de-porco.

Em Lambari, MG, semeando em dezembro e inoculando as sementes, Alcântara et al. (2000) encontraram maior produção de fitomassa seca do guandu em relação à *Crotalaria juncea* e à pastagem de braquiária, com 13.200 kg.ha⁻¹.

Trabalhando durante dois anos com diferentes adubos verdes semeados em outubro em Selvíria, MS, Carvalho (2000) encontrou produções médias de fitomassa seca de 10.170 e 2.878 kg.ha⁻¹ para o milho e guandu comum, respectivamente. Foram encontrados teores de N, P, K, Ca, Mg e S de 24,0; 2,9; 15,4; 9,9; 2,9 e 1,5 g.kg⁻¹ para o guandu e 19,1; 2,5; 17,7; 4,9; 3,3 e 1,3 g.kg⁻¹ para o milho. Cabe lembrar que a produção de fitomassa seca do milho foi cerca de três vezes maior que a do guandu, proporcionando maior acúmulo de nutrientes por área no primeiro.

Wutke (1998) testou, durante três anos, o efeito de adubos verdes (aveia-preta, *Crotalaria juncea*, guandu comum cv. Fava Larga e mucuna-preta) semeados em três épocas após milho, dois cultivos de milho e pousio após milho na cultura do feijão em plantio convencional irrigado. A adubação do feijoeiro constou da aplicação de 400 kg.ha⁻¹ da fórmula NPK 04-14-08 e 50 kg.ha⁻¹ de N em cobertura na forma de sulfato de amônio aos 20 dias após a semeadura. As demais culturas, com exceção do milho, não foram adubadas. Os teores foliares de nitrogênio, fósforo e magnésio no feijoeiro não diferiram estatisticamente nos tratamentos com as diferentes culturas antecedendo o feijão, ficando, em média, em 34,9; 1,8 e 4,5 g.kg⁻¹. O maior teor de potássio foi encontrado no tratamento com *Crotalaria juncea* e o menor no tratamento com pousio; o teor de K no tratamento com guandu não diferiu estatisticamente do tratamento com *Crotalaria juncea*, porém, não diferiu também do tratamento com pousio. Os

maiores teores de Ca foram encontrados no tratamento com *Crotalaria juncea* e guandu e o menor, com pousio. Já para o S, o maior teor foi encontrado no tratamento com mucuna-preta e os menores com guandu e crotalária. O rendimento de grãos do feijoeiro não variou entre os anos, não havendo também significância da interação tratamentos x anos. O maior rendimento foi obtido no tratamento com mucuna preta (2.064 kg.ha^{-1}) e os menores com aveia preta (1.578 kg.ha^{-1}) e guandu (1.672 kg.ha^{-1}). A autora atribuiu o menor rendimento do feijão após guandu à baixa produtividade do adubo verde, espécie das mais sensíveis ao fotoperíodo (a semeadura ocorreu nos meses de março e abril).

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 é a obtenção de cobertura morta para o plantio direto. Segundo Giacomini et al. (2003), além de proteger o solo e adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies gramíneas e leguminosas proporciona uma matéria seca cuja relação C/N é intermediária àquela das espécies em cultivos isolados. Com isso, obtém-se taxa de decomposição de resíduos culturais menor que com leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas comerciais.

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 porte semelhante (Monegat, 1991). Na busca de um consórcio deve-se visualizar as plantas ocupando o espaço tridimensionalmente, ou seja, além da ocupação horizontal no terreno, deve-se levar em conta o arranjo vertical das espécies.

Vários autores citados por Giacomini et al. (2003) afirmam que as principais vantagens do cultivo consorciado de plantas para a formação de palhada são: (1) maior rendimento de matéria seca e maior acúmulo de nutrientes; (2) a gramínea no consórcio irá esgotar o N disponível do solo e estimulará a fixação biológica de N_2 pela leguminosa; (3) a água e os nutrientes do solo podem ser mais eficientemente utilizados mediante a exploração de diferentes volumes de solo por sistemas radiculares com distribuição distinta e (4) a presença de gramíneas na mistura com leguminosas adiciona ao solo uma fitomassa com uma relação C/N intermediária àquelas culturas isoladas, proporcionando, simultaneamente, proteção do solo e fornecimento de N à cultura em sucessão.

Alguns trabalhos foram realizados na região Sul do Brasil com plantas de cobertura no cultivo de outono/inverno, com o objetivo de identificar as melhores combinações de espécies e proporções de sementes para implantação dos consórcios. Nesse sentido, Heinrichs et al. (2001), trabalhando com diferentes proporções de sementes de aveia-preta e ervilhaca-comum, observaram que a produção de matéria seca dos consórcios não diferiu significativamente da aveia-preta isolada, mesmo quando foram utilizados apenas 10% de sementes da gramínea, sendo a produção de todos os consórcios maior que da ervilhaca comum isolada. O acúmulo de nitrogênio da parte aérea das plantas isoladas e em consórcio, em quaisquer proporções, não foi significativamente diferente. A ervilhaca e a aveia-preta isoladas proporcionaram a menor e a maior relação C/N, respectivamente, sendo esta aumentada nos consórcios na medida em que se aumentava a proporção de aveia-preta. A quantidade de resíduos das plantas de cobertura no solo, 180 dias após o manejo, aumentou linearmente à medida que aumentou a relação C/N dos resíduos. Segundo o autor, a decomposição mais rápida fornece mais nutrientes à cultura subsequente, em detrimento da proteção do solo, que fica descoberto

mais rapidamente. Isto foi constatado para a cultura do milho, na qual a ervilhaca solteira proporcionou maior teor de nitrogênio. As maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos com ervilhaca isolada e 90% de ervilhaca e 10% de aveia preta.

Giacomini et al. (2003), com dados de três anos, verificaram comportamento semelhante para produção de matéria seca da aveia-preta, ervilhaca comum e de seus consórcios em diferentes proporções. A leguminosa isolada apresentou os maiores teores de N, não tendo os consórcios diferido estatisticamente da mesma, exceto o consórcio 30% aveia-preta + 70% ervilhaca comum no primeiro ano. O menor teor foi encontrado no cultivo da gramínea isolada. Para os autores, esta característica, associada à adição de matéria seca, aponta o consórcio entre a gramínea e a leguminosa como uma alternativa promissora para sistemas que necessitam, simultaneamente, de proteção de solo contra erosão e fornecimento de N à cultura em sucessão.

Os trabalhos anteriores mostram que o consórcio entre gramíneas e leguminosas para formação de palha no plantio direto constitui uma excelente alternativa, devendo ser adaptado para plantas com possibilidades de uso em regiões de temperaturas mais elevadas e outono/inverno mais seco, como o Cerrado e o Sul de Minas. Um exemplo clássico de consórcio entre gramíneas e leguminosas que pode ser usado como referência envolve o milho que, pela arquitetura foliar favorável, pode ser consorciado com feijão-de-porco, caupi, mucuna-anã, guandu, lab-lab e mucunas cinza e preta. Nos três primeiros, a semeadura do milho pode ser coincidente com a dos adubos verdes, desde que não haja problemas severos de déficit hídrico e competição por nutrientes devendo, nos quatro últimos, a semeadura dos adubos verdes ser feita posteriormente à da cultura do milho (Callegari et al., 1992). Como o sorgo e o milheto possuem arquitetura parecida com a do milho, o seu consórcio com estas leguminosas parece ser viável.

Oliveira (2001) não encontrou diferença significativa entre o milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco e mucuna-preta, sendo os consórcios superiores ao cultivo isolado das leguminosas. Quanto ao acúmulo de N, apenas a mucuna-preta apresentou menor valor, devido à sua menor produção de fitomassa. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m para o milho solteiro e de 0,80 entre linhas de milho nas parcelas em consórcio, em que a semeadura das leguminosas era feita 25 dias após a do milho.

Carvalho et al. (2003 a), trabalhando com o consórcio entre milho e feijão-de-porco para produção de milho verde, não encontraram diferenças significativas entre as diferentes épocas de semeadura do feijão-de-porco (simultânea e aos 20 e 40 dias após a emergência do milho). A produção de massa verde e matéria seca do feijão-de-porco caiu linearmente nas semeaduras 20 e 40 dias após a emergência, devido ao desenvolvimento inicial lento.

Outros trabalhos, como os realizados por Amado et al. (2000), Amado & Mielniczuk (2000), Bortolini et al. (2000) e Basso & Ceretta (2000), também atestaram, na região Sul, a eficiência do consórcio entre gramíneas e leguminosas de inverno, no fornecimento ou menor imobilização de nitrogênio para a cultura principal, associado à maior durabilidade da camada de palha sobre a superfície no plantio direto, proporcionando maior equilíbrio entre a conservação do solo, supressão de ervas invasoras e economia de N mineral nos sistemas agrícolas.

2.5 Dinâmica do nitrogênio no plantio direto

O nitrogênio é constituinte dos compostos orgânicos do solo e cerca de 98% do N total encontram-se sob a forma orgânica. Com a acumulação de resíduos na superfície e conseqüente aumento na atividade biológica, as reações de mineralização do material orgânico e as transformações do N-amoniaco são

intensas. Dois pontos básicos devem ser considerados na redistribuição no solo e aproveitamento do nitrogênio pelas plantas: o movimento do íon nitrato e a relação carbono/nitrogênio (C/N) influenciando a taxa de mineralização, a imobilização pelos microorganismos no solo e a relação oferta/demanda pelas culturas (Sá, 1993).

A adição de quantidades elevadas de resíduos culturais com alta relação C/N proporciona aos microorganismos quimioorganotróficos, que atuam na decomposição da matéria orgânica, uma multiplicação gradativa, produzindo CO₂ em grandes quantidades. Nestas condições, o nitrato praticamente desaparece do solo, sendo incorporado ao protoplasma dos microorganismos, o mesmo devendo ocorrer com o amônio, se presente. Dessa forma, durante um certo período, a cultura terá pouca ou nenhuma disponibilidade de nitrogênio mineral para o seu desenvolvimento. Entretanto, a continuidade do processo de decomposição diminui a relação C/N do solo, uma vez que o carbono está sendo perdido na forma de CO₂ e o nitrogênio sendo conservado pela formação de massa celular microbiana. Segundo os autores, esta situação continua até que os resíduos vegetais atinjam uma relação C/N em torno de 20. Neste ponto, a atividade dos microrganismos decompositores e a formação de CO₂ diminui gradualmente pela falta de carbono facilmente oxidável e o nitrogênio deixa de ser limitante para os processos microbianos, passando a ocorrer a liberação de amônio, que logo é convertido a nitrato (Rajj, 1991; Victoria et al., 1992).

A relação C/N dos materiais adicionados ao solo é um bom indicativo sobre a predominância da mineralização líquida ou da imobilização líquida de N durante a fase inicial da decomposição e, portanto, sobre a disponibilidade de N no solo. A mineralização do N de resíduos culturais também é influenciada pelo regime nutricional de N, sendo tanto maior quanto maior for o teor de N nos tecidos e maior a quantidade dos resíduos da cobertura do solo (Tollenaar et al., 1993 citado por Argenta & Silva, 1999).

2.6 Adubação nitrogenada do feijoeiro

Nos últimos anos, observou-se uma evolução na recomendação de adubação nitrogenada no feijoeiro, no sentido do aumento das doses, o que está relacionado ao aumento da expectativa de produção propiciado pela evolução das cultivares e das técnicas utilizadas no cultivo, como irrigação, controle fitossanitário, tratamento de sementes, emprego de sementes fiscalizadas, utilização de herbicidas, entre outros. A recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, por exemplo, passou de 20 kg.ha⁻¹, na semeadura mais 30 a 40 kg.ha⁻¹, em cobertura, totalizando 50 a 60 kg.ha⁻¹ (CFSEMG, 1989), para 40 kg.ha⁻¹, na semeadura mais 60 kg.ha⁻¹, em cobertura, totalizando 100 kg.ha⁻¹ para o nível tecnológico mais alto (Chagas et al., 1999). Segundo Oliveira et al. (1996), quantidades superiores a 100 kg.ha⁻¹ são requeridas para garantir a extração do nutriente associada a altas produções, sendo que na prática têm sido utilizadas estas doses.

Silva (1988) testou três doses de N (0, 50 e 100 kg.ha⁻¹), aplicando 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, em três cultivares de feijão (Eriparza, Rio Tibagi e Carioca) em Lavras, MG, na safra das águas. O autor observou aumentos lineares dos teores de N e Ca e redução do teor de P a medida em que aumentou-se a dose de nitrogênio aplicada, nas três cultivares. O Mg teve aumento na absorção até a dose de 50 kg.ha⁻¹, apresentando tendência de estabilização após esta dose. O número de vagens por planta apresentou resposta linear positiva ao aumento da dose de nitrogênio; o número de grãos por vagem aumentou até a dose de 50 kg.ha⁻¹, com pequena redução na dose de 100 kg.ha⁻¹; o peso de 100 grãos não foi influenciado pela dose de N. Para o rendimento de grãos, houve interação significativa doses x cultivares. A cultivar Rio Tibagi apresentou resposta linear positiva, enquanto a cultivar Carioca atingiu maior

rendimento na dose de 50 kg.ha⁻¹ (aproximadamente 2.250 kg.ha⁻¹), com pequena redução após esta dose.

Andrade et al. (1998), trabalhando com a cultivar Carioca-MG, testaram três doses de N na semeadura (0, 20 e 40 kg.ha⁻¹) e duas doses em cobertura (0 e 30 kg.ha⁻¹), verificando resposta linear positiva para as doses na semeadura. A presença de cobertura nitrogenada proporcionou aumento para todas as características, exceto para o número de grãos por vagem, não havendo interação significativa entre doses no plantio x doses em cobertura.

Testando quatro doses de N no feijoeiro (0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹) com aplicação de 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura, em quatro densidades de semeadura (6, 10, 14 e 18 sementes.m⁻¹), em Lavras, MG, nas safras de inverno/primavera, das águas e da seca, Teixeira et al. (2000) verificaram que todas as características avaliadas foram influenciadas significativamente pelas doses de N e houve interação significativa doses x épocas. Para o número de vagens por planta e peso de 100 grãos, foram encontradas respostas lineares positivas com o aumento das doses de N. Para o rendimento de grãos, foi encontrado aumento linear, ocorrendo, no inverno/primavera, os maiores incrementos. O rendimento de grãos sem a utilização de N foi próximo de 300 kg.ha⁻¹, chegando a 2.500 kg.ha⁻¹ na maior dose.

Também em Lavras, Rodrigues (2001) testou o efeito de três doses de N no feijoeiro (0, 60 e 120 kg.ha⁻¹), associadas a quatro doses de fósforo no sistema convencional em três épocas. As doses de N influenciaram significativamente as características agrônômicas avaliadas, exceto o número de grãos por vagem, o mesmo sendo verificado para a interação doses x épocas de semeadura. Na safra de inverno-primavera, as doses de N provocaram redução linear nos estandes inicial e final, pequena redução inicial no peso de cem grãos, voltando a aumentar até a dose máxima e aumentos lineares no número de

vagens por planta e no rendimento de grãos, sendo obtidos na semeadura de inverno-primavera os maiores acréscimos para estas características.

Xavier (2002), trabalhou em Ribeirão Preto, SP, com quatro doses de N (0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹) em cobertura aos 30 dias após a semeadura nas cultivares IAC Una (grupo preto) e Pérola (grupo carioca), sob palhada de milheto, em área conduzida sob plantio direto há dois anos. O autor verificou aumento linear do número de vagens por planta e massa de 100 grãos à medida que se aumentou a dose de N, apenas no primeiro ano. A produtividade aumentou linearmente com as doses de N nos dois anos, não sendo verificado, no entanto, aumento significativo no teor foliar de N.

Testando a combinação de diferentes doses no plantio e em cobertura, nas três épocas de semeadura, Valério (2002) obteve maiores rendimentos na média das três épocas, com 80 e 90 kg.ha⁻¹ na semeadura e em cobertura, respectivamente, totalizando 170 kg.ha⁻¹. Na interação entre épocas de semeadura e doses de N no plantio houve resposta no rendimento de grãos até a dose de 80 kg.ha⁻¹ em todas as épocas, ocorrendo estabilização após a mesma. O autor ressalta que sem N em cobertura, a resposta às doses no plantio foi linear até a dose máxima de 120 kg.ha⁻¹, concluindo que não houve prejuízo à germinação das sementes e emergência das plântulas.

Carvalho et al. (2003 b), trabalhando com a cultivar IAC Carioca no sistema de plantio direto com palhada de milho em Selvíria, MS, testou três modos de aplicação de N em cobertura (todo aplicado aos 15 DAE, todo aplicado aos 30 DAE e dividido em metade aos 15 e metade aos 30 DAE) e cinco doses (0, 35, 70, 105 e 140 kg.ha⁻¹), verificando aumento no teor foliar do nutriente até a dose de 108 kg.ha⁻¹ de N, com os teores variando entre 28,31 (testemunha) até 43,46 g.kg⁻¹. O rendimento de grãos respondeu linearmente à aplicação de N, contrastando com o teor máximo de N nas folhas, o que, para os autores, evidencia a necessidade de estabelecimento de uma marcha de absorção

do nutriente e verificação da migração do N para diferentes partes da planta, principalmente no caso do plantio direto. Não houve efeito significativo da época de aplicação.



3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, no período de março a dezembro de 2003. A área experimental era cultivada com feijão no sistema convencional, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2000). As características químicas do solo, anteriores à instalação do experimento, encontram-se na Tabela 1.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (Vianello & Alves, 1991). Os dados climáticos referentes ao período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

3.1 Primeira fase

A primeira fase constituiu-se da semeadura das plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado, tendo sido implantada no dia 17 de março de 2003. A escolha das plantas de cobertura foi feita com base em resultados obtidos em Lavras, MG, para a época de semeadura em questão.

TABELA 1 - Resultados da análise química do solo em três profundidades, antes da implantação do experimento. Ufla, Lavras, MG, 2003⁽¹⁾.

Propriedades químicas	Profundidades		
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm
pH em água (1:2,5)	5,4 AcM	5,2 AcM	5,2 AcM
P (mg.dm ⁻³)	11,1 M	11,1 M	12,4 B
K (mg.dm ⁻³)	63 M	63 M	63 M
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	1,3 M	1,3 M	1,4 M
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	1,1 B	0,7 M	0,6 M
Al (cmol _c .dm ⁻³)	0,3 Ba	0,3 Ba	0,3 Ba
H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	3,6 M	3,6 M	3,6 M
SB (cmol _c .dm ⁻³)	2,6 M	2,2 M	2,2 M
t (cmol _c .dm ⁻³)	2,9 M	2,5 M	2,5 M
T (cmol _c .dm ⁻³)	6,2 M	5,8 M	5,8 M
V (%)	41,6 M	37,5 Ba	37,5 Ba
m (%)	10 Mba	12 Mba	12 Mba
Ca/T (%)	21,0	22,4	24,1
Mg/T (%)	17,7	12,0	10,3
K/T (%)	2,9	3,1	3,1
Ca/Mg	1,1	1,9	2,3
Ca/K	7,2	7,2	7,8
Mg/K	6,1	3,9	3,3
MO (dag.kg ⁻¹)	2,4 M	2,4 M	2,4 M

⁽¹⁾ Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Ufla. AcM = acidez média, Mba = muito baixo, Ba = baixo, M = médio, B = bom, Mb = muito bom, SB = soma de bases, t = CTC efetiva, T = CTC a pH 7,0, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio.

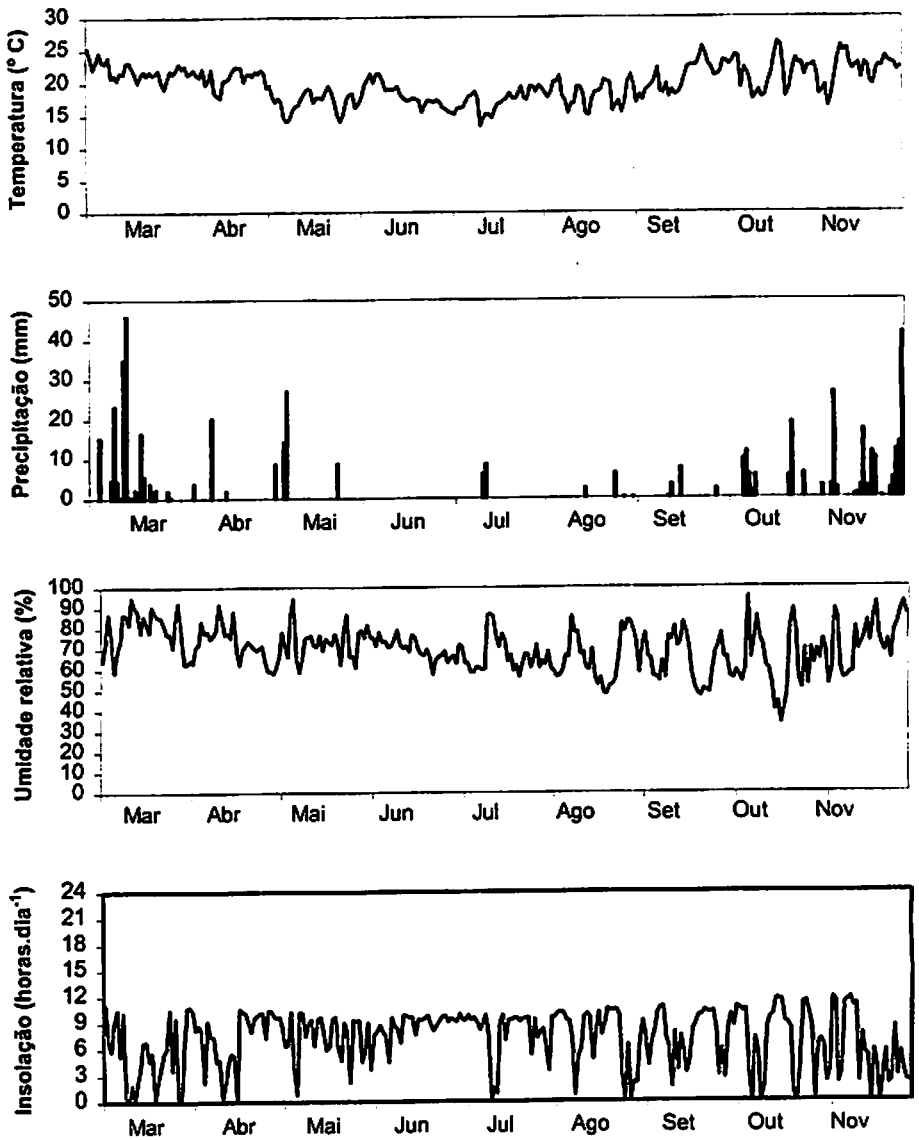


FIGURA 1: Variações diárias da temperatura média, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e insolação, no período de março a novembro de 2003. (Dados fornecido pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, e convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia Inmet).

3.1.1 Espécies utilizadas

i. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* (L.) DC.): é uma espécie de origem centro-americana, bastante cultivada em regiões quentes, sendo encontrada em estado silvestre nas Antilhas e nas zonas tropicais africanas e asiáticas. É uma planta de crescimento ereto e de hábito determinado, chegando de 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 e tolerante ao sombreamento parcial. Por se tratar de planta de clima tropical e subtropical, não suporta geadas. Adapta-se praticamente a todos os tipos de solos, inclusive aqueles pobres em fósforo. Segundo o mesmo autor, é recomendado o plantio entre os meses de setembro e dezembro nas regiões onde ocorrem geadas a partir de abril/maio, podendo ser estendido até março, em regiões isentas de geadas (Calegari et al., 1992 b).

ii. Guandu-anão (*Cajanus cajan*): o guandu é uma leguminosa arbustiva, anual ou semi-perene, com vida de até três anos. Planta rústica, merece destaque pela sua elevada produção de biomassa e pelos efeitos de seu sistema radicular nas condições físico-químicas do solo. É espécie de clima tropical e subtropical, com temperatura mais favorável entre 20°C e 30°C e resistência à seca, sendo suficientes 500 mm anuais de precipitação para o seu desenvolvimento (Calegari, 1995). Segundo Calegari et al. (1992 b), assim como para o feijão-de-porco, o plantio do guandu é recomendado de setembro até dezembro nas regiões onde ocorrem geadas em abril/maio, podendo ser estendido até março nas regiões livres da ocorrência das mesmas.

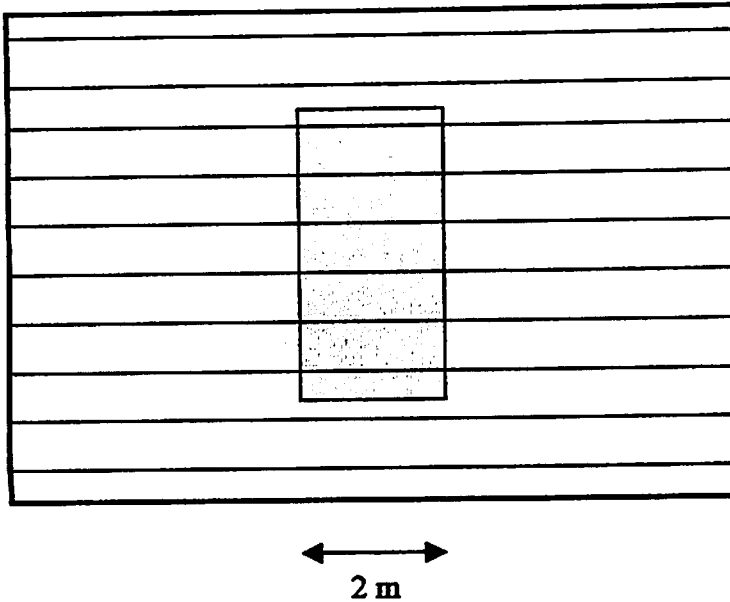
iii. Milheto (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf): é uma gramínea anual, originária da África e adaptada a climas tropicais e subtropicais. É rústica,

possui grande resistência à seca (maior que a do sorgo) e não tolera terrenos excessivamente úmidos. Vegeta bem nos solos pobres e arenosos, preferindo os de boa fertilidade, nos quais atinge maiores produtividades, podendo chegar a 3 m de altura (Pupo, 1979).

3.1.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado nesta fase para produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos, compostos pela semeadura das plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado, foram: 1) consórcio milho+feijão-de-porco; 2) consórcio milho+guandú-anão; 3) feijão-de-porco solteiro; 4) guandú-anão solteiro e 5) milho solteiro. Para avaliação do teor de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, foram tomadas amostras de acordo com a espécie e forma de cultivo, constituindo 7 tratamentos: 1) milho solteiro; 2) milho consorciado com feijão-de-porco; 3) milho consorciado com guandú-anão; 4) feijão-de-porco solteiro; 5) feijão-de-porco consorciado; 6) guandú-anão solteiro e; 7) guandú-anão consorciado.

As parcelas foram constituídas por dez linhas espaçadas de 0,5 m com 10 m de comprimento, sendo utilizadas como área útil seis linhas de 2 m na área central da parcela (6 m²) de modo que a avaliação das plantas de cobertura não interferisse na área útil das subparcelas na segunda fase (Figura 2). Os consórcios foram constituídos por linhas alternadas, com o mesmo número de plantas.m⁻¹ das espécies em cultivo solteiro e semeadura simultânea das duas espécies.





 Área útil da parcela (1ª fase)

FIGURA 2: Esquema representativo da parcela na primeira fase com as linhas e a área útil.

3.1.3 Implantação e condução do experimento

Para implantação do experimento, procedeu-se ao preparo da área por meio de uma aração com arado de discos e uma gradagem com grade leve, após a qual foi realizado o sulcamento para receber as sementes das plantas de cobertura. A distribuição das sementes foi feita manualmente, haja vista a utilização de diferentes espécies nos tratamentos.

O feijão-de-porco e o guandu-anão foram semeados na densidade de 8 e 18 sementes por metro linear, respectivamente (Calegari et al., 1992). Para o

milheto foi utilizada a densidade de 15 kg.ha⁻¹ (Pupo, 1979). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m, tanto nos cultivos solteiros quanto nos consorciados.

Aos 30 dias após a semeadura, foi feito o controle das plantas daninhas por meio de cultivador de tração animal. Não foi realizado nenhum tipo de adubação. Para o controle de formigas cortadeiras do gênero *Atta*, foram utilizados inseticidas comerciais, nas formulações isca e pó, mas, mesmo assim, o guandu-anão sofreu o ataque das mesmas. Com o encerramento das chuvas na segunda quinzena de abril, adotou-se a irrigação no início do mês de maio, trabalhando com um turno de rega de sete dias, com vistas à verificação do comportamento das plantas em condição de menor disponibilidade de água.

O manejo químico das plantas de cobertura foi realizado em 14 de julho de 2003, 119 dias após a semeadura, quando o milheto encontrava-se no estágio de grão leitoso a farináceo. O feijão-de-porco se encontrava em floração plena e o guandu-anão no início da mesma. Para a dessecação, foi utilizado o herbicida de ação total glifosate, na dose de 3 L.ha⁻¹, aplicado com pulverizador costal. A dose aplicada dessecou o milheto totalmente, porém, algumas plantas de feijão-de-porco e guandu-anão permaneceram vivas, sendo cortadas com roçadora costal motorizada às vésperas da implantação da segunda fase.

3.1.4 Avaliações nas plantas de cobertura

3.1.4.1 Fitomassa fresca

Para determinação da produção de fitomassa fresca foram cortadas rente ao solo e pesadas todas as plantas da área útil das parcelas, devolvendo-as posteriormente ao solo. Nos consórcios, as espécies foram pesadas separadamente. Após a pesagem, os pesos foram expressos em t.ha⁻¹.

3.1.4.2 Fitomassa seca

Para determinação da produção de fitomassa seca foi obtido o teor de matéria seca, retirando-se uma amostra de aproximadamente 500 g de cada parcela (ou duas, no caso dos consórcios) As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C, até atingirem peso constante. Posteriormente, o teor obtido foi multiplicado pela produtividade de fitomassa fresca, para a obtenção da produção de matéria seca em t.ha⁻¹.

3.1.4.3 Macro e micronutrientes na parte aérea

As amostras retiradas para a avaliação do teor de matéria seca, após a secagem em estufa, foram moídas em moinho tipo Wiley e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Ufla, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de cobertura (Malavolta et al., 1997).

O acúmulo de macro e micronutrientes foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca pelo teor dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura. Os valores foram transformados para kg.ha⁻¹ (macronutrientes) ou g.ha⁻¹ (micronutrientes).

3.2 Segunda fase

Em 1º de agosto de 2003, 18 dias após a dessecação das plantas de cobertura, foi realizada, sob suas palhadas, a semeadura direta do feijoeiro, iniciando-se a segunda fase do experimento.

3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. O primeiro fator foi constituído pelas diferentes palhadas e o segundo por quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹ de N), aplicando-se 40% na base e 60% em duas coberturas, aos 20 e 30 dias após a emergência.

As parcelas foram constituídas por dez linhas de plantas de cobertura com 10 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, conforme já descrito na primeira fase. Cada subparcela teve cinco linhas de feijoeiros com 5 m de comprimento, também no espaçamento de 0,5 m. A área útil de cada subparcela totalizou 4,5 m², com três linhas de 3 m de comprimento (Figura 3).

3.2.2 Implantação e condução do experimento

Dezoito dias após o manejo químico das plantas de cobertura, a área foi sulcada com semeadora adubadora de plantio direto de três linhas com tração mecânica. Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se a distribuição manual dos adubos e das sementes.

Foi utilizada a cultivar de feijão BRS-MG Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/Epamig/Embrapa e recomendada para Minas Gerais, a qual apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa Brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF), e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (CULTIVAR, 2002).

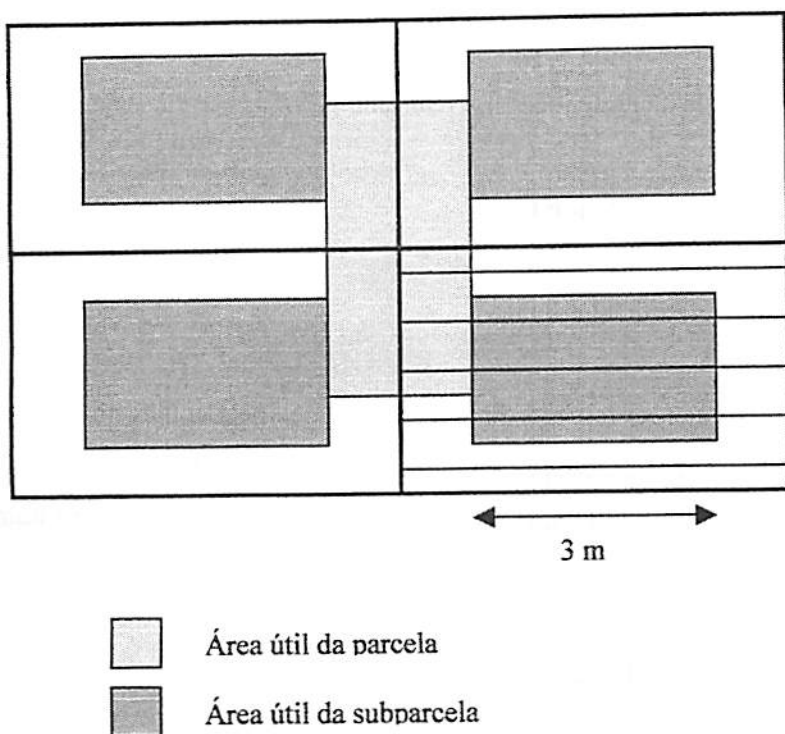


FIGURA 3: Esquema representativo da parcela com as linhas da subparcela e as áreas úteis da parcela e das subparcelas.

As adubações fosfatada e potássica constaram da aplicação de 30 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e 20 kg.ha^{-1} de K_2O , utilizando-se como fontes superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Utilizaram-se doses menores de fósforo e potássio com o intuito de verificar a capacidade de reciclagem destes nutrientes pelas diferentes plantas de cobertura utilizadas. Para a adubação nitrogenada foi utilizada a fonte sulfato de amônio, não se optando pela uréia devido ao risco de volatilização de N, já que a aplicação foi superficial. Aos 35 dias após a emergência, procedeu-se a aplicação da mistura comercial dos herbicidas

fomezafen e fluazifop p-butil para controle das plantas daninhas em pós-emergência na dose de 1 L.ha⁻¹ do produto comercial.

A colheita do feijoeiro foi realizada 106 dias após a semeadura.

3.2.3 Avaliações no feijoeiro

3.2.3.1 Estande inicial e final

Os estandes inicial e final foram obtidos pela contagem do número de plantas da área útil das parcelas após a emergência completa e ao final do cultivo do feijoeiro, respectivamente, sendo os valores transformados para número de plantas.ha⁻¹.

3.2.3.2 Altura de plantas

A altura de plantas foi determinada pela média das alturas de 10 plantas tomadas ao acaso na área útil de cada subparcela, sendo medidas do solo até a base do pecíolo da última folha recém-formada, no estágio de floração plena.

3.2.3.3 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi determinado pela média aritmética do número de vagens de 10 plantas tomadas ao acaso na área útil de cada subparcela.

3.2.3.4 Número de grãos por vagem

Das dez plantas utilizadas na determinação do número de vagens por planta, foram tomadas, ao acaso, 15 vagens, procedendo-se à contagem e determinando-se o valor médio do número de grãos por vagem.

3.2.3.5 Peso médio de cem grãos

O peso médio de cem grãos foi determinado dividindo-se por três o peso médio de 300 grãos de cada subparcela, determinando-se a umidade e corrigindo-se o peso para 13% de umidade, segundo a expressão sugerida por ABEAS (1987):

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

em que:

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

P_i : peso inicial dos grãos colhidos;

U_i : umidade inicial por ocasião da pesagem;

U_f : umidade final requerida para correção.

3.2.3.6 Rendimento de grãos

Foi determinado pesando-se a produção obtida na área útil de cada subparcela, expressando-se os valores em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Foi feita correção para 13% de umidade, conforme expressão descrita anteriormente (ABEAS, 1987).

3.2.3.7 Avaliação do estado nutricional

Quando 50% das plantas da área útil da parcela se encontravam na fase de florescimento, procedeu-se à coleta de folhas trifolioladas do terço médio de 20 plantas em cada subparcela. Após a coleta, as amostras foram lavadas em água para retirar o solo que se encontrava em algumas folhas, passando as mesmas, após a lavagem, por água destilada. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C e, posteriormente, moídas em moinho tipo Wiley para serem encaminhadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Ufla, onde foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (Malavolta et al., 1997).

3.3 Análise estatística

Para a interpretação dos resultados obtidos, os dados experimentais da primeira e segunda fase foram submetidos à análise de variância e as médias relativas às plantas de cobertura comparadas no teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de nitrogênio foram estudados por meio de análises de regressão.

Os teores de B e Mn foram transformados para raiz quadrada de X, os quais não apresentaram variâncias homogêneas (Gomes, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fitomassa fresca e seca

Pela análise de variância (Tabela 2), verifica-se que houve significância ($p < 0,01$) dos tratamentos, ou seja, das plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado, tanto na produção de fitomassa fresca, como seca. Apenas o guandu-anão em cultivo solteiro apresentou menor produção, tanto de fitomassa fresca como seca, não tendo os demais diferido significativamente (Tabela 3).

TABELA 2 Resumo da análise de variância dos dados referentes à produção de fitomassa fresca e seca do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão e dos consórcios da gramínea com as leguminosas. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	
		Fitomassa fresca	Fitomassa seca
TRATAMENTOS	4	90,659490**	4,112174**
BLOCOS	3	2,719492	0,125504
ERRO	12	4,639108	0,291789
CV (%)		20,73	22,34

** Significativo no teste de F a 1% de significância.

TABELA 3 Produção de fitomassa fresca e seca ($Mg.ha^{-1}$) do milho, feijão-de-porco, guandú anão e seus consórcios. Ufla, Lavras, MG, 2003¹.

Tratam.	Fitomassa verde	Contribuição (%)		Fitomassa seca	Contribuição (%)	
		milho	legum.		milho	legum.
FP+M	14,171 a	44,7	55,3	3,275 a	51,4	48,6
M	11,729 a	100	-	2,907 a	100	-
FP	13,833 a	-	100	2,728 a	-	100
GA+M	9,709 a	90,1	9,9	2,505 a	86,7	13,3
GA	2,500 b	-	100	0,676 b	-	100
CV (%)	20,73			22,34		

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FP = feijão-de-porco, M = milho, GA = guandú-anão.

Na Tabela 3 observa-se ainda que, no consórcio entre milho e feijão-de-porco, a contribuição das espécies na produção total de fitomassa, tanto fresca como seca, foi praticamente a mesma, ao contrário do que ocorreu no consórcio entre milho e guandú-anão, onde a predominância da fitomassa foi do milho. Este resultado demonstra que o consórcio entre milho e feijão-de-porco foi superior nesta época, embora suas produções de fitomassa fresca e seca tenham ficado aquém daquelas encontradas, também em Lavras, MG, por Oliveira (2001), o qual obteve produções totais de 32,92 e 10,81 $kg.ha^{-1}$ de fitomassa fresca e seca respectivamente, com semeadura em novembro. Diferentemente do presente trabalho, o autor obteve maior produção de fitomassa no milho solteiro, mas isto ocorreu em função dos espaçamentos entre linhas do milho utilizadas naquele trabalho (0,25 m no solteiro e 0,80 no consorciado). Além disso, a semeadura da leguminosa ocorreu 25 dias após a da gramínea, o que pode ter reduzido o desenvolvimento do feijão-de-porco, conforme observaram Carvalho et al. (2003 a), consorciando a leguminosa com

milho e obtendo queda linear na produção de fitomassa do feijão-de-porco, passando de 3,55 Mg.ha⁻¹ na semeadura simultânea com o milho, para pouco mais de 1,0 Mg.ha⁻¹ na semeadura 20 dias após a emergência do milho. Comportamento parecido foi observado por Heinrichs et al. (1998), já que a produção de fitomassa do feijão-de-porco semeado simultaneamente ao milho foi de 1,56 Mg.ha⁻¹, reduzindo-se para 1,36 Mg.ha⁻¹ na semeadura 30 dias após o milho.

A contribuição da leguminosa foi muito baixa em relação à gramínea no consórcio entre milheto e guandu-anão (Tabela 3) o que, aliado à sua baixa produção em cultivo solteiro, mostra não ser recomendável para a região a semeadura desta espécie no outono. A produção de fitomassa seca do guandu-anão foi baixa, principalmente quando comparada com outras produções obtidas com semeadura em março, utilizando cultivares de porte alto, como Amabile (1996), que obteve 5,7 Mg.ha⁻¹ e Santos & Carvalho (1999), que obtiveram produção próxima de 3,5 Mg.ha⁻¹. Com cultivar de porte anão na primavera, Ceretta et al. (1994) obtiveram 5,3 Mg.ha⁻¹. A baixa produção de fitomassa apresentada pelo guandu no presente trabalho pode estar associada às temperaturas mais baixas ocorridas no período de desenvolvimento da cultura (Figura 1), já que a temperatura média ideal para seu desenvolvimento se encontra entre 20°C e 30°C (Calegari et al., 1992 b).

A produção de fitomassa seca do feijão-de-porco em cultivo solteiro (Tabela 3) pode ser considerada baixa quando comparada a outros resultados, como os encontrados por Araújo & Almeida (1993), Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Carvalho (2000), que obtiveram produções entre 4,93 e 10,17 Mg.ha⁻¹ com semeadura na primavera, e os encontrados por De-polli & Chada (1989) e Fiorin et al. (1998), que encontraram produções em torno de 6,0 Mg.ha⁻¹, com plantio em janeiro. Estão próximas,

entretanto, das produções obtidas em Lavras na primavera por Oliveira (2001), com 3,43 Mg.ha⁻¹ e, no outono, por Santos & Carvalho (1999), com 3,5 Mg.ha⁻¹.

O milheto solteiro apresentou baixa produção de fitomassa, não se equiparando às produções alcançadas em Lavras na mesma época de plantio por de Teixeira & Carvalho (1999), com 3,7 Mg.ha⁻¹ de fitomassa seca, sem a utilização de irrigação, ou na primavera/verão por Caixeta & Carvalho (1999), com 8,84 Mg.ha⁻¹ e Moraes (2001), com 9,65 Mg.ha⁻¹. A produção de fitomassa relativamente baixa do milheto pode estar relacionada, em grande parte, ao florescimento precoce, observado com cerca de 1 m de altura, aproximadamente 40 dias após a sementeira. A causa provável deste florescimento foi um período de baixas temperaturas ocorrido durante o desenvolvimento da cultura no mês de abril (Figura 1), o qual pode ser considerado atípico na região.

As produções de fitomassa, mesmo nos tratamentos com maior produção, podem ser consideradas baixas para a manutenção do plantio direto, já que a quantidade mínima ideal de material vegetal a ser adicionado em um sistema é de 6,0 Mg.ha⁻¹, com base em matéria seca (Denardin & Kochhann, 1993). O sistema de rotação proposto, no qual as plantas produtoras de fitomassa entrariam na safrinha (março) e o feijão irrigado no inverno, pode ser viabilizado pela utilização de culturas na primavera/verão que retornem grande quantidade de restos culturais ao solo, como o milho.

4.2 Teores de macro e micronutrientes

Na Tabela 4 observa-se que houve significância ($p < 0,01$) dos tratamentos nos teores de macro e micronutrientes, excetuando-se o Mn e o Fe.

Observando-se os dados apresentados na Tabela 5, verifica-se que os maiores teores de N foram obtidos pelas leguminosas, nas duas formas de

cultivo, com destaque para o feijão-de-porco consorciado com o milho. Este resultado pode ser explicado pela rápida absorção de N por parte do milho, esgotando o nutriente no solo e influenciando positivamente a fixação biológica pela leguminosa, conforme citaram vários autores compilados por Giacomini et al. (2003).

TABELA 4 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos teores de macro e micronutrientes da parte aérea do milho, feijão-de-porco e guandu-anão solteiros e consorciados, por ocasião do manejo. Ufla, Lavras, MG, 2003.

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
TRATAM.	6	1,1216**	0,0029**	0,1804**	2,1976**	0,0045**	0,0033**
BLOCOS	3	0,2562	0,0057**	0,1804**	0,1096	0,0016	0,0012
ERRO	18	0,0949	0,0010	0,0132	0,0428	0,0007	0,0006
CV (%)		13,4	15,01	7,77	20,34	16,68	15,83
FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios)					
		B	Cu	Mn	Zn	Fe	
TRATAM.	6	202,6440**	20,4495**	603,0064	1884,3053**	81566,1573	
BLOCOS	3	8,8137	5,1546*	614,0642	241,9886	10594,0505	
ERRO	18	4,3034	1,6005	387,3450	347,4199	88632,7996	
CV (%)		10,92	15,07	22,59	24,89	36,78	

* Significativo no teste de F a 5%.

** Significativo no teste de F a 1%.

TABELA 5 Teores de macro e micronutrientes do feijão-de-porco, guandu-anão e milho em cultivo solteiro e consorciado por ocasião do manejo. Ufla, Lavras, MG, 2003¹.

TRATAM.	Macronutrientes (dag.kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
FP (cons.)	3,05 a	0,19 ab	1,49 ab	1,99 a	0,17 ab	0,14 b
FP (solt.)	2,67 ab	0,16 b	1,38 bc	2,09 a	0,16 ab	0,13 b
GA (solt.)	2,57 ab	0,23 ab	1,22 c	0,93 b	0,09 c	0,14 b
GA (cons.)	2,42 ab	0,22 ab	1,26 bc	0,95 b	0,13 bc	0,14 b
M (cons. GA)	2,08 bc	0,24 a	1,74 a	0,39 c	0,17 ab	0,19 ab
M (solt.)	1,67 c	0,23 ab	1,75 a	0,38 c	0,16 ab	0,15 ab
M (cons. FP)	1,62 c	0,21 ab	1,51 ab	0,40 c	0,20 a	0,21 a

TRATAM.	Micronutrientes (mg.kg ⁻¹)				
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
FP (cons.)	25,65 a	5,10 c	78,63 a	56,53 ab	1058,45 a
FP (solt.)	24,87 a	5,50 bc	69,05 a	57,10 ab	883,50 a
GA (solt.)	25,23 a	9,47 a	99,70 a	66,50 ab	814,10 a
GA (cons.)	22,80 a	8,07 ab	77,67 a	51,30 b	646,70 a
M (cons. GA)	10,53 b	10,25 a	90,40 a	98,65 a	787,67 a
M (solt.)	11,70 b	9,80 a	101,93 a	98,13 a	643,97 a
M (cons. FP)	12,15 b	10,57 a	92,45 a	95,90 a	831,80 a

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. FP = feijão-de-porco, GA = guandu-anão, M = milho.

Salienta-se que os teores de N encontrados no feijão-de-porco (Tabela 5) se inserem naqueles verificados por De-polli & Chada (1989), Araújo & Almeida (1993), Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001) que variaram entre 1,78 e 3,45 dag.kg⁻¹.

No guandu-anão, os teores de N observados estão dentro da faixa encontrada por vários autores como Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000), Alcântara et al. (2000) e Carvalho (2000) que é de 1,88 a 2,68 dag.kg⁻¹, embora estes autores tenham utilizado cultivares de porte alto.

O milheto consorciado com guandu-anão apresentou uma tendência ao maior teor de N, quando comparado às outras formas de cultivo da gramínea. Este fato provavelmente se deve à menor competição por parte do guandu, já que este apresentou menor desenvolvimento entre as espécies estudadas (Tabela 3).

O maior teor de P foi observado no milheto em consórcio com o guandu-anão com 0,24 dag.kg⁻¹ (Tabela 5), indicando menor competição do guandu com o milheto na absorção deste nutriente. O menor teor de P foi verificado no feijão-de-porco solteiro e os demais tratamentos não diferiram significativamente dos teores extremos.

Os teores de P encontrados para o milheto foram muito próximos dos encontrados por Carvalho (2000) e Moraes (2001), com 0,25 e 0,24 dag.kg⁻¹, sendo superiores aos encontrados por Oliveira (2001) de 0,18 dag.kg⁻¹. Os teores de P do guandu-anão se inserem nos encontrados por Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Alcântara et al. (2000), Carvalho (2000) e Favero et al. (2000), que estão entre 0,09 e 0,29 dag.kg⁻¹, todos utilizando cultivares de porte alto.

No feijão-de-porco, os teores de fósforo estão dentro da faixa verificada por vários autores, como Araújo & Almeida (1993), Ceretta et al.

(1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001) que é de 0,07 a 0,24 dag.kg⁻¹.

Na Tabela 5 observa-se ainda que os maiores teores de K foram encontrados no milho solteiro e em consórcio com o guandu-anão, com 1,75 e 1,74 dag.kg⁻¹, respectivamente. O menor foi observado no guandu-anão solteiro.

É interessante observar que a competição imposta pelo feijão-de-porco, no consórcio com o milho, fez com que este apresentasse uma tendência a um menor teor de K, quando comparado ao seu teor em cultivo solteiro (Tabela 5). Por outro lado, a presença do milho parece ter beneficiado o feijão-de-porco pois, este, quando consorciado com o milho, apresentou valor que não diferiu dos maiores teores, enquanto que em cultivo solteiro, o teor de K não diferiu do menor. Uma possível explicação é que, devido à diferença de ciclo entre culturas, o feijão-de-porco ainda se encontrava no início do florescimento, enquanto o milho já se encontrava em senescência, com os grãos passando a farináceos, o que pode ter promovido uma lavagem de K, aumentando a concentração do elemento na camada superficial do solo e, conseqüentemente, nas plantas de feijão-de-porco. A mesma explicação pode justificar a tendência do guandu, em consórcio com milho, a apresentar maior teor de K em relação a seu cultivo solteiro.

O teor de K encontrado para o milho foi, em média, semelhante aos encontrados por Moraes (2001), de 1,72 dag.kg⁻¹ e por Carvalho (2000), de 1,77 dag.kg⁻¹, sendo inferior ao encontrado por Oliveira (2001) com 1,88 dag.kg⁻¹.

Os teores de K encontrados para o feijão-de-porco se inserem nos verificados por Araújo & Almeida (1993), Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), os quais variam entre 0,82 e 2,13 dag.kg⁻¹. O teor médio de K do guandu-anão foi superior ao encontrado

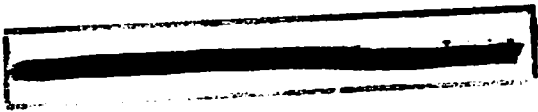
por Alvarenga et al. (1995), com $1,01 \text{ dag.kg}^{-1}$, bem acima do observado por Carvalho (2000) com $0,15 \text{ dag.kg}^{-1}$ e semelhante ao encontrado por Ceretta et al. (1994), com $1,19 \text{ dag.kg}^{-1}$, tendo todos os autores utilizado cultivares de porte alto.

Para o Ca, os maiores teores foram verificados no feijão-de-porco solteiro e consorciado, seguido do guandu-anão solteiro e consorciado e, por último, do milho solteiro e nas duas formas de consórcio (Tabela 5). Resultado semelhante foi observado por Oliveira (2001), que encontrou maiores teores de Ca no feijão-de-porco e menor no milho, assim como Carvalho (2000) que encontrou teor duas vezes maior de Ca no guandu em relação ao milho.

Os teores de Ca encontrados para o feijão-de-porco estão dentro da faixa observada por Araújo & Almeida (1993), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), que é de $1,01$ a $2,96 \text{ dag.kg}^{-1}$. Os teores de Ca verificados para o guandu-anão assemelham-se ao encontrado por Carvalho (2000) com $0,99 \text{ dag.kg}^{-1}$, e são superiores aos encontrados por Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Alcântara et al. (2000) com média de $0,43 \text{ dag.kg}^{-1}$, todos utilizando cultivares de porte alto.

Para o milho, os teores estão próximos do observado por Carvalho (2000) de $0,49 \text{ dag.kg}^{-1}$ e inferiores aos observados por Oliveira (2001) e Moraes (2001) de $0,7$ e $1,09 \text{ dag.kg}^{-1}$, respectivamente.

O maior teor de Mg foi verificado no milho consorciado com o feijão-de-porco, com $0,2 \text{ dag.kg}^{-1}$. O milho consorciado com guandu-anão e solteiro, bem como o feijão-de-porco consorciado com milho e em cultivo solteiro não diferiram significativamente do primeiro, porém, também não apresentaram diferença significativa para o guandu-anão consorciado com milho (Tabela 5). Esta inferioridade do guandu com relação ao teor de Mg corrobora com os dados encontrados por Carvalho (2000), que encontrou



maior teor do elemento no milheto com $0,33 \text{ dag.kg}^{-1}$, contra $0,29 \text{ dag.kg}^{-1}$ no guandu e por Alvarenga et al. (1995), que verificaram superioridade do feijão-de-porco em relação ao guandu ($0,22 \text{ dag.kg}^{-1}$ contra $0,13 \text{ dag.kg}^{-1}$).

Os teores de Mg verificados para o milheto foram inferiores aos encontrados por Carvalho (2000), Oliveira (2001) e Moraes (2001), o que pode ser explicado pela menor concentração do elemento no solo do presente trabalho, de $0,7 \text{ cmol.c.dm}^{-3}$, considerada média (Alvarez V. et al., 1999).

No feijão-de-porco, os teores de Mg se inserem nos verificados por Araújo & Almeida (1993), Fávero et al. (2000) e Oliveira (2001), os quais foram em média $0,25 \text{ dag.kg}^{-1}$. Para o guandu, os teores estão dentro dos encontrados por Favero et al. (2000), Alcântara et al. (2000) com $0,21 \text{ dag.kg}^{-1}$ e Carvalho (2000), com média de $0,19 \text{ dag.kg}^{-1}$, tendo todos estes autores utilizado cultivares de porte alto.

Com relação ao S, os maiores teores foram observados no milheto, tanto em cultivo solteiro quanto consorciado, com destaque para este último. O feijão-de-porco e o guandu-anão não diferiram entre si (Tabela 5).

O teor de S verificado para o milheto foi superior ao encontrado por Carvalho (2000), inferior ao observado por Moraes (2001) e próximo do encontrado por Oliveira (2001). Porém, diferentemente do presente trabalho, o último autor não encontrou diferença significativa entre os teores do elemento no milheto e no feijão-de-porco.

No guandu, o teor do elemento foi muito próximo dos encontrados por Alcântara et al. (2000) e Carvalho (2000), não tendo o último encontrado diferença significativa entre os teores de S do milheto e do guandu. Cabe lembrar que as cultivares utilizadas por estes autores eram de porte alto.

Com relação aos micronutrientes, destaca-se a absorção de B por parte das leguminosas, as quais apresentaram, em média, $24,91 \text{ mg.kg}^{-1}$, pouco mais do dobro do teor médio do elemento no milheto, que foi de $11,46 \text{ mg.kg}^{-1}$

(Tabela 5). Os valores encontrados para o feijão-de-porco, apesar de altos, quando comparados com o milho, foram inferiores ao encontrado por Oliveira (2001), o qual encontrou teor do elemento quase 3 vezes maior no feijão-de-porco em relação ao milho. Já para o guandu os teores foram bem superiores àquele verificado por Alcântara et al. (2000). Os teores de B apresentados pelo milho foram um pouco inferiores aos verificados por Oliveira (2001) e por Moraes (2001).

Pelos dados da Tabela 5, observa-se que os maiores teores de Cu foram apresentados pelo milho e pelo guandu-anão, tendo o guandu-anão consorciado com o milho apresentado uma tendência de redução. O teor médio do milho foi de $10,21 \text{ mg.kg}^{-1}$, sendo muito superior aos encontrados por Oliveira (2001) e por Moraes (2001). O guandu-anão apresentou teor médio de $8,77 \text{ mg.kg}^{-1}$, valor este superior ao citado por Calegari (1995) e inferior ao verificado por Alcântara et al. (2000).

O teor de Cu do feijão-de-porco solteiro de $5,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ não diferiu significativamente do guandu-anão em consórcio com o milho, também não diferindo de sua forma consorciada, que apresentou o menor teor, com $5,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Tabela 5). Estes valores são inferiores ao verificado por Oliveira (2001), que não encontrou diferença entre o teor do elemento no feijão-de-porco e no milho, e ao citado por Calegari (1995).

Para o Zn, o comportamento foi contrário àquele observado para o B, em que a gramínea apresentou maiores valores, com uma média de $98,56 \text{ mg.kg}^{-1}$. O feijão-de-porco, nas duas formas de cultivo e o guandu-anão solteiro, com uma média de $60,04 \text{ mg.kg}^{-1}$, não diferiram significativamente do milho, porém, também não diferindo do guandu-anão consorciado, que apresentou o menor valor, com $51,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Tabela 5). O teor de Zn verificado para o milho foi muito superior aos observados por Moraes (2001) e Oliveira (2001), não tendo o último autor encontrado diferença

significativa entre os teores deste elemento no feijão-de-porco e no milho. Os teores de Zn observados para o feijão-de-porco foram muito superiores ao verificado por Oliveira (2001) e próximos do citado por Calegari (1995). Para o guandu, os teores do elemento foram muito superiores ao verificado por Alcântara et al. (2000), sendo também muito superiores ao citado por Calegari (1995).

Pelo confronto entre os teores de nutrientes obtidos neste trabalho e aqueles obtidos por outros autores, verifica-se uma grande variabilidade dentro das espécies, o que se deve, em grande parte, às diferenças entre a fertilidade dos solos nos quais os trabalhos foram desenvolvidos, podendo-se inferir que a eficiência da reciclagem de nutrientes das plantas de cobertura do solo depende muito da fertilidade pré-existente no mesmo.

4.3 Acúmulo de macro e micronutrientes

O resumo das análises de variância (Tabela 6) permite observar que o acúmulo de todos os macro e micronutrientes das plantas de cobertura e de seus consórcios foi significativamente diferente ($p < 0,01$). O acúmulo de nutrientes é função da produção de fitomassa seca e do teor dos nutrientes nas plantas. Como as plantas de cobertura foram semeadas quase no início do outono, elas não atingiram seu potencial máximo de produção de fitomassa, o que teve como consequência, de modo geral, um menor acúmulo de nutrientes quando comparado a outros trabalhos.

TABELA 6 Resumo das análises de variância dos dados referentes ao acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea do milho, feijão-deporco, guandu-anão e seus consórcios por ocasião do manejo. Ufla, Lavras, MG, 2003.

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
TRAT.	4	2227,46**	19,52**	1162,96**	1918,75**	15,05**	13,62**
BLOC.	3	189,65	6,12	13,54	65,04	1,02	1,12
ERRO	12	174,5346	3,19	77,95	39,58	0,79	1,28
CV (%)		24,62	35,19	23,60	25,36	22,78	29,12
FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios)					
		B	Cu	Mn	Zn	Fe	
TRAT.	4	1867,06**	323,20**	34478,69**	37274,11**	3729177,65**	
BLOC.	3	94,03	3,95	3426,74	1293,24	15410,93	
ERRO	12	113,76	17,66	3937,09	5610,42	271901,28	
CV (%)		25,17	21,20	29,83	38,66	29,65	

** Significativo pelo teste de F a 1%.

Os acúmulos de N das plantas de cobertura e dos consórcios apresentaram comportamento semelhante ao da produção de fitomassa seca, em que foram verificados menores valores apenas para o guandu-anão solteiro. Apesar dos menores teores do elemento terem sido observados para o milho, a menor produção de fitomassa do guandu-anão foi determinante para o menor acúmulo de nitrogênio. Os tratamentos que apresentaram maiores valores acumularam, em média, 62,71 kg.ha⁻¹ (Tabela 7). Já o guandu-anão acumulou apenas 17,43 kg.ha⁻¹, podendo ser considerado baixíssimo quando comparado aos obtidos por outros autores com semeadura na primavera/verão, como Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000), Alcântara et al.

(2000) e Carvalho (2000), que obtiveram, em média, 191,59 kg.ha⁻¹, todos trabalhando com cultivares de porte alto.

TABELA 7 Acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea do milho, feijão-de-porco, guandu-anão e seus consórcios, por ocasião do manejo. Ufla, Lavras, MG, 2003.¹

TRATAMENTOS	Macronutrientes (kg.ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
M+FP	76,47 a	6,68 a	48,85 a	39,01 b	6,03 a	5,89 a
FP	72,71 a	4,37 ab	37,75 a	56,43 a	4,41 ab	3,61 a
M+GA	53,60 a	5,79 a	42,32 a	11,53 c	3,95 b	4,54 a
M	48,04 a	6,98 a	49,89 a	10,85 c	4,52 ab	4,45 a
GA	17,43 b	1,57 b	8,22 b	6,21 c	0,64 c	0,92 b

TRATAMENTOS	Micronutrientes (g.ha ⁻¹)				
	B	Cu	Mn	Zn	Fe
M+FP	61,66 a	25,32 a	285,91 a	253,17 a	3053,78 a
FP	67,96 a	15,08 b	187,38 ab	158,83 ab	2325,81 ab
M+GA	30,61 b	24,79 a	225,41 a	235,55 a	1898,88 ab
M	34,56 b	27,67 a	289,87 a	280,16 a	1621,28 bc
GA	17,05 b	6,25 b	63,07 b	41,07 b	459,14 c

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. M = milho, FP = feijão-de-porco, GA = guandu-anão.

Os acúmulos de N dos tratamentos que apresentaram maiores teores também foram inferiores aos encontrados por vários autores, os quais trabalharam com semeadura na primavera/verão, o que possibilitou maior produção de fitomassa, como Oliveira (2001), que encontrou, para o consórcio

milheto+feijão-de-porco, 129,12 kg.ha⁻¹, De-polli & Chada (1989), Araújo & Almeida (1993), Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), que obtiveram, em média, um acúmulo de 141,21 kg.ha⁻¹ para o feijão-de-porco em cultivo solteiro, Carvalho (2000), Oliveira (2001) e Moraes (2001) que verificaram, em média, um acúmulo de 161,21 kg.ha⁻¹ para o milheto.

Os maiores acúmulos de P foram verificados para o milheto solteiro e para os consórcios milheto+feijão-de-porco e milheto+gandu-anão (Tabela 7). O feijão-de-porco solteiro, não foi significativamente diferente dos maiores acúmulos de P, porém, não sendo diferente do gandu-anão, que apresentou o menor acúmulo do elemento (Tabela 7). Com isso, verifica-se uma tendência dos maiores acúmulos de P terem ocorrido nos tratamentos com presença do milheto, o que é função da sua produção de fitomassa e seu teor de P, características nas quais o seu valor esteve entre os mais altos (Tabelas 3 e 5).

Os acúmulos de P do feijão-de-porco foram próximos dos verificados por Araújo & Almeida (1993) e por Favero et al. (2000), com 5,92 e 5,6 kg.ha⁻¹, respectivamente. Entretanto, pelo mesmo fato comentado para o N, os acúmulos de P das plantas de cobertura, em geral, foram inferiores aos encontrados por outros autores como Ceretta et al. (1994), com 13,86 e 10,64 kg.ha⁻¹ para o feijão-de-porco e gandu, respectivamente e Oliveira (2001) com 8,35, 24,81 e 10,96 kg.ha⁻¹ para o feijão-de-porco, milheto e o consórcio entre os dois, respectivamente. Em trabalho realizado por Alvarenga et al. (1995), utilizando cultivar de gandu de porte alto, ao contrário do presente trabalho, o mesmo acumulou maior quantidade de P que o feijão-de-porco (20,94 contra 10,28 kg.ha⁻¹), o que se deveu à produção de fitomassa seca três vezes maior do primeiro.

Os acúmulos de K e S apresentaram o mesmo comportamento. Para ambos, observa-se que os menores acúmulos foram do gandu-anão solteiro,

enquanto que os demais tratamentos não diferiram significativamente (Tabela 7).

O acúmulo de K do feijão-de-porco foi próximo daquele encontrado por Araújo & Almeida (1993), de 43,89 kg.ha⁻¹ e inferior aos encontrados por Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), que encontraram, em média, 83,11 kg.ha⁻¹, tendo o último encontrado maior teor de S. Para o guandu e o milheto, os teores de K também foram inferiores aos encontrados por Ceretta et al. (1994), Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000), Alcântara et al. (2000) e Carvalho (2000), os quais encontraram, em média, um acúmulo de 84,93 kg.ha⁻¹. Os dois últimos autores também verificaram maiores acúmulos de S, lembrando que todos utilizaram cultivares de porte alto. Os acúmulos de K e S do milheto também foram inferiores aos observados por Carvalho (2000), Moraes (2001) e Oliveira (2001) os quais foram, em média, de 204,53 e 20,58 kg.ha⁻¹ de K e S, respectivamente, tendo também o último autor encontrado maiores teores de K e S para o consórcio milheto+feijão-de-porco.

O maior acúmulo de Ca foi observado para o feijão-de-porco solteiro, sendo seguido pelo seu consórcio com milheto. Os menores teores foram verificados para o consórcio milheto+guandu-anão, milheto e guandu-anão (Tabela 7). Observa-se que os maiores teores de Ca ocorreram nos tratamentos com a presença do feijão-de-porco, o que se justifica pelo fato desta leguminosa ter apresentado o maior teor de Ca entre as espécies avaliadas (Tabela 4).

Para o Mg, os maiores acúmulos foram observados no consórcio milheto+feijão-de-porco e milheto e feijão-de-porco solteiros. Os últimos não diferiram significativamente do consórcio entre milheto e guandu-anão, o qual apresentou valor um pouco inferior. O menor valor foi verificado para o guandu-anão (Tabela 7). Nos dois tratamentos em que o guandu-anão esteve

presente ocorreram os menores acúmulos de Mg, o que se justifica pelos seus teores terem sido os mais baixos (Tabela 5), além da baixa produção de fitomassa do mesmo (Tabela 3).

Os acúmulos de Ca do feijão-de-porco se assemelharam apenas ao encontrado por Alvarenga et al. (1995), sendo inferiores aos encontrados por Araújo & Almeida (1993), Favero et al. (2000) e Oliveira (2001), os quais obtiveram, em média, 91,34 kg.ha⁻¹. O acúmulo de Mg para esta leguminosa foi inferior aos verificados por todos estes autores, que encontraram, em média, 11,68 kg.ha⁻¹. Os acúmulos de Ca e Mg do consórcio milho+feijão-de-porco também foram inferiores aos encontrados por Oliveira (2001), com 54,5 e 31,41 kg.ha⁻¹, respectivamente.

No milho, os acúmulos destes nutrientes foram inferiores aos observados por Carvalho (2000), Oliveira (2001) e Moraes (2001), que encontraram, em média, 82,9 e 38,4 kg.ha⁻¹ para Ca e Mg, respectivamente. Para o guandu-anão, os acúmulos destes elementos foram muito baixos quando comparados a outros resultados, como os obtidos por Alvarenga et al. (1995), Favero et al. (2000), Alcântara et al. (2000) e Carvalho (2000), os quais obtiveram, em média, para Ca e Mg, acúmulos de 45,59 e 15,55 kg.ha⁻¹.

Os maiores acúmulos de B foram observados para o feijão-de-porco solteiro e para o consórcio milho+feijão-de-porco e os menores para milho e guandu-anão solteiros e para o consórcio entre os mesmos (Tabela 7). Observa-se que houve destaque para os tratamentos com presença do feijão-de-porco para acúmulo deste elemento, fato que está associado aos maiores teores do mesmo nas leguminosas. No entanto, devido à baixa produção de fitomassa do guandu-anão, os acúmulos de B nos tratamentos com o mesmo ficaram entre os menores.

Os acúmulos de B dos tratamentos também foram baixos quando comparados aos resultados de outros autores, como Oliveira (2001), que

encontrou valores para feijão-de-porco e milho e o consórcio entre os dois, de 145,87, 142,53 e 100,36 g.ha⁻¹ respectivamente, os quais não apresentaram diferença significativa e Alcântara et al. (2000), que verificaram para o guandu um acúmulo de 163 g.ha⁻¹ com cultivar de porte alto.

Para o Cu, os maiores valores foram verificados para os consórcios do milho com as leguminosas e para o milho solteiro, com uma média de 25,93 g.ha⁻¹, ficando o feijão-de-porco e o guandu-anão com 15,08 e 6,25 g.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Observa-se que os maiores valores ocorreram nos tratamentos em que o milho estava presente, o que pode ser explicado pelo fato deste ter apresentado os maiores teores de Cu. Apesar dos teores de Cu do guandu-anão terem estado entre os mais altos, sua pequena produção de fitomassa limitou o acúmulo, podendo-se inferir que o fator determinante dos maiores acúmulos de Cu foi o milho, mesmo nos consórcios com as leguminosas.

Quanto ao Mn, apenas o guandu-anão solteiro apresentou menor acúmulo (Tabela 7). Embora não tenha ocorrido diferença entre os tratamentos, quanto aos teores deste nutriente (Tabela 5), a diferença entre os acúmulos pode ser explicada pela produção de fitomassa seca (Tabela 3).

O acúmulo de Mn verificado para o feijão-de-porco foi próximo do observado por Oliveira (2001) de 168,39 g.ha⁻¹. Já os acúmulos dos outros tratamentos foram inferiores aos verificados por outros autores, como Alcântara et al. (2000), com 606,4 g.ha⁻¹ para o guandu (cv. de porte alto); Oliveira (2001), com 1409,1 e 813,6 g.ha⁻¹ para o milho e seu consórcio com o feijão-de-porco, respectivamente e Moraes (2001), com 448,97 g.ha⁻¹ para o milho.

Para o Zn, o menor acúmulo foi observado no guandu-anão solteiro (Tabela 7). Observa-se que os maiores teores foram obtidos nos tratamentos

com a presença do milho, o que se justifica pelo seu maior teor do elemento, associado à sua boa produção de fitomassa em relação às culturas utilizadas.

O acúmulo de Zn observado para o milho foi inferior ao encontrado por Moraes (2001) e Oliveira (2001), de 328,58 e 292,41 g.ha⁻¹, respectivamente. Já para o feijão-de-porco solteiro e para seu consórcio com o milho, os acúmulos foram superiores aos encontrados por Oliveira (2001), de 68,1 e 162,87 g.ha⁻¹, respectivamente. Para o guandu, Alcântara et al. (2000) verificaram acúmulo maior com 288,7 g.ha⁻¹ (cv. de porte alto).

Para o Fe, apesar de não ter havido diferenças significativas entre os teores do elemento (Tabela 5), os acúmulos foram significativamente diferentes, tendo os menores valores sido observados para o guandu-anão e milho solteiros (Tabela 7). O maior valor foi verificado para o consórcio milho+feijão-de-porco. Estes resultados podem ser explicados, em parte, pela produção de fitomassa (Tabela 3).

O acúmulo de Fe encontrado para o guandu-anão foi inferior ao observado por Alcântara et al. (2000), com 2.889,0 g.ha⁻¹. Para os demais tratamentos, os acúmulos foram superiores aos encontrados por Moraes (2001), com 927,22 g.ha⁻¹ para o milho e Oliveira (2001), com 435,43, 1.871,66 e 869,9 g.ha⁻¹ para o feijão-de-porco, milho e o consórcio entre os dois, respectivamente, o que se deve ao fato de o solo utilizado pelo último autor ser mais pobre em Fe.

4.4 Macro e micronutrientes no feijoeiro

Na Tabela 8 são apresentados os teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro nos diferentes níveis dos dois fatores. Em média, os nutrientes Mg e S apresentaram teores inferiores aos níveis críticos internos descritos por Malavolta et al. (1997), que variam de 0,4 a 0,7 e de 0,5 a 1,0 dag.kg^{-1} , respectivamente. Os nutrientes P, K, Ca e Mn apresentaram teores médios inferiores aos níveis críticos descritos por Martinez et al. (1999). Entre os nutrientes que não foram influenciados pelas fontes de variação, apenas o B apresentou teores inferiores aos níveis críticos do elemento, descritos por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), de 30 a 60 mg.kg^{-1} e por Martinez et al. (1999), de 100 a 150 mg.kg^{-1} .

Na Tabela 9 verifica-se que as palhadas influenciaram significativamente o teor de Fe, enquanto as doses de N afetaram os teores dos macronutrientes e de Mn. A interação entre estas fontes de variação mostrou-se significativa nos casos dos teores de P, K e S.

TABELA 8 Teores foliares de macro e micronutrientes no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Fatores	Macronutrientes (dag.kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Coberturas:						
M+FP	4,35	0,37	2,13	2,13	0,36	0,43
M+GA	4,47	0,35	2,05	2,00	0,35	0,44
FP	4,81	0,33	2,09	2,17	0,36	0,40
GA	4,88	0,35	2,23	2,05	0,30	0,41
M	4,56	0,35	2,01	1,95	0,33	0,48
Doses N (kg.ha⁻¹):						
0	4,58	0,33	2,22	2,29	0,29	0,38
50	5,09	0,34	2,25	2,02	0,34	0,38
100	5,53	0,33	2,24	2,01	0,35	0,39
150	3,26	0,40	1,70	1,92	0,37	0,58
Médias	4,61	0,35	2,10	2,06	0,34	0,43
Micronutrientes (mg.kg⁻¹)						
	B	Cu	Mn	Zn	Fé	
Coberturas:						
M+FP	17,44	12,17	182,62	98,77	546,33	
M+GA	19,31	11,35	204,19	101,84	687,03	
FP	16,55	11,66	178,90	93,29	725,17	
GA	17,14	11,27	238,69	109,55	788,19	
M	15,44	12,83	183,97	93,75	610,55	
Doses N (kg.ha⁻¹):						
0	19,13	12,55	154,23	103,71	721,93	
50	15,73	11,21	178,61	96,73	650,06	
100	16,59	11,72	215,69	101,95	617,72	
150	17,25	11,93	242,16	95,37	696,11	
Médias	17,18	11,85	197,67	99,44	671,45	

TABELA 9 Resumo das análises de variância dos dados referentes aos teores foliares de macro e micronutrientes do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

FV	GL	Macronutrientes (quadrados médios)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
COBERT.	4	0,8096	0,0026	0,1211	0,1296	0,0094	0,0128
BLOCOS	3	1,1505	0,0082	0,1023	0,9232**	0,1554**	0,0390*
ERRO A	12	0,4575	0,0027	0,0973	0,1157	0,0105	0,0082
DOSES	3	19,4391**	0,0203**	1,4584**	0,5027**	0,0196**	0,1972**
COBxDOS	12	0,3803	0,0032*	0,0672*	0,1613	0,0057	0,0187*
ERRO B	45	0,4462	0,0013	0,0304	0,0869	0,0035	0,0082
CV 1 (%)		14,66	14,93	14,83	16,52	30,34	20,94
CV 2 (%)		14,48	10,13	8,29	14,31	17,54	20,93

FV	GL	Micronutrientes (quadrados médios)				
		B ⁽¹⁾	Cu	Mn ⁽¹⁾	Zn	Fé
COBERT.	4	0,2630	6,7004	13,1060	714,6802	144493,3186*
BLOCOS	3	14,3749**	155,6917**	11,0574	4573,4743*	308743,2693**
ERRO A	12	1,5116	5,6151	13,1076	792,1453	42459,5228
DOSES	3	0,9278	6,1150	39,0587**	322,3910	43336,8850
COBxDOS	12	0,5432	2,8130	1,7479	254,3340	26563,8553
ERRO B	45	0,4568	3,5649	1,7332	229,9405	21864,9240
CV 1 (%)		30,71	19,99	26,13	28,30	30,69
CV 2 (%)		16,88	15,93	9,50	15,25	22,02

* Significativo pelo teste de F a 5%.

** Significativo pelo teste de F a 1%.

¹Dados transformados para raiz de X.

O maior teor foliar de Fe foi verificado no feijoeiro cultivado na palhada de guandu-anão (Tabela 10) e o menor, na palhada de milho+feijão-de-porco, a qual acumulou mais Fe (Tabela 7). A provável explicação para este fato é que o teor disponível do nutriente no solo foi reduzido, já que parte havia sido absorvida e estava sendo liberada de acordo com a decomposição daquela palhada. A palhada de guandu-anão apresentou menor acúmulo de Fe (Tabela 7) e este se encontrava em maior concentração no feijoeiro cultivado sob esta palhada.

TABELA 10 Teores foliares de Fe no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003¹.

COBERTURAS	Teor de Fe (mg.kg ⁻¹)
Guandu-anão	788,19 a
Feijão-de-porco	725,17 ab
Milho+guandu anão	687,03 ab
Milho	610,55 ab
Milho+Feijão-de-porco	546,33 b

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de N encontram-se dentro do nível crítico interno para a cultura (Oliveira et al., 1996; Malavolta et al., (1997); Martinez et al., 1999). De acordo Oliveira et al. (1996), a faixa crítica interna é definida como a faixa de concentração do nutriente no tecido foliar, abaixo da qual a planta sofre carência nutricional e acima da qual pode ocorrer toxicidade.

À medida que se aumentou a dose de N, o teor de N nas folhas do feijoeiro cresceu de forma quadrática, apresentando um teor máximo de 5,49 dag.kg⁻¹ a dose de 62 kg.ha⁻¹, a partir da qual houve redução do teor (Figura 4). A possível explicação para esta redução é o efeito de diluição causado pelo

maior crescimento e, conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca das plantas nas maiores doses de N. Apesar dos teores estarem dentro do nível crítico interno para o feijão, em algum momento do desenvolvimento da cultura anterior à amostragem pode ter ocorrido deficiência, principalmente nas menores doses, prejudicando o desenvolvimento normal das plantas e, conseqüentemente, reduzindo o rendimento de grãos.

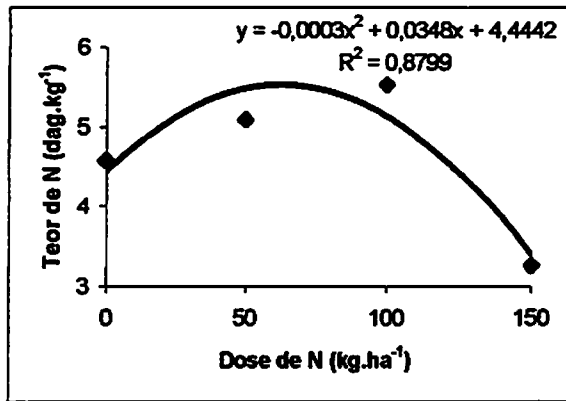


FIGURA 4: Teor foliar de N (dag.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses do nutriente no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Este resultado difere dos obtidos por Silva (1988) e Rodrigues (2001), que observaram respostas lineares dos teores de N até as doses de 100 e 120 kg.ha⁻¹, respectivamente e por Carvalho et al. (2003) que, trabalhando com doses de 0 a 140 kg.ha⁻¹ no sistema plantio direto sob palhada de milho, encontraram teor máximo na dose de 108 kg.ha⁻¹. Entretanto, este último autor trabalhou com semeadura sob palhada de milho, a qual possui alta relação C/N, o que leva a uma alta imobilização do nutriente no solo, fazendo com que haja maior resposta à aplicação de nitrogênio. No presente trabalho, apenas uma das palhadas era constituída exclusivamente por uma gramínea (milheto), com quantidade de

fitomassa seca relativamente baixa ($2,907 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), o que também ocorreu com as demais palhadas, de menor relação C/N, o que pode justificar a menor resposta à aplicação de N. Xavier (2002), trabalhando com as mesmas doses sob palhada de milho, em área sob plantio direto há dois anos, não obteve resposta nos teores foliares de N.

Os teores de Ca estiveram dentro dos níveis críticos internos para o nutriente descritos por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), que variam entre 0,8 a 3,0 e 1,5 a 2,0 $\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, estando abaixo do descrito por Martinez et al. (1999), que está entre 2,5 e 3,5 $\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$. A aplicação de N proporcionou efeito linear negativo, mesmo que discreto, nos teores de Ca (Figura 5). Este resultado diferiu dos obtidos por Silva (1988), o qual encontrou efeito linear positivo das doses de N sobre o teor de Ca.

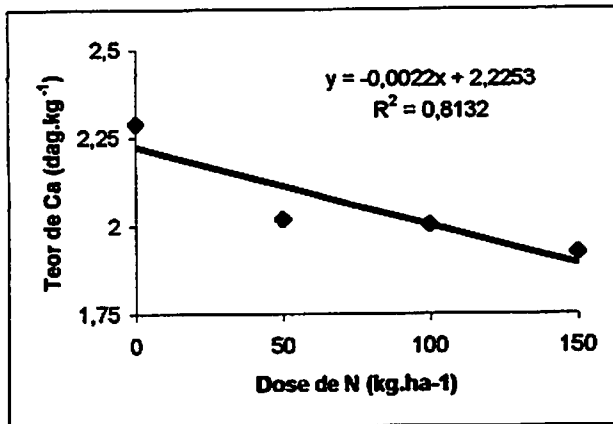


FIGURA 5: Teor foliar de Ca ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses do nutriente no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

O Mg, ao contrário do Ca, apresentou um pequeno aumento linear do seu teor a medida em que as doses de N foram aumentadas (Figura 6). Os teores de

Mg estão dentro do nível crítico descrito por Oliveira et al. (1996) que está entre 0,2 e 0,7 dag.kg⁻¹, abaixo do descrito por Malavolta et al. (1997), que varia entre 0,4 e 0,7 dag.kg⁻¹. Este resultado é coerente com o obtido por Silva, que encontrou aumento até a dose de 50 kg.ha⁻¹, com estabilização após a mesma.

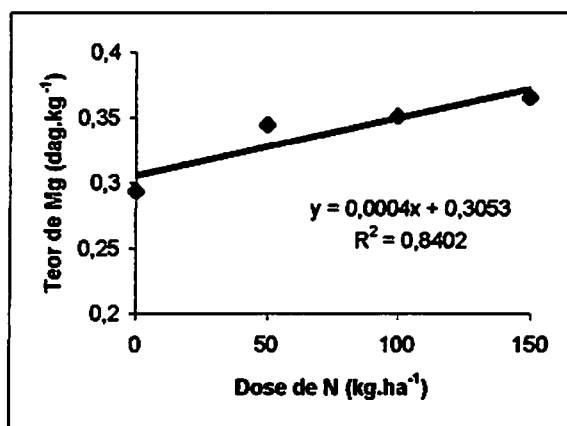


FIGURA 6: Teor foliar de Mg (dag.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Comportamento parecido foi verificado para o Mn, que também teve seu teor aumentado linearmente com o aumento das doses de N (Figura 7), porém, com maior intensidade, já que o seu teor na dose de 150 kg.ha⁻¹ de N foi aproximadamente 57% maior que a testemunha. Todos os teores estiveram dentro do nível crítico interno descrito por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), de 30 a 300 mg.kg⁻¹, estando apenas o teor na maior dose de N dentro do nível crítico interno proposto por Martinez et al. (1999), de 200 a 300 mg.kg⁻¹.

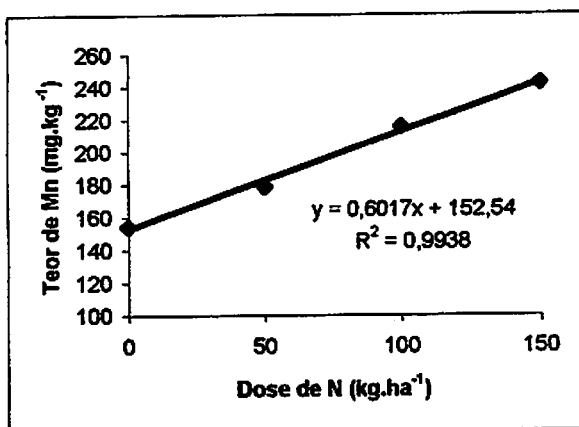


FIGURA 7: Teor foliar de Mn (mg.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Rodrigues (2001) também verificou aumento do teor de Mn em função das doses de N, até a dose máxima de 120 kg.ha⁻¹. Os aumentos nos teores de Mg e Mn, em função das doses de N, podem ser explicados pelo maior crescimento das plantas, proporcionado pelas maiores doses, permitindo uma maior absorção de nutrientes devido ao maior volume de solo explorado pelo sistema radicular, e ou a decomposição mais rápida das palhadas, promovida pela aplicação de nitrogênio, disponibilizando maior quantidade destes nutrientes nas maiores doses. Salienta-se que, no caso particular do Mn, o aumento dos teores, em função das doses de N também pode estar relacionado à maior disponibilidade do nutriente no solo, devido à redução do pH, provocada pelas doses crescentes do fertilizante nitrogenado.

Por outro lado, o maior crescimento pode promover a diluição do nutriente na planta devido ao maior acúmulo de matéria seca, se o teor do mesmo no solo estiver baixo. Este fato pode explicar as diferenças em termos de comportamento do Ca e Mg em relação às diferentes doses de N, pois, apesar

dos teores dos mesmos no solo antes da implantação da primeira fase serem considerados médios (Alvarez V., 1999), o Ca esteve mais próximo do limite inferior da classe considerada como média, em relação ao Mg, que esteve mais próximo do limite superior. Além disso, as plantas de cobertura apresentaram, em média, relação Ca/Mg quase quatro vezes maior que no solo, indicando que mais Ca foi absorvido em relação ao Mg, disponibilizando maior quantidade de Ca em relação ao Mg na palhada, já que os nutrientes foram mineralizados durante o desenvolvimento da cultura. Assim, o teor de Mg aumentou com o aumento da dose de N e o teor de Ca reduziu, por se encontrar menos disponível. Com relação ao teor de P, como houve interação cobertura x doses significativa, o desdobramento apontou significância para doses apenas dentro das palhadas de milho+feijão-de-porco e de milho solteiro (Tabela 11).

TABELA 11 Resumo das análises de desdobramento de doses dentro de cada nível de coberturas para os teores foliares de fósforo, potássio e enxofre do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talisma. Ufla, Lavras, MG, 2003.

	FV	GL	Quadrados Médios		
			Teor de P	Teor de K	Teor de S
DOSES D. M+FP	3	0,009742**	0,326583**	0,040440**	0,008456
DOSES D. M+GA	3	0,001142	0,439206**	0,033042*	0,015340
DOSES D. FP	3	0,002142	0,082625	0,008456	0,174806**
DOSES D. GA	3	0,000473	0,436706**	0,015340	0,008204
DOSES D. M	3	0,019523**	0,442008**	0,174806**	
RESÍDUO	45	0,001269	0,030401	0,008204	

* Significativo pelo teste de F a 5%.
 ** Significativo pelo teste de F a 1%.
 M = milho, FP = feijão-de-porco, GA = guandu-anão.

Os teores de P, inclusive nas coberturas onde a interação não foi significativa, estiveram dentro dos níveis críticos internos propostos por Oliveira et al. (1996) e Malavolta et al. (1997), de 0,25 a 0,5 e 0,2 a 0,3 dag.kg⁻¹, respectivamente. Nas coberturas onde houve interação significativa, os teores estiveram dentro do nível crítico proposto por Martinez et al. (1999), de 0,4 a 0,7 dag.kg⁻¹, apenas na maior dose de N.

Na Figura 8 observa-se que, em ambas as palhadas, entre as doses 0 e 50 kg.ha⁻¹ de N houve uma redução ínfima dos teores de P, mas, a partir daí, houve acréscimo nos teores. Este acréscimo pode estar relacionado ao maior desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maior crescimento radicular, propiciando a exploração de maior volume de solo e, portanto, absorvendo maior quantidade de P.

Outro fator que pode explicar os acréscimos nos teores de P com o aumento das doses de N é a aceleração da decomposição da palhada, com a aplicação do fertilizante nitrogenado, promovendo maior mineralização do nutriente nas maiores doses. A mineralização diferenciada de P também pode explicar as diferenças entre os teores do nutriente no feijoeiro, nas menores doses de N, sob as palhadas produzidas exclusivamente pelo milho e pelo consórcio entre milho e feijão-de-porco. Com a decomposição mais rápida da leguminosa presente na palhada formada pelo consórcio, houve uma maior mineralização de P, proporcionando maiores teores foliares nas plantas cultivadas sob esta palhada nas menores doses. Este resultado difere do obtido por Silva (1988), que indicou redução do teor de P com o aumento da dose de N. Nas palhadas onde o desdobramento para o teor de P não foi significativo, os teores médios foram próximos dos encontrados na dose 0. No feijão cultivado sob palhada de milho e milho+feijão-de-porco, os acréscimos no teor de P se justificam pelo fato destas palhadas terem apresentado os maiores acúmulos de P (Tabela 7).

$$Y_{M+FP} = 0,3435 - 0,0008x + 9E-06x^2 \quad R^2 = 0,97$$

$$Y_M = 0,3081 - 0,0006x + 1E-05x^2 \quad R^2 = 0,91$$

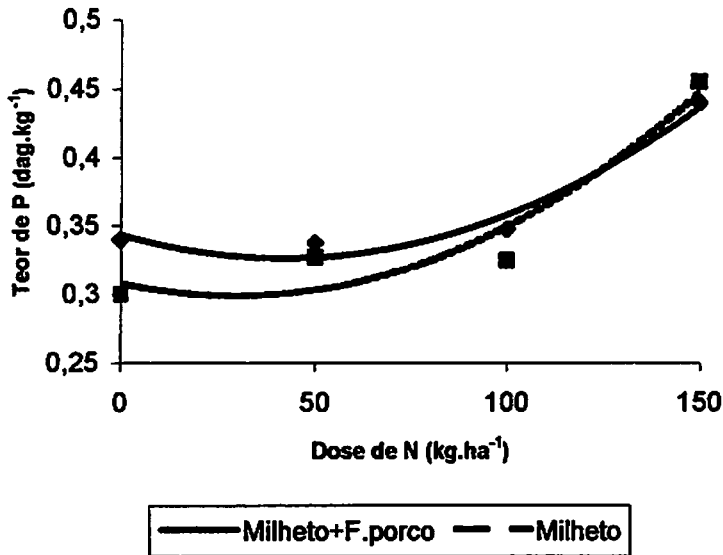


FIGURA 8: Teor foliar de P (dag.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio nas palhadas de milho+feijão-de-porco e milho no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Na Tabela 11 verifica-se que o desdobramento do efeito das doses de N dentro das palhadas, para o teor de K, foi significativo em todas as palhadas, com exceção da palhada de feijão-de-porco. Na Figura 9 observa-se que para os tratamentos milho+feijão-de-porco e milho+guandu-anão, ocorreram acréscimos nos teores de K nas folhas do feijoeiro até doses em torno de 50 kg.ha⁻¹ de N, caindo posteriormente. Para os demais tratamentos, já ocorreram quedas nos teores foliares de K a partir de pequenas doses de N. Pela Figura 9

observa-se ainda que o maior teor de K ocorreu próximo da dose 0 de N no feijão cultivado sob guandu-anão, seguido do cultivo sob milho+feijão-deporco na dose de 63 kg.ha⁻¹.

$$Y_{M+FP} = 2,0758 + 0,0109x - 9E-05x^2 \quad R^2 = 0,99 \quad Y_{M+GA} = 2,1376 + 0,0077x - 8E-05x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$Y_{GA} = 2,4539 + 0,0018x - 4E-05x^2 \quad R^2 = 0,82 \quad Y_M = 2,2245 + 0,002x - 4E-05x^2 \quad R^2 = 0,81$$

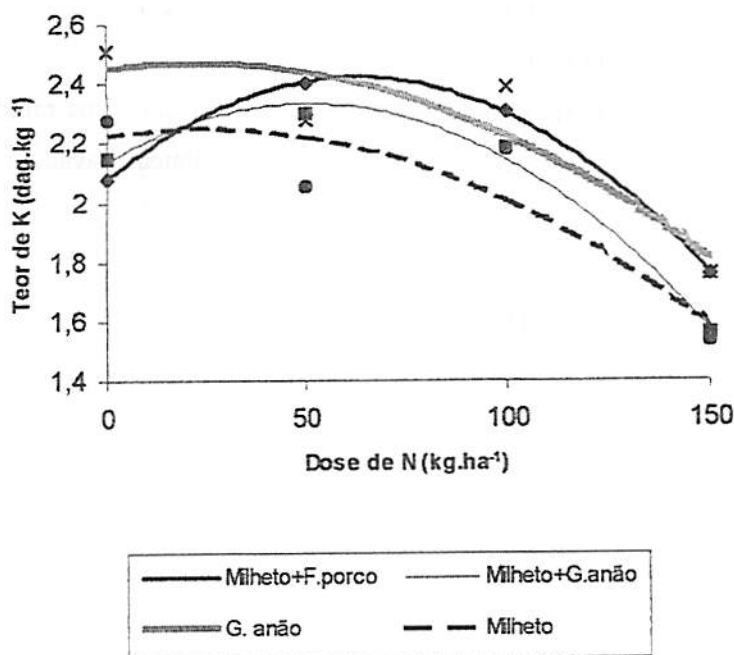



FIGURA 9: Teor foliar de K (dag.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio sob diferentes palhadas no sistema plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Os menores teores de K foram observados na maior dose de N, nos tratamentos com palhadas de milho e milho+guandu-anão. Salienta-se que estes teores ficaram abaixo do nível crítico de K para o feijoeiro (Oliveira et al.,



1996; Malavolta et al., (1997). Isto indica que, nestas palhadas, apesar das quantidades acumuladas de K terem sido superiores à dose recomendada, nas maiores doses de N a quantidade pré-existente no solo e a liberação pelas palhadas ainda não foram suficientes para suprir a demanda da cultura. Vale lembrar que a adubação potássica foi inferior à recomendação (20 kg.ha⁻¹).

Porém, entre os tratamentos com palhadas de milho, salienta-se que, no consórcio milho+feijão-de-porco, o teor foliar de K no feijoeiro, apesar de ter sido um dos maiores entre as doses de 50 e 100 kg.ha⁻¹, na dose de 150 kg.ha⁻¹ de N foi muito próximo do limite inferior do nível crítico de K descrito por Oliveira et al. (1996), de 1,8 a 2,5 dag.kg⁻¹. Analisando este resultado, pode-se inferir que o K contido no feijão-de-porco foi liberado mais rapidamente, devido a sua menor relação C/N e, apesar do K ser facilmente lavado dos restos culturais por se encontrar na forma iônica e não participar de nenhum composto estável na planta (Pöttker, 1998), a mineralização não foi suficiente para atender a demanda da cultura na maior dose de N. Moraes (2001) constatou que em um período de avaliação de 168 dias aproximadamente, 77% do K contido no milho foram mineralizados nos primeiros 63 dias, o que, por analogia, representaria, no presente trabalho, pouco mais de 38 kg.ha⁻¹ para o milho solteiro.

Nesse sentido, Rosolem (1998) destaca que, no sistema plantio direto, uma parte significativa do K fica retida nos restos culturais e a velocidade de retorno do elemento para o solo dependerá da lavagem da palha em superfície e da velocidade de decomposição do material, não sendo prontamente disponível para a espécie em crescimento, podendo não estar disponível na época de maior exigência. Assim, é importante ressaltar que o trabalho de Moraes (2001) foi desenvolvido no verão, quando as precipitações e temperaturas são altas, facilitando a lavagem e decomposição da palhada, ao contrário do presente trabalho, onde o feijão foi semeado em agosto. No consórcio milho+guandu, a

palhada era praticamente constituída de milho, pois a contribuição do guandu na fitomassa seca foi de apenas 13,3%.

Embora a fonte de N utilizada tenha sido o sulfato de amônio, contendo, no mínimo, 22% de S, o que representa aplicações de 0, 11, 22 e 33 kg.ha⁻¹ do nutriente de acordo com a dose de N, observa-se, na Tabela 11, que houve efeito significativo das doses nos teores de S apenas nas palhadas com participação do milho. Este fato pode ser explicado por uma maior absorção do nutriente, favorecida pela umidade mais constante nestes tratamentos. Como os teores de S não foram influenciados pelas doses de N nas demais situações, pode-se inferir que o efeito das crescentes quantidades de S na fonte utilizada teve sua influência reduzida.

Ressalta-se que a palhada de milho solteiro proporcionou maior teor de S, quando comparada com as palhadas dos consórcios (Figura 10), o que pode ser explicado pela maior conservação de umidade devido à maior produção de fitomassa, levando-se em conta apenas o milho, o qual manteve-se por mais tempo no solo em relação às gramíneas (Tabela 3).

Em todas as palhadas, os teores de S estiveram dentro dos níveis críticos descritos por Oliveira et al. (1996) e Martinez et al. (1999), de 0,25 a 0,7 0,15 e 0,20 dag.kg⁻¹, respectivamente, sendo inferiores ao descrito por Malavolta et al. (1997), de 0,5 a 1,0 dag.kg⁻¹. Nas palhadas em que a aplicação de sulfato de amônio influenciou os teores de S, os mesmos estiveram dentro dos níveis críticos descritos por Oliveira et al. (1996) e Martinez et al. (1999), estando abaixo do descrito por Malavolta et al. (1997), com exceção dos teores nas maiores doses.

$$Y_{M+FP} = 0,4101 - 0,0025x + 2E-05x^2 \quad R^2 = 0,93 \quad Y_{M+GA} = 0,4068 - 0,0018x + 2E-05x^2 \quad R^2 = 0,93$$

$$Y_M = 0,3596 - 0,0026x + 4E-05x^2 \quad R^2 = 0,97$$

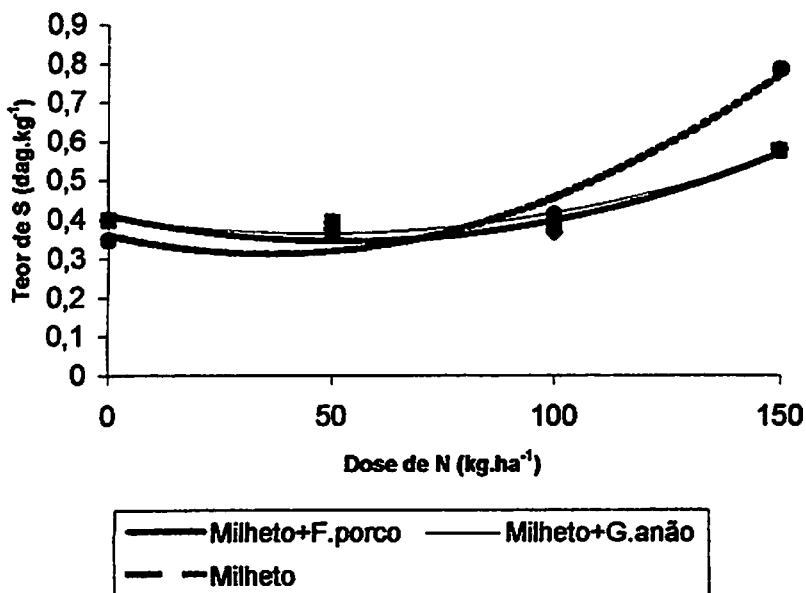


Figura 10: Teor foliar de S (dag.kg⁻¹) no feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio nas palhadas de milho+feijão-de-porco, milho+guandu-anão e milho no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

4.5 Características agronômicas do feijoeiro

Na Tabela 12 verifica-se que as palhadas influenciaram significativamente o estande inicial, o estande final ($p < 0,066$), o número

de vagens por planta, o peso de cem grãos e o rendimento de grãos, enquanto as doses de N afetaram as características agronômicas avaliadas, com exceção do estande final. A interação entre estas fontes de variação mostrou-se significativa para as características altura de plantas, número de vagens por planta e rendimento de grãos.

A princípio, o estande inicial não seria avaliado, sendo o número de sementes por metro linear utilizado na semeadura maior que o recomendado para se proceder ao desbaste para uniformização do estande. Porém, após a contagem do número de plantas, observou-se que muitas parcelas não atingiram a população que se esperava, levando à decisão de se proceder à análise estatística que, de fato, revelou diferenças significativas para as coberturas de solo e doses de N.

A palhada de milheto proporcionou o maior estande inicial, e a do feijão-de-porco o menor (Tabela 13). Os estandes iniciais proporcionados pelas demais palhadas não diferiram entre si e tiveram magnitude intermediária. O menor estande proporcionado pela palhada de feijão-de-porco pode ser explicado pela menor cobertura de solo, durante a fase de germinação da cultura, na qual houve um problema técnico com o sistema de irrigação, que teve seu funcionamento interrompido durante uma semana, logo após a primeira irrigação. Assim, a melhor cobertura de solo proporcionada pelo milheto resultou em uma melhor conservação da água no solo, fazendo com que o estande inicial se destacasse sob esta condição. Silva (1994) também observou maior estande no plantio direto em relação à dessecação e escarificação, atribuindo o resultado à maior conservação de umidade pela cobertura de palha.

TABELA 12 Resumo da análise de variância dos dados referentes às características agrônômicas do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talisma, sob diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema plantio direto. Ufa, Lavras, MG, 2003.

	FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
			ESTANDE INIC.	ESTANDE FIN.	ALT. PL.	VAG./PL. GR./VAG. P. 100GR. RENDIM.		
COB	4	3,7866x10 ⁹ *	4,9893***	0,0464	41,353625**	0,4017	7,7811**	1161937,4563**
BLOCOS	3	1,6306x10 ⁹	4,4557	0,0140	10,916125	0,2552	3,0441	327378,6458
ERRO A	12	867696095,9479	1,6964	0,0183	3,967375	0,2444	0,9960	101974,739583
DOSES	3	3,4922x10 ⁹ **	1,7611	0,3847**	153,074458**	1,2675**	41,5131**	6934907,8125**
COBxDOS	12	749587459,1063	1,0085	0,0187*	8,659458*	0,1347	2,3425	396326,8646**
ERRO B	45	7631190259,1083	9322221679,0986	0,0094	3,477569	0,1416	1,4075	88489,9208
CV 1 (%)		12,21	19,82	24,21	27,49	10,26	4,44	26,09
CV 2 (%)		11,45	14,69	17,38	25,74	7,81	5,28	24,30

* Significativo pelo teste de F a 5%.

** Significativo pelo teste de F a 1%.

*** Significativo pelo teste de F a 6,6%.

Todavia, salienta-se que o menor estande proporcionado pela palhada de feijão-de-porco, além da pouca cobertura de solo, pode estar associado a substâncias alelopáticas existentes no mesmo (Calegari, 1995), as quais poderiam estar inibindo quimicamente a germinação das sementes de feijão, já que o guandu-anão, mesmo produzindo menor quantidade de massa (Tabela 3), proporcionou um estande inicial estatisticamente igual ao maior estande. No consórcio do feijão-de-porco com o milho, não foi observada redução significativa no estande inicial, no qual a quantidade de fitomassa proveniente da leguminosa era menor que no seu cultivo solteiro.

O estande final, apesar de não ter sido significativo no teste de F a 5%, foi significativamente diferente pelo referido teste a 6,6% de probabilidade, apresentando o mesmo comportamento do estande inicial (Tabela 13). De forma geral, pode-se observar que houve uma redução em relação ao estande inicial, de forma que apenas o feijão cultivado sob palhada de milho chegou ao final do cultivo com um número ideal de plantas que, de acordo com Silva (1996), está em torno de 240.000 plantas por hectare.

TABELA 13 Estande inicial, estande final e peso de 100 grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, sob diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003¹.

COBERTURAS	ESTANDE INIC. (pl.ha ⁻¹)	ESTANDE FIN. (pl.ha ⁻¹)*	PESO DE 100 GRÃOS (g)
M	260417 a	238055 a	21,35 b
GA	253333 ab	202917 ab	22,27 ab
M+FP	227361 ab	203195 ab	22,68 a
M+GA	238889 ab	203611 ab	23,10 a
FP	225926 b	191389 b	22,92 a

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. M = milho, GA = guandu-anão, FP = feijão-de-porco.

* Significativo pelo teste de F a 6,6%.

Na Figura 11 verifica-se que o fator doses de N também influenciou o estande inicial, o qual apresentou redução linear com o aumento da mesma, passando de 252.778 na dose zero para 222.334 plantas.ha⁻¹ na dose de 150 kg.ha⁻¹. A contagem do estande inicial foi procedida antes da primeira cobertura, tendo influenciado esta variável apenas a adubação nitrogenada na base da semeadura, que equivale a 40% da dose total. Este fato deve-se à redução da disponibilidade de água promovida pela higroscopicidade do fertilizante. O mesmo foi observado por Rodrigues (2001) em diferentes safras. No entanto, Valério (2002), trabalhando com variação das doses de N na semeadura e em cobertura, observou, na dose 0 em cobertura, aumento no rendimento até a dose de 120 kg.ha⁻¹ na semeadura. Apesar do estande não ter sido avaliado, o autor concluiu que as maiores doses não trouxeram prejuízo à germinação e emergência.

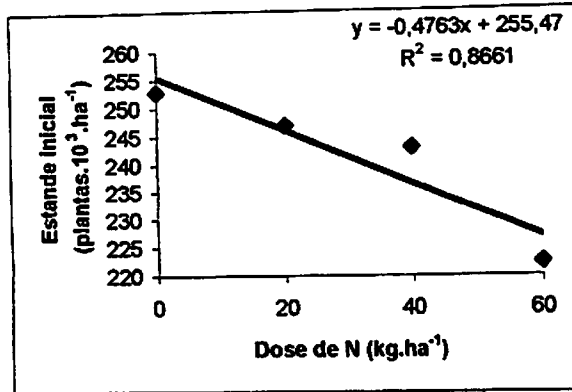


Figura 11: Estande inicial (plantas.10³.ha⁻¹) de feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio na semeadura no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Quanto ao peso de cem grãos, pode-se observar, na Tabela 13, que apenas a palhada de milho proporcionou valor inferior em relação aos demais tratamentos. O menor valor proporcionado pela palhada de milho para esta variável pode ser explicado pelo fato do feijão nela cultivado ter apresentado os sintomas visuais mais drásticos de deficiência de N nas subparcelas com dose zero, causando impactos no enchimento de grãos, o que provavelmente reduziu a média deste tratamento em proporções maiores que nas outras palhadas. Além disso, a maior competição interespecífica causada pela maior população também pode ter contribuído para o fato, podendo-se observar uma relação inversa entre os estandes inicial e final e o peso de 100 grãos.

O peso de cem grãos e o número de grãos por vagem também foram influenciados pelas doses de N. Para o peso de cem grãos ocorreu efeito linear positivo, passando de 20,70 g, sem a aplicação do nutriente, para 23,83 g na dose de 150 kg.ha⁻¹ (Figura 12). Este resultado é semelhante aos obtidos por Teixeira et al. (2000), Rodrigues (2001) e Xavier (2002), porém, difere do observado por Silva (1988), no qual não houve acréscimo no peso de 100 grãos

com o aumento da dose de N. Apesar do número de grãos por vagem ser a variável menos influenciada pelo ambiente, houve resposta quadrática à aplicação de N, com o valor máximo sendo atingido na dose de 106 kg.ha⁻¹, o qual seria, em média, de 5,02 grãos por vagem (Figura 13). Segundo Oliveira et al. (1996), as plantas deficientes em N produzem vagens com poucas sementes, sendo as mesmas pequenas e reduzindo, conseqüentemente, a produção de grãos.

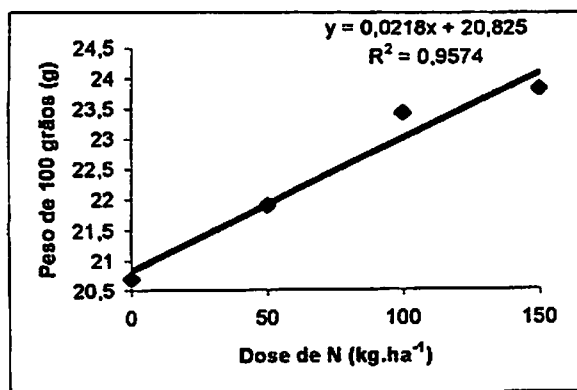


FIGURA 12: Peso de 100 grãos de feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

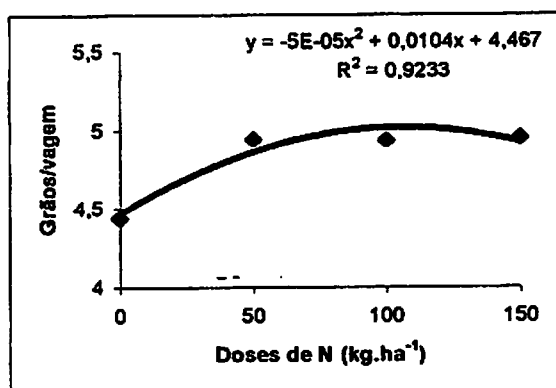


FIGURA 13: Grãos por vagem de feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

A aplicação de N proporcionou efeito quadrático na altura das plantas do feijoeiro, até doses próximas de 100 kg.ha⁻¹, a partir das quais houve estabilização ou, em alguns casos, redução da altura (Figura 14). A maior altura média de plantas de feijoeiro foi verificada no cultivo sob palhada de milho+feijão-de-porco, a qual, segundo o modelo, atingiu seu máximo de 0,77 m na dose de 115 kg.ha⁻¹. Já para o cultivo sob palhada de milho, a maior

* Significativo pelo teste de F a 5%.
** Significativo pelo teste de F a 1%.
M = milho, FP = feijão-de-porco, GA = guandu-anão.

Quadrados Médios		PLANTAS	
FV	GL	ALT.	VAG./PLANT.
		REND.	GRAOS
DOSES d. M+FP	3	0,116456**	55,887500**
DOSES d. M+GA	3	0,062175**	105,585000**
DOSES d. FP	3	0,019356	13,382500*
DOSES d. GA	3	0,067692**	13,990625*
DOSES d. M	3	0,193923**	26,534167**
RESIDUO	45	0,009408	3,885736
			88489,920833

TABELA 14 Resumo das análises do desdobramento de doses dentro de cada nível de coberturas para altura de plantas, vagens por planta e rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talisma. Ufa, Lavras, MG, 2003.

Na Tabela 14 são apresentados os resumos das análises do desdobramento dos níveis do fator doses de nitrogênio dentro de cada nível do fator coberturas de solo para as variáveis altura de plantas, número de vagens por planta e rendimento de grãos. Verifica-se que, para as três variáveis, os desdobramentos foram significativos para todos os tratamentos, exceto para doses dentro de feijão-de-porco, para a variável altura de plantas.

associado à maior competição interespecífica, já que a palhada de milho apresentou o maior estande inicial. A menor altura foi observada na palhada de milho sem a aplicação de N, o que se justifica pela maior imobilização do elemento no solo sob palhada exclusiva da gramínea.

$$Y_{M+FP} = 0,4159 + 0,0062x - 3E-05x^2 \quad R^2 = 0,85$$

$$Y_{M+GA} = 0,3425 + 0,0048x - 2E-05x^2 \quad R^2 = 1$$

$$Y_{GA} = 0,3333 + 0,0063x - 3E-05x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$Y_M = 0,2161 + 0,01x - 5E-05x^2 \quad R^2 = 0,95$$

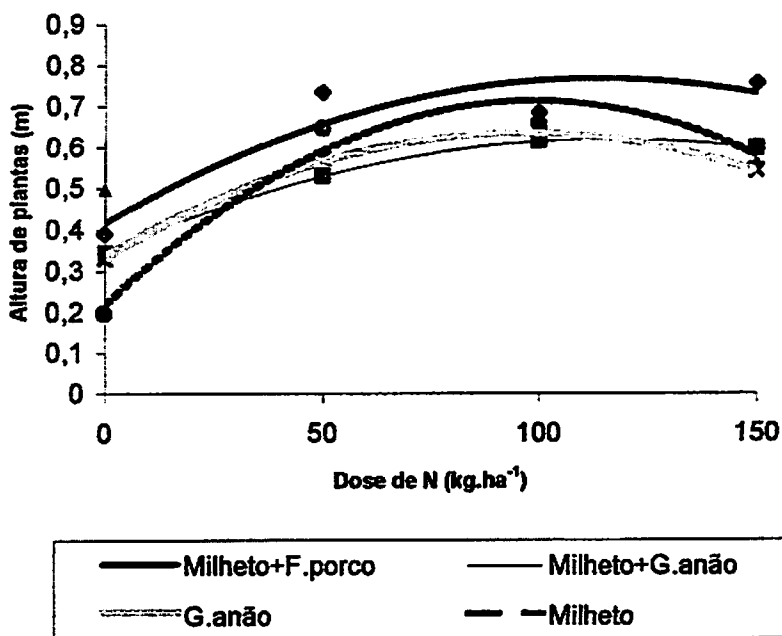


FIGURA 14: Altura de plantas de feijoeiro (m), cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

A característica vagens por planta apresentou efeito linear positivo em função das doses de N em todas as palhadas (Figura 15), tendo os maiores acréscimos sido observados nas palhadas de milho+feijão-de-porco e milho+guandu-anão. Entre elas, a primeira apresentou maior número de vagens por planta em relação à segunda nas menores doses de N. Este fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de N no solo, proveniente da liberação do mesmo por meio da decomposição do feijão-de-porco, já que sua fitomassa foi muito superior à do guandu-anão consorciado, o qual contribuiu apenas com 9,9% do total do consórcio com o milho contra 55,3% do feijão-de-porco. No milho solteiro foi observado um acréscimo intermediário para o número de vagens por planta a medida em que se aumentaram as doses de N. Todos os valores foram inferiores aos encontrados nos consórcios e no feijão-de-porco solteiro, o qual apresentou acréscimo semelhante ao do guandu-anão, porém, com cerca de três vagens por planta a mais.

De acordo Oliveira et al. (1996), as plantas deficientes em N têm a formação de galhos reduzida e baixo desenvolvimento de flores, conseqüentemente reduzindo o número de vagens por planta. Silva (1988) encontrou resposta linear positiva para a característica até a dose máxima (100 kg.ha⁻¹). Em trabalhos realizados por Teixeira et al. (2000), Rodrigues (2001) e Xavier (2002), o número de vagens por planta também respondeu linearmente à aplicação de N.

$$Y_{M+FP} = 4,4175 + 0,0556x \quad R^2 = 0,92$$

$$Y_{FP} = 6,87 + 0,0269x \quad R^2 = 0,90$$

$$Y_{M+GA} = 2,7325 + 0,0654x \quad R^2 = 0,91$$

$$Y_{GA} = 3,54 + 0,0266x \quad R^2 = 0,84$$

$$Y_M = 2,6925 + 0,0386x \quad R^2 = 0,93$$

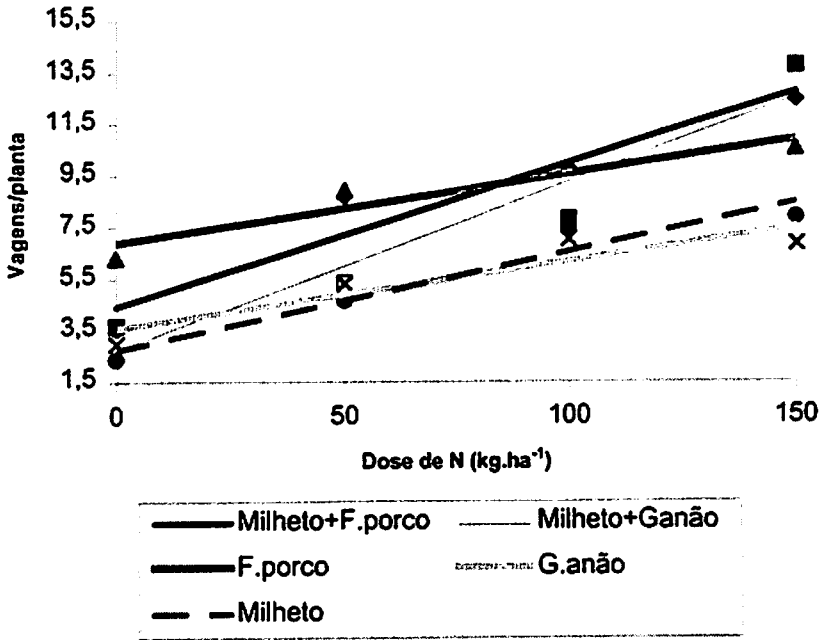


FIGURA 15: Vagens por planta do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

Pela Figura 16 observa-se que o maior rendimento de grãos do feijoeiro foi obtido com a aplicação de 150 kg.ha⁻¹ de N, na palhada de milho+feijão-deporco. (Figura 16). O maior rendimento encontrado no presente trabalho assemelha-se aos encontrados por Silva (1988), Teixeira et al. (2000) e Carvalho (2000), sendo superior aos encontrados por Andrade et al. (1998) e Valério (2002).

Observa-se, ainda na Figura 16, que houve efeitos lineares positivos das doses de N, quando o feijão foi cultivado sob as palhadas formadas pelo milho e seus consórcios com as leguminosas. Salienta-se que entre estas palhadas as produções sob palhada de milho+feijão-de-porco foram superiores em todas as doses de N. O rendimento de grãos do feijoeiro cultivado sob as palhadas de milho e milho+guandu-anão apresentaram respostas diferenciadas à aplicação de N. Observa-se pela Figura 16 que, entre estas palhadas, a partir da aplicação de N, a palhada de milho proporcionou maiores rendimentos, ao passo que na palhada de milho+guandu-anão, entre as doses 0 e 50 kg.ha⁻¹, os rendimentos foram superiores. Pode-se, então, afirmar que a presença do guandu-anão no consórcio, mesmo que pequena, com apenas 13,3% da fitomassa seca total (Tabela 3), foi suficiente para fornecer N à cultura ou proporcionar menor imobilização, apresentando resposta um pouco menor à aplicação de N mineral. Xavier (2002) também encontrou aumento linear no rendimento com as mesmas doses na palhada de milho. Outros autores têm verificado, no sistema convencional, respostas lineares à adubação nitrogenada, como Andrade et al. (1998), Teixeira et al. (2000), Rodrigues (2001), Valério (2002) e Carvalho et al. (2003 b).

Provavelmente, o feijão cultivado sob as palhadas de milho e milho+guandu-anão não pôde expressar uma produção semelhante ao seu cultivo sob palhada de milho+feijão-de-porco devido ao fornecimento diferenciado de K destas palhadas. Isto porque o feijoeiro cultivado sob as mesmas, apresentou teor foliar do nutriente inferior ao cultivo sob milho+feijão-de-porco, exceto na testemunha sem aplicação de N, tendo os cultivos sob palhada de milho solteiro e milho+guandu-anão apresentado as maiores deficiências de K na dose de 150 kg.ha⁻¹ de N.

De acordo com Oliveira et al. (1996), as plantas deficientes em K formam poucas flores, tendo como consequência a redução na produção de

vagens. Na Figura 15 verifica-se que o número de vagens por planta do feijoeiro na palhada de milho foi bem inferior ao verificado na palhada de milho+feijão-de-porco, o que foi determinante para a diferença no rendimento de grãos. Oliveira (2001) não encontrou diferença significativa entre os rendimentos de grãos do feijoeiro cultivado sob palhada de milho e milho+feijão-de-porco, sendo o rendimento do feijoeiro sob palhada de feijão-de-porco inferior aos primeiros.

O cultivo sob palhada de feijão-de-porco apresentou rendimento máximo na dose de 118 kg.ha^{-1} , sendo este próximo do obtido sob palhada de milho solteiro na dose de 150 kg.ha^{-1} (Figura 16), o que pode ser atribuído ao fornecimento de N pela leguminosa. Porém, após esta dose, houve um pequeno decréscimo. O menor estande proporcionado pela palhada de feijão-de-porco, associado à menor cobertura do solo em fases mais adiantadas do cultivo, devido à decomposição mais rápida da mesma, provavelmente foi o fator limitante para a expressão de maiores rendimentos do feijoeiro cultivado sob a mesma.

A menor produção na dose de 150 kg.ha^{-1} foi obtida no cultivo sob palhada de guandu-anão (Figura 16), provavelmente devido à menor cobertura de solo proporcionada por esta espécie, a qual apresentou a menor produção de palha entre os tratamentos (Tabela 3), o que provocou uma compactação superficial no solo, impedindo que o feijoeiro respondesse à aplicação de N.

$$\begin{aligned}
 Y_{M+FP} &= 561,05 + 13,114x & Y_{FP} &= 794,06 + 17,409x \\
 R^2 &= 0,93 & R^2 &= 0,94 \\
 Y_{M+GA} &= 410,68 + 9,2035x & Y_{GA} &= 334,95 + 20,034x \\
 R^2 &= 0,94 & R^2 &= 0,99 \\
 Y_M &= 231,95 + 11,954x \\
 R^2 &= 0,99
 \end{aligned}$$

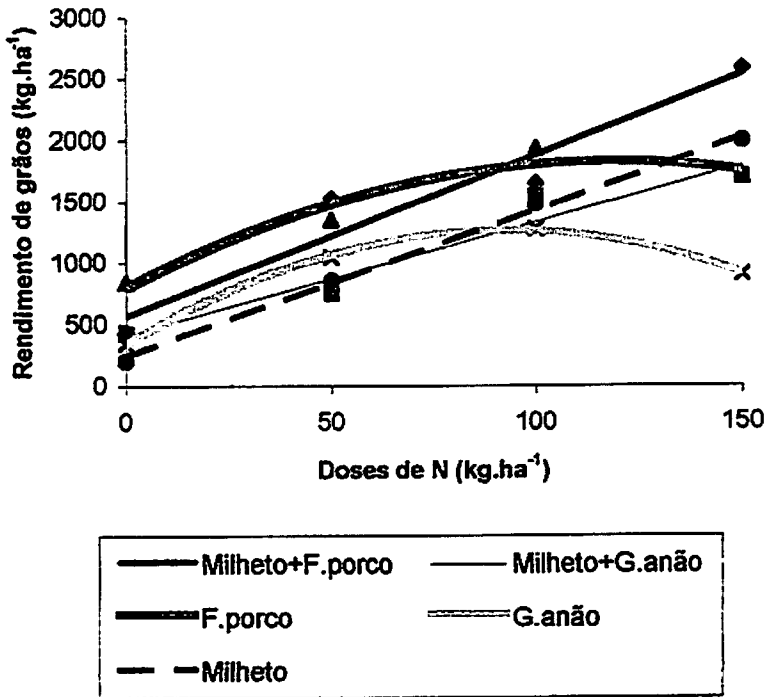


FIGURA 16: Rendimento de grãos do feijoeiro, cultivar BRS-MG Talismã, em diferentes coberturas de solo e doses de nitrogênio no sistema de plantio direto. Ufla, Lavras, MG, 2003.

5 CONCLUSÕES

O guandu anão mostrou-se inadequado para uso na região na época de semeadura estudada.

O consórcio entre milheto e feijão de porco apresentou o maior acúmulo de nutrientes.

A nutrição mais adequada do feijoeiro ocorreu no cultivo sob a palhada produzida pelo consórcio entre milheto e feijão de porco.

O aumento das doses de nitrogênio proporcionou efeito positivo nas características agrônômicas do feijoeiro, exceto estande inicial e final.

O maior rendimento de grãos foi obtido quando em cultivo sob palhada produzida pelo consórcio entre milheto e feijão de porco, na dose de 150 kg.ha^{-1} de nitrogênio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F.A. de. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, A. de. P. Resposta da planta e do solo ao plantio direto e convencional, de sorgo e feijão, em sucessão a milho, soja e crotalária. 1996. 162 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, MG.

ALVARENGA, R.C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVAREZ V., V.H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)*. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 25-32.

AMABILE, R.F. Comportamento de adubos verdes em épocas de semeadura nos cerrados do Brasil central. 1996. 123 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 553-560, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 179-189, 2000.

ÂNDRADE, M.J.B. de et al. Resposta da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 22, p. 499-508, 1998.

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

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 29, n. 4, p.745-754, 1999.

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

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 905-915, 2000.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 897-903, 2000.

CAIXETA, C.C.; CARVALHO, G.J. de. 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. *Anais... Lavras: UFLA/PRP*, 1999. p. 85.

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: _____. *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992 b. p. 207-327.

CALEGARI, A. *Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: _____. *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992 a. p. 1-55.

CARVALHO, G. J. et al. Produção orgânica de milho verde em consórcio com feijão de porco (*Canavalia ensiformes*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2003, Recife. *Anais... Recife: SOB*, 2003 a.

CARVALHO, M.A.C. *Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria – MS*. 2000. 189 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Estado de São Paulo, Jaboticabal.

CARVALHO, M.A.C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 445-450, 2003.

CERETTA, C.A. et al. 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*, v. 18, p. 215-220, 1994.

CHAGAS, J.M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)*. Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 306-307.

CHAVES, H.M.L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: _____. *O meio ambiente e o plantio direto*. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI, 1997. Cap. 3, p. 57-65.

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. 159 p.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: _____. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, RS: EMBRAPA-CNPT/ FUNDACEP-FECOTRIGO/FUNDAÇÃO ABC/Ed.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*, v. 13, p. 287-293, 1989.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: _____. *O meio ambiente e o plantio direto*. Brasília-DF: EMBRAPA-SPI, 1997. Cap. 3, p. 57-65.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2000. 412 p.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 171-177, 2000.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Evolução do plantio direto no Brasil – 1972/73 a 2000/2001. Disponível em: <www.febrapdp.org.br> Acesso em: 20 jan. 2004.

FIORIN, J.E. et al. Resposta do trigo à adubação verde de verão e uso de nitrogênio no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú. Resumos... Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 327.

GIACOMINI, S.J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 325-334, 2003.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 14.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

HEINRICHS, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca : relação C/N da fitomassa e produtividade do milho na sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 331-340, 2001.

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, J.A. de. Desempenho de adubos verdes sob cultivo consorciado com milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú. Resumos... Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 354.

HENKLAIN, J.C. Efeitos do preparo sobre as características do solo. In: CONGRESSO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa, PR: FEBRAPDP, 1997. p. 206-220.

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. 1998. 179 p. Tese. (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. Implantação e manejo do sistema plantio direto. Passo Fundo-RS: EMBRAPA Trigo, 2000. 36 p. (Documentos, 20).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação). Viçosa, MG, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p. 143-168.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, 1991, 337 p.

MORAES, R.N. de S. Decomposição de palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. 2001. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

OLIVEIRA, I.P. de; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.(Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafôs, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, T.K. de. Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto. 2001. 109 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PÖTTKER, D. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados-MS. Anais... Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 37-42.

PUPO, N. I. H. Manual de pastagens e forrageiras: formação – conservação – utilização. Campinas-SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 343 p.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

REICOSKY, D.C. Impactos do revolvimento do solo em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 97-101.

RIBEIRO, C.M. Rendimento e viabilidade econômica das culturas de milho, soja e feijão sob diferentes sistemas de manejo de solo, após oito anos de plantio direto. 2000. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba.

RODRIGUES, J.R. de M. Resposta do feijoeiro (cvs Carioca e Pérola) a doses de nitrogênio e fósforo. 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSOLEM, C.A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados-MS. Anais... Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 59-75.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SANTOS, C.T.C.; CARVALHO, G.J. de. 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. Anais... Lavras: UFLA/PRP, 1999. p. 43.

SILVA, A. J. da. Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada. 1988. 85 p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVA, C.C. da. Estabelecimento da cultura. In: ARAÚJO, R.S. et al.(Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 417-432.

SILVA, V.A. da. Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão da seca (*Phaseolus vulgaris*) em seqüência a cultura do milho. 1994. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J. de. Estudo do comportamento do sorgo, milho e aveia preta na produção de forragem e matéria seca para cobertura morta do solo no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12., 1999, Lavras. Anais... Lavras: UFLA/PRP, 1999. p. 44.

TEIXEIRA, I.R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, p. 399-408, 2000.

URCHEI, M.A. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo vermelho-escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação. 1996. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu-UNESP, Botucatu.

VALÉRIO, C.R. Resposta do feijoeiro comum ao nitrogênio no plantio, em cobertura e em diferentes safras. 2002. 62 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VERNETTI JUNIOR, F. de J.; GOMES, A. da S. Plantio direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável. Pelotas-RS: EMBRAPA Clima Temperado, 1999. 69 p. (Documentos, 58).

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

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do Nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-120.

WUTKE, E.B. *Desempenho do feijoeiro em rotação com milho e adubos verdes*. 1998. 146 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

XAVIER, M.A. *Influência da inoculação e do nitrogênio em cobertura em dois cultivares de feijoeiro comum sob sistema de plantio direto*. 2002. 33 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Estado de São Paulo.