

**DESEMPENHO DE PLANTAS DE
COBERTURA NO CONTROLE DA EROSÃO
HÍDRICA NO SUL DE MINAS GERAIS**

DIONE PEREIRA CARDOSO

2009

DIONE PEREIRA CARDOSO

**DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA NO
CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA NO SUL DE
MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração Produção Vegetal, para obtenção do
título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

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

Cardoso, Dione Pereira.

Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão
hídrica no Sul de Minas Gerais / Dione Pereira Cardoso. – Lavras :
UFLA, 2009.

100 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Bibliografia.

1. Crotalaria júncea. 2. Feijão-de-porco. 3. Milheto. 4. Cobertura
do solo. 5. Escoamento superficial. 6. Perdas de solo. 7. Perdas de
água. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.452

DIONE PEREIRA CARDOSO

**DESEMPENHO DE PLANTAS DE COBERTURA NO
CONTROLE DA EROÇÃO HÍDRICA NO SUL DE
MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de
concentração Produção Vegetal, para obtenção do
título de “Doutor”.

APROVADA em 14 de dezembro de 2009.

Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel
Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva
Dr. Moisés de Sousa Reis
Dr. Nilmar Eduardo Arbex de Castro

UFLA/DAG
UFLA/DCS
EPAMIG
CNPq

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

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

À minha mãe, Elvira, e à minha avó, Luzia.

*“A vocês, que marcaram a minha vida, contribuindo para minha formação,
meu projeto de vida. É com orgulho que dedico esta vitória!”*

**“Ensina-me, Senhor, o Teu caminho, e andarei na Tua verdade; dispõe-me
o coração para só temer o Teu nome”**

Salmo 86.11

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Lavras.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (Capes).

À minha mãe, Elvira Pereira Cardoso, pelo incentivo em todos os momentos, e ao meu pai, Magno Cardoso, “in memoriam”.

À minha avó, Luzia Pereira de Carvalho, “minha segunda mãe”, e aos meus tios e primos.

À D. Teresa A. Magalhães e à minha afilhada, Priscila R. Leite, pelo incentivo.

Aos Departamentos de Agricultura e Ciência do Solo e aos professores Dr. Gabriel José de Carvalho e Dr. Marx Leandro Naves Silva, sempre atenciosos e pacientes.

À Dra. Ana Carolina da Silva (Udesc), ao MSc. Diego Antônio França de Freitas (DCS/UFLA), ao Dr. Élberis Pereira Botrel (DAG/UFLA), ao Dr. Júnior César Avanzi (DCS/UFLA), ao MSc. Paulo Roberto Ribeiro (Copese) e ao Dr. Samuel Pereira de Carvalho (DAG/UFLA), pelas correções e sugestões, que foram de suma importância para a realização deste trabalho.

Ao coordenador do curso de pós-graduação da Fitotecnia, Dr. Moacir Pasqual e aos pesquisadores Dr. Moizés de Souza Reis e Dr. Nilmar Eduardo Arbex de Castro.

Ao Sirlei Felizardo, do Setor de Agricultura Geral, ao Manoel L. da Silva, Chefe do Setor de Transporte e Manutenção, ao Geraldo C. Martins, do Setor de Agrometeorologia e ao Evaldo Elias dos Santos, Chefe do Serviço Orgânico de Segurança Patrimonial. Às secretárias Marli (DAG) e Maria Alice (DCS).

Aos estagiários Bruno, Pedro, Renato e Rodrigo e aos colegas da pós-graduação, amigos e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO GERAL	v
GENERAL ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral	2
2 Referências Bibliográficas.....	4
CAPÍTULO 2: Indicadores de qualidade fitotécnica de plantas de coberturas utilizadas na conservação do solo e da água para o Sul de Minas Gerais.....	8
1 Resumo	9
2 Abstract.....	10
3 Introdução	11
4 Material e Métodos	12
4.1 Caracterização da área experimental	12
4.2 Instalação do experimento	14
4.2.1 Tratamentos	14
4.2.2 Descrição das espécies.....	15
4.2.3 Semeadura.....	15
4.3 Histórico do experimento	16
4.4 Avaliações das plantas de cobertura.....	16
4.4.1 Índice de cobertura.....	16
4.4.2 Produtividade de massa verde.....	16
4.4.3 Produtividade de matéria seca	17
4.5 Análise estatística	17

5 Resultados e Discussão	18
6 Conclusões	26
7 Referências Bibliográficas	27

CAPÍTULO 3: Potencial de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo	30
1 Resumo	31
2 Abstract	32
3 Introdução	33
4 Material e Métodos	35
4.1 Característica da área experimental	35
4.2 Descrição do experimento	35
4.3 Atributos químicos do solo	38
4.4 Atributos físicos do solo	38
4.4.1 Análise granulométrica	38
4.4.2 Densidade de partículas	39
4.4.3 Densidade do solo	39
4.4.4 Volume total de poros, macroporosidade e microporosidade	39
4.4.5 Umidade do solo	39
4.4.6 Temperatura do solo	40
4.4.7 Estabilidade de agregados	40
4.4.8 Condutividade hidráulica do solo	40
4.4.9 Resistência do solo à penetração	41
4.5 Análise estatística	41
5 Resultados e Discussão	42
6 Conclusões	55
7 Referências Bibliográficas	56

CAPÍTULO 4: Desempenho de plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, por erosão hídrica.	60
1 Resumo	61
2 Abstract.....	62
3 Introdução	63
4 Material e Métodos	65
4.1 Característica da área experimental.....	65
4.2 Erosividade da chuva.....	65
4.3 Avaliações de perdas de solo, água e nutrientes.....	66
4.3.1 Perdas de solo e água.....	66
4.3.2 Perdas de nutrientes	68
4.4 Potencial de arraste de sedimentos do solo (PAS).....	68
4.5 Taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE).....	68
5 Resultados e Discussão	69
6 Conclusões	83
7 Referências Bibliográficas.....	84
ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- FIGURA 1 Informações climáticas referentes ao período de novembro de 2007 a abril de 2008, obtidas na Estação Climatológica Principal de Lavras, situada no câmpus da UFLA. 13
- FIGURA 2 Índice de cobertura (IC) em função dos dias após a semeadura (DAS) de $C_{0,25}$ = crotalária júncea 0,25 m; $C_{0,50}$ = crotalária júncea 0,50 m; $F_{0,25}$ = feijão-de-porco 0,25 m; $F_{0,50}$ = Feijão-de-porco 0,50 m; $M_{0,25}$ = milho 0,25 m; e $M_{0,50}$ = milho 0,50 m..... 19
- FIGURA 3 Equações ajustadas pela regressão polinomial quadrática para $C_{0,25}$ = crotalária júncea 0,25 m; $C_{0,50}$ = crotalária júncea 0,50 m; $F_{0,25}$ = feijão-de-porco 0,25 m; $F_{0,50}$ = feijão-de-porco 0,50 m; $M_{0,25}$ = milho 0,25 m; e $M_{0,50}$ = milho 0,50 m. 21

CAPÍTULO 3

- FIGURA 1 Parcelas de perdas de solo (a), sendo o comprimento no sentido do declive (b)..... 37
- FIGURA 2 Parcelas de perdas de solo cercada com chapas galvanizadas (a), com seus respectivos tratamentos (b). 37
- FIGURA 3 Da direita para esquerda: crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, no espaçamento de 0,25 m (a), e milho, crotalária júncea e feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m (b). 37
- FIGURA 4 Classes de agregados (1=8-2 mm; 2=2-1 mm; 3=1-0,5 mm; 4=0,5-0,25 mm; 5=0,25-0,105 mm; 6=<0,105 mm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob $C_{0,25}$ = crotalária júncea 0,25 m; $C_{0,50}$ = crotalária júncea 0,50 m; $F_{0,25}$ = feijão-de-porco 0,25 m; $F_{0,50}$ = feijão-de-porco 0,50 m; $M_{0,25}$ = milho 0,25 m; e $M_{0,50}$ = milho 0,50 m..... 48

FIGURA 5 Resistência do solo à penetração em solo sob C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m; (a), antes do corte das plantas de cobertura e (b) após a decomposição da fitomassa. 54

CAPÍTULO 4

FIGURA 1 Parcelas de perdas de solo sob crotalária júncea, nos espaçamentos de 0,25 m (a) e 0,50 m (b); feijão-de-porco, nos espaçamentos de 0,25 m (c) e 0,50 m (d); e milho, nos espaçamentos de 0,25 m (e) e 0,50 m (f), aos 49 dias após a semeadura. UFLA, 2007 e 2008. 67

FIGURA 2 Potencial de Arraste de Sedimentos (PAS) em solos sob C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; e M_{0,50} = milho 0,50 m. 79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- TABELA 1 Resumo da análise de variância (Anava) do índice de cobertura, massa verde e matéria seca..... 22
- TABELA 2 Comparação dos resultados das médias dos tratamentos do índice de cobertura (%), massa verde ($t\ ha^{-1}$) e matéria seca ($t\ ha^{-1}$) para as espécies crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m. 23
- TABELA 3 Estimativa dos coeficientes de correlação entre índice de cobertura, massa verde e matéria seca. 25

CAPÍTULO 3

- TABELA 1 Análise granulométrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo. 38
- TABELA 2 Atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo antes (43 dias após a semeadura) e após (157 dias após a semeadura). 42
- TABELA 3 Atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico antes (43 dias após a semeadura) e após (157 dias após a semeadura). 46
- TABELA 4 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, novembro de 2007. (Anexos 1A a 9A). 49
- TABELA 5 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, abril de 2008. (Anexos de 1B a 9B). 50
- TABELA 6 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008. (Anexos 1C a 9C). 52

CAPÍTULO 4

- TABELA 1 Número de chuvas erosivas, não erosivas e suas respectivas precipitações (mm), no período de estudo, na região de Lavras. . 69
- TABELA 2 Valores mensais, totais e médios de erosividade e precipitação durante o período de estudo (dezembro de 2007 a março de 2008).
..... 70
- TABELA 3 Perdas mensais de solo ($t\ ha^{-1}$) sob chuva natural de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Lavras, MG, sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos entre plantas de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008. 72
- TABELA 4 Perdas mensais de água sob chuva natural de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Lavras, MG, sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos entre plantas de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008. 76
- TABELA 5 Estimativa dos coeficientes de correlação entre as qualidades fitotécnicas das plantas de cobertura e as perdas de solo e água. 78
- TABELA 6 Perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em $kg\ ha^{-1}$, no sedimento por erosão hídrica, para crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008. 80
- TABELA 7 Taxa de enriquecimento da enxurrada de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho. 81

RESUMO GERAL

CARDOSO, Dione Pereira. **Desempenho de plantas de cobertura no controle da erosão hídrica no Sul de Minas Gerais.** 2009. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A erosão hídrica inicia-se com o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo, provocando o transporte dos sedimentos, dos nutrientes e da matéria orgânica. Para reduzir esse processo erosivo, é essencial o uso de práticas conservacionistas, como manejo adequado e plantio de plantas de cobertura que reduzam essas perdas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial de plantas de coberturas, adaptadas às condições climáticas da região Sul de Minas Gerais, visando à conservação do solo. O experimento foi conduzido no câmpus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. Os tratamentos foram constituídos pelas plantas de cobertura – crotalária júncea, feijão-de-porco e milho -, utilizando-se de dois espaçamentos – 0,25 m e 0,50 m. Avaliou-se o índice de cobertura por meio de uma barra horizontal, com dezenove orifícios de 9 mm de diâmetro, sendo o aparelho colocado na diagonal sobre a planta de cobertura. Para quantificar a produção de massa verde, utilizou-se um quadro de madeira de 1 m², sendo esse lançado aleatoriamente sobre as plantas de cobertura, as quais foram cortadas rente ao solo. Para determinar o teor de matéria seca, pesaram-se 500 g da massa verde, colocando-as em estufa a 65 °C, até estabilidade do peso. Com base no teor de matéria seca, obteve-se a matéria seca em t ha⁻¹. Os atributos químicos e físicos foram determinados nos Laboratórios de Análises de Fertilidade e Física do Solo, localizados na UFLA. A erosividade da chuva foi calculada pelo produto da energia cinética com a precipitação máxima de uma chuva individual. Para a quantificação das perdas de solo, água e nutrientes, utilizaram-se parcelas preparadas para esse tipo de avaliação. Foram quantificadas também as perdas de nutrientes, o potencial de arraste de sedimentos do solo e a taxa de enriquecimento da enxurrada. A crotalária júncea apresenta as maiores produtividades de massa verde e matéria seca. O espaçamento não influencia a produtividade de massa verde da crotalária júncea. Entre as espécies de plantas de coberturas estudadas, o feijão-de-porco apresenta as menores perdas de solo, água e nutrientes devido à eficiente cobertura do solo.

Palavras-chave: Crotalária júncea, feijão-de-porco, milho.

* Comitê Orientador: Prof. Gabriel José de Carvalho - UFLA/DAG (Orientador), Prof. Marx Leandro Naves Silva - UFLA/DCS.

GENERAL ABSTRACT

CARDOSO, Dione Pereira. **Performance of cover crops to control erosion in the South of Minas Gerais.** 2009. 100 p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG. *

The erosion initiates with the impact of the raindrop on the soil surface, causing the transport of sediment, nutrients and organic matter. To reduce this erosion, the use of conservation practices, such as proper management and planting of cover crops that reduce these losses, is essential. The objective of this study was to evaluate the potential of plant coverage and weather conditions in the South region of Minas Gerais, aimed at soil conservation. The experiment was carried out on the campus of the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras–MG. The treatments consisted of cover crops - sunn hemp, jackbean and millet using two spacings - 0.25 m and 0.50 m. We evaluated the coverage by a horizontal bar, with nineteen holes 9 mm in diameter, and the device placed diagonally on the plant cover. To quantify the production of green mass, we used a 1 m² wooden frame, being randomly placed on cover crops, which were cut close to the ground. To determine the dry matter content 500 g fresh weight were weighed and placed in an oven at 65 °C until stable constant weight. Based on the dry matter content, the matter in t ha⁻¹ was obtained. The chemical and physical attributes were determined in the Soil Fertility and Physics Analysis Laboratories, located at UFLA. The rainfall erosivity was calculated as the product of kinetic energy with the maximum precipitation of a single rain. To quantify the soil, water and nutrient loss, we used plots prepared for this type of assessment. We also quantified the loss of nutrients, the potential soil sediment drag and the runoff enrichment rate. The sunn hemp had the highest yield of green mass and dry matter. The spacing does not influence the productivity of sunn hemp green mass. Among the cover plant species studied, the jackbean had the lowest soil, water and nutrient losses, due to its efficiency as a ground cover.

Key words: Sunn hemp, jackbean, milhet.

* Guidance committee: Prof. Gabriel José de Carvalho – UFLA/DAG (Adviser), Prof. Marx Leandro Naves Silva – UFLA/DCS.

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Agricultura é uma das mais antigas atividades do homem. Desde o seu início, técnicas são implantadas para sua melhoria, principalmente no preparo do solo. Todavia, o preparo intensivo do solo, principalmente em áreas com relevo suave ondulado a ondulado, vem apresentando desgaste, principalmente pela erosão hídrica.

A erosão hídrica inicia-se com o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo, provocando o umedecimento dos agregados e, posteriormente, o transporte dos sedimentos, além da perda de nutrientes, água e matéria orgânica (Troeh et al., 1980). Para reduzir esse processo erosivo, é essencial o uso de práticas conservacionistas, como o plantio e o manejo adequados das plantas de cobertura, que protegem o solo dessas perdas, mediante o amortecimento do impacto da gota de chuva (Alvarenga et al., 1995; Bertin et al., 2005; Boer et al., 2008). Conseqüentemente, há a redução do escoamento superficial por meio do aumento da taxa de infiltração e da capacidade de retenção de água do solo, em razão do sistema radicular e do índice de cobertura.

O índice de cobertura está relacionado à produtividade de fitomassa e, quanto mais elevado, melhor é a proteção do solo, pois plantas com alta produtividade protegem melhor a superfície das perdas de água e de nutrientes, e da oscilação da temperatura e de umidade. Além disso, as plantas de cobertura apresentam melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos (Alcântara et al., 2000; Alves et al., 2004; Carvalho et al., 2004a; Faria et al., 2004; Nascimento et al., 2005; Fontanetti et al., 2006; Alves et al., 2007; Boer et al., 2007; Gama-Rodrigues et al., 2007; Reinert et al., 2008; Torres et al., 2008; Andrade et al., 2009; Carneiro et al., 2009; Rosa et al., 2009).

Dessa forma, a escolha das plantas de cobertura é baseada na produção de fitomassa e no índice de cobertura do solo, sendo esses os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade dessas plantas (Amabile et al., 2000; Oliveira et al., 2002; Carvalho et al., 2004b; Perin et al., 2004; Sodré Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005; Nunes et al., 2006; Suzuki & Alves, 2006; Carvalho et al., 2008; Torres et al., 2008; Menezes et al., 2009).

Atualmente, há vários estudos que relacionam as perdas de solo, de água e de nutriente com as práticas de manejo. Esses estudos são importantes para indicar formas de manter a produtividade e ainda melhorar a conservação dos recursos naturais.

Entretanto, para a Região Sul do Estado de Minas Gerais, há poucos estudos por meio dos quais são avaliados o potencial das plantas de cobertura no controle da erosão hídrica e os aspectos fitotécnicos, como a produção de fitomassa e o índice de cobertura. Portanto, neste trabalho, objetivou-se avaliar o potencial da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.) e do milheto (*Pennisetum* sp Rich.) como plantas de cobertura, no acondicionamento físico e químico e na proteção do solo contra as perdas de água, de nutrientes e de carbono orgânico, provocadas pela erosão hídrica.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, fev. 2000.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185, fev. 1995.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p.617-625, jul./ago. 2007.
- ALVES, S. M. C.; ABBOUD, A. C. de S.; RIBEIRO, R. de L. D.; ALMEIDA, D. L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1111-1117, nov. 2004.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, jan. 2000.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, jul./ago. 2009.
- BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiae Agronomy**, Maringá, v.27, n.3, p.379-386, jul./set. 2005.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, set. 2007.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.843-851, mar./abr. 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.147-157, jan./fev. 2009.

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

CARVALHO, J. E. B. de; LOPES, L. C.; ARAÚJO, A. M. de A.; SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JUNIOR, C. A.; CARVALHO, L. L. de; OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, R. C. dos. Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'Tainung 1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.335-338, ago. 2004a.

CARVALHO, M. A. C. de; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. de. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1205-1211, dez. 2004b.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.4, p.641-648, jul./ago. 2004.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S. R. G. de; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.146-150, abr./jun. 2006.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.6, p.1421-1428, nov./dez. 2007.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. das G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.1, p.7-12, jan./fev. 2009.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, n.5, p.825-831, set./out. 2005.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. de B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, jun. 2006.

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

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

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

ROSA, J. D.; MAFRA, A. L.; NOHATTO, M. A.; FERREIRA, E. Z.; OLIVEIRA, O. L. P. de; MIQUELLUTI, D. J.; CASSOL, P. C.; MEDEIROS, J. C. Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.179-187, jan./fev. 2009.

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

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

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B. de; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.93-99, jan./fev. 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, mar. 2008.

TROEH, F. R.; HOBBS, J. A.; DANAHUE, R. L. **Soil and water conservation:** for productivity and environmental protection. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1980. 718p.

CAPÍTULO 2

Indicadores de qualidade fitotécnica de plantas de coberturas utilizadas na conservação do solo e da água para o Sul de Minas Gerais.

1 RESUMO

Indicadores de qualidade fitotécnica de plantas de cobertura utilizadas na conservação do solo e da água para o Sul de Minas Gerais

O preparo de solo no sistema de cultivo convencional em áreas onde a topografia apresenta relevo suave ondulado a ondulado pode propiciar a erosão hídrica. A utilização de plantas de cobertura é uma das alternativas para proteção do solo; no entanto, no Sul de Minas Gerais, há poucos estudos sobre as espécies indicadas para essa técnica. Objetivou-se neste estudo avaliar o índice de cobertura do solo, as produtividades de massa verde e matéria seca, no cultivo de *Crotalaria juncea* L. (crotalária), *Canavalia ensiformis* DC. (feijão-de-porco) e *Pennisetum* sp Rich. (milheto), nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m, com três repetições. O experimento foi conduzido no câmpus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, de novembro de 2007 a abril de 2008. A avaliação do índice de cobertura foi realizada com uma barra horizontal, com dezenove orifícios de 9 mm de diâmetro. O aparelho foi colocado na diagonal sobre a planta de cobertura e atribuindo valores (0; 0,5 e 1) quanto à visibilidade, para 0%, 50% e 100% de cobertura, respectivamente. Para quantificar a produção de massa verde, utilizou-se um quadro de madeira de 1 m², sendo esse lançado aleatoriamente sobre as plantas de cobertura, cortando-se à altura do coleto. As plantas cortadas foram pesadas e o resultado transformado em t ha⁻¹. Para determinar o teor de matéria seca, pesaram-se 500 g da massa verde, desidratando-a em estufa a 65 °C, até estabilidade do peso. Com base no teor de matéria seca, obteve-se a matéria seca em t ha⁻¹. O feijão-de-porco propiciou a melhor proteção do solo, sendo os índices de cobertura correspondentes a 95,61% e 92,10%, para os espaçamentos 0,25 m e 0,50 m, respectivamente. O espaçamento não influencia a cobertura do solo. A crotalária júncea apresentou a maior produtividade de massa verde (64 t ha⁻¹) e matéria seca (21 t ha⁻¹). O espaçamento não influencia a produtividade de massa verde da crotalária júncea.

Palavras-chave: Índice de cobertura, massa verde, matéria seca.

2 ABSTRACT

Phytotechnical quality indicators of cover crops used in soil and water conservation in the South of Minas Gerais

The soil preparation in conventional tillage in areas where the topography is gently undulating can result in wavy water erosion. The use of cover crops is an alternative for protecting the soil, however, there are few studies on species suitable for this technique in South of Minas Gerais. The objective of this study was to evaluate the cover-management index, green mass and dry matter yields in the cultivation of *Crotalaria juncea* L. (sunn hemp), *Canavalia ensiformis* DC. (jackbean) and *Pennisetum* sp Rich. (millet), at a spacing of 0.25 m and 0.50 m, with three replications. The experiment was carried out on the campus of the Federal University of Lavras, in the municipality of Lavras - MG, from November 2007 to April 2008. The evaluation of the cover-management index was performed with a horizontal bar, with nineteen holes 9 mm in diameter. The device was placed diagonally on the cover plant and assigning values (0, 0.5 and 1) as to the visibility for 0%, 50% and 100% coverage, respectively. To quantify the green mass production, we used a 1 m² wooden frame, randomly placed on the cover crops which were cut to the height of the collar. The cut plants were weighed and the result transformed into t ha⁻¹. To determine the dry matter content 500 g fresh weight were weighed, dehydrated in an oven at 65 °C until stable constant weight. Based on the dry matter content, the matter was obtained in t ha⁻¹. The snap jackbean provided the best soil protection and coverage level, equivalent to 95.61% and 92.10% for the spacing 0.25 m and 0.50 m, respectively. The spacing does not influence the ground cover. The sunn hemp showed the highest green mass (64 t ha⁻¹) and dry matter (21 t ha⁻¹) productivity. The spacing does not influence the sunn hemp green mass productivity.

Key words: Cover-management index, green mass, dry matter.

3 INTRODUÇÃO

O preparo convencional do solo em áreas onde a topografia apresenta relevo suave-ondulado, por mais cuidadoso que seja, pode propiciar a erosão hídrica. Entre as alternativas para a conservação dos solos, destaca-se a utilização de plantas de cobertura, que além de reduzirem o processo de desprendimento e arraste das partículas, propiciam uma série de benefícios aos atributos físicos, químicos e biológicos, como fixação de nitrogênio atmosférico, redução da oscilação térmica das camadas superficiais, aumento no aporte de matéria orgânica, entre outros.

Todavia, para êxito dessa técnica, devem-se considerar algumas características das espécies a serem utilizadas, assim como sua capacidade de proteção do solo, a produção de fitomassa, que reflete no aporte de matéria orgânica, a rapidez no desenvolvimento, o ciclo vegetativo, a adaptabilidade na região, entre outras.

Entretanto, para a Região Sul do Estado de Minas Gerais, há poucos estudos sobre o potencial dessas espécies, principalmente no controle da erosão hídrica, aspectos fitotécnicos e manejo.

Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial de cobertura do solo, produção de fitomassa verde e matéria seca e o espaçamento de cultivo de três espécies, sendo duas da família Fabaceae (*Crotalaria juncea* L. e *Canavalia ensiformis* DC.) e uma da família Poaceae (*Pennisetum* sp Rich.), nas condições do Sul de Minas Gerais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

A área onde foi instalado o experimento pertence à Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, localizado a 21°13'19,9"S, e 44°58'16,8"W, com altitude de 908 m.

O solo no local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006), com relevo suave-ondulado e textura argilosa.

A região de Lavras apresenta clima do tipo Cwa (Dantas et al., 2007), de acordo com a classificação de Köppen, clima subtropical de inverno seco e verão quente (Brasil, 1992), com temperatura média anual e precipitação anual de 20,8°C e 1.248,0 mm, 20,1°C e 1.644,5 mm, para os anos de 2007 e 2008, respectivamente, obtidas no Setor de Agrometeorologia e Climatologia do Departamento de Engenharia da UFLA.

Na Figura 1, são apresentados os valores de temperatura do ar, umidade relativa, insolação e precipitação do município de Lavras, obtidos no Setor de Agrometeorologia e Climatologia do Departamento de Engenharia da UFLA, referente ao período de estudo.

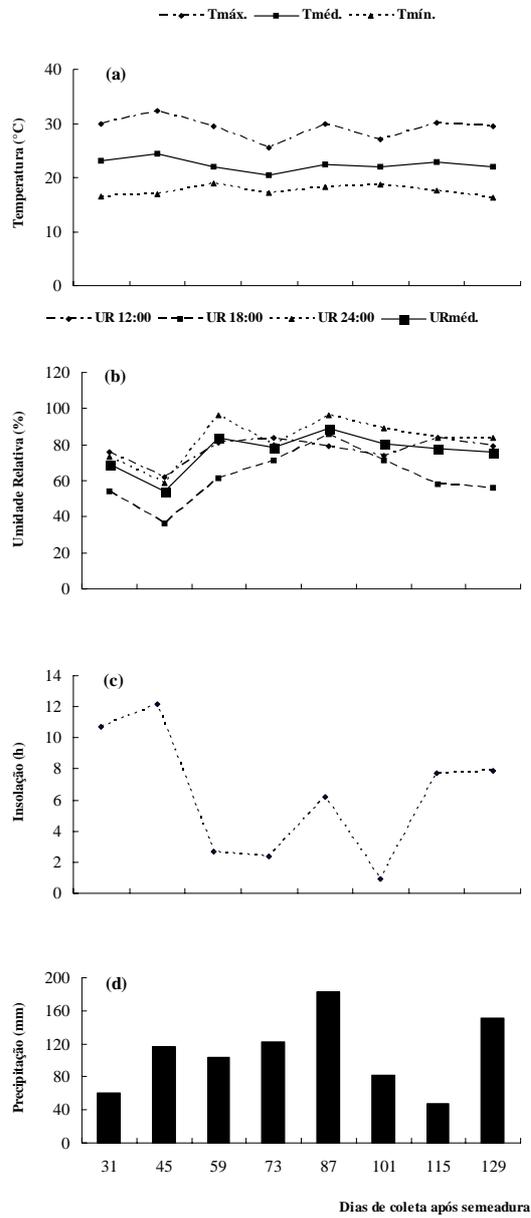


FIGURA 1 Informações climáticas referentes ao período de novembro de 2007 a abril de 2008, obtidas na Estação Climatológica Principal de Lavras, situada no câmpus da UFLA.

4.2 Instalação do experimento

O experimento foi instalado em novembro de 2007, na área experimental da Universidade Federal de Lavras. Nessa área, foram instaladas parcelas de 4 x 12 m, sendo a maior dimensão no sentido do declive. A parcela foi delimitada nas extremidades superiores e nas laterais por chapas galvanizadas. As chapas têm uma altura de 0,40 m, com penetração de 0,20 m no solo, permanecendo a outra metade (0,20 m) acima da superfície. Na extremidade inferior da parcela, foi colocada calha coletora, que conduzia a enxurrada até a caixa d'água coletora de sedimentos com capacidade para 250 L. O excedente da enxurrada passava por um divisor do tipo Geib, em que 1/9 de água da enxurrada era encaminhada para a segunda caixa d'água coletora de água e sedimentação com capacidade para 250 L. Na área experimental, foram instaladas seis parcelas preparadas para avaliar perdas de solo.

4.2.1 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de plantas de cobertura em dois espaçamentos:

- ✓ Crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L., Fabaceae-Faboideae) em sulcos espaçados de 0,25 m (C_{0,25}) e de 0,50 m (C_{0,50});
- ✓ Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC., Fabaceae-Faboideae) em sulcos espaçados de 0,25 m (F_{0,25}) e de 0,50 m (F_{0,50}); e
- ✓ Milheto (*Pennisetum* sp Rich., Poaceae-Panicoideae) em sulcos espaçados de 0,25 m (M_{0,25}) e de 0,50 m (M_{0,50}).

Optou-se por duas Fabaceae, por serem plantas indicadas para fixação de nitrogênio e por produzirem grande quantidade de fitomassa, e por uma Poaceae, indicada para produção de matéria seca em sistema de plantio direto.

4.2.2 Descrição das espécies

A crotalaria júncea é uma espécie de porte arbustivo pertencente à família Fabaceae. Adapta-se bem em solos argilosos a franco-arenosos e arejados, apresenta ciclo de vida curto de 120 dias e florescimento abundante e uniforme, com 70-80 dias (Pereira et al., 1992). Pode ser cultivada solteira, consorciada com culturas anuais ou intercaladas com culturas perenes, e a semeadura deve ser feita de setembro a dezembro (Calegari et al., 1993).

O feijão-de-porco é uma espécie de porte herbáceo, também pertencente à família Fabaceae. É adaptada a solos argilosos e arenosos, apresentando ciclo de vida longo, de 180 dias. Seu florescimento ocorre com 140 dias (Pereira et al., 1992). O plantio pode ser solteiro ou consorciado com culturas anuais e perenes, de setembro a dezembro (Calegari et al., 1993).

O milho é uma espécie de porte alto, pertencente à família Poaceae, de clima tropical (Burle et al., 2006). De acordo com Sodré Filho et al. (2004), apresenta ciclo em torno de 95 dias até o florescimento. No Cerrado, o milho é cultivado com a visando a proporcionar a cobertura do solo (Burle et al., 2006).

4.2.3 Semeadura

A semeadura foi feita manualmente em sulcos espaçados de 0,25 m e 0,50 m no sentido do declive (morro abaixo), sendo a semeadura do feijão-de-porco na densidade de 8 sementes/m; da crotalaria júncea, 20 sementes/m; e do milho, 90 sementes/m, lançados diretamente nos sulcos.

Anteriormente, na área experimental predominava o plantio de feijão comum. Não houve correção da fertilidade e nem preparo convencional do solo para semeadura.

Cada tratamento foi instalado aleatoriamente na parcela, e dentro de cada tratamento, realizaram-se três repetições/parcela.

4.3 Histórico do experimento

O plantio foi realizado no dia 14/11/2007. No dia 15/12/07, houve ocorrência de pragas nas parcelas 2 e 6, sendo o ataque superior na parcela 6. Para combater o ataque, foi aplicado no dia 14/01/08 o inseticida Decis[®], sendo 1,5 L por parcela. Com relação às parcelas 3 e 4, houve aplicações do fungicida Opera[®] (1,5 L por parcela) e de ureia.

4.4 Avaliações das plantas de cobertura

As avaliações iniciaram-se no mês de dezembro de 2007, estendendo-se até o mês de março de 2008. Em março de 2008, foram feitas as últimas avaliações e, posteriormente, o corte das plantas com roçadora costal, deixando-as sobre a superfície do solo.

4.4.1 Índice de cobertura

O índice de cobertura foi avaliado de acordo com Stocking (1988), mediante uma barra horizontal de 1 m de altura, com dezenove orifícios de 9mm de diâmetro. O equipamento foi colocado na diagonal sobre a parcela, atribuindo-se valores (0; 0,5 e 1) quanto à visibilidade, para 0%, 50% e 100% de plantas de cobertura, respectivamente. A avaliação foi realizada quinzenalmente a partir da germinação, aleatoriamente em três pontos distintos dentro de cada parcela de perdas de solo.

4.4.2 Produtividade de massa verde

Para quantificar a produção de massa verde, utilizou-se um quadro de madeira de 1 m² (Gardner, 1986), lançando-o aleatoriamente sobre as plantas de

cobertura. A seguir, cortaram-se, à altura do coleto, todas as plantas situadas dentro do quadrado. Posteriormente, calculou-se a produção em $t\ ha^{-1}$.

4.4.3 Produtividade de matéria seca

Para determinação da matéria seca, pesaram-se 500 g da massa verde, os quais foram desidratados em estufa de circulação forçada a 65 °C, até obter estabilidade do peso, determinando, assim, o teor de matéria seca (%). O produto entre o teor de matéria seca e produção de massa verde resultou na produtividade da matéria seca em $t\ ha^{-1}$.

4.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, utilizou-se o teste de média segundo Scott & Knott (1974) com o auxílio do sistema computacional SISVAR[®] desenvolvido por Ferreira (2000) ao nível de significância de 0,05, para comparar os tratamentos. Determinou-se o coeficiente de correlação de Pearson (Bussab & Morettin, 1987; Ferreira, 2005) entre índice de cobertura, massa verde e matéria seca.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 e 3, verifica-se que tanto a crotalária júncea quanto o feijão-de-porco e o milho apresentaram um alto índice de cobertura do solo nos primeiros 31 dias, que varia próximo de 40%, independentemente do espaçamento utilizado, característica desejável quando o objetivo é a proteção do solo. Todavia, observa-se que o feijão-de-porco, aos 45 dias após a semeadura, atingiu um índice de cobertura equivalente ao maior crescimento da crotalária júncea e milho, demonstrando maior potencial para a cobertura do solo. Tendo em vista que o índice de cobertura está diretamente relacionado com o crescimento, infere-se que as plantas tiveram um rápido crescimento inicial, com destaque para o feijão-de-porco. Calegari et al. (1993) obtiveram resultados semelhantes para crotalária júncea, porém discordantes para o feijão-de-porco; segundo os autores, essa Fabaceae é de crescimento inicial lento.

Salienta-se que a crotalária júncea e o milho atingiram o crescimento máximo aos 73 dias após a semeadura, e o feijão-de-porco, aos 87 dias. Esse período de crescimento coincidiu com o período mais chuvoso (Figura 1). Observa-se ainda que, para o feijão-de-porco, o período de crescimento coincidiu também com altas temperaturas, umidade relativa, insolação e precipitação.

Outro aspecto a ser observado é o início do período de senescência, que se caracteriza pela diminuição do índice de cobertura. Verifica-se na Figura 2 que, para a crotalária júncea e o milho, esse período iniciou-se aos 87 dias após a semeadura, e para o feijão-de-porco, aos 101 dias após a semeadura. O feijão-de-porco foi a espécie mais adequada para as condições climáticas da região, ou seja, tem potencial para ser usado como planta de cobertura, visando à conservação do solo. No geral, a maior densidade de plantas contribuiu para uma melhor proteção do solo.

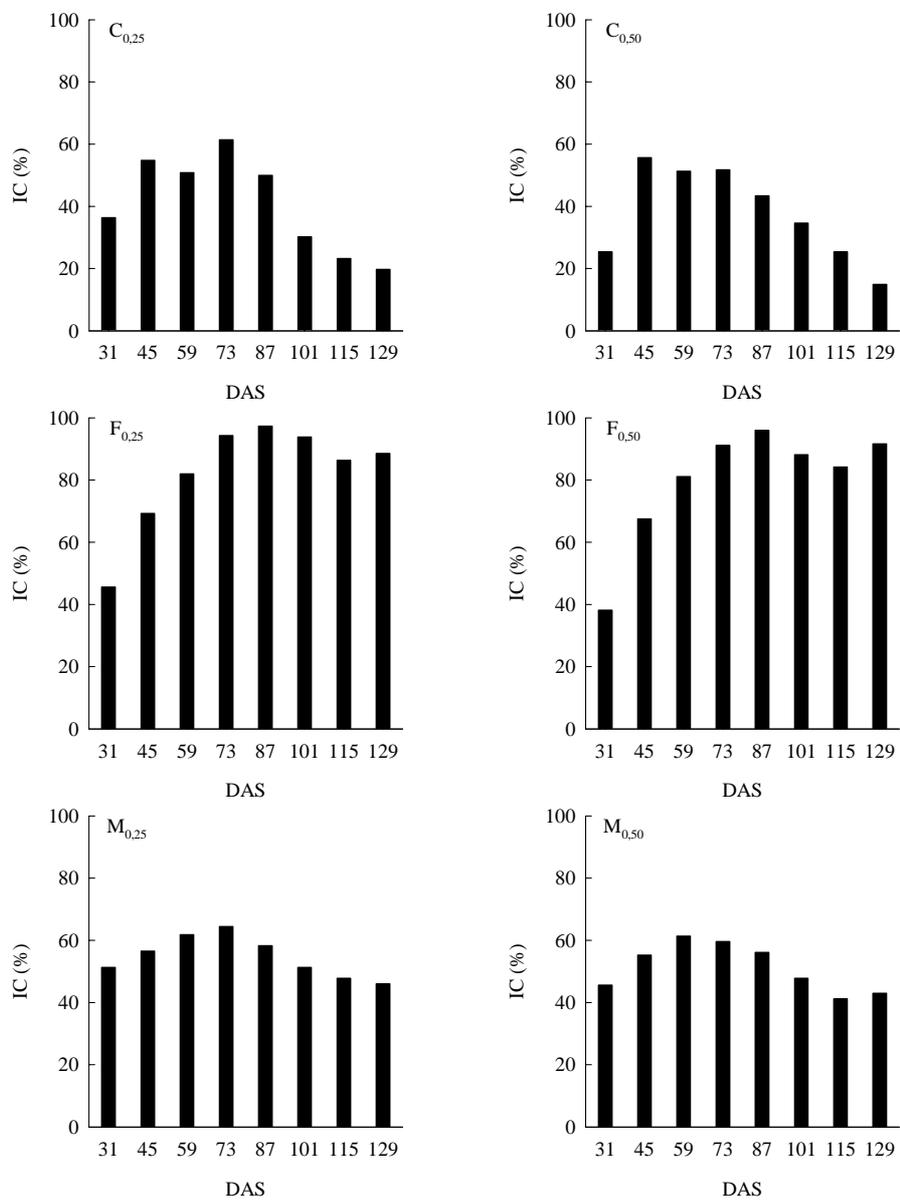


FIGURA 2 Índice de cobertura (IC) em função dos dias após a semeadura (DAS) de C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = Feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; e M_{0,50} = milho 0,50 m.

Na Figura 3, estão apresentadas as equações ajustadas para a crotalária júncea, feijão-de-porco e milheto, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m, pela regressão polinomial quadrática para índice de cobertura (IC), em função dos dias após a semeadura (DAS).

Os coeficientes de determinação constantes na Figura 3 reforçam as inferências e observações feitas sobre os índices de cobertura das três espécies nos dois espaçamentos estudados.

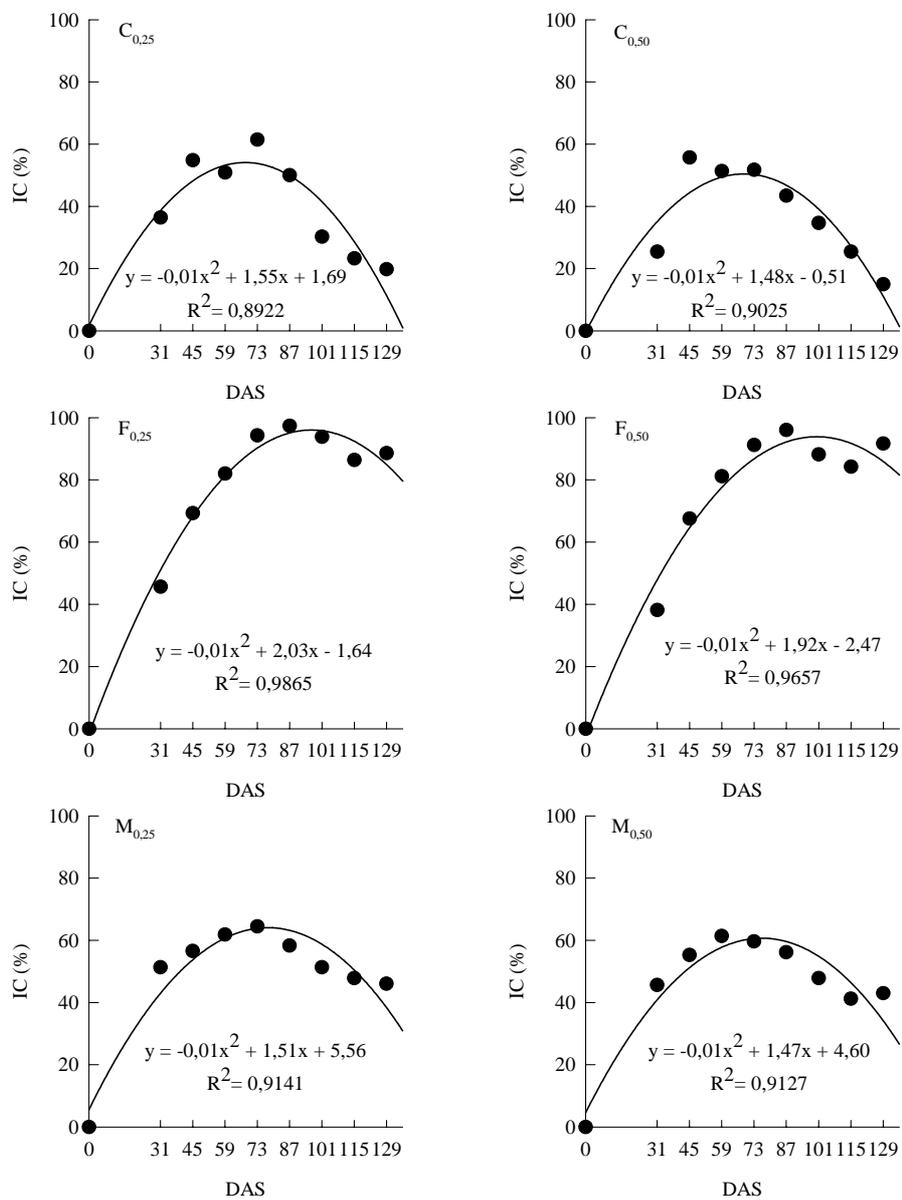


FIGURA 3 Equações ajustadas pela regressão polinomial quadrática para C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; e M_{0,50} = milho 0,50 m.

Observando-se a Tabela 1, verifica-se que houve efeito significativo para índice de cobertura (IC), massa verde (MV) e matéria seca (MS).

TABELA 1 Resumo da análise de variância (Anava) do índice de cobertura, massa verde e matéria seca.

FV	GL	QM _(IC)	QM _(MV)	QM _(MS)	Fc _(IC)	Fc _(MV)	Fc _(MS)
Trat.	5	1915,90	1895,92	237,99	107,07*	111,89*	76,24*
Erro	12	17,89	16,94	3,12			
Total	17						
CV (%)		62,28	12,13	19,43			

* significativo a 5% pelo teste F. QM_(IC), QM_(MV) e QM_(MS) = quadrado médio para índice de cobertura, massa verde e matéria seca, respectivamente. Fc_(IC), Fc_(MV) e Fc_(MS) = F calculado para índice de cobertura, massa verde e matéria seca, respectivamente.

As médias do índice de cobertura estão apresentadas na Tabela 2. Verifica-se pelos resultados que os maiores índices foram obtidos pelo feijão-deporco, tanto no espaçamento de 0,25 m, quanto no de 0,50 m, seguidos dos índices do milho e da crotalaria júncea. Embora a crotalaria júncea tenha apresentado as maiores produtividades de massa verde e matéria seca, proporcionou o menor índice de cobertura, o que pode ser explicado pelo seu porte ereto, com pouco desenvolvimento das ramificações laterais, ao contrário do feijão-deporco, que se ramifica abundantemente nas laterais.

TABELA 2 Comparação dos resultados das médias dos tratamentos do índice de cobertura (%), massa verde ($t\ ha^{-1}$) e matéria seca ($t\ ha^{-1}$) para as espécies crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

Variáveis	C _{0,25}	C _{0,50}	F _{0,25}	F _{0,50}	M _{0,25}	M _{0,50}
IC (%)	40,13 c	39,04 c	95,61 a	92,10 a	54,82 b	51,98 b
MV ($t\ ha^{-1}$)	60 a	67 a	35 c	21 b	15 b	5 a
MS ($t\ ha^{-1}$)	22 a	19 b	6 c	4 c	4 c	1 c

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott_Knott a 5% de probabilidade. IC=índice de cobertura (%); MV=massa verde ($t\ ha^{-1}$); MS=matéria seca ($t\ ha^{-1}$); C_{0,25}=crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50}=crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25}=feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50}=feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25}=milho 0,25 m; e M_{0,50}=milho 0,50 m.

Analisando os dados da Tabela 2, observa-se que para massa verde, a crotalária júncea apresentou a maior produtividade, tanto no espaçamento de 0,25 m quanto no de 0,50 m, seguida do feijão-de-porco e do milho. Amabile et al. (2000) obtiveram resultados semelhantes aos deste trabalho, com espaçamentos de 0,40 m e 0,50 m, o que não interferiu na produtividade de massa verde.

Segundo Calegari et al. (1993), a crotalária júncea apresenta elevada produção de massa verde, sendo superior às demais plantas de cobertura.

Quanto ao feijão-de-porco, a produtividade de massa verde foi superior quando as plantas foram cultivadas no espaçamento de 0,25 m, fato esse que ocorreu também com o milho. Oliveira et al. (2002) obtiveram produtividade de massa verde inferior ($13,96\ t\ ha^{-1}$) de feijão-de-porco cultivado no espaçamento de 0,50 m, quando comparada à produtividade verificada neste trabalho, ao passo que Fontanétti et al. (2006), no mesmo espaçamento, constataram produtividade de $42,43\ t\ ha^{-1}$.

Na produtividade de massa verde do milho, Oliveira et al. (2002) encontraram $45,76\ t\ ha^{-1}$, valor superior ao observado neste trabalho ($15\ t\ ha^{-1}$); no entanto, Sodré Filho et al. (2004) obtiveram produtividade de $5,0\ t\ ha^{-1}$.

A baixa produtividade observada para o milho pode ser atribuída a um ataque de fungo e deficiência em nitrogênio, sendo necessária aplicação do fungicida Opera® (na dosagem de 1,5 L/parcela) e de ureia.

Para a variável matéria seca, verifica-se pelos dados da Tabela 2 que a produtividade da crotalaria júncea destaca-se entre as produtividades do feijão-de-porco e do milho, que não diferiram entre si. Esse resultado é compreensível, visto que a produtividade de massa verde da crotalaria júncea foi superior ao do feijão-de-porco e milho. Carvalho et al. (2004) encontraram resultados diferentes aos deste trabalho, observando produtividade para o milho superior à da crotalaria júncea. No entanto, para produtividade de matéria seca da crotalaria júncea, Amabile et al. (2000) obtiveram 17,3 t ha⁻¹; Suzuki & Alves (2006), 9,8 t ha⁻¹; Torres et al. (2008), 3,9 t ha⁻¹ e 3,7 t ha⁻¹, para os anos de 2000 e 2001, respectivamente, e Menezes et al. (2009), 8,7 t ha⁻¹, valores inferiores aos obtidos neste trabalho. Para o milho, Boer et al. (2008) e Menezes et al. (2009) encontraram os valores de 10,8 t ha⁻¹ e 6,3 t ha⁻¹, respectivamente, os quais superaram os obtidos neste trabalho, o que pode ser explicado pelo fato de o milho ter apresentado baixa produtividade de massa verde.

Na Tabela 3 observam-se os coeficientes de correlação entre os parâmetros estudados. Há boa correlação entre a massa verde e a matéria seca (0,97) e entre a massa verde e o índice de cobertura (0,70), ao passo que a matéria seca e o índice de cobertura estão pouco correlacionados (0,57). Mesmo tendo uma elevada fitomassa, a crotalaria júncea apresentou o menor índice de cobertura, em razão de seu porte ereto.

TABELA 3 Estimativa dos coeficientes de correlação entre índice de cobertura, massa verde e matéria seca.

	IC	MV	MS
IC	1	0,70	0,57
MV		1	0,97
MS			1

IC = índice de cobertura; MV = massa verde; e MS = matéria seca.

6 CONCLUSÕES

O feijão-de-porco proporciona melhor cobertura do solo, quando comparado com a crotalária júncea e o milheto.

O espaçamento não influencia a cobertura do solo, a produtividade de massa verde da crotalária júncea e a produtividade de matéria seca do feijão-de-porco e do milheto.

Entre as espécies de plantas de cobertura estudadas, a crotalária júncea apresenta as maiores produtividades de massa verde e matéria seca.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.843-851, mar./abr. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas: 1961 – 1990**. Brasília: MARA, 1992. 84p.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. EMBRAPA CERRADOS. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 4. ed. São Paulo: Atual, 1995. 321p.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p.207-327.

CARVALHO, M. A. C. de; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. de. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1205-1211, dez. 2004.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1862-1866, nov./dez. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para windows: versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. Lavras: UFLA, 2005. 664p.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S. R. G. de; Teixeira, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.146-150, abr./jun. 2006.

GARDNER, A. L. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção. In: _____. **Medição dos atributos das pastagens em experimentos de pastejo**. Brasília: IICA/EMBRAPA-CNPGL, 1986. 197p. (Serie Publicacoes Miscelânicas; 634).

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. das G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.1, p.7-12, jan./fev. 2009.

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

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p.140-154.

SCOTT, S. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

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

STOCKING, M. A. Assessing vegetative cover and management effect. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1988. p.163-167.

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

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, mar. 2008.

CAPÍTULO 3

Potencial de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo

1 RESUMO

Potencial de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo

O desenvolvimento sustentável visa à conservação dos recursos naturais, como a água e o solo, mediante práticas conservacionistas, dentre as quais se destaca o cultivo das plantas de cobertura, que propiciam o melhoramento e a reestruturação dos atributos químicos e físicos do solo. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial das plantas de cobertura (*Crotalaria juncea* L. (crotalária júncea), *Canavalia ensiformis* DC. (feijão-de-porco) e *Pennisetum* sp Rich. (milheto), sob os atributos químicos e físicos do solo. O experimento foi instalado em Lavras-MG, no Setor de Agricultura Geral, câmpus da Universidade Federal de Lavras. As plantas de cobertura foram semeadas em novembro de 2007, sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa (450, 110 e 440 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente). Os tratamentos foram instalados em parcelas de perdas de solo, totalizando seis tratamentos (C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milheto 0,25 m; e M_{0,50} = milheto 0,50 m). Os atributos químicos: pH em água, macronutrientes, parâmetros de fertilidade e matéria orgânica foram determinados no Laboratório de Fertilidade do Solo, e os atributos físicos: análise granulométrica, densidade de partículas, densidade do solo, volume total de poros, macroporosidade, microporosidade, umidade do solo, temperatura do solo, estabilidade de agregados, condutividade hidráulica do solo e resistência do solo à penetração no Laboratório de Física do Solo. Houve influência das plantas de cobertura sobre a disponibilidade de nutrientes e a fertilidade do solo, após a decomposição da fitomassa. Os atributos físicos densidade do solo, volume total de poros, resistência máxima à penetração e condutividade hidráulica do solo, não foram alterados após decomposição da fitomassa.

Palavras-chave: Fabaceae, Poaceae, Argissolo Vermelho-Amarelo.

2 ABSTRACT

Potential of cover crops in soil physical and chemical reconditioning

Sustainable development aims at the conservation of natural resources such as water and soil through conservation practices, among which stands out the cultivation of cover crops that provide the improvement and restructuring of the chemical and physical properties of soil. Therefore, the aim of this work was to evaluate the potential of cover crops (*Crotalaria juncea* L. (sunn hemp), *Canavalia ensiformis* DC. (jackbean) and *Pennisetum* sp Rich. (Millet) on the chemical and physical soil attributes. The experiment was installed in Lavras-MG, in the General Agriculture Sector on a dystrophic Red-Yellow clayey Argisol (450, 110 and 440 g kg⁻¹ of sand, silt and clay, respectively) in 2007. The treatments were installed in soil loss plots totaling six treatments (C_{0.25} = sunn hemp 0.25 m; C_{0.50} = sunn hemp 0.50 m; F_{0.25} = jackbean 0.25 m; F_{0.50} = jackbean 0.50 m; M_{0.25} = millet 0.25 m; and M_{0.50} = millet 0.50 m). The chemical characteristics: pH in water, nutrients, and fertility and organic matter parameters were determined in the Soil Fertility Laboratory. The physical attributes: size analysis, particle density, bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, soil moisture, soil temperature, aggregate stability, soil hydraulic conductivity and penetration resistance were determined in the Soil Physics Laboratory. There were significant effects of cover crops on nutrient availability and soil fertility, after the decomposition of biomass. The physical attributes of soil density, total porosity, maximum penetration resistance and soil hydraulic conductivity were not changed after biomass decomposition.

Key words: Fabaceae, Poaceae, Red-Yellow Argisol.

3 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável visa à conservação dos recursos naturais, como a água e o solo, mediante práticas conservacionistas, dentre as quais se destaca o cultivo das plantas de cobertura, que protegem o solo do impacto da gota da chuva, reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo erosivo. Outro aspecto conservacionista relacionado ao uso de plantas de cobertura é o possível melhoramento e reestruturação dos atributos químicos e físicos do solo.

Os atributos químicos e físicos do solo são alterados em razão dos fatores climáticos, do tipo de manejo e do potencial das plantas de cobertura utilizadas no plantio (Calegari et al., 1993).

Entre as plantas de cobertura com potencial para reestruturação dos atributos químicos e físicos do solo, adaptadas às condições climáticas e ao solo da região de Lavras, localizada no sul de Minas Gerais, destacam-se as espécies da família Fabaceae (*Crotalaria juncea* L. e *Canavalia ensiformis* DC.) e a espécie da família Poaceae (*Pennisetum* sp Rich.).

A *Crotalaria juncea* L. tem um crescimento inicial rápido e o *Canavalia ensiformis* DC. tem um lento crescimento inicial; ambas apresentam raízes vigorosas, profundas e ramificadas, que favorecem a ciclagem de nutrientes que se encontram nas camadas subsuperficiais. Na *Crotalaria juncea* L., a absorção de nutrientes ocorre das camadas subsuperficiais até a planta, desde que não exista camada de impedimento do solo (Burle et al., 2006). Esses nutrientes contidos na fitomassa são liberados durante a decomposição, favorecendo o enriquecimento das camadas superficiais do solo. Nesse caso, são consideradas plantas recuperadoras do solo.

A espécie *Pennisetum* sp Rich. tem crescimento vegetativo inicial rápido, raízes fasciculadas, profundas e abundantes, mas não fixam nitrogênio atmosférico, ou seja, são consideradas apenas plantas protetoras do solo (Burle et al., 2006).

Essas plantas são as mesmas utilizadas para a adubação verde (Bertoni & Lombardi Neto, 2005). Essa adubação visa à fertilidade do solo, melhorando, conseqüentemente, seus atributos físicos. De acordo com Calegari et al. (1993), os efeitos dessas plantas sob os atributos químicos do solo são: aumento do teor da matéria orgânica, da disponibilidade de micro e macronutrientes, da CTC efetiva e do pH; diminuição nos teores de alumínio trocável e da acidez; e incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas subsuperficiais do solo. Os efeitos sob os atributos físicos do solo são: redução da resistência do solo à penetração, da evaporação, mantendo a temperatura e a umidade do solo constantes; e melhoria da taxa de infiltração; conseqüentemente, há redução das perdas de solo, água e nutrientes.

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial da crotalária júncea, feijão-de-porco e milho nos espaçamentos entre plantas de 0,25 m e 0,50 m, no condicionamento químico e físico do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Característica da área experimental

O experimento foi instalado em Lavras-MG, nas coordenadas geográficas 21°13'20" de latitude sul e 44°58'17" de longitude oeste de Greenwich, no Setor de Agricultura Geral, câmpus da Universidade Federal de Lavras, com 908 m de altitude. As plantas de cobertura foram semeadas em novembro de 2007 sobre um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006), com os seguintes atributos químicos na camada superficial: pH em água, 5,4; P-rem, 2,8 mg dm⁻³; SB, 2,5 cmol_c dm⁻³; T, 5,7 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica, 24 g Kg⁻¹, densidade de partícula de 2,54 mg dm⁻³, textura superficial e subsuperficial argilosas e relevo suave-ondulado (declive de 6%). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, clima subtropical de inverno seco e verão quente (Brasil, 1992), com temperatura média anual e precipitação anual obtidas no Setor de Agrometeorologia e Climatologia do Departamento de Engenharia da UFLA de 20,8°C e 1.248,0 mm, 20,1°C e 1.644,5 mm, para os anos de 2007 e 2008, respectivamente.

4.2 Descrição do experimento

As avaliações dos atributos químicos e físicos do solo foram realizadas em seis parcelas instaladas na área experimental (Figura 1a a 3b) denominadas parcelas de perdas de solo. O tamanho de cada parcela foi de 4 x 12 m, e a maior dimensão obedeceu ao sentido do declive. As parcelas foram cercadas na extremidade superior e nas laterais com chapas galvanizadas, as quais possuem uma largura de 0,40 m, com penetração de 0,20 m do solo. O delineamento

experimental utilizado foi entre tratamentos e dentro dos tratamentos com três repetições parcelas. Os tratamentos instalados dentro dessas parcelas foram os seguintes: Tratamento 1 - *Crotalaria juncea* L. (C_{0,25}), Tratamento 2 - *Canavalia ensiformis* DC. (F_{0,25}) e Tratamento 3 - *Pennisetum* sp Rich. (M_{0,25}) em sulcos espaçados de 0,25 m; Tratamento 4 - *Pennisetum* sp Rich. (M_{0,50}), Tratamento 5 - *Crotalaria juncea* L. (C_{0,50}) e Tratamento 6 - *Canavalia ensiformis* DC. (F_{0,50}) em sulcos espaçados de 0,50 m



FIGURA 1 Parcelas de perdas de solo (a), sendo o comprimento no sentido do declive (b).



FIGURA 2 Parcelas de perdas de solo cercada com chapas galvanizadas (a), com seus respectivos tratamentos (b).



FIGURA 3 Da direita para esquerda: crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, no espaçamento de 0,25 m (a), e milho, crotalária júncea e feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m (b).

4.3 Atributos químicos do solo

A análise química foi realizada no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo, na Universidade Federal de Lavras. No laboratório, foram determinados, conforme Embrapa (1997): o pH em água, os macronutrientes (P, P-rem, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), os parâmetros de fertilidade (Al³⁺, H+Al, SB, t, T, V e m) e a matéria orgânica. As coletas de solo foram realizadas antes do corte das plantas de cobertura, 43 dias após a semeadura, e após a decomposição da fitomassa, 157 dias após a semeadura.

4.4 Atributos físicos do solo

Os atributos físicos do solo foram determinados no Laboratório de Física do Solo. Os valores da temperatura e da umidade do solo foram coletados semanalmente no campo, no período da manhã, sendo três coletas aleatórias dentro de todas as parcelas de perdas de solo.

4.4.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica (Tabela 1) foi realizada conforme o método da pipeta (Day, 1965).

TABELA 1 Análise granulométrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo.

Horizontes	Areia	Silte	Argila
	-----g kg ⁻¹ -----		
A (0-20 cm)	450	110	440
Bt (70-90 cm)	340	100	560

4.4.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (Blake & Hartge, 1986b).

4.4.3 Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada em amostras com estrutura indeformada, coletadas com amostrador de Uhland (Blake & Hartge, 1986a).

4.4.4 Volume total de poros, macroporosidade e microporosidade

O volume total de poros foi determinado conforme Danielson & Sutherland (1986). Para determinação da distribuição de poros por tamanho, utilizou-se a mesa de sucção a 60 cm de altura de coluna d'água, sendo o volume de água retido nas amostras correspondentes à microporosidade; a diferença entre o volume total de poros e a microporosidade resultou na macroporosidade (Grohmann, 1960).

4.4.5 Umidade do solo

Para quantificar a umidade do solo, coletaram-se amostras de solo úmido em vasilhas de alumínio, as quais foram pesadas em balança analítica e, em seguida, secas em estufa de secagem a $\pm 105^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, sendo novamente pesadas, obtendo a massa de solo seco pela seguinte equação:

$$U = \frac{MSU - MSS}{MSS}$$

em que:

U = umidade do solo (g g^{-1});

MSU = massa de solo úmido (g);

MSS = massa de solo seco (g).

4.4.6 Temperatura do solo

Para obter a temperatura, o termômetro foi cravado no solo, até a profundidade de 5 cm, durante um minuto, procedendo-se, após esse tempo, à leitura da temperatura.

4.4.7 Estabilidade de agregados

Para a determinação da estabilidade de agregados via úmida, as amostras de solo secas à temperatura ambiente, foram manualmente destorroadas, sendo utilizados os agregados retidos na peneira de 4 mm. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao umedecimento lento, por um período de 24 horas antes da análise da estabilidade dos agregados. Em seguida, as amostras foram colocadas em peneiras de malha de 8-2 mm em agitação com água durante quinze minutos, e as amostras, retidas em cada peneira, foram colocadas em estufa a 105°C. Os resultados foram expressos pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) (Embrapa, 1997).

4.4.8 Condutividade hidráulica do solo

A condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) foi determinada pelo permeâmetro de carga constante (Embrapa, 1997). Para o cálculo, utilizou-se a seguinte equação:

$$K_{sat} = 600 * (Q * L) / (A * h * t)$$

em que:

K_{sat} = condutividade hidráulica do solo saturado (mm h^{-1});

Q = volume de água coletada no intervalo de tempo t (cm^3);

L = altura do cilindro (cm);

A = área da seção transversal do cilindro (cm²);

h = altura da lâmina d'água sobre a amostra (cm); e

t = intervalo de tempo entre as coletas (min).

4.4.9 Resistência do solo à penetração

Avaliou-se a resistência do solo à penetração utilizando um penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar, tendo a massa de impacto sofrido uma queda livre de 60 cm (Stolf, 1991), em um total de 3 repetições por parcelas. Os valores em Kgf.cm⁻² foram obtidos pelo programa Penetron; os quais, posteriormente, foram convertidos para MPa, multiplicando-se pela constante 0,098.

4.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo utilizados o programa Sisvar (Ferreira, 2000) e o teste de acordo com Scott & Knott (1974), ao nível de significância de 5%, para comparar os tratamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observa-se que o pH do solo apresenta acidez média e que os valores aumentaram nas parcelas onde foram instalados a crotalária júncea e o milho e reduziram no solo sob o feijão-de-porco, quando comparados ao pH obtido antes da decomposição da fitomassa das plantas de cobertura. O milho, no espaçamento de 0,50 m, obteve o maior valor de pH e o feijão-de-porco, o menor valor nos dois espaçamentos. Nos dois espaçamentos, a decomposição da fitomassa do milho contribuiu para o aumento do pH, sendo o contrário observado com o feijão-de-porco.

TABELA 2 Atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo antes do corte (43 dias após a semeadura) e após o corte (157 dias após a semeadura).

Atributos	Antes	Após					
		C _{0,25}	C _{0,50}	F _{0,25}	F _{0,50}	M _{0,25}	M _{0,50}
pH (H ₂ O)	5,4	5,4	5,5	5,3	5,2	5,5	5,6
P (mg dm ⁻³)	2,8	2,8	3,1	3,4	2,8	3,4	2,8
K (mg dm ⁻³)	76	47	51	70	56	59	115
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,8	1,5	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,2	3,6	3,6	3,2	3,6	3,6	3,6
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,5	2,0	2,3	2,2	2	2,3	2,5
(t) (cmol _c dm ⁻³)	2,5	2,2	2,5	2,4	2,2	2,5	2,7
(T) (cmol _c dm ⁻³)	5,7	5,6	5,9	5,4	5,6	5,9	6,1
V (%)	43,8	35,9	39,3	40,5	36,2	38,5	40,9
m (%)	0	9	8	8	9	8	7
MO (g kg ⁻¹)	24	21	24	22	20	20	21
P-rem (mg L ⁻¹)	22,3	16,9	16,0	17,4	17,8	16,4	13,2

Antes = antes do corte das plantas de cobertura; Após = após a decomposição da fitomassa; C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m; pH em água - Relação 1:2,5; P e K - extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al - Extrator KCl (1 mol/L); H + Al - Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V - Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; MO = matéria orgânica (oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N; P-rem = Fósforo Remanescente; e atributos químicos da profundidade de 0-20 cm.

O Argissolo Vermelho-Amarelo estudado apresenta uma acidez média, com teores de Al trocável de 0 e 0,2 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, antes do plantio e após o manejo, respectivamente. Rosa et al. (2009) obtiveram valores de Al trocável superiores a 0,2 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, em parreiral da Serra Gaúcha. Esses pesquisadores concluíram que esses valores são devidos aos H^+ adsorvidos às cargas negativas do solo; o aumento na acidificação é devido à absorção de nutrientes pelas plantas de cobertura, as quais propiciam a liberação de nutrientes para a solução do solo, ficando as cargas negativas livres para adsorver o H^+ .

Os teores de P no solo antes do plantio, nos tratamentos com crotalária júncea, no espaçamento de 0,25 m, com milho e com feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m, são de 2,8 mg dm^{-3} ; seguidos com os da crotalária júncea, no espaçamento de 0,50 m (3,1 mg dm^{-3}), e com feijão-de-porco e milho nos espaçamentos 0,25 m (3,4 mg dm^{-3}).

Os teores de P remanescente variaram de 22,3 mg L^{-1} (antes do plantio) a 13,2 mg L^{-1} (após o manejo). Quando comparado com o solo antes do plantio, verifica-se que houve uma redução acentuada na disponibilidade de P após o manejo das plantas de cobertura, possivelmente pela perda do solo por erosão hídrica. O feijão-de-porco apresentou a maior disponibilidade de P, pois apresenta uma boa proteção do solo, o que impede a perda de P por erosão. A disponibilidade de P é superior no espaçamento de 0,25 m, onde o maior adensamento de plantas proporcionou maior absorção do nutriente e, conseqüentemente, maior ciclagem do mesmo nutriente.

Em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco-argilo-arenoso, Gama-Rodrigues et al. (2007) verificam que, entre os resíduos de feijão-de-porco, amendoim forrageiro, siratro, cudzu tropical e vegetação espontânea (dominância de *Brachiaria brizantha*), o resíduo de melhor qualidade química foi o de feijão-de-porco.

Os teores de K variaram de 47 a 115 mg dm⁻³, verificando-se uma redução nos teores nos solos sob crotalária júncea e feijão-de-porco, nos dois espaçamentos e sob o milho, no espaçamento de 0,25. Exceção para o milho, que, no espaçamento de 0,50 m, apresentou 115 mg dm⁻³ de K. Em Latossolo Vermelho distroférrico, resultados semelhantes foram obtidos por Boer et al. (2007), sendo esse nutriente liberado em maior quantidade no solo sob o milho. Nesse espaçamento, a menor competição entre as plantas propiciou um melhor desenvolvimento do sistema radicular, e por apresentar um sistema radicular fasciculado, teve maior aproveitamento na reciclagem desse nutriente, que é perdido por lixiviação, sendo depositado nas camadas subsuperficiais com elevada resistência à penetração. A crotalária júncea e o feijão-de-porco deixam no solo a maior parte das raízes, até uma profundidade de 30 cm (Scaranari, 1952) A crotalária júncea apresenta um sistema radicular pivotante, o que, de acordo com Burle et al. (2006), possui pequena capacidade de penetrar em camadas com impedimento ao sistema radicular.

Os teores de P após a decomposição da crotalária júncea foram iguais e superiores aos teores obtidos antes do corte, nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m, respectivamente. Entretanto, os teores de K, após a decomposição da crotalária júncea, foram inferiores aos teores obtidos antes do corte da crotalária júncea. Na avaliação da crotalária júncea, mucuna-preta e feijão-de-porco, quanto ao aporte de nutriente para produção de alface-americana e repolho, Fontanetti et al. (2006) concluíram que a crotalária júncea apresentou os maiores acúmulos de P e K.

Houve redução dos teores de Ca²⁺ no solo para todos os tratamentos. Os valores variaram de 1,5 a 1,7 cmol_c dm⁻³. Houve também redução nos teores de Mg²⁺ no solo, nas parcelas com crotalária júncea e feijão-de-porco, nos espaçamentos de 0,25 m, e com feijão-de-porco, nos espaçamentos de 0,50 m.

Após a decomposição da fitomassa, houve incremento de P no solo sob feijão-de-porco e milho, ambos no espaçamento de 0,25 m, e redução nos teores de Ca^{2+} em todos os tratamentos e de Mg^{2+} no solo sob crotalária júncea, no espaçamento de 0,25 m, e sob feijão-de-porco nos dois espaçamentos. Torres et al. (2008) verificaram que as plantas que mais acumularam P, Ca^{2+} e Mg^{2+} , no primeiro ano, foram o milho e a crotalária júncea. No segundo ano, segundo os mesmos autores, o milho continuou sendo a planta de cobertura que mais acumularam esses macronutrientes.

Com exceção do feijão-de-porco, no espaçamento de 0,25 m, nos demais tratamentos houve um aumento de aproximadamente $0,4 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de H + Al^{3+} .

Na Tabela 2, verifica-se que a crotalária júncea, o feijão-de-porco e o milho propiciaram uma redução nos teores de Ca trocável, matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) sob crotalária júncea, no espaçamento de 0,25 m, e sob feijão-de-porco, nos dois espaçamentos. Resultados diferentes foram encontrados por Faria et al. (2004), que verificaram que a crotalária júncea e o feijão-de-porco, ceifados e deixados na superfície do terreno, melhoraram os atributos químicos do solo, aumentando o Ca trocável, o valor da capacidade de troca catiônica (CTC) e os teores da matéria orgânica (MO), até a profundidade de 10 cm, nas três épocas estudadas (1^a, 6^a e 9^a safras de uva). De acordo com os mesmos autores, na camada de 10-20 cm, houve uma redução nos teores de Ca trocável e na capacidade de troca catiônica (CTC), para a primeira e nona safras, respectivamente.

Na Tabela 2, verifica-se que a decomposição da fitomassa não modificou significativamente os valores dos atributos químicos. Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (1998) para o teor de matéria orgânica e por Alcântara et al. (2000) que, após 150 dias do manejo, não observaram nenhum efeito dos adubos verdes sobre a fertilidade do solo.

Para os atributos físicos, verificam-se, na Tabela 3, os valores de porcentagem de agregados (>2 mm e < 0,105 mm), de diâmetro médio geométrico e ponderado para a camada superficial (0-20 cm), em solos sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho nos dois espaçamentos.

TABELA 3 Atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico antes do corte (43 dias após a semeadura) e após o corte (157 dias após a semeadura).

Atributos	Antes	Após a decomposição da fitomassa					
		C _{0,25}	C _{0,50}	F _{0,25}	F _{0,50}	M _{0,25}	M _{0,50}
> 2mm (%)	86,5	91,81	88,85	91,46	81,58	92,08	86,86
< 0,105 mm (%)	2,2	0,12	0,74	0,15	0,88	0,10	0,96
DMG (mm)	3,56	4,19	3,83	4,12	3,35	4,26	3,68
DMP (mm)	4,41	4,63	4,49	4,60	4,20	4,64	4,41

Antes = antes do corte das plantas de cobertura, 43 dias após a semeadura; Após = após a decomposição da fitomassa = 157 dias após a semeadura; C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m. Porcentagem de agregados > 2 mm e < 0,105 mm. DMG = Diâmetro médio geométrico (mm); DMP = Diâmetro médio ponderado (mm); e atributos químicos da profundidade de 0-20 cm.

A amplitude nos valores de diâmetro médio geométrico (DMG) foi de 3,35 mm a 4,26 mm, e no diâmetro médio ponderado (DMP), de 4,20 mm a 4,64 mm. Tanto para o DMG quanto para o DMP, os menores valores foram nos solos sob feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m, e os valores maiores nos solos sob milho, no espaçamento de 0,25 m (Tabela 3).

Os maiores valores do DMG e do DMP ocorreram no espaçamento de 0,25 m, na seguinte sequência: milho > crotalária júncea > feijão-de-porco. Os menores valores seguiram a sequência: crotalária júncea > milho > feijão-de-porco, para DMG e DMP.

A avaliação da estabilidade dos agregados é de suma importância para verificar o efeito do potencial dessas plantas de cobertura no condicionamento das estruturas do solo.

A maior porcentagem de agregados > 2 mm foi encontrada no solo sob crotalaria júncea (0,25 m) e a menor porcentagem no solo sob feijão-de-porco (0,50 m). No caso da porcentagem de agregados < 0,105 m, o milho destacou-se de todos os demais, sendo encontrada a maior porcentagem no espaçamento de 0,50 m, e a menor, no espaçamento de 0,25 m. No espaçamento de 0,25 m, mais de 90% dos agregados são >2 mm e menos de 0,15% dos agregados < 0,105 mm. No espaçamento de 0,50 m, a porcentagem de agregados > 2 mm não superou 90% e houve uma variação de 0,74% a 0,96% nos agregados < 0,105 mm.

O espaçamento de 0,25 m propiciou maiores porcentagens de agregados com diâmetro superior a 2 mm, DMG e DMP, pois esse maior adensamento entre plantas obteve uma maior produção de fitomassa, sendo a matéria seca de suma importância para a agregação do solo. Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com os observados por Andrade et al. (2009), que obtiveram as maiores porcentagens de agregados com diâmetro maior que 2 mm e DMG, nas plantas de cobertura com maior produção de matéria seca.

Na Figura 4, verifica-se a importância da decomposição da fitomassa na porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm. Em todos os tratamentos, a porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm, após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura), foi superior aos valores obtidos antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Com exceção, do solo sob feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m, cujo resultado foi inverso, em razão da baixa produção da fitomassa (21 t ha⁻¹), não sendo suficiente para alterar a agregação do solo, e como ainda houve perda de matéria orgânica pelo processo erosivo, observa-se esse decréscimo na porcentagem de agregados com diâmetro maior que 2 mm.

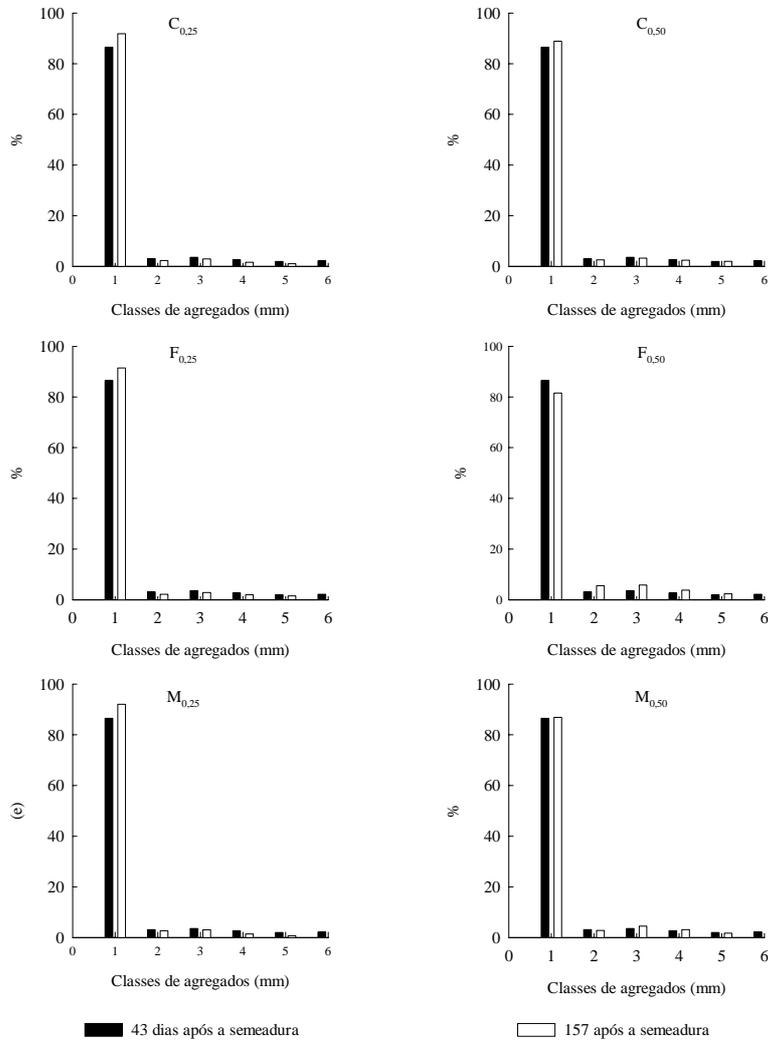


FIGURA 4 Classes de agregados (1=8-2 mm; 2=2-1 mm; 3=1-0,5 mm; 4=0,5-0,25 mm; 5=0,25-0,105 mm; 6=<0,105 mm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob C_{0,25} = crotalaria júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalaria júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; e M_{0,50} = milho 0,50 m.

Na Tabela 4, verificam-se os atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo, sob as plantas de cobertura (crotalária júncea, feijão-de-porco e milho), nos dois espaçamentos entre as plantas (0,25 m e 0,50 m), avaliados 43 dias após a semeadura. Os valores médios referentes à densidade do solo, ao volume total de poros, à microporosidade, à macroporosidade, à condutividade hidráulica, à resistência do solo à penetração na camada superficial, à resistência máxima do solo à penetração e à umidade do solo não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

TABELA 4 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, novembro de 2007. (Anexos 1A a 9A).

Trat.	Ds	VTP	Micro	Macro	Ksat	RPcs	RPmáx	Us	Ts
	mg dm ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³		mm h ⁻¹	-----MPa-----		g g ⁻¹	---°C---
C _{0,25}	1,28 a	0,498 a	0,375 a	0,123 a	22,49 a	1,868 a	2,225 a	0,209 a	18,3 b
C _{0,50}	1,20 a	0,527 a	0,371 a	0,157 a	25,86 a	1,852 a	3,182 a	0,233 a	18,7 b
F _{0,25}	1,29 a	0,493 a	0,354 a	0,139 a	50,92 a	1,493 a	3,681 a	0,213 a	18,1 b
F _{0,50}	1,27 a	0,499 a	0,369 a	0,131 a	61,78 a	1,970 a	2,937 a	0,232 a	18,7 b
M _{0,25}	1,33 a	0,479 a	0,360 a	0,119 a	43,32 a	1,878 a	3,179 a	0,231 a	19,4 a
M _{0,50}	1,26 a	0,502 a	0,361 a	0,141 a	107,39 a	1,630 a	3,695 a	0,224 a	19,3 a

C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m. Ds = Densidade do solo; VTP = volume total de poros; Micro = microporosidade; Macro = macroporosidade; Ksat = condutividade hidráulica do solo; RPcs = resistência do solo à penetração na camada superficial; RPmáx. = resistência à penetração máxima; Us = umidade do solo; e Ts = temperatura do solo.

Com relação à temperatura do solo, houve diferença significativa (Tabela 4), tendo o solo sob o milho apresentado valor superior ao solo sob crotalária júncea e feijão-de-porco, cujas plantas não apresentaram diferença estatística. A temperatura superior é explicada pelo menor índice de cobertura, ou seja, a superfície do solo não está protegida da radiação solar incidente, consequentemente, há um aquecimento na sua superfície.

Na Tabela 5, verificam-se os atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo, sob as plantas de cobertura nos dois espaçamentos entre as plantas, avaliados após a decomposição da fitomassa, ou seja, 157 dias após a semeadura. Os valores médios referentes à densidade do solo, ao volume total de poros, à microporosidade, à macroporosidade, à condutividade hidráulica do solo, à resistência do solo à penetração na camada superficial, à resistência máxima do solo à penetração e à umidade do solo não diferiram estatisticamente entre si nos tratamentos, pelo teste de comparação de médias Scott-Knott, a 0,05 de significância. Resultado semelhante foi obtido por Nascimento et al. (2005), que observaram as 12 espécies da família Fabaceae, entre elas crotalária júncea e feijão-de-porco, as quais mantiveram inalteradas a densidade do solo e o volume total de poros em um Luvisolo, durante um período de três anos. Em um Latossolo vermelho em sistema de manejo e uso do solo, não houve diferença significativa do volume total de poros e microporosidade (Carneiro et al., 2009).

TABELA 5 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, abril de 2008. (Anexos de 1B a 9B).

Trat.	Ds	VTP	Micro	Macro	Ksat.	RPcs	RPmáx	Us	Ts
	mg dm ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³	mm h ⁻¹	MPa	MPa	g g ⁻¹	°C
C _{0,25}	1,30 a	0,487 a	0,393 a	0,094 a	63,60 a	1,584 a	2,959 a	0,180 a	23,9 b
C _{0,50}	1,37 a	0,459 a	0,401 a	0,059 a	19,20 a	1,565 a	3,695 a	0,177 a	27,7 a
F _{0,25}	1,23 a	0,517 a	0,378 a	0,139 a	73,20 a	1,467 a	3,306 a	0,203 a	25,3 b
F _{0,50}	1,39 a	0,454 a	0,392 a	0,063 a	7,20 a	1,624 a	3,861 a	0,198 a	27,9 a
M _{0,25}	1,26 a	0,504 a	0,403 a	0,101 a	32,40 a	1,470 a	3,561 a	0,189 a	23,7 b
M _{0,50}	1,33 a	0,477 a	0,385 a	0,092 a	24,00 a	1,667 a	3,590 a	0,181 a	27,6 a

C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m. Ds = Densidade do solo; VTP = volume total de poros; Micro = microporosidade; Macro = macroporosidade; Ksat = condutividade hidráulica do solo; RPcs = resistência do solo à penetração na camada superficial; RPmáx. = resistência à penetração máxima; Us = umidade do solo; e Ts = temperatura do solo.

Com relação à temperatura do solo, não houve diferença entre as plantas de cobertura, mas houve diferença entre os espaçamentos (Tabela 5). As temperaturas médias maiores e menores foram 27,7°C e 24,3°C para o espaçamento entre plantas de 0,50 m e 0,25 m, respectivamente. O maior adensamento entre as plantas propiciou maior produção de fitomassa, a qual exposta sobre a superfície do solo, manteve uma menor temperatura, ou seja, a radiação solar não incidiu diretamente sobre a superfície do solo.

A média da densidade de solo foi de 1,27 mg dm⁻³ (antes do corte das plantas) a 1,31 mg dm⁻³ (após a decomposição da fitomassa). Reinert et al. (2008) afirmaram que, até a densidade de 1,75 mg dm⁻³, o crescimento do sistema radicular das plantas de cobertura seria normal. Em plantios da espécie florestal gonçalo-alves mais feijão-de-porco em Latossolo Vermelho distrófico, Alves et al. (2007) verificaram uma redução na densidade do solo.

Na Tabela 6, verifica-se que há diferença significativa entre a época 1 (43 dias após a semeadura) e a época 2 (157 dias após a semeadura), de microporosidade, macroporosidade, temperatura do solo, umidade do solo e resistência do solo à penetração na camada superficial. A decomposição da fitomassa e do sistema radicular favorece o incremento de matéria orgânica no solo, contribuindo para a melhoria da estrutura do solo, com o aumento da microporosidade, redução da macroporosidade e da resistência superficial à penetração.

TABELA 6 Atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantas de cobertura, em dois espaçamentos. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008. (Anexos 1C a 9C).

E	Ds	VTP	Micro	Macro	Ksat.	RPcs	RPmáx	Us	Ts
	mg dm ⁻³	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³		Mm h ⁻¹	MPa		g g ⁻¹	°C
E ₁	1,27 a	0,500 a	0,365 b	0,135 a	51,96 a	1,782 a	3,15 a	0,224 a	18,7 b
E ₂	1,31 a	0,483 a	0,392 a	0,091 b	36,60 a	1,563 b	3,50 a	0,188 b	26,0 a

E₁ e E₂ = épocas 1 e 2; E₁ = antes do plantio das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura); E₂ = após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Ds = Densidade do solo; VTP = volume total de poros; Micro = microporosidade; Macro = macroporosidade; Ksat = condutividade hidráulica do solo; RPcs = resistência do solo à penetração na camada superficial; RPmáx. = resistência à penetração máxima; Us = umidade do solo; e Ts = temperatura do solo.

No início do desenvolvimento vegetativo, observa-se um crescimento inicial eficiente, que propicia a proteção da superfície do solo contra a radiação solar; após a decomposição da fitomassa, a superfície do solo fica desprovida de cobertura vegetal, sendo exposta ao aquecimento pela incidência da radiação solar; conseqüentemente, há um aumento e uma redução da temperatura e umidade do solo.

Observa-se que não há diferença significativa entre a época 1 e 2, para densidade do solo, volume total de poros, resistência máxima do solo à penetração e condutividade hidráulica.

Os atributos químicos são alterados pelo efeito da decomposição da fitomassa da parte aérea e do sistema radicular das plantas de cobertura, sendo as alterações pouco significativas nos atributos físicos do solo.

Na Figura 5a, observa-se que as parcelas de perdas de solo sob feijão-de-porco destacaram-se com a menor e maior resistência do solo à penetração, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m, respectivamente. A menor resistência à penetração, após a decomposição da fitomassa das plantas de cobertura, ocorreu no solo sob feijão-de-porco, no espaçamento de 0,25 m, ao passo que a maior resistência ocorreu no solo sob milho, no espaçamento de 0,50 m (Figura 5b). O feijão-de-porco é uma espécie com potencial de condicionamento da

resistência do solo à penetração, para as condições climáticas do Sul de Minas, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Nas Figuras 5a e 5b, verifica-se que a resistência do solo à penetração aumenta com a profundidade; as camadas superficiais têm uma resistência menor, quando comparada com as camadas subsuperficiais, devido à decomposição da fitomassa da parte aérea e do sistema radicular, contribuindo para o aumento da matéria orgânica, melhorando a estrutura do solo nas camadas superficiais, e também por ser um Argissolo, o maior teor de argila no horizonte B aumenta a resistência do solo nas camadas subsuperficiais. Resultado confirmado em Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico sob diferentes sistemas de manejo foi relatado por Silva et al. (2005). Com exceção do solo sob crotalaria júncea (Figura 5a), que apresentou menor resistência à penetração nas camadas subsuperficiais.

O efeito da decomposição da fitomassa da crotalaria júncea, feijão-deporco e milho propiciou menor resistência do solo à penetração nas camadas superficiais, exceto no solo sob milho, devido à baixa produtividade de massa verde, causada pelo ataque de fungo e pela deficiência de nitrogênio, que possivelmente não foi suficiente para melhorar o teor de matéria orgânica do solo, e como ocorreram perdas de matéria orgânica pelo processo erosivo, essa redução no teor de matéria orgânica contribuiu para o aumento na resistência à penetração (Figuras 5a e 5b). Nas camadas subsuperficiais, há uma oscilação na resistência do solo à penetração devido às características supracitadas do Argissolo Vermelho-Amarelo.

No espaçamento de 0,25 m, verificam-se as menores resistências do solo à penetração na camada superficial, para as parcelas sob efeito da decomposição da fitomassa das plantas de cobertura.

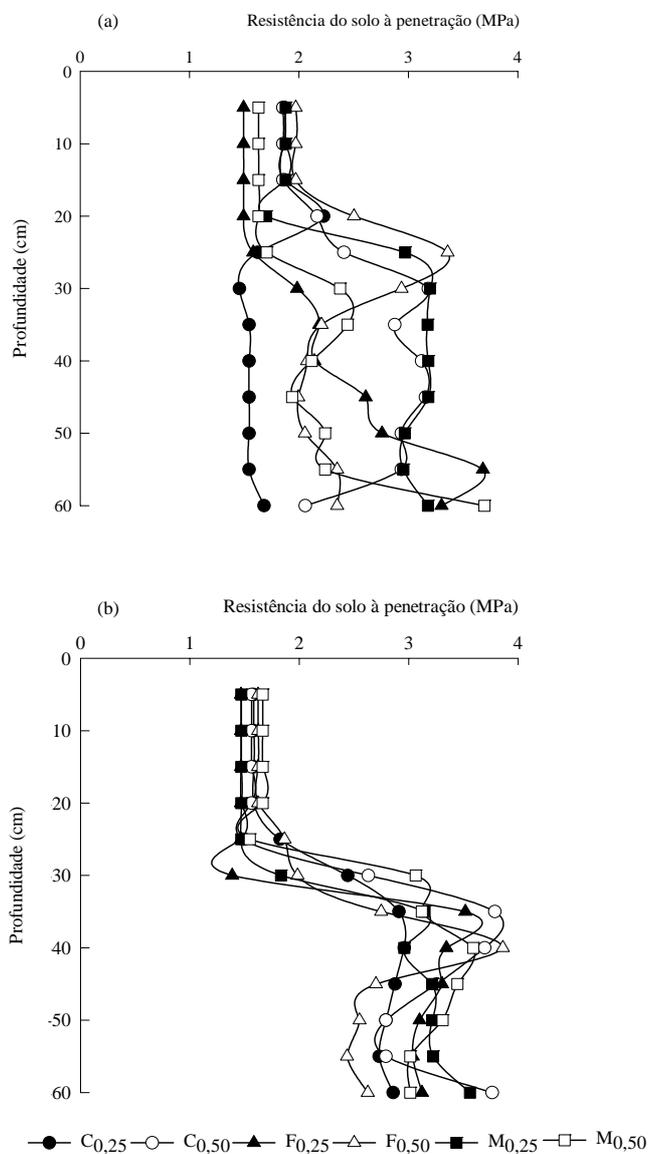


FIGURA 5 Resistência do solo à penetração em solo sob C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; M_{0,50} = milho 0,50 m; (a), antes do corte das plantas de cobertura e (b) após a decomposição da fitomassa.

6 CONCLUSÕES

Há influência das plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo, após a decomposição da fitomassa.

Os atributos físicos alterados após o manejo das plantas de cobertura são: microporosidade, macroporosidade, temperatura do solo, umidade e resistência à penetração na camada superficial. Os atributos do solo não alterados são: densidade, volume total de poros, resistência máxima à penetração e condutividade hidráulica.

Há uma tendência de alteração dos atributos físicos com o tempo, quando se observam os valores antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, fev. 2000.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p.617-625, jul./ago. 2007.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, jul./ago. 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a, v.1, p.363-375.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. v.1, p.377-382.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, set. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas: 1961 – 1990**. Brasília: MARA, 1992. 84p.
- BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

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

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.147-157, jan./fev. 2009.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.443-61.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-566.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212p.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.4, p.641-648, jul./ago. 2004.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S. R. G. de; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.146-150, abr./jun. 2006.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.6, p.1421-1428, nov./dez. 2007.

GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.21, p.319-328, abr. 1960.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, n.5, p.825-831, set./out. 2005.

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

ROSA, J. D.; MAFRA, A. L.; NOHATTO, M. A.; FERREIRA, E. Z.; OLIVEIRA, O. L. P. de; MIQUELLUTI, D. J.; CASSOL, P. C.; MEDEIROS, J. C. Atributos químicos do solo e produtividade de videiras alterados pelo manejo de coberturas verdes na Serra Gaúcha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.179-187, jan./fev. 2009.

SCARANARI, H. J. Sistema radicular das principais leguminosas empregadas como adubo verde em cafezal. **Bragantia**, Campinas, v.12, n.7-9, jul./set. 1952.

SCOTT, S. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

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

SILVA, R. R. da.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.719-730, jul./ago. 2005.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.229-235, set./dez. 1991.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, mar. 2008.

CAPÍTULO 4

Desempenho de plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, por erosão hídrica.

1 RESUMO

Desempenho de plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, por erosão hídrica

As plantas de cobertura com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propiciam maior proteção, amortecendo o impacto da gota de chuva sobre a superfície, reduzindo, conseqüentemente, os processos erosivos. Portanto, objetivou-se neste trabalho quantificar as perdas de solo, de água e de nutrientes e avaliar o potencial das plantas de cobertura na conservação do solo. O experimento foi conduzido no câmpus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, de dezembro de 2007 a março de 2008. O solo no local do experimento é um Argissolo Vermelho-Amarelo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo três plantas de cobertura: *Crotalaria juncea* L. (crotalária júncea), *Canavalia ensiformis* DC. (feijão-de-porco) e *Pennisetum* sp Rich. (milheto), em dois espaçamentos entre linhas (0,25 m e 0,50 m), totalizando seis parcelas de perdas de solo. A erosividade da chuva foi calculada pelo produto da energia cinética com a precipitação máxima de uma chuva individual. Para a quantificação das perdas de solo, água e nutrientes, utilizaram-se parcelas de 4 x 12 m, e a maior dimensão obedeceu ao sentido do declive. Na extremidade inferior das parcelas, foram colocadas calhas coletoras, sendo a primeira caixa d'água denominada de sedimentação e a segunda caixa, de coletora de água e sedimentos. Foram quantificados também as perdas de nutrientes, o potencial de arraste de sedimentos do solo e a taxa de enriquecimento da enxurrada. Uma melhor cobertura da superfície do solo é necessária de janeiro a fevereiro, pois são os meses com maior número de chuvas erosivas e erosividade, respectivamente. O feijão-de-porco é o que mais protege o solo dos processos erosivos. Entre os espaçamentos estudados, destaca-se o espaçamento de 0,25 m, que propicia a melhor cobertura da superfície do solo.

Palavras-chave: Erosividade, conservação do solo, espaçamentos.

2 ABSTRACT

Performance of cover crops to control soil, water, nutrient and organic matter losses, by water erosion

Cover plants with high coverage and high biomass productivity provide greater protection, cushioning the impact of the raindrop on the surface, thus reducing the erosion. Therefore, the aim of this study was to quantify the soil, water and nutrient losses and to assess the potential of cover crops on soil conservation. The experiment was conducted on the campus of the Federal University of Lavras in Lavras - MG, from December 2007 to March 2008. The soil at the experimental site is a Red-Yellow Argisol. Three treatments were cover crops: *Crotalaria juncea* L. (sunn hemp), *Canavalia ensiformis* DC. (jackbean) and *Pennisetum* sp Rich. (millet), in two row spacings (0.25 m and 0.50 m), totaling six plots of soil loss. The rainfall erosivity was calculated as the product of kinetic energy with the maximum precipitation of a single rain. To quantify the soil, water and nutrient losses, we used 4 x 12 m plots, and larger dimension followed the slope direction. At the lower end of the plots a gutter, the first water tank called the sedimentation tank and the second tank, collecting water and sediment were placed. We also quantified the loss of nutrients, the potential soil sediment drag and the enrichment rate of the runoff. Better coverage of the soil surface is required from January to February, as they are the months with more erosive rainfall and erosivity, respectively. The jackbean protects the soil from erosion the most. Among the studied spacing, the 0.25 m, provided the best soil surface coverage.

Key words: Erosivity, soil conservation, spacing.

3 INTRODUÇÃO

O impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo provoca o umedecimento dos agregados. Com a erosividade da chuva elevada e a superfície do solo desprovida de cobertura vegetal, ocorre o cisalhamento hidráulico; conseqüentemente, há perdas de solo, água, nutrientes, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, como as plantas de cobertura. O aporte desses sedimentos causa danos ambientais irreversíveis, como o assoreamento e eutrofização de cursos d'água, além de prejuízo econômico, pelas perdas de solo, água e nutrientes.

Atualmente, há vários estudos nos quais se relacionam as perdas de solo, água e nutrientes com as práticas conservacionistas (Cogo et al., 2003; Martins et al., 2003; Bertol et al., 2004; Guadagnin et al., 2005; Silva et al., 2005; Aguiar et al., 2006; Pires et al., 2006; Carvalho et al., 2007; Carvalho et al., 2009; Leite et al., 2009). Esses trabalhos são importantes pois neles há indicações de como manter a produtividade sem prejudicar a manutenção dos recursos naturais. Entre esses trabalhos, destacam-se os relacionados com as perdas de solo, água e nutrientes em sistemas florestais e agrícolas.

O método para quantificar perdas de solo, água e nutrientes é demorado e de custo elevado. Conforme Bertol et al. (2007), independentemente do sistema de manejo, o custo referente às perdas anuais de nutrientes por erosão hídrica é relativamente elevado.

As plantas de cobertura têm influência sobre essas perdas; portanto, espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propicie maior proteção ao solo, amortecendo o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo, reduzindo, conseqüentemente, o escoamento superficial.

Objetivou-se neste trabalho quantificar as perdas de solo, água e nutrientes e avaliar o potencial das plantas de cobertura na conservação do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Característica da área experimental

O experimento foi instalado em Lavras-MG, nas coordenadas geográficas 21°13'20" de latitude sul e 44°58'17" de longitude oeste de Greenwich, no Setor de Agricultura Geral, câmpus da Universidade Federal de Lavras, com 908 m de altitude. As plantas de cobertura foram plantadas em novembro de 2007, sobre um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006), densidade de partícula de 2,54 mg dm⁻³ textura superficial e subsuperficial argilosas. Segundo a classificação de Köppen (Brasil, 1992), o clima da região é Cwa (clima subtropical de inverno seco e verão quente), com temperatura média anual e precipitação anual obtidas no Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da UFLA de 20,8°C e 1.248,0 mm em 2007, e 20,1°C e 1.644,5 mm em 2008.

4.2 Erosividade da chuva

Para a determinação da erosividade, utilizaram-se os dados de precipitação de 10 em 10 min., referentes ao período de dezembro de 2007 a março de 2008, obtidos na Estação Climatológica Principal de Lavras. Posteriormente, calculou-se a energia cinética total de chuvas, pela equação de Wischmeier & Smith (1958), descrita abaixo:

$$E = 0,119 + 0,0873 \text{Log} I$$

em que:

E = energia cinética total (MJ ha⁻¹ mm⁻¹); e

I = intensidade da chuva (mm h⁻¹).

Segundo esses pesquisadores, o EI_{30} equivale à multiplicação da energia cinética total (E) de uma chuva erosiva pela máxima intensidade ocorrida em um período consecutivo de 30 min (I_{30}).

As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que 24 mm h⁻¹, em 15 min, ou energia cinética menor que 3,6 MJ, conforme Maria (1994), são consideradas não erosivas.

4.3 Avaliações de perdas de solo, água e nutrientes

4.3.1 Perdas de solo e água

As perdas de solo, água e nutrientes foram determinadas pelo método direto durante o ciclo da crotalária júncea, do feijão-de-porco e do milho, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m (Figura 1a a 1f). A avaliação das perdas foi feita em parcelas instaladas na área experimental sob chuva natural, com dimensões 12 x 4 m, e a maior dimensão dessas parcelas obedeceu ao sentido do declive. As parcelas foram cercadas com chapas galvanizadas, as quais possuem uma largura de 0,40 m, com penetração de 0,20 m no solo, permanecendo a outra metade (0,20 m) acima da superfície. Na extremidade inferior das parcelas, foram colocadas calhas coletoras, que conduziram a enxurrada até as caixas d'água coletoras, sendo a primeira caixa denominada de sedimentação, com capacidade para 250 L. Dentro dessa caixa d'água, colocou-se um recipiente com volume conhecido para coleta de sedimentos, para chuvas com precipitações menores. O excedente da enxurrada passa por um divisor do tipo Geib, em que 1/9 de água da enxurrada é encaminhada para a segunda caixa d'água, coletora de água e sedimentação, com capacidade para 250 L. As metodologias de coleta adotadas foram de acordo com Cogo (1978 a e b).

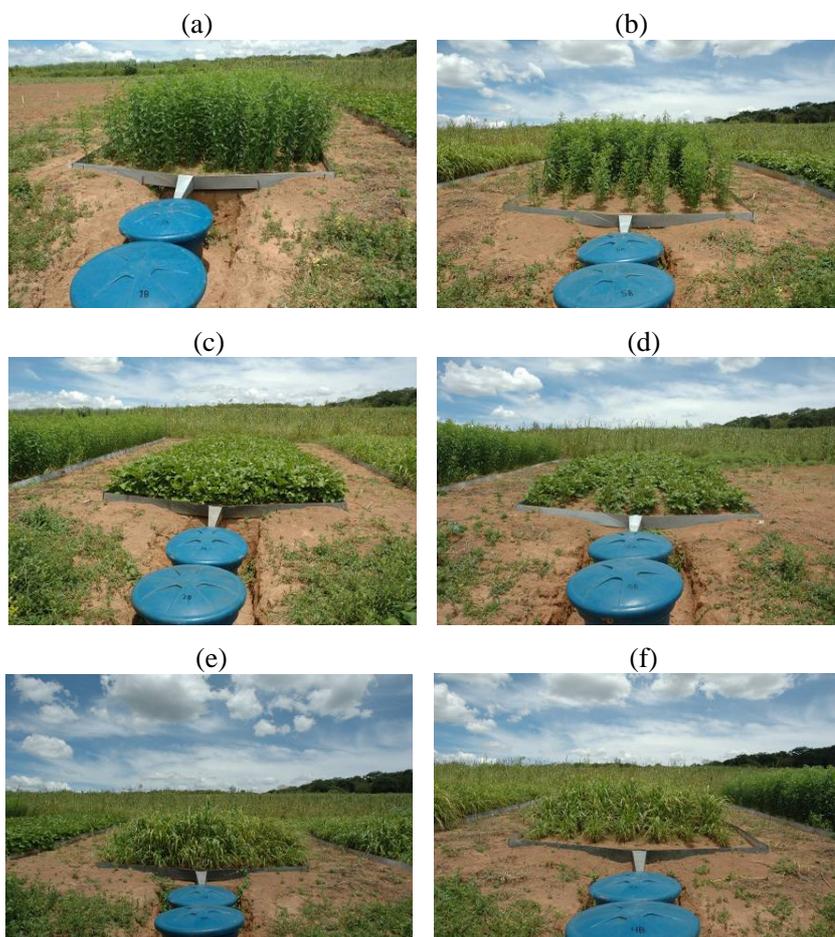


FIGURA 1 Parcelas de perdas de solo sob crotalária júncea, nos espaçamentos de 0,25 m (a) e 0,50 m (b); feijão-de-porco, nos espaçamentos de 0,25 m (c) e 0,50 m (d); e milho, nos espaçamentos de 0,25 m (e) e 0,50 m (f), aos 49 dias após a semeadura. UFLA, 2007 e 2008.

4.3.2 Perdas de nutrientes

Para quantificar as perdas de nutrientes causadas pelo escoamento superficial, dividiu-se a concentração de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, contidos nos sedimentos da enxurrada, pela densidade do solo para cada tratamento; posteriormente, multiplicou-se esse valor pela sua respectiva perda de solo (Hernani et al., 1999).

4.4 Potencial de arraste de sedimentos do solo (PAS)

O potencial de arraste de sedimentos do solo (PAS) foi determinado com base nas perdas de solo em t ha⁻¹, divididas pelas perdas de água em mm (Zhou et al., 2002; Martins et al., 2003; Brito et al., 2005; Pires et al., 2006; Carvalho et al., 2007).

4.5 Taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE)

A taxa de enriquecimento da enxurrada foi determinada, dividindo-se os teores dos nutrientes e da matéria orgânica, contidos nos sedimentos da enxurrada, pelos teores determinados conforme Embrapa (1997). Quando essa taxa é superior a 1, significa incremento na concentração de nutrientes ou matéria orgânica, e se for inferior a 1, significa ausência de enriquecimento (Hernani et al., 1999; Silva et al., 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, verificam-se o número de chuvas erosivas, não erosivas e a precipitação mensal. De 79 chuvas, 38 são erosivas e 41, não erosivas. As chuvas erosivas contribuíram com 16,05% (dezembro), 28,50% (janeiro), 24,79% (fevereiro) e 21,04% (março) do volume total precipitado. O mês de janeiro exige maior cuidado com a conservação do solo, evitando que a superfície do solo fique exposta à atuação da água, pois esse mês apresenta a maior concentração de chuvas erosivas no período avaliado.

TABELA 1 Número de chuvas erosivas, não erosivas e suas respectivas precipitações (mm), no período de estudo, na região de Lavras.

Mês/Ano		Erosiva	Não erosiva	Total
Dezembro/2007	Nº de chuvas	5	9	14
	Precipitação (mm)	136,5	37,4	173,9
Janeiro/2008	Nº de chuvas	15	14	29
	Precipitação (mm)	242,3	9,9	252,2
Fevereiro/2008	Nº de chuvas	10	7	17
	Precipitação (mm)	210,8	24,8	235,6
Março/2008	Nº de chuvas	8	11	19
	Precipitação (mm)	178,9	9,7	188,6
Total	Nº de chuvas	38	41	79
	Precipitação (mm)	768,5	81,8	850,3

As chuvas não erosivas contribuíram com 4,40% (dezembro), 1,16% (janeiro), 2,92% (fevereiro) e 1,14% (março) do volume total precipitado. O maior número de chuva não erosiva ocorreu em janeiro e o menor, fevereiro (Tabela 1).

A precipitação total no período estudado foi de 850,3 mm (Tabela 1), sendo janeiro o mês mais chuvoso (252,2 mm), representando 29,7% da

precipitação total. A precipitação de chuva erosiva mensal foi de 136,5 mm (dezembro), 242,3 mm (janeiro), 210,8 mm (fevereiro) e 178,9 mm (março).

Os valores mensais, totais e médios de erosividade e precipitação estão na Tabela 2. Para a erosividade, observa-se a seguinte tendência: fevereiro > janeiro > dezembro > março, com variação de 134,4 a 205,85 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹. Esses valores estão abaixo do considerado crítico, que é de 500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ (Rufino, 1986); para a precipitação, a sequência foi a seguinte: janeiro > fevereiro > março > dezembro, com variação de 173,9 a 252,2 mm. Observa-se no mês de janeiro que a erosividade foi inferior ao mês de fevereiro, mesmo com valores superiores de precipitação, em razão das menores intensidades da chuva e energia cinética; dessa maneira, no mês de fevereiro ocorreriam as maiores perdas de solo, água e nutrientes, caso a superfície do solo estivesse desprovida das plantas de cobertura.

TABELA 2 Valores mensais, totais e médios de erosividade e precipitação durante o período de estudo (dezembro de 2007 a março de 2008).

Mês/Ano	Erosividade -----MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹ -----	Precipitação -----mm-----
Dezembro/2007	142,3	173,9
Janeiro/2008	166,7	252,2
Fevereiro/2008	205,9	235,6
Março/2008	134,4	188,6
Total do período	649,3	850,3
Média do período	162,3	212,58

Os valores de erosividade (Tabela 2) seguem a tendência da precipitação, com exceção de fevereiro, em que os valores são inversos, porque o que determina a erosividade é a intensidade e não a quantidade da chuva.

Os meses de janeiro e fevereiro requerem maior proteção do solo, por apresentarem as maiores frequências de chuvas erosivas e erosividades: o ideal é que nesses meses as plantas já possuam uma melhor proteção do solo e uma menor porcentagem de solo exposto, ou seja, que as plantas de cobertura apresentem um crescimento e desenvolvimento satisfatórios, impedindo o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, o desprendimento e arraste de partículas, ocasionando escoamento superficial.

Na Tabela 3, observam-se os valores de perdas mensais de solo sob chuva natural para um Argissolo Vermelho-Amarelo sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m. Os valores elevados dos coeficientes de variação são devidos à distribuição irregular das chuvas durante o período de estudo.

Em dezembro, as maiores perdas de solo seguiram a seqüência crotalária júncea > feijão-de-porco > milho, para os espaçamentos 0,25 m e 0,50 m. Tanto a crotalária júncea quanto o feijão-de-porco apresentam crescimento inicial rápido; porém, esse crescimento tende mais para altura, ficando boa parte do solo desprovido de vegetação; já o milho, que apresenta crescimento inicial mais lento, as folhas tendem a crescer mais, o que proporciona melhor proteção dos solos.

TABELA 3 Perdas mensais de solo ($t\ ha^{-1}$) sob chuva natural de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Lavras, MG, sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos entre plantas de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008.

Mês/Ano	Crotalária júncea				Feijão-de-porco				Milho			
	0,25 m		0,50 m		0,25 m		0,50 m		0,25 m		0,50 m	
	$t\ ha^{-1}$	%	$t\ ha^{-1}$	%	$t\ ha^{-1}$	%	$t\ ha^{-1}$	%	$t\ ha^{-1}$	%	$t\ ha^{-1}$	%
Dez./2007	0,78	36,28	1,15	48,32	0,05	19,93	0,82	51,71	0,04	8,95	0,24	14,52
Jan./2008	0,35	16,28	0,09	3,78	0,09	39,24	0,33	20,86	0,07	15,67	0,27	16,10
Fev./2008	0,96	44,65	0,80	33,61	0,08	32,89	0,40	25,05	0,26	57,88	0,68	40,97
Mar./2008	0,06	2,79	0,34	14,29	0,02	7,94	0,04	2,38	0,08	17,50	0,47	28,41
Total	2,15	100	2,38	100	0,24	100	1,59	100	0,45	100	1,66	100
Média	0,54	-	0,60	-	0,06	-	0,40	-	0,11	-	0,42	-
*DP	0,41	-	0,47	-	0,03	-	0,32	-	0,10	-	0,21	-
CV (%)	75,99	-	79,43	-	55,70	-	81,38	-	88,91	-	49,31	-

*DP = desvio-padrão.

No mês de janeiro (Tabela 3), as maiores perdas de solo, no espaçamento de 0,25 m foram: crotalária júncea > feijão-de-porco > milho, e no espaçamento de 0,50 m, foram: feijão-de-porco > milho > crotalária júncea, neste espaçamento as maiores perdas de solo para o feijão-de-porco foram consequência de um ataque de vaquinha (*Diabrotica speciosa*), que danificaram as folhas da planta, reduzindo a proteção ao solo. No milho, houve ataque de fungos e deficiência em N, mas não tão intenso quanto o ataque de vaquinhas no feijão-de-porco. Para combater a vaquinha, utilizou-se o inseticida Decis®. Essa planta apresentou bom potencial de regeneração. No milho, aplicou-se o fungicida Opera® e ureia, para corrigir a deficiência de nitrogênio.

No mês de fevereiro, as maiores perdas foram: crotalária júncea > milho > feijão-de-porco, nos dois espaçamentos (Tabela 3). Em março, em ambos os espaçamentos, foram: milho > crotalária júncea > feijão-de-porco (Tabela 3). O milho e a crotalária júncea encontravam-se na fase de senescência, e o milho, no final do ciclo, apresentava sintomas de deficiência de N, havendo em razão disso, as maiores perdas de solo devido à sua baixa produtividade de fitomassa, que não foi suficiente para amortecer os impactos da gota de chuva sobre a superfície do solo.

As maiores perdas de solo ocorreram no espaçamento de 0,50 m nas três plantas estudadas (Tabela 3); essa menor densidade favoreceu o impacto da gota de chuva sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, o desprendimento e arraste de partículas, com exceção da crotalária júncea, que nos meses de janeiro e fevereiro proporcionou a menor perda de solo para o espaçamento de 0,50 m; isso ocorreu porque provavelmente o maior adensamento de plantas manteve elevada a umidade do solo (19,66%) em janeiro e (23,07%) em fevereiro. São meses também de altas erosividades (Tabela 2), pois provavelmente os solos apresentavam-se saturados, havendo redução da taxa de infiltração de água e,

consequentemente, de escoamento superficial, sendo as perdas de solos nesse espaçamento superiores às do espaçamento de 0,50 m.

Na Tabela 3, constata-se que as perdas de solo sob a crotalária júncea e o feijão-de-porco foram superiores no início do crescimento e durante o desenvolvimento dessas plantas, embora ambas tenham um crescimento inicial rápido; a menor densidade de plantas não foi suficiente para propiciar a proteção do solo. Com a crotalária júncea (0,25 m) e o milho nos dois espaçamentos, as maiores perdas de solo ocorreram em fevereiro; esse foi um mês de maior erosividade, o que propiciou o escoamento superficial de sedimentos.

Para os dois espaçamentos (Tabela 3), observa-se a seguinte tendência de perdas totais de solo: crotalária júncea > milho > feijão-de-porco. No espaçamento de 0,50 m, as perdas totais de solo foram superiores em 49,5% no espaçamento de 0,25 m. As perdas totais de solo variaram de 0,24 t ha⁻¹ a 2,38 t ha⁻¹ com feijão-de-porco no espaçamento de 0,25 m e com crotalária júncea no espaçamento de 0,50 m, respectivamente. Guadagnin et al. (2005) encontraram perdas de solo semelhantes para o preparo do solo/semeadura direta, com seis e nove anos, para os cultivos feijão/soja, ervilhaca/trigo, milho/soja e aveia/trigo, em um Cambissolo Húmico aluminico léptico e em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob crotalária júncea em nível (Carvalho et al., 2009). E valores de perdas de solo superiores foram obtidos por Leite et al. (2009) em um Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, sob preparo convencional morro abaixo para a cultura do algodão, de dezembro a junho, na região do Mato Grosso. Na região de Lavras-MG, Carvalho et al. (2007) também verificaram valores de perdas de solo superiores em um Latossolo Vermelho distroférico típico sem cobertura vegetal, durante o período de dezembro de 2003 a março de 2004. No município de Aracruz-ES, Martins et al. (2003) quantificaram 2 t ha⁻¹ ano⁻¹ de perdas de solo (Argissolo Amarelo textura média/argilosa), desprovido de cobertura vegetal.

Na Tabela 4, verificam-se os valores de perdas mensais de água sob chuva natural em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m. Os valores elevados dos coeficientes de variação também são devidos a distribuição irregular das chuvas durante o período de estudo.

Em dezembro, as perdas de água no espaçamento de 0,25 m ocorreram nos solos sob crotalária júncea > milho > feijão-de-porco e no espaçamento de 0,50 m, nos solos sob crotalária júncea > feijão-de-porco > milho. Em janeiro, as perdas de água no espaçamento de 0,25 m: crotalária júncea > feijão-de-porco > milho e no espaçamento de 0,50 m: milho > feijão-de-porco > crotalária júncea. As perdas de solo e água nos meses de dezembro, no espaçamento de 0,25 m, e de janeiro, no espaçamento de 0,50 m, não seguiram uma mesma tendência, possivelmente devido à menor exigência do milho por água na fase do seu desenvolvimento vegetativo, que inicialmente foi lento. Em fevereiro, as perdas de água no espaçamento de 0,25 m e 0,50 m ocorreram nos solos sob crotalária júncea > milho > feijão-de-porco. No mês de março, as perdas de água no espaçamento de 0,25 m: milho > crotalária júncea > feijão-de-porco, e no espaçamento de 0,50 m: crotalária júncea > milho > feijão-de-porco; nesse espaçamento, as perdas também não seguiram a tendência de perdas de solo devido à maior cobertura do solo. A crotalária júncea contribuiu para uma menor evaporação; com isso, a umidade do solo manteve-se elevada, sendo reduzida a taxa de infiltração de água no solo, conseqüentemente, houve aumento do escoamento superficial, propiciando maiores perdas de água.

Nos solos protegidos por feijão-de-porco e milho, as maiores perdas de água ocorreram no espaçamento de 0,50 m; e no protegido por crotalária júncea, com exceção de fevereiro, que as menores perdas de água ocorreram no espaçamento de 0,50 m.

TABELA 4 Perdas mensais de água sob chuva natural de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Lavras, MG, sob crotalaria júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos entre plantas de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008.

Mês/Ano	Crotalaria júncea				Feijão-de-porco				Milho			
	0,25 m		0,50 m		0,25 m		0,50 m		0,25 m		0,50 m	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Dez./2007	11,64	1,37	16,15	1,90	0,90	0,11	9,84	1,16	1,04	0,12	4,13	0,49
Jan./2008	4,37	0,51	4,68	0,55	1,72	0,20	4,71	0,55	1,69	0,20	4,78	0,56
Fev./2008	23,96	2,82	13,27	1,56	2,34	0,28	8,91	1,05	3,91	0,46	12,01	1,41
Mar./2008	1,95	0,23	10,67	1,26	1,04	0,12	2,48	0,29	2,96	0,35	10,21	1,20
Total	41,92	4,93	44,77	5,27	6,00	0,71	25,94	3,05	9,60	1,13	31,13	3,66
Média	10,48	-	11,19	-	1,50	-	6,48	-	2,40	-	7,78	-
*DP	9,89	-	4,88	-	0,66	-	3,48	-	1,28	-	3,92	-
CV (%)	94,32	-	43,63	-	44,30	-	53,63	-	53,51	-	50,37	-

*DP=desvio-padrão.

Nos dois espaçamentos (Tabela 4), observa-se a seguinte tendência de perdas totais de água: crotalária júncea > milho > feijão-de-porco. No espaçamento de 0,50 m, observa-se que as perdas de água foram superiores 43,5% às do espaçamento de 0,25 m. As perdas totais de água no Argissolo Vermelho-Amarelo estudado variaram de 6,00 mm a 44,77 mm, sob o feijão-de-porco no espaçamento de 0,25 m e sob a crotalária júncea no espaçamento de 0,50 m, respectivamente. Carvalho et al. (2009) encontraram valores superiores em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob crotalária júncea e milho morro abaixo, sendo de 65 mm e 208,7 mm. Vários autores, pesquisando perdas anuais de água sob diferentes tipos de solo, encontraram valores em Cambissolo Háplico de 1855,2 mm e em Latossolo Vermelho distroférico, de 570,4 mm (Silva et al., 2005); em Latossolo Vermelho, de 23,66 mm (Brito et al., 2005); e em Latossolo Vermelho-Amarelo, de 85,61 mm (Pires et al., 2006).

O feijão-de-porco foi a espécie com melhor desempenho no controle do processo erosivo para a região. No espaçamento com menor densidade de plantas, o volume de água perdida pela erosão hídrica foi superior ao espaçamento com maior densidade de plantas, sendo o menor espaçamento o melhor para a conservação do solo.

Com crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, as perdas de água foram superiores às perdas de solo, nos dois espaçamentos estudados.

Na Tabela 5, verifica-se a correlação entre as qualidades fitotécnicas das plantas de cobertura e as perdas de solo e água. Há uma boa correlação que varia de 0,77 a 0,88, entre perdas de solo e índice de cobertura e entre massa verde e seca e perdas de água, respectivamente.

TABELA 5 Estimativa dos coeficientes de correlação entre as qualidades fitotécnicas das plantas de cobertura e as perdas de solo e água.

	IC	MV	MS
Perdas de solo	0,77	0,87	0,86
Perdas de água	0,77	0,88	0,88

IC = índice de cobertura; MV = massa verde; e MS = matéria seca

De acordo com Calegari et al. (1993), após a decomposição das raízes, formam-se canais no solo, que elevam a taxa de infiltração, ao passo que a cobertura evita a desagregação superficial e, conseqüentemente, reduz a velocidade do escoamento superficial.

Com relação à crotalária júncea, observou-se um porte ereto, com folhas miúdas, cuja estrutura horizontal não foi suficiente para proteger corretamente a superfície do solo, havendo possivelmente uma tendência de maiores perdas. A crotalária júncea é uma planta de crescimento inicial rápido, o que a diferenciou do feijão-de-porco e do milheto. Posteriormente, o feijão-de-porco destacou-se das demais, apresentando os maiores índices de cobertura do solo, devido à forma de sua estrutura horizontal.

O feijão-de-porco é uma planta que apresentou porte rasteiro e folhas alternas, com folíolos grandes elíptico-ovais intercalados entre si, protegendo a superfície do solo do impacto da gota de chuva e reduzindo o escoamento superficial; conseqüentemente, é uma espécie muito eficaz como planta de cobertura. A melhor proteção do solo para todas as culturas foi obtida no espaçamento de 0,25 m, pois quanto menor o espaçamento entre plantas, menor as perdas de solo e água.

Essa melhor proteção do solo está relacionada ao desempenho das plantas de cobertura. Os maiores índices de cobertura foram proporcionados pelo feijão-de-porco, sendo de 95,61% e 92,10%, para os espaçamentos de 0,25

m e 0,50 m, respectivamente. E os menores índices, pela crotalária júncea, nos espaçamentos de 0,25 m (40,13%) e 0,50 m (39,04%).

Na Figura 2, observa-se o potencial de arraste de sedimentos (PAS) sob as plantas de cobertura estudadas nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m. No espaçamento de 0,25 m, os valores obtidos foram $0,040 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $0,047 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e $0,051 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, para feijão-de-porco, milho e crotalária júncea, respectivamente. No espaçamento de 0,50 m, os valores obtidos foram de $0,053 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ sob crotalária júncea e milho e de $0,061 \text{ t ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ sob feijão-de-porco.

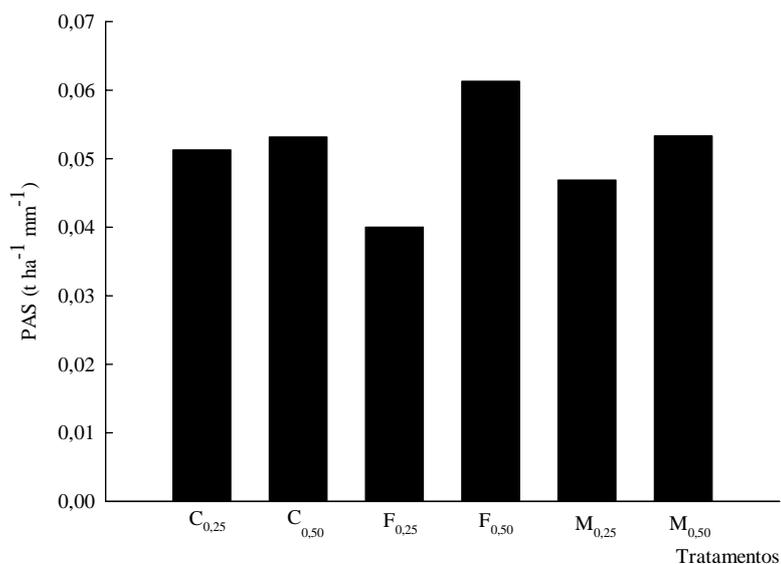


FIGURA 2 Potencial de Arraste de Sedimentos (PAS) em solos sob C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m; e M_{0,50} = milho 0,50 m.

Os altos valores de potencial de arraste de sedimentos, sob feijão-de-porco no espaçamento de 0,50 m, são atribuídos à redução da taxa de infiltração, por apresentar uma elevada cobertura do solo e menor evaporação da água, havendo, por isso, saturação do solo e, conseqüentemente, um aumento no escoamento superficial, sendo superior o arraste de sedimentos pela enxurrada.

Com crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, o espaçamento de 0,25 m apresentou o menor valor de potencial de arraste de sedimentos, devido à proteção do solo e à maior produtividade de massa verde proporcionada pela maior densidade de plantas de cobertura por m².

Na Tabela 6, verificam-se as perdas de fósforo, potássio, cálcio e magnésio contidos no sedimento, após o processo erosivo. A precipitação e a adsorção de P reduzem sua quantidade na solução do solo; por esse motivo, foi o nutriente perdido em menor quantidade no escoamento superficial. O Ca²⁺ foi o nutriente perdido em maior quantidade nos solos sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho.

TABELA 6 Perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em kg ha⁻¹, no sedimento por erosão hídrica, para crotalária júncea, feijão-de-porco e milho, nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m. UFLA, 2007 e 2008.

Tratamentos	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
C _{0,25}	0,010	0,109	0,695	0,119
C _{0,50}	0,014	0,207	0,834	0,125
F _{0,25}	0,001	0,015	0,070	0,012
F _{0,50}	0,008	0,066	0,503	0,069
M _{0,25}	0,002	0,029	0,136	0,021
M _{0,50}	0,008	0,086	0,449	0,060

C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m e M_{0,50} = milho 0,50 m.

As perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram menores nos solos protegidos pelo feijão-de-porco, no espaçamento entre linhas de 0,25 m, e maiores nos solos com crotalária júncea, no espaçamento de 0,50 m (Tabela 6).

O menor espaçamento propiciou perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ inferiores ao espaçamento de 0,50 m (Tabela 6).

Não houve enriquecimento de K⁺ e Mg²⁺ na enxurrada nos solos sob milho, no espaçamento de 0,50 m e de matéria orgânica nos solos sob crotalária júncea, no espaçamento de 0,50 m e sob feijão-de-porco, no espaçamento de 0,25 m (Tabela 7).

TABELA 7 Taxa de enriquecimento da enxurrada de um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob crotalária júncea, feijão-de-porco e milho.

Nutrientes	Plantas de Cobertura					
	C _{0,25}	C _{0,50}	F _{0,25}	F _{0,50}	M _{0,25}	M _{0,50}
P (mg dm ⁻³)	2,1	2,6	1,7	2,4	2,0	2,4
K (mg dm ⁻³)	1,4	2,3	1,1	1,0	1,4	0,6
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,4	1,4	1,1	1,5	1,2	1,1
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,5	1,2	1,3	1,3	1,0	0,8
MO (g kg ⁻¹)	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,0

C_{0,25} = crotalária júncea 0,25 m; C_{0,50} = crotalária júncea 0,50 m; F_{0,25} = feijão-de-porco 0,25 m; F_{0,50} = feijão-de-porco 0,50 m; M_{0,25} = milho 0,25 m e M_{0,50} = milho 0,50 m.

A crotalária júncea e o milho, no espaçamento de 0,25 m, apresentaram os maiores valores de taxa de enriquecimento da enxurrada, com Mg²⁺ (1,5) e matéria orgânica (1,1), respectivamente. As maiores taxas de enriquecimento de enxurrada com P (2,6) e K⁺ (2,3) foram observadas nos solos sob crotalária júncea, e com Ca²⁺ (1,5), sob feijão-de-porco, no espaçamento de 0,50 m nas duas plantas de cobertura.

No espaçamento de 0,25 m, a sequência de taxa de enriquecimento de enxurrada com a crotalária júncea e o feijão-de-porco foi P > Mg²⁺ > K⁺ = Ca²⁺

> MO e com o milho, $P > K^+ > Ca^{2+} > MO > Mg^{2+}$. No espaçamento de 0,50 m, a sequência de taxa de enriquecimento de enxurrada foi com a crotalária júncea: ($P > K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > MO$); feijão-de-porco: ($P > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ = MO$); e milho: ($P > Ca^{2+} > MO > Mg^{2+} > K^+$).

Em todos os tratamentos, o P foi o nutriente que apresentou o maior incremento no sedimento da enxurrada, porque a perda desse nutriente é lateral junto com o sedimento ou com a enxurrada. A matéria orgânica perdida em menor quantidade ocorreu nos solos sob crotalária e feijão-de-porco, ao passo que nos solos protegidos por milho, nos espaçamentos 0,25 m e 0,50 m, foram Mg^{2+} e K^+ , respectivamente.

No geral, o feijão-de-porco, no maior adensamento entre plantas, foi a planta de cobertura que proporcionou a menor perda de matéria orgânica e nutrientes, como P e Ca^{2+} . Os solos sob crotalária júncea, no espaçamento entre linhas 0,50 m, também perdeu menos matéria orgânica. O menor adensamento de plantas para o milho propiciou as menores perdas de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} .

6 CONCLUSÕES

Nos meses de janeiro e fevereiro, deve-se proceder a uma melhor cobertura da superfície do solo, tendo em vista que nesses meses ocorre maior número de chuvas erosivas e erosividade.

Entre as espécies de plantas de cobertura estudadas, o feijão-de-porco é a espécie que apresenta maior potencial no controle dos processos erosivos, pois propicia as menores perdas de solo, água e nutrientes.

Para a crotalária júncea, feijão-de-porco e milheto, o espaçamento de 0,25 m propicia maior proteção do solo.

O espaçamento de 0,25 m propicia perdas de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ inferiores ao espaçamento de 0,50 m.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. I. de; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.3, p.270-278, 2006.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUADAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.133-142, jan./fev. 2007.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, n.3, p.485-494, maio/jun. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas: 1961 – 1990**. Brasília: MARA, 1992. 84p.

BRITO, L. de F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; FERREIRA, M. M.; PIRES, L. S. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.67, p.27-36, abr. 2005.

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

CARVALHO, D. F. de; CRUZ, E. S. da; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.3-9, jan./fev. 2009.

CARVALHO, R.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; SOUZA, F. S. de. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1679-1687, nov./dez. 2007.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada: 1ª Aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978a. p.75-97.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada: 1ª Aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978b. p.99-107.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.4, p.743-753, jul./ago. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212p.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. do. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, n.2, p.277-286, maio/abr. 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.1, p.145-154, jan./mar. 1999.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L. da; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.689-699, maio/jun. 2009.

MARIA, I. C. Cálculo da erosividade da chuva. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Manual de programa de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC-SCS, 1994.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.3, p.395-403, maio/jun. 2003.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. de F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.687-695, abr. 2006.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.279-281, set./dez. 1986.

SILVA, A. M. da; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p.1223-1230, dez. 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v.39, p.285-291, 1958.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalyptus and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v.167, n.1/3, p.209-222, Aug. 2002.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A	Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	91
TABELA 2A	Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	91
TABELA 3A	Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	91
TABELA 4A	Análise de variância da macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	92
TABELA 5A	Análise de variância da condutividade hidráulica do solo (mm h^{-1}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	92
TABELA 6A	Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0 - 5 cm (MPa) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	92
TABELA 7A	Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	93
TABELA 8A	Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.	93

TABELA 9A	Análise de variância da temperatura do solo (°C) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.....	93
-----------	--	----

ANEXO B

TABELA 1B	Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	94
-----------	---	----

TABELA 2B	Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	94
-----------	---	----

TABELA 3B	Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.....	94
-----------	--	----

TABELA 4B	Análise de variância da macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	95
-----------	---	----

TABELA 5B	Análise de variância da condutividade hidráulica do solo (mm h^{-1}) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	95
-----------	---	----

TABELA 6B	Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0 - 5 cm (MPa), após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	95
-----------	---	----

TABELA 7B	Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa), após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	96
-----------	--	----

TABELA 8B	Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	96
-----------	---	----

TABELA 9B	Análise de variância da temperatura do solo (°C) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.	96
-----------	--	----

ANEXO C

TABELA 1C	Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	97
-----------	--	----

TABELA 2C	Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	97
-----------	--	----

TABELA 3C	Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	98
-----------	--	----

TABELA 4C	Análise de variância da macroporosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	98
-----------	--	----

TABELA 5C	Análise de variância da condutividade hidráulica do solo (mm h^{-1}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	98
-----------	--	----

TABELA 6C	Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0-5 cm (MPa) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	99
-----------	---	----

TABELA 7C	Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.	99
-----------	--	----

TABELA 8C Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008. 99

TABELA 9C Análise de variância da temperatura do solo (%) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008. 100

ANEXOS

ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,0258	0,0052	1,609	0,2313 ^{ns}
Erro	12	0,0385	0,0032		
Total	17	0,0643			
CV (%)	4,45				
Média geral	1,27				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 2A Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,003788	0,000758	1,562	0,2437 ^{ns}
Erro	12	0,005821	0,000485		
Total	17	0,009610			
CV (%)	4,41				
Média geral	0,499				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 3A Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,000968	0,000194	0,412	0,8316 ^{ns}
Erro	12	0,005638	0,000470		
Total	17	0,006606			
CV (%)	5,94				
Média geral	0,365				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 4A Análise de variância da macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,002801	0,000560	0,390	0,8466 ^{ns}
Erro	12	0,017255	0,001438		
Total	17	0,020057			
CV (%)	28,12				
Média geral	0,135				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 5A Análise de variância da condutividade hidráulica do solo (mm h^{-1}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	14382,2797	2876,4559	3,066	0,0519 ^{ns}
Erro	12	11258,5957	938,2163		
Total	17	25640,8754			
CV (%)	58,95				
Média geral	51,96				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 6A Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0 - 5 cm (MPa) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,490269	0,098054	1,681	0,2134 ^{ns}
Erro	12	0,699765	0,058314		
Total	17	1,190034			
CV (%)	13,55				
Média geral	1,782				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 7A Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	4,447299	0,889460	2,093	0,1367 ^{ns}
Erro	12	5,100133	0,425011		
Total	17	9,547432			
CV (%)	20,70				
Média geral	3,150				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 8A Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	16,1699	3,2340	0,874	0,5267 ^{ns}
Erro	12	44,4105	3,7009		
Total	17	60,5804			
CV (%)	8,60				
Média geral	22,36				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 9A Análise de variância da temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) antes do corte das plantas de cobertura (43 dias após a semeadura). Lavras, MG, novembro de 2007.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	3,97	0,79	3,433	0,0371**
Erro	12	2,77	0,23		
Total	17	6,74			
CV (%)	2,56				
Média geral	18,8				

* = Significativo a 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

ANEXO B

TABELA 1B Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,0576	0,0115	2,522	0,0879 ^{ns}
Erro	12	0,0549	0,0046		
Total	17	0,1125			
CV (%)	5,15				
Média geral	1,31				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 2B Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,009148	0,001830	2,515	0,0885 ^{ns}
Erro	12	0,008729	0,000727		
Total	17	0,017877			
CV (%)	5,58				
Média geral	0,483				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 3B Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,001307	0,000261	0,779	0,5837 ^{ns}
Erro	12	0,004029	0,000336		
Total	17	0,005336			
CV (%)	4,67				
Média geral	0,392				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 4B Análise de variância da macroporosidade ($m^3 m^{-3}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,012644	0,002529	3,898	0,0249**
Erro	12	0,007785	0,000649		
Total	17	0,020429			
CV (%)	27,92				
Média geral	0,091				

* = significativo a 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 5B Análise de variância da condutividade hidráulica do solo ($mm h^{-1}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	10236,2400	2047,2480	1,232	0,3531 ^{ns}
Erro	12	19941,1200	1661,7600		
Total	17	30177,3600			
CV (%)	111,38				
Média geral	36,60				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 6B Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0 - 5 cm (MPa), após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,098030	0,019606	0,584	0,7125 ^{ns}
Erro	12	0,403024	0,033585		
Total	17	0,501054			
CV (%)	11,73				
Média geral	1,563				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 7B Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa), após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	1,530189	0,306038	0,554	0,7334 ^{ns}
Erro	12	6,633753	0,552813		
Total	17	8,163942			
CV (%)	21,27				
Média geral	3,495				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 8B Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	16,9020	3,3804	0,537	0,7448 ^{ns}
Erro	12	75,5007	6,2917		
Total	17	92,4026			
CV (%)	13,35				
Média geral	18,78				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 9B Análise de variância da temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) após a decomposição da fitomassa (157 dias após a semeadura). Lavras, MG, abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	57,15	11,43	3,666	0,0303**
Erro	12	37,41	3,12		
Total	17	94,56			
CV (%)	6,79				
Média geral	26,0				

* = significativo a 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

ANEXO C

TABELA 1C Análise de variância da densidade do solo (mg dm^{-3}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,0158	0,0032	0,571	0,7214 ^{ns}
Época	1	0,0148	0,0148	2,668	0,1132 ^{ns}
Erro	29	0,1609	0,0055		
Total	35	0,1916			
CV (%)	5,77				
Média geral	1,29				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 2C Análise de variância do volume total de poros ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,002438	0,000488	0,565	0,7263 ^{ns}
Épocas	1	0,002450	0,002450	2,837	0,1029 ^{ns}
Erro	29	0,025049	0,000864		
Total	35	0,029937			
CV (%)	5,98				
Média geral	0,491				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 3C Análise de variância da microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,001673	0,000335	0,945	0,4672 ^{ns}
Épocas	1	0,006669	0,006669	18,835	0,0002**
Erro	29	0,010269	0,000354		
Total	35	0,018611			
CV (%)	4,97				
Média geral	0,379				

^{ns} = Não significativo; * = Significativo ao nível 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 4C Análise de variância da macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,005998	0,001200	1,009	0,4303 ^{ns}
Épocas	1	0,017117	0,017117	14,394	0,0007**
Erro	29	0,034487	0,001189		
Total	35	0,057603			
CV (%)	30,51				
Média geral	0,113				

^{ns} = Não significativo; * = Significativo ao nível 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 5C Análise de variância da condutividade hidráulica do solo (mm h^{-1}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	8317,7900	1663,5592	1,016	0,4265 ^{ns}
Épocas	1	2123,0592	2123,0592	1,296	0,2642 ^{ns}
Erro	29	47500,4395			
Total	35				
CV (%)	91,40				
Média geral	44,28				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 6C Análise de variância da resistência do solo à penetração da camada superficial de 0-5 cm (MPa) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	0,344031	0,068806	1,481	0,2263
Épocas	1	0,433183	0,433183	9,326	0,0048
Erro	29	1,347057	0,046450		
Total	35	2,124272			
CV (%)	12,89				
Média geral	1,672				

^{ns} = Não significativo; * = Significativo ao nível 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 7C Análise de variância da resistência máxima do solo à penetração (MPa) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	4,120449	0,824090	1,758	0,1529 ^{ns}
Épocas	1	1,075023	1,075023	2,294	0,1407 ^{ns}
Erro	29	13,590925	0,468653		
Total	35	18,786397			
CV (%)	20,60				
Média geral	3,323				

^{ns} = Não significativo. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 8C Análise de variância da umidade do solo (g g^{-1}) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	14,6850	2,9370	0,616	0,6886 ^{ns}
Épocas	1	115,0971	115,0971	24,135	0,0000**
Erro	29	138,2980	4,7689		
Total	35	268,0802			
CV (%)	10,62				
Média geral	20,57				

^{ns} = Não significativo; * = Significativo ao nível 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.

TABELA 9C Análise de variância da temperatura do solo (%) entre épocas, antes do corte das plantas de cobertura e após a decomposição da fitomassa. Lavras, MG, novembro de 2007 a abril de 2008.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	5	32,45	6,49	2,734	0,0384**
Épocas	1	470,89	470,89	198,341	0,0000**
Erro	29	68,85	2,37		
Total	35	572,19			
CV (%)	6,88				
Média geral	22,4				

* = Significativo a 5% pelo teste F. Tratamentos = crotalária júncea nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; feijão-de-porco nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m; e milho nos espaçamentos de 0,25 m e 0,50 m.