

## **EFEITO DA COBERTURA VEGETAL SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)**

Davi Lopes do Carmo(1); Dulcimara Carvalho Nannetti(2); Cezar Francisco Araújo Júnior(3); Moacir de Souza Dias Júnior(4); Alfredo Domingues Albuquerque(2); Djalma José do Espírito Santo(1); Tales Machado Lacerda(1); Leandro Amorim Damaceno(5)

(1) Acadêmicos de graduação do curso Tecnólogo em Cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Machado-MG, e-mail: davigoldan@yahoo.com.br;

(2) Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Machado-MG, Rodovia Machado-Paraguaçu, km 07, CEP 37.750-000;

(3) Doutorando em Ciência do Solo do Departamento de Ciência do Solo – DCS/UFLA (MG);

(4) Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Bolsista CNPq;

(5) Tecnólogo em Cafeicultura.

**RESUMO:** Dentre as práticas de manejo utilizadas na cafeicultura, o manejo de plantas invasoras destaca-se por ser uma das práticas mais intensivas em lavouras cafeeiras além dos seus aspectos relacionados à qualidade ambiental e efeitos indiretos na produção destas lavouras. Observa-se em estudos que a aplicação de práticas que contribuem para a proteção do solo, pode melhorar a qualidade física do solo e aumentar a produtividade das lavouras. Foi realizado então um estudo em duas propriedades contíguas no município de Machado, Sul de Minas Gerais, com o objetivo de determinar o efeito da cobertura vegetal sobre alguns atributos físicos de um Latossolo cultivado com cafeeiro. Utilizou-se os seguintes sistemas de manejo: lavoura cafeeira com cobertura vegetal (CCV/3), lavoura cafeeira sem cobertura vegetal (CSCV/3), ambas com 3 anos de idade, lavoura cafeeira com cobertura vegetal (CCV/20) e bananal com cobertura vegetal (BCV/20), ambos de 20 anos de idade, este último utilizado como referência para comparações. Foram coletadas amostras indeformadas, na projeção da copa do cafeeiro e nas entrelinhas para as seguintes análises físicas: densidade de solo (Ds), densidade de partícula (Dp), volume total de poros (VTP), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e relação de macro e microporosidade (Ma/Mi). Os valores de densidade do solo na projeção da copa do cafeeiro decrescem de acordo com a cobertura vegetal, ou seja, apresentam maiores valores para o tratamento CSCV/3, seguindo pelo BCV/20, CCV/3 e CCC/20. Para o tratamento sem cobertura na projeção da copa, os valores de densidade e volume total de poros foram superiores e inferiores respectivamente, quando comparados aos demais tratamentos e em profundidades diferenciou somente a densidade. Nas entrelinhas não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que a dinâmica desses atributos físicos não foi influenciada, enquanto que em profundidades mostrou-se alteração nos atributos físicos, com exceção da microporosidade. A presença da cobertura vegetal melhorou as propriedades físicas do solo na projeção da copa do cafeeiro, ao passo que o solo descoberto houve degradação.

**Palavras-chave:** manejo de plantas invasoras, qualidade do solo e propriedades físicas.

## **EFFECT OF THE VEGETATIVE COVER ON THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE LATOSOL IN COFFEE (*Coffea arabica* L.)**

**ABSTRACT:** A among the practice of management used in coffee, the management of invading plants is one of the practice more intensive in farming of coffee, beside of its aspects connected with the environment quality and indirect effects in a production in this farming. The applications of practices that contribute for the protection of the soil, can make the physical quality better and add the production of farming can be observed in studies. One study was connected in two farm besides each other in Machado, Minas Gerais, with the main to determine the effect of the vegetative cover on the some physical characteristics of the Latosol cultivated in farming of coffee. It was used this following system handle: coffee crop with vegetative cover (CCV/3), coffee crop without vegetative cover (CSCV/3), both with 3 years, coffee crop with vegetative cover (CCC/20) and bananal with vegetative cover (BCV/20), both of 20 years, this last utilized how referring for comparisons. The indeformed samples were collected in the protection of the projection of the top and in the middle of the row of the farming for the following physical analyses: soil density (Ds), particle density (Dp), total volume porosity (VTP), macroporosity (Ma), microporosity (Mi) and the relation of macro and microporosity (Ma/Mi). The values of soil density in a projection of the top of the coffee decrease according with the vegetative cover, otherwise, the soil density present more values for the treatment CSCV/3, following by BCV/20, CCV/3 e CCC/20. For the treatment without cover in the projection of the top, the values of density and total volume porosity were superior and inferior, respectively, when compared with the other treatment and in depth only the density was different. There was no significant difference in the middle of the row in the farming among treatments, showing that the dynamic of these physical attributes wasn't influenced, while in depth showed changes in the physical attributes, except with the microporosity. The presence of the vegetative cover makes the physical properties of the soil better in the projection of the top of the coffee, while with the soil without the vegetative cover occurred degradation.

**Key words:** management of invading plants, soil quality and physical properties

## INTRODUÇÃO

A cultura do café no Brasil destaca-se por sua grande área de cultivo e também por se tratar de um produto de principal commodity e exportação agrícola, além de apresentar, grande importância social e econômica. Nas áreas agricultáveis no Brasil, ocorrem sérios problemas de degradação do solo, muitas vezes, resultantes da falta de informação sobre as potencialidades e limitações de uso e um bom manejo desse recurso Correia et al. (2004). Diversas práticas de manejo são utilizadas no empreendimento da cafeicultura, dentre elas, destaca-se o manejo de plantas invasoras por ser uma das práticas mais intensivas em lavouras cafeeiras além dos seus aspectos relacionados à qualidade ambiental e efeitos indiretos na produção destas lavouras. Neste contexto, o manejo da vegetação espontânea nas lavouras cafeeiras não pode ser analisado somente a partir de observações pontuais de um processo de competição por água e luz Faria et al. (1998), já que o manejo correto dessas plantas podem proporcionar maior proteção do solo contra os efeitos da chuva e enxurrada Monegat (1991), contribuir para a manutenção das propriedades físicas do solo, reduzir a erosão, contribuir para o aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, resultando em acréscimo de produtividade Araujo-Junior (2007). No estudo de diferentes métodos de controle de plantas daninhas em lavoura de café, observou-se que a aplicação de práticas que contribuem para a proteção do solo, pode melhorar a qualidade física deste solo impedindo a formação de encrustamento superficiais e ocorrência de processos erosivos e também melhorar a qualidade química com fornecimento de matéria orgânica através do manejo adequado de sua cobertura vegetal Alcântara (1997). Pesquisando a aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos no estado de São Paulo, Medcalf (1956), em solo classificado como Podzólico de textura média, utilizando cobertura morta de capim-colonião, constatou aumentos médios na produção de café Bourbon-vermelho de 164 kg/ha e 308 kg/ha para o café Mundo Novo, com aplicação de cobertura morta na base de 30 t/ha de capim-colonião. A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo seu efeito nos atributos físicos do solo Doran & Parkin (1994). Dentre os indicadores físicos de qualidade do solo, Karlen & Stott (1994), relacionaram a densidade do solo, porosidade, estrutura, além de outros critérios como a resistência do solo à penetração das raízes Tormena & Roloff (1996) O uso e o manejo do solo alteram a sua densidade e consequentemente a porosidade total e a aeração Klein & Libord (2002). Assim, valores elevados de densidade implicam em valores baixos de porosidade e vice-versa. O aumento da densidade pode diminuir o desenvolvimento do sistema radicular das plantas devido ao impedimento físico. A porosidade é outro atributo importante que deve ser considerado na avaliação da qualidade estrutural do solo. Os valores críticos de macroporosidade estão abaixo dos valores compreendidos entre 0,10 e 0,16 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, segundo Baver et al. (1972) O aumento da densidade está diretamente relacionado com a compactação do solo Dias Junior et al. (1999), na qual, ocorre redução das trocas gasosas Gysi (2001), limitação do sistema radicular Bicki & Siemens (1991), redução na absorção de nutrientes Arvidsson (2001), resultando em decréscimo da produção Radford et al. (2001). Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do manejo da cobertura vegetal sobre alguns atributos físicos de qualidade de um Latossolo cultivado com cafeeiro, no Sul de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas propriedades contíguas, Fazenda Gramado e Fazenda Caiana, o município de Machado, Sul de Minas Gerais. Os locais apresentam altitude de 850 m, precipitação média anual de 1600 mm e relevo suave ondulado. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura franco argilo arenoso (300 g kg<sup>-1</sup> de argila, 540 g kg<sup>-1</sup> de areia e 160 g kg<sup>-1</sup> de silte) para os manejos: lavoura cafeeira com cobertura vegetal na projeção da copa e nas entrelinhas (CCV/3) e lavoura cafeeira sem cobertura vegetal na projeção da copa e com cobertura nas entrelinhas (CSCV/3), ambas de três anos de manejo, bananal de vinte anos (BCV/20) que mantém a cobertura do solo com os resíduos vegetais da cultura e não é explorada desde 1997, este foi utilizado como referência, um padrão para comparação se assemelhando as condições naturais de uma mata nativa e Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa (444 g kg<sup>-1</sup> de argila, 420 g kg<sup>-1</sup> de areia e 136 g kg<sup>-1</sup> de silte) para a lavoura cafeeira com cobertura vegetal na projeção da copa e nas entrelinhas de vinte anos de manejo (CCC/20). Todos os tratamentos culturais nessas lavouras cafeeiras são feitos manualmente. Em agosto de 2007, após a seleção das áreas, foram coletadas as amostras indeformadas de solo no sentido da diagonal de cada talhão para as análises físicas. Antes da coleta, foi realizado um exame de uma trincheira para a determinação da camada de máxima resistência mecânica (CMRM). Foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de um amostrador de Uhland e anéis de alumínio 6,35 cm de diâmetro por 2,54 cm de altura. A amostragem foi realizada nas profundidades de 0–3 cm e 15–18 cm sendo esta última a camada de máxima resistência mecânica determinada previamente com um penetrômetro portátil. As amostras foram retiradas em duas posições na lavoura cafeeira sendo nas entrelinhas e na projeção da copa e no bananal em apenas uma posição de amostragem (entrelinhas). Essas amostras foram realizadas em quatro talhões com diferentes manejos totalizando-se 56 amostras: [(2 profundidades x 3 manejos x 4 repetições x 2 posições) + (2 profundidades x 1 manejo bananal x 4 repetições x 1 posição)]. Após a coleta as amostras foram embaladas em filme plástico e parafinadas para preservação da estrutura do solo em seguida foram encaminhadas para o laboratório as quais foram acertadas de acordo com o volume do anel. No excedente das amostras indeformadas oriundos das partes superiores e inferiores dos anéis, foi determinado a densidade de partículas pelo método do pincômetro Blake & Hartge (1986b). Todas as amostras indeformadas foram mantidas em uma bandeja com água destilada até 2/3 da altura do anel para a saturação das mesmas, o que ocorreu em torno de 24 a 48 horas. Após a saturação as amostras foram levadas para a unidade de sucção a 60 cm de coluna d'água para a obtenção do potencial matricial de 6 kPa. Em seguida as amostras indeformadas foram colocadas em estufa a 105–110 °C durante 48

horas para a obtenção da massa de solo seco e posterior determinação da umidade gravimétrica Embrapa (1997) e densidade do solo Blake & Hartge (1986a). A porosidade total foi obtida baseando-se na densidade do solo e na densidade de partículas pela seguinte expressão:  $PT = [1 - (Ds/Dp)] \times 100$  Vomocil (1965). A microporosidade foi obtida pela determinação da umidade volumétrica de cada amostra correspondente ao potencial mátrico de 6 kPa Embrapa (1997) e a macroporosidade foi obtida pela diferença entre porosidade total e microporosidade. Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias feitas pelo teste de Scott-Knott, utilizando-se o programa estatístico SISVAR Ferreira (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De um modo geral, os valores de densidade do solo na projeção da copa do cafeeiro decrescem de acordo com a cobertura vegetal, ou seja, apresentam maiores valores para o solo sem cobertura vegetal (CSCV/3), seguindo pelo bananal (BCV/20), cafeeiro coberto recentemente (CCV/3) e o cafeeiro com cobertura vegetal de 20 anos (CCC/20). Estes resultados corroboram com observações de Ferrero et al. (2005) os quais observaram que a extensão e a profundidade de aumentos na resistência mecânica do solo dependem se o solo possui cobertura ou se é cultivado, devido às diferenças de resistência interna, associada à susceptibilidade à compactação. Observa-se pelos dados apresentados na Tabela 1, que para o tratamento sem cobertura vegetal na projeção da copa (CSCV/3), os valores de densidade do solo e volume total de poros foram superiores e inferiores respectivamente aos demais tratamentos. Os valores de densidade do solo na projeção da copa apresentaram variações de 1,14 a 1,45 Mg m<sup>-3</sup>. Este pode ser devido à exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuvas favorecendo a formação do selamento superficial, que se caracteriza por uma elevada densidade do solo, pequena porosidade e baixa condutividade hidráulica Silva & Kato (1997), além de aumentos nos valores de capacidade de suporte de carga do solo Araujo-Junior et al. (2008).

**Tabela 1.** Densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), relação de (Ma/Mi) na projeção da copa do cafeeiro, em duas profundidades.

Tratamentos	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	VTP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Mi (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma/Mi
CSCV/3	1,45 c	0,44 c	0,14 b	0,30 a	0,50
BCV/20	1,28 b	0,49 b	0,17 b	0,32 a	0,53
CCV/3	1,22 b	0,52 b	0,24 a	0,28 a	0,86
CCC/20	1,14 a	0,55 a	0,24 a	0,31 a	0,77
Média geral	1,27	0,50	0,20	0,30	0,67
C. V. (%)	6,22	6,27	30,36	12,35	
Efeito das profundidades					
Profundidades	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	VTP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Mi (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma/Mi
0-3	1,23 a	0,51 a	0,21 a	0,30 a	0,70
15-18	1,31 b	0,48 a	0,18 a	0,30 a	0,60
C. V. (%)	7,15	7,59	28,15	7,15	

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

A macroporosidade foi alterada somente no bananal e no café de três anos manejado sem cobertura vegetal na projeção da copa com menores valores respectivamente e os valores da microporosidade não foram alterados entre os tratamentos e entre as profundidades. Conforme observado na Tabela 1, houve uma variação de 0,14 a 0,24 m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup> entre os tratamentos em relação á macroporosidade, tendo os cafés manejados com cobertura vegetal de três anos e de vinte anos apresentando os maiores valores. Quando a densidade aumenta o volume total de poros e a macroporosidade diminui, resultados semelhantes foram relatados por Cavenage et al. (1999) e Bertol et al. (2004). De acordo com Kiehl (1979) e Gupta & Allmaras (1987), a maioria das plantas cresce satisfatoriamente seu sistema radicular quando a percentagem de macroporosidade está acima de 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, condição verificada no solo em todos os locais estudados. Considerando a profundidade para o solo em estudo, na posição de amostragem copa do cafeeiro, observa-se que houve um aumento significativo somente na densidade, com maior valor na profundidade de 15-18 cm, apresentando uma variação de 1,23 a 1,31 Mg m<sup>-3</sup>, embora os valores de volume total de poros, macroporosidade e relação de macro/microporosidade foram superiores na superfície do solo. Nas entrelinhas verificou na Tabela 2, que somente o volume total de poros diferenciou no tratamento com cafeeiro sem cobertura vegetal na projeção da copa, com menor valor (0,45 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), podendo ser devido a uma menor intensidade de cobertura vegetal. Isto mostra que, em geral, a dinâmica desses atributos físicos não foi influenciada, tendo em vista que os manejos mantêm nas entrelinhas a cobertura vegetal.

**Tabela 2.** Densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi), relação de (Ma/Mi) nas entrelinhas, em duas profundidades.

Tratamentos	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	VTP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Mi (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma/Mi
CSCV/3	1,39 a	0,45 b	0,17 a	0,28 a	0,61
BCV/20	1,28 a	0,49 a	0,17 a	0,32 a	0,53
CCV/3	1,28 a	0,49 a	0,24 a	0,28 a	0,86
CCC/20	1,24 a	0,52 a	0,24 a	0,29 a	0,68
Média geral	1,30	0,49	0,21	0,29	0,67
C. V. (%)	10,70	7,18	27,51	15,70	
Efeito das profundidades					
Profundidades	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	VTP (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Mi (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Ma/Mi
0-3	1,25 a	0,51 a	0,21 a	0,29 a	0,72
15-18	1,35 b	0,47 b	0,17 b	0,29 a	0,59
C. V. (%)	8,11	8,33	29,57	6,57	

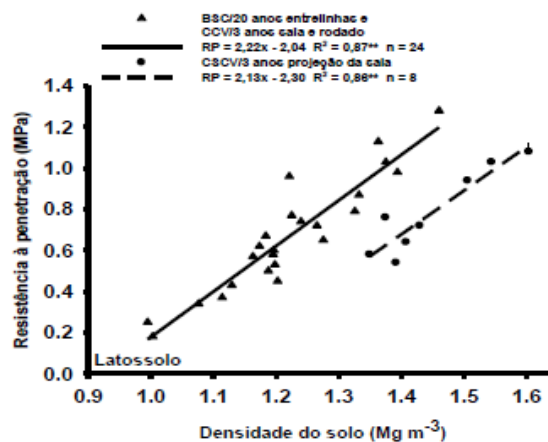
As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade.

Em profundidades, na posição de entrelinhas, os atributos físicos diferiram, com exceção da microporosidade, mostrando menor valor de densidade do solo e conseqüentemente, maiores valores de volume total de poros e macroporosidade na camada de 0-3 cm indicando uma melhor qualidade física decorrente possivelmente de maiores teores de matéria orgânica, da atividade microbiológica e de raízes, as quais atuam na formação de canais bioporos. A relação de Ma/Mi variou 0,5 a 0,86 entre os manejos, nas duas posições, sendo mais expressivo no CCV/3 e nas profundidades variou de 0,60 a 0,72 e estes valores decrescem com a profundidade. Foram também obtidos resultados da resistência a penetração e correlacionado com a densidade de cada amostra para a obtenção de modelos matemáticos Resistência á penetração (RP) x Ds na Tabela 3.

**Tabela 3.** Modelos de resistência mecânica de Latossolos na região de Machado, MG sob cultivo de café e banana.

Tratamentos	Posição de amostragem	Modelo	Significância	Número de amostras
BCV/20	Entrelinhas	RP = 2,47Ds - 2,37	R <sup>2</sup> = 0,92**	n = 8
CSCV/3	Entrelinhas	RP = 2,13Ds - 2,30	R <sup>2</sup> = 0,86**	n = 8
	Projeção da copa	RP = 0,61Ds - 0,19	R <sup>2</sup> = 0,19 <sup>ns</sup>	n = 8
CCV/3	Entrelinhas	RP = 1,42Ds - 1,25	R <sup>2</sup> = 0,48 <sup>ns</sup>	n = 8
	Projeção da copa	RP = 0,32Ds + 0,08	R <sup>2</sup> = 0,29 <sup>ns</sup>	n = 8
CCC/20	Entrelinhas	RP = 1,62Ds - 1,37	R <sup>2</sup> = 0,63**	n = 8
	Projeção da copa	RP = 2,12Ds - 1,89	R <sup>2</sup> = 0,82**	n = 8

Para verificar as possíveis alterações nos modelos de resistência mecânica do solo, estes foram comparados segundo o procedimento descrito em Snedecor & Cochran (1989). Pela Figura 1, observa-se que os manejos BCV/20 e CCV/3 na copa do cafeeiro e nas entrelinhas apresentaram maior resistência mecânica em relação ao manejo CSCV/3 na projeção da copa. Entretanto, ressalta-se que os valores encontrados tanto para resistência à penetração como para densidade do solo nos sistemas de manejo e posições de amostragem estão abaixo dos considerados críticos para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas RP = 2 MPa e Ds = 1,60 Mg m<sup>-3</sup> nas classes texturais dos solos estudados de acordo com USDA (2001).

**Figura 1.** Modelos de resistência mecânica de Latossolos cultivados com cafeeiros e bananeiras.

## CONCLUSÕES

De um modo geral, os atributos físicos avaliados melhoraram de acordo com a cobertura vegetal, ou seja, apresentaram os melhores resultados para o cafeeiro com cobertura vegetal de 20 anos (CCC/20), seguido pelo cafeeiro coberto recentemente (CCV/3), pelo bananal (BCV/20) e a lavoura cafeeira sem cobertura vegetal na projeção da copa (CSCV/3). O manejo sem cobertura vegetal na projeção da copa mostrou que houve degradação nas propriedades físicas do solo, com maior valor de densidade do solo, menor valor de volume total de poros, macroporosidade e a microporosidade não se alterou, enquanto que, a análise em profundidade diferiu somente para a densidade do solo, com maior valor na camada de 15–18 cm. Nas entrelinhas, observa-se diferença somente nas profundidades, com menor valor de densidade do solo e maiores valores de volume total de poros e macroporosidade na camada de 0–10 cm, não havendo alteração para a microporosidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARVIDSSON, J. Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvests in Southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. *Soil Till. Res.*, 60 : 67-78, 2001.
- ALCÂNTARA, E.N.de. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea Arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico. Lavras: UFLA, 1997. 133p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia).
- ARAÚJO-JUNIOR, C. F. Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas daninhas em lavoura cafeeira. 2007. 132 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ARAÚJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S. de; GUIMARÃES, P. T. G.; PIRES, B. S. Resistência à compactação de um Latossolo cultivado com cafeeiro, sob diferentes sistemas de manejos de plantas invasoras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 1–9, Jan/Fev. 2008.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. *Soil physics*. 4. ed. New York: John Wiley, 1972. 529 p.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas à do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.
- BICKI, T.J., & SIEMENS, J.C. Crop response to Wheel traffic soil compaction. *Trans. ASAE*, St. Joseph, 34:909-913, 1991.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison, ASA/SSSA. 1986a. pt. 1. p. 363-375.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Madison: ASA, 1986b. p. 377-382. (ASA. *Agronomy Monograph*, 9).
- CAVENAGE, A.; MORES, K.L.T.; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C; FREITAS, M.L.M; BUZETTI, S. Al-terações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, p.997-1003, 1999.
- CORREIA, J. R.; LIMA A. C. S.; ANJOS, L.H.C.dos. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de Minas Gerais. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 447-467, set./dez. 2004. Tese de doutorado.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison; SSSA, 1994. Cap.1, p.3-21. (Special. Publication, 35).
- DIAS JUNIOR, M.S.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; SILVA, A.R. & FERREIRA, D.F. Avaliação qualitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. *R. Árvore*, 23:371- 380, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FARIA, J. C.; SHAEFER, C. E. R.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. Effects of weed control on physical and micropedological properties of Brazilian Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 731–741, jul./set. 1998.
- FERRERO, A.; USOWICZ, B. LIPIEC, J. Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 127-138, Dec. 2005.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, São Carlos, SP: UFSCAR, 2000. p. 255-258.
- GYSI, M. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy Wheel traffic Switzerland: Field data and a critical state soil mechanics model approach. *Soil Till. Res.*, 61:133-142, 2001.
- GUPTA, S.C. & ALLMARAS, R.R. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. *Adv. Soil Sci.*, 6:5-10, 1987.
- KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical, end chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A.(Eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: SSSA, 1994. Cap. 1, p.53-71. (Special. Publication, 35).

- KLEIN, V. A & LIBORD, L.P. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo Viçosa (MG), V.26, N.4. P.857-867, 2002.
- KIEHL, E.L. Manual de edafologia. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.
- MEDCALF J.C. Estudos preliminares sobre aplicação de cobertura morta em cafeeiros novos do Brasil. New York, IBEC/Research Institute, 1956. 59 p.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó. Editora Gráfica Metrópole, 1991. 337 p.
- RADFORD, B.J.; YULE, D. F.; MCGARRY, D.; PLAYFORD, C. Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatment. Soil Tillage Research, Amsterdam, v. 61, n. 3/4, p. 155-170, 2001.
- SILVA, C. L. da; KATO, E. Efeito de Selamento Superficial na Condutividade Hidráulica Saturada da Superfície de um Solo Sob Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília-DF, v. 32, n. 2, p. 213-220, fev. 1997.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. Statistical methods. 8. ed. Ames, 1989. TAYLOR, H.M. Effects of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. In: BARNES, K. K; CARLETON, W. M.; TAYLOR, H. M; THROCKMORTON, R. I. & VANDENBERG, G. E. Compaction of agricultural soils. St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1948. p.292- 305. (Monograph)
- TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.
- USDA (United States Department of Agriculture). Soil Quality Test. 2001.
- VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLAKE, C. A. Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1965.