

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEIRO CONILON SOB CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL¹

Fábio Luiz Partelli²; Romano Roberto Valicheski³, Ivoney Gontijo²; Henrique Duarte Vieira⁴; Claudio Marciano⁴;

¹ Trabalho apoiado pela UFES e UENF.

² Professor, D.Sc., do CEUNES/UFES, São Mateus-ES, partelli@yahoo.com.br

³ Professor, D.Sc., Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul, Rio do Sul-SC, romano@ifc-riodosul.edu.br

⁴ Professor, D.Sc., do CCTA/UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, henrique@uenf.br

RESUMO: O cultivo de *Coffea* sp. utilizando o manejo convencional e orgânico abrange grandes áreas, entretanto, há falta de informação sobre a sustentabilidade dessas formas de cultivo. Objetivou-se avaliar as características físicas do solo cultivado com cafeeiros Conilon (*C. canephora*) em manejo orgânico e convencional. Foram selecionadas duas áreas cultivadas com café Conilon (manejo orgânico e convencional) e uma área de fragmento de mata Atlântica, utilizada como referência. Realizou-se análise granulométrica, curva de retenção, resistência à penetração em diferentes tensões de água, porosidade, intervalo hídrico ótimo dentre outras características físicas do solo, na profundidade de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Realizou-se, análise descritiva das variáveis de estudo através da estimação da média e erro padrão da média. O solo cultivado com café Conilon sob manejo orgânico apresentou melhor qualidade física solo e maior proximidade com fragmento de mata Atlântica comparado ao solo de café convencional. Os atributos físicos do solo variaram conforme a profundidade. A não utilização de máquinas e adição de matéria orgânica podem ser os principais motivos pela melhor sustentabilidade do solo manejado de forma orgânica e pela sua maior similaridade com o solo da mata Atlântica.

Palavras chaves: *Coffea canephora*, café sustentável, resistência à penetração, intervalo hídrico.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES FOR ORGANIC AND CONVENTIONAL CONILON COFFEE PLANTATION

ABSTRACT: The cultivation of *Coffea* sp. under conventional and organic management covers many areas; however, there is no information about sustainability of these cultivation forms. The purpose of this work was to analyze the soil physical attributes cultivated with Conilon coffee (*Coffea canephora*) under organic and conventional management. Two areas cultivated with Conilon coffee (organic and conventional management systems) was selected, one are with fragment of Atlantic forest, used as reference. The following soil properties were analyzed as soil particle size analysis, soil water retention curve, penetration resistance in different water tension, soil porosity, least limiting water range among other soil physical characteristics. Soil samples in depths 0-10 and 10-20 cm were collected. Descriptive statistics were made by estimating the average and standard error. The soil cultivated with Conilon coffee under organic management showed better soil physical quality and higher more like with fragment of Atlantic forest when compared with conventional management. The soil physical properties varied according to depth. A lack of machines and the organic matter addiction can be the mainly reasons for the higher soil sustainability in soil organic management and its greater similarity to the soil of Atlantic forest.

Key words: *Coffea canephora*, sustainable coffee, soil penetration resistance, least limiting water range.

INTRODUÇÃO

A agricultura convencional trouxe muito progresso para a Ciência Agrônômica em termos de conhecimentos e de produtividade a curto prazo, entretanto, o uso inadequado dessa tecnologia tem ocasionado degradação do solo e do ambiente (Oliveira et al., 2003; Carneiro et al., 2004). A agricultura convencional também requer maior consumo de energia fóssil, principalmente pelo alto consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas (Castellini et al., 2006; Gündoğmuş, 2006), e contribui para o efeito estufa através do aumento da liberação de CO₂ para atmosfera (Kaltsas et al., 2007), colocando em cheque a sobrevivência deste modelo de desenvolvimento. Nesse contexto, uma agricultura mais sustentável, com adoção de práticas conservacionistas, desponta como alternativa para mitigar parte desses problemas.

O cultivo de *Coffea* sp., utilizando o manejo convencional, ocorre na maioria das áreas cafeeiras do Brasil, entretanto, o manejo orgânico tem crescido, criando um novo nicho de mercado muito peculiar de cafês especiais, o nicho dos “cafês orgânicos”. Essa forma de produção pode ser favorecida pela existência de um mercado disposto a pagar maior valor pelo produto e enquadramento no “mercado justo”. Contudo, possui limitações, como custo de certificação, falta de profissionais e pesquisas específicas para o manejo da cultura, dificuldades em substituir a adubação e em obtenção de melhores preços (Partelli et al., 2006b).

O conhecimento da qualidade física do solo é relevante para a adequação do manejo adotado e para o sucesso

da agricultura, uma vez que tais características físicas são influenciadas pelo manejo adotado (Carneiro et al., 2009). Estas influenciam o volume e a geometria do espaço poroso, determina a resistência mecânica, o armazenamento e movimento de água no solo afetando, conseqüentemente, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Souza et al., 2006).

O comportamento hidrodinâmico do solo também pode contribuir para uma melhor adequação das práticas de manejo. Ela é altamente dependente do conteúdo de água no solo, sendo que seu valor decresce acentuadamente com a diminuição da umidade. Para solos saturados, sua magnitude é determinada principalmente pela quantidade e continuidade dos macroporos presentes. Considerando que o volume os macroporos é prontamente reduzido quando ocorre a compactação do solo, pode-se esperar que a condutividade hidráulica seja também diminuída. A criação de canais de fluxo preferencial de água pela fauna do solo ou pelo sistema radicular das plantas, ou sua interrupção em função do preparo do solo, são exemplos de como os sistemas de manejo podem interferir na continuidade dos macroporos e, por conseqüência, modificar a condutividade hidráulica do solo saturado (Beutler et al., 2003).

O sistema radicular das plantas apresenta características diferenciadas de acordo com a espécie, variedade, idade da planta, densidade de plantio, ataque de pragas ou doenças, textura e estrutura de solo, entre outros aspectos (Lynch, 1995). Assim, o conhecimento de características físicas do solo apresenta grande importância, uma vez que influencia direta e indiretamente o desenvolvimento do sistema radicular, principalmente em profundidade o que, conseqüentemente influenciará a produtividade da planta, bem como tolerância a déficit hídrico ou outros estresses.

Um conhecimento interdisciplinar que permita integrar os diversos componentes de um agrossistema (solo - planta - ambiente) é importante para melhor entender os fatores que estão relacionados à produtividade e ao manejo dos cafeeiros orgânicos e convencionais. Assim, no presente trabalho teve-se por objetivo avaliar as várias características físicas do solo cultivado com cafeeiros Conilon (*C. canephora*) em manejo orgânico e convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Jaguaré, Estado do Espírito Santo - Brasil, localizado a uma altitude de, aproximadamente, 80 m com coordenadas 18° latitude Sul e 40° longitude Oeste. A região é caracterizada pelo clima tropical, com verão quente e úmido e inverno seco. A precipitação anual média é de 1200 mm e a temperatura nos meses mais frios é superior a 12°C, e nos meses mais quentes, inferior a 34°C (Incaper, 2009).

Foram selecionadas duas áreas cultivadas com *Coffea canephora* cv. Conilon (manejo orgânico e convencional) e outra área de fragmento de mata Atlântica, sendo utilizada como referência. A área de fragmento de mata Atlântica não sofreu queimada nos últimos 25 anos, mas há 15 anos foram retiradas árvores de valor comercial.

A área de café orgânico caracterizava-se por ser certificada desde o plantio, como regulamentado em lei brasileira (Brasil, 2003). A lavoura com 8 anos de idade foi implantada com mudas de estacas, conduzida com aproximadamente 20.000 hastes ortotrópicas ha⁻¹, irrigada por gotejamento, com produtividade de 50 sacas ha⁻¹ em 2005 e em 2006. Em nenhum momento foi aplicado calcário no solo, sendo que no plantio aplicou-se 30g de rocha moída fonte de micronutrientes por planta e, aos 5 anos de idade, utilizou-se 2 toneladas de agrosílico. Ao longo de todos os anos, do plantio até os 6 anos de idade, foi realizada adubação com 4 a 5 kg por planta de esterco de gado misturado com palha de café. Nos últimos anos, o cafeeiro foi adubado duas vezes por ano com esterco bovino e com turfa líquida. O controle fitossanitário foi realizado com caldas específicas, permitidas pela Lei que dispõe sobre a agricultura orgânica. Antes do plantio do café, a área era ocupada por capoeira.

A área do cafeeiro sob manejo convencional com 9 anos de cultivo, proveniente de mudas de estacas, apresentava, aproximadamente, 20.000 hastes ortotrópicas ha⁻¹, produtividade de 60 sacas em 2005 e em 2006. A lavoura recebeu aplicação de 4 litros de palha de café decomposta aos 6 anos de idade. Há dois anos, foram adicionadas duas toneladas de calcário ha⁻¹. No ano anterior à coleta de amostras do solo e folhas, foram adicionadas ao solo 4 aplicações de 150 g cada, de nitrogênio, fósforo e potássio (25, 05, 20%, respectivamente) e foi feita uma capina manual e duas capinas com aplicação de herbicidas e uma pulverização com fungicida composto por epoxiconazole e piraclostrobina, aplicadas com trator. A lavoura é irrigada por gotejamento e, quando nova, utilizava-se enxada rotativa para limpeza das plantas espontâneas da lavoura. Antes do plantio do café a área era ocupada por capoeira e pastagem.

As áreas de estudo foram divididas em quatro talhões de, aproximadamente, 5.000m² cada, representando quatro repetições. As amostras foram coletadas nas camadas de zero a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade, sendo coletadas na projeção da copa do cafeeiro e no fraguimento de mata Atlantica em condições de microrelevo similar aos pontos da área cultivada. Foram retiradas amostras compostas de solo, proveniente de 12 coletas simples, retiradas com trado tipo sonda para análise granulométrica e de matéria orgânica. Definiu-se um ponto representativo para a coleta das análises indeformadas.

A análise granulométrica foi realizada por meio de pipeta, de matéria orgânica por oxidação úmida, da matéria orgânica por calorimetria e a densidade de partícula pelo método do balão volumétrico com álcool (Embrapa, 1997).

Amostras indeformadas de solo foram retiradas utilizando-se trado tipo Uhlund. Foram coletadas seis amostras em anéis volumétricos de 100 mL e três amostras em anéis volumétricos de 300 mL. As amostras foram embaladas em papel alumínio, acondicionadas em sacolas plásticas e levadas ao laboratório para preparo (adequação do volume e fixação tecido de náilon na base do anel).

As amostras de 300 mL foram utilizadas para a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (K_s), pelo método do permeâmetro de carga constante, aplicando-se a equação de Darcy.

As amostras de 100 mL foram utilizadas para a determinação da curva de retenção de água, conforme Silva et al. (1994), com oito pontos de equilíbrio, sendo quatro obtidos em funis de placa porosa (tensões de 0,01; 0,03; 0,06 e 0,10 BAR) e quatro em câmaras de pressão de Richards (tensões de 0,33; 0,10; 0,50 e 15 BAR). Como havia seis amostras, duas delas foram utilizadas para a obtenção de dois pontos de equilíbrio. A massa de água retida na amostra foi obtida pela diferença entre os pesos da amostra úmida e seca em estufa a 105-110 °C por 48 horas. Os valores de umidade (θ , $m^3 m^{-3}$) foram obtidos pelo quociente entre o volume de água retido (divisão a massa e a densidade de água - assumida como 1 $Mg m^{-3}$) e o volume da amostra (correspondente ao volume do anel).

Para as amostras submetidas às tensões 0,1, 0,33, 1,0, 5,0 e 15,0 BAR, determinou-se, ainda, a resistência à penetração (RP) no momento do equilíbrio, havendo, portanto, um gradiente de umidade entre as amostras. Para isso utilizou-se um aparelho universal para ensaios de compressão (Instron 5582[®]), com coleta automática de dados e velocidade de penetração ajustada para 10 $mm min^{-1}$. Na base de uma célula de carga de capacidade de força de 1 kN foi afixado um cone metálico com semi-ângulo de 30° e base de 6,35 mm de diâmetro e 31,8 mm^2 de área. As resistências foram identificadas pelo conjunto célula de carga-cone metálico, cujos sinais foram armazenados no microcomputador com interface, sendo uma leitura por segundo. A resistência à penetração foi obtida como uma força (N) e transformada para pressão (MPa) dividindo-se o valor da força aplicada pela área da base do cone. Calculou-se a média aritmética dos valores de RP entre 10 e 40 mm, valor este considerado representativo da amostra e tensão avaliada. Somente após este ensaio, as amostras foram levadas à estufa para determinação de sua massa seca.

Foram determinadas a densidade do solo, porosidade total, macro-porosidade, micro-porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, condutividade hidráulica do solo saturado KSAT ($cm h^{-1}$), RP 0,1, 0,33, 1, 5 e 15 = resistência a penetração a 0,1 BAR, 0,33 BAR, 1 BAR, 5 BAR e 15 BAR, respectivamente e intervalo hídrico ótimo IHO ($m^3 m^{-3}$). Foi calculada também a quantidade de água disponível AD ($m^3 m^{-3}$), que é obtida por diferença entre o teor de água do solo na capacidade de campo (θ_{cc}) e no ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), conforme a equação, $[AD = \theta_{cc} (0,06 \text{ BAR}) - \theta_{pmp} (15 \text{ BAR})]$.

Realizou-se, análise descritiva das variáveis de estudo através da estimação da média e erro padrão da média, uma vez que os dados não seguem o princípio da casualização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a composição granulométrica dos solos das áreas estudadas e nas distintas camadas foi similar, apresentando textura franco argilo arenoso (Tabela 1), o que permite inferir que as principais diferenças físicas apresentadas no decorrer do trabalho devem-se a outros fatores. Contudo, a concentração de matéria orgânica foi maior na mata, seguido pelo cultivo de café orgânico, em comparação ao cultivo de café convencional (228% e 137%, respectivamente), já que nessas áreas ocorre constante renovação de restos vegetais (mata) e são adicionados insumos orgânicos periodicamente.

Tabela 1. Composição granulométrica e matéria orgânica do solo cultivado com café convencional e orgânico e fraguimento de mata Atlântica em duas profundidades. Jaguaré, Espírito Santo - Brasil.

Área	Profundidade (m)	Areia grossa Areia fina Silte Argila				Matéria orgânica ($mg g^{-1}$)
		----- ($g kg^{-1}$) -----				
Café convencional	0,00-0,10	44,8	21,8	4,50	29,0	1,27
Erro padrão médio		1,03	0,63	0,87	0,00	0,16
Café convencional	0,10-0,20	44,8	20,5	5,25	29,5	0,89
Erro padrão médio		1,65	0,29	1,18	0,96	0,16
Café orgânico	0,00-0,10	40,2	21,5	12,8	25,5	1,74
Erro padrão médio		2,02	0,29	1,11	1,71	0,17
Café orgânico	0,10-0,20	39,8	21,2	12,0	27,0	1,41
Erro padrão médio		1,75	0,25	0,91	1,73	0,18
Mata Atlântica	0,00-0,10	51,8	21,8	5,25	21,2	2,89
Erro padrão médio		1,89	0,75	0,63	1,03	0,47
Mata Atlântica	0,10-0,20	46,5	21,5	7,00	25,0	1,41
Erro padrão médio		0,64	0,87	0,41	1,22	0,18

Os resultados nesse trabalho, associados aos obtidos por Partelli (2008), por intermédio de análise multivariada e baseado nas características químicas e microbiológicas do solo, indicam certa divergência entre os manejos de café orgânico e convencional e uma maior proximidade do manejo do café Conilon orgânico com o fragmento de mata Atlântica de referência. Entretanto, alguma características avaliadas praticamente não apresentaram diferenças, corroborando com Costa et al. (2006) ao estudar cultivo convencional e plantio direto e com Theodoro et al. (2003ab) ao avaliar solo da mata e o solo de lavoura de café Arábica (*C. arabica*), sob manejo orgânico e convencional.

Nota-se que o solo cultivado sob manejo convencional encontra-se mais compactado, comparado ao manejo

orgânico, nas distintas umidades do solo (Tabela 2) com a menor umidade do solo este já inviabilizaria o crescimento de raízes de plantas, uma vez que, segundo Unger e Kaspar (1994), resistência no solo maiores que 4 MPa impede o crescimento sistema radicular. Nesse caso, as plantas de café apresentariam sérios impedimentos de crescimento nas camadas estudadas com déficit hídrico moderado, pois a maior concentração de raízes (comprimento e área superficial por volume de solo) da espécie propagada via seminal ou estaquia, encontra-se na camada superficial, aproximadamente 50% na camada de 0-10 cm e mais de 65% nas camadas de 0-20 cm de solo, ficando o restante nas camadas mais profundas (Partelli et al., 2006a). A redução da densidade das raízes com a profundidade pode ser observada, também, em outras espécies, como demonstrado por Laclau et al. (2001), que estudaram a distribuição espacial de raízes de *Eucalyptus* spp e por Lehmann (2003) ao estudarem raízes de cacau. Na cultura do milho Freddi et al. (2007), relatam que a resistência à penetração provocam alterações no sistema radicular.

Tabela 2. Diversas características físicas do solo cultivado com café convencional e orgânico e fraguimento de mata Atlântica em duas profundidades. Jaguaré, Espírito Santo - Brasil.

Área	Profundidade (m)	Den Mg m ⁻³	PT	Mac	Mic	CC		PMP	AD
						m ³ m ⁻³			
Café convencional	0,00-0,10	1,591	0,415	0,177	0,236	0,213	0,148	0,065	
Erro padrão médio		0,019	0,007	0,011	0,010	0,009	0,008	0,009	
Café convencional	0,10-0,20	1,581	0,423	0,184	0,234	0,207	0,161	0,046	
Erro padrão médio		0,021	0,008	0,005	0,009	0,008	0,007	0,014	
Café orgânico	0,00-0,10	1,402	0,473	0,219	0,254	0,233	0,168	0,065	
Erro padrão médio		0,037	0,014	0,011	0,010	0,010	0,006	0,014	
Café orgânico	0,10-0,20	1,501	0,448	0,200	0,246	0,227	0,153	0,073	
Erro padrão médio		0,011	0,004	0,009	0,006	0,007	0,011	0,006	
Mata Atlântica	0,00-0,10	1,296	0,505	0,325	0,180	0,155	0,110	0,045	
Erro padrão médio		0,027	0,010	0,012	0,009	0,009	0,011	0,007	
Mata Atlântica	0,10-0,20	1,446	0,476	0,249	0,227	0,201	0,146	0,055	
Erro padrão médio		0,057	0,021	0,029	0,013	0,014	0,015	0,005	
Área	Profundidade (m)	RP 0,1	RP 0,33	RP 1	RP 5	RP 15	IHO	KSAT	
		MPa					m ³ m ⁻³	cm h ⁻¹	
Café convencional	0,00-0,10	1,897	4,643	5,558	15,41	19,21	0,000	332,3	
Erro padrão médio		0,305	0,723	0,560	1,596	2,360	0,000	95,57	
Café convencional	0,10-0,20	1,940	4,671	4,878	12,01	19,05	0,001	204,5	
Erro padrão médio		0,166	0,508	0,023	1,534	2,009	0,001	85,53	
Café orgânico	0,00-0,10	1,168	1,503	3,040	4,034	5,730	0,042	1162	
Erro padrão médio		0,153	0,416	0,697	0,844	0,569	0,011	451,6	
Café orgânico	0,10-0,20	1,371	2,741	3,104	7,042	8,314	0,024	499,7	
Erro padrão médio		0,142	0,391	0,803	0,692	2,321	0,014	166,8	
Mata Atlântica	0,00-0,10	0,227	0,370	0,822	1,295	1,805	0,045	2013	
Erro padrão médio		0,053	0,102	0,117	0,318	0,220	0,008	436,7	
Mata Atlântica	0,10-0,20	1,140	1,724	2,016	9,612	9,455	0,035	768,3	
Erro padrão médio		0,337	0,468	0,578	3,207	3,207	0,014	147,5	

Nota: Den = densidade, PT = porosidade total, Mac = macro-porosidade, Mic = micro-porosidade, CC = capacidade de campo, PMP = ponto de murcha permanente, AD = água disponível, KSAT = condutividade hidráulica do solo saturado, RP 0,1, 0,33, 1, 5 e 15 = resistência a penetração a 0,1 BAR, 0,33 BAR, 1 BAR, 5 BAR e 15 BAR, respectivamente e IHO = intervalo hídrico ótimo.

Comparando os dois sistemas de cultivo, sugere-se que a estrutura física do solo do café orgânico encontra-se mais sustentável, o que pode estar associado, além de outros fatores, à menor utilização de máquinas e revolvimento do solo, uma vez que tais práticas proporcionam compactação e perdas das qualidades físicas do solo (Freddi et al., 2007, Fidalski et al., 2009). Outro fator que pode estar influenciando positivamente as qualidades físicas do solo seria a maior concentração de matéria orgânica (Tabela 1), pois representa um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de materiais orgânicos de diversa natureza e formas e, pela sua transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos. Está influencia a retenção de cátions, estabilidade da estrutura do solo, infiltração e retenção de água, aeração do solo, proteção de microrganismos e fornecimento de nutrientes para as espécies vegetais (Balesdent et al., 2000; Graham et al., 2002; Dufranc et al., 2004).

CONCLUSÕES

O solo cultivado com café Conilon sob manejo orgânico apresenta melhores atributos físicos, comparados ao sistema convencional.

A não utilização de máquinas e adição de matéria orgânica podem ser os principais motivos pela melhor sustentabilidade do solo manejado de forma orgânica e pela sua maior similaridade com o solo da mata Atlântica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALESDENT, J., CHENU, C., BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, 53: 215-230, 2000.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Influência da compactação e do cultivo de soja nos atributos físicos e na condutividade hidráulica em Latossolo Vermelho. *Irriga*, 3:242-249. 2003.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil Sub-chefia de Assuntos Jurídicos. Lei nº 10831 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 de dezembro de 2003.
- CARNEIRO, M. A. C., SOUZA, E. D., REIS, E. F., PEREIRA, H. S., AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.
- CARNEIRO, R. G., MENDES, I. de C., LOVATO, P. E., CARVALHO, A. M. de, VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo de fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39: 661-669, 2003.
- CASTELLINI, C., BASTIANONI, S., GRANAI, C., DAL BOSCO, A., BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 114: 343-350, 2006.
- COSTA, E. A., GOEDERT, W. J., SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 1185-1191, 2006.
- DUFRANC, G., DECHEN, C. F., FREITAS, S. S., CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 505-517, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos **Manual e Métodos de análise de solos**, 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FIDALSKI, J., BARBOSA, G. M. C., AULER, P. A. M., PAVAN, M. A., BERALDO, J. M. G. Qualidade física do solo sob sistemas de preparo e cobertura morta em pomar de laranja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44: 76-83, 2009.
- FREDDI, O. S., CENTURION, J. F., BEUTLER, A. N., ARATANI, R. G., LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:627-636, 2007.
- GRABLE, A.R., SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 32: 180-186, 1968.
- GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, 34: 93-102, 2002.
- GÜNDOĞMUŞ, E. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. **Energy Conversion and Management**, 47: 3351-3359, 2006.
- INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (2009). **Caraterização climática do município de Jaguaré**. Disponível em: http://siag.incaper.es.gov.br/jaguare_carac.htm. Acesso em: 16 abril ab de 2011.
- KALTSAS, A. M., MAMOLOS, A. P., TSATSARELIS, C. A., NANOS, G. d., KALBURTJI, k. L. Energy budget in organic and conventional olive groves. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 122: 243-251, 2007.
- LACLAU, J.P., ARNAUD, M., BOUILLET, J. P., RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, 21: 129-136, 2001.
- LEHMANN, J. Subsoil root activity in tree-based cropping systems. **Plant and Soil**, 255: 319-331, 2003.
- LYNCH, L. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, 109: 7-13, 1995.
- OLIVEIRA, G. C. de, DIAS JÚNIOR, M. de S., RESCK, D. V. S., CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 291-299, 2003.
- PARTELLI, F. L. **Aspectos microbiológicos, nutricionais, fisiológicos e bioquímicos em cafeeiro**. 2008. 227. Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2008.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., SANTIAGO, A. R., BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 949-954, 2006a.
- PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., SOUZA, P. M., GOLYNSKI, A., PONCIANO, N. J. Perfil socioeconômico dos produtores de café orgânico do norte do Estado do Espírito Santo – satisfação com a atividade e razões de adesão à certificação. **Revista Ceres**, 53: 55-64, 2006b.
- SILVA, A. P. da, KAY, B. D., PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, 58:1775-1781, 1994.

- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; COOPER, M.; PEREIRA, G. T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:487-492, 2006.
- THEODORO, V. C. de A., ALVARENGA, M. I. N., GUIMARÃES, R. J., MOURÃO JÚNIOR, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solos sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**, 25: 147-153, 2003a.
- THEODORO, V. C. de A., ALVARENGA, M. I. N., GUIMARÃES, R. J., SOUZA, C. A. S. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solos sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 1039-1047, 2003b.
- UNGER, P. W., KASPAR, T. C. Soil compaction and root growth: a review. **Agronomy Journal**, 86:759-766, 1994.