

RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM CAFEZAIS CULTIVADOS COM SISTEMA MECANIZADO E MANUAL

Marcos Antonio Zambillo Palma¹, Carlos Eduardo Silva Volpato², Flávio Castro da Silva³,
Pauliane de Souza⁴, Jéssica Aparecida Silva⁵

(Recebido: 18 de junho de 2012; aceito: 19 de abril de 2013)

RESUMO: A mecanização do sistema de colheita do café reduz o custo de produção, porém existe a hipótese de degradação física do solo devido ao aumento considerável do tráfego de máquinas. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a resistência do solo à penetração em dois sistemas de cultivo da lavoura cafeeira e foi desenvolvido no município de Três Corações – MG, numa lavoura dividida em duas glebas: uma onde realizaram-se todos os tratos culturais mecanizados e em outra gleba realizaram-se manualmente. As mensurações foram realizadas com o auxílio de um penetrômetro digital na linha de cultivo, na linha de tráfego e no centro das entrelinhas da cultura. Concluiu-se que o sistema de cultivo mecanizado apresenta maiores valores de resistência do solo à penetração até a profundidade de 0,15 m e menor umidade, quando comparado ao sistema de cultivo manual.

Termos para indexação: Mecanização, compactação do solo, tráfego de máquinas.

SOIL PENETRATION RESISTANCE IN COFFEE PLANTATIONS CULTIVATED WITH MECHANIZED AND MANUAL SYSTEMS

ABSTRACT: *Coffee harvesting mechanization systems reduce production costs, however, there is the chance of soil physical degradation due to considerable increase of machinery traffic. The objective of the present study was to evaluate the soil resistance to penetration in two coffee plantation systems and was developed in the municipality of Tres Corações – MG, in a farming divided in two turfs: one where all of the cultivation treatments were performed mechanically and one other turf where the treatments were performed manually. Measurements were performed with the help of a digital penetrometer in the cultivation line, traffic line and in the center of the cultivation leadings. The conclusion was that the mechanized cultivation system presents greater soil resistance values to penetration down to 0,15m depths and less humidity, when compared to the manual cultivation system.*

Index terms: *Mechanization, soil compression, machinery traffic.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café há 150 anos, com estimativa de produção (arábica e conilon) para a safra 2012 de 50,45 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012; INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2012). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012), a safra de café em grãos brasileira, obtida em 2011, foi de 44,48 milhões de sacas.

Por muitos anos, o gargalo da produção de café foi a mão de obra, pelo seu custo e escassez, principalmente para colheita. Silva, Reinert e Reichert (2000) observaram redução no custo com

a utilização do sistema de colheita mecanizada, em relação ao manual, da ordem de 41 a 50%, para lavouras com produção de 1800 a 2100 L ha⁻¹ de café beneficiado.

Dessa forma, fica evidente que a mecanização da cultura do café apresenta vantagens econômicas e, atualmente, é indispensável no sistema produtivo brasileiro, porém sua introdução maciça pode ocasionar rápida e contínua degradação física do solo (REIS et al., 2007).

A compactação é um processo em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas e a resistência é acrescida, em função de cargas ou pressões aplicadas. Esse processo acarreta diminuição no crescimento e no desenvolvimento radicular, aumenta a densidade do solo, as perdas de nitrogênio por desnitrificação, o consumo de

¹Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - markospalma@gmail.com

²Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - volpato@deg.ufla.br

³Universidade Federal Fluminense/UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente/TER 24.210-240 - Niterói - RJ - flavioengufla@gmail.com

⁴Universidade Vale do Rio Verde/UNINCOR - Departamento de Agronomia - 37410-000 - Três Corações MG - pauliane3c@hotmail.com

⁵Universidade Vale do Rio Verde/UNINCOR - Departamento de Agronomia - 37410-000 - Três Corações MG - jessica.apdsilva@hotmail.com

combustível das máquinas no preparo do solo e a erosão do solo pela menor infiltração de água. Ainda, por diminuir a macroporosidade, a água retida nos microporos permanece sob altas tensões, apresentando baixa disponibilidade para as plantas (ABREU; REICHERT; REINERT, 2004; BOTTA et al., 2008; CUNHA; CASCÃO; REIS, 2009; NAWAZ; BOURRIÉ; TROLARD, 2012; SILVA et al., 2006).

O incremento na densidade do solo e a diminuição no teor de água provocam aumento da resistência à penetração, sendo que maiores teores de água resultam em menores valores da resistência à penetração (CUNHA; VIEIRA; MAGALHÃE, 2002).

Ao realizar um estudo comparando os diferentes métodos de controle de plantas invasoras: capina manual, herbicida de pós-emergência, herbicida de pré-emergência e roçacarpa (nome comercial), associados à enxada rotativa, grade de disco, roçadora e sem capina (testemunha) nas entrelinhas, Santos et al. (2009) concluíram que os métodos de controle: herbicida de pré-emergência, associados à condição sem capina e à roçadora e o método de controle através da capina manual, associada à sem capina, nas entrelinhas, apresentaram maior resistência à compactação.

As operações motomecanizadas utilizadas no manejo das entrelinhas dos pomares, com frequência causam a degradação física do solo, especialmente quando realizadas com o solo úmido e susceptível à compactação (FIDALSKI; TORMENA; SILVA, 2010). Os autores também destacam que a manutenção da cobertura do solo nas entrelinhas do pomar reduziu a compactação do solo e a utilização da gramínea (grama “mato-grosso” ou “grama batatais” com roçadas) proporcionou melhor qualidade física do solo, no pomar de laranja.

O sistema de cultivo de café mecanizado altera as propriedades físicas na posição da linha de tráfego de máquinas, indicadas pelo aumento da densidade do solo e resistência mecânica do solo à penetração e redução do volume total de poros, da macroporosidade e da relação macro/microporosidade, quatro anos após o plantio. Já o sistema manejo adensado e sem mecanização preservaram, de modo geral, as propriedades físicas do solo no período de quatro anos pós-plantio (CARMO et al., 2011).

Ao estudar o efeito do tráfego de um trator de 45 kW de potência e com massa de 2400

kg, tracionando um pulverizador com massa de 2700 kg num pomar de maçã, Draghi et al. (2005) verificaram que a resistência do solo à penetração atinge limites que prejudicam o desenvolvimento da cultura.

Em um estudo visando avaliar o efeito das diferentes texturas na resistência à penetração Assis et al. (2009) avaliaram 4 classes de solos com diferentes teores de areia, silte e argila. Os autores concluíram que a classe textural do solo mostrou-se significativamente influente nos resultados de resistência à penetração, e, os solos mais argilosos apresentaram valores mais elevados de resistência do solo à penetração do que os mais arenosos.

As culturas perenes como a cafeicultura, estão sujeitas ao aumento da resistência do solo à penetração do solo devido a maior frequência de tráfego de máquinas, em virtude da mecanização dos sistemas de cultivo. Dessa forma, é fundamental o estudo das condições físicas do solo, por isso desenvolveu-se este trabalho para comparar a resistência do solo à penetração (RSP) em cafezais cultivados em sistema mecanizado e manual.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em duas glebas de uma lavoura cafeeira situada no município de Três Corações-MG, situada entre as coordenadas 21°46'16" latitude Sul e 45°06'12" longitude Oeste a uma altitude variando entre 855 a 865 metros. Para a realização do trabalho foram considerados dois manejos: sistema de cultivo mecanizado - cultivar Mundo Novo- e sistema de cultivo manual - cultivar Catuaí Amarelo- ambos com seis repetições. Na instalação do experimento a campo foram delimitadas 12 unidades onde 6 foram numa gleba em que se realizam os tratamentos culturais mecanizados e 6 numa gleba vizinha onde se trabalha de forma manual, uma vez que, apenas para a implantação da cultura, realizou-se uma aração à profundidade de 0,25 m, com arado de discos, e uma gradagem com grade niveladora. Ambas as operações foram realizadas com trator Massey Ferguson 265, no ano de 2003.

Para caracterizar a textura do solo realizou-se a amostragem do solo da camada 0-60, em todas as parcelas do respectivo tratamento. Posteriormente, as amostras, de cada gleba, foram homogeneizadas e enviadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras para determinação dos valores.

Nos dois sistemas de cultivo foram realizadas mensurações da RSP com penetrômetro

eletrônico penetrológ® até a profundidade de 0,60 m. Essas mensurações foram subdivididas, na área de cada parcela, sendo realizadas na linha de cultivo entre as plantas (A); na linha de tráfego (B) (1,35 m afastado em relação à linha de plantio onde ocorre o tráfego dos rodados) e no centro das entrelinhas (C) conforme a Figura 1. As unidades experimentais foram demarcadas linearmente de acordo com o sulco de plantio com comprimento de 8 metros (10 plantas), onde foram realizadas três mensurações de cada ponto avaliado.



FIGURA 1 – Linha de Cultivo (A), Linha de Tráfego (B), Entrelinhas (C).

No sistema de cultivo mecanizado, o espaçamento utilizado no plantio foi de 3,80 m entrelinhas e 0,80 m entre plantas. O controle de plantas invasoras foi realizado com roçadoras mecânicas tratorizadas, com média de três a quatro roçadas ao ano, nas entrelinhas. Ainda, realizaram-se pulverizações com micronutrientes e defensivos agrícolas duas vezes ao ano. Todos os implementos utilizados foram acoplados a um trator Massey Ferguson 265 (Potência de 47,807 kW). Para a colheita utilizou-se uma colhedora Jacto K3 Millennium®, a partir do ano de 2008, sendo que o repasse ocorreu de forma manual.

Já na gleba do cafezal cultivado com o sistema manual o espaçamento entre plantas foi de 2,80 m entrelinhas e 0,80 m entre plantas. O controle de plantas invasoras foi realizado com roçadoras manuais costal, com média de três a quatro roçadas ao ano, nas entrelinhas. Também, realizaram-se pulverizações com micronutrientes e defensivos agrícolas duas vezes ao ano, utilizando canhão atomizador montado (reservatório de

400 litros), realizando o trajeto somente nos carregadores a cada 30 m. As adubações ocorreram a lanço e de forma manual. Para a colheita foram utilizadas derriçadoras manuais sendo que o tráfego de máquinas para transporte ocorreu apenas nos carregadores, utilizando o mesmo trator tracionando uma carreta agrícola.

A umidade do solo foi obtida por meio de amostras das duas glebas em camadas de 0,10 m no perfil do solo até a profundidade de 0,60 m, as quais permaneceram em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997). Também foram coletadas três amostras de solo da camada 0 a 0,60 m das duas glebas onde estavam delimitadas as parcelas para caracterização da textura do solo. Ainda foram determinadas as declividades de ambas as glebas com o auxílio de um nível ótico.

Para a análise estatísticas foi utilizado o software Assistat versão 7.6 pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância e, para a análise de correlação, o software SAS v. 8.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas glebas apresentaram declividade entre 6 a 10%. A análise de textura do solo apresentou os valores 460, 170 e 370 g kg⁻¹ para areia, silte e argila, respectivamente, (classe textural argila arenosa) na gleba mecanizada. Os valores para gleba com cultivo manual foram 360, 150 e 490 g kg⁻¹ para areia, silte e argila, respectivamente (classe textural argilosa). Segundo Torres e Saraiva (1999), a resistência à penetração é menor nos solos arenosos e menos coesivos e maiores nos solos argilosos de alta coesão.

A umidade do solo foi menor no sistema mecanizado, exceto na camada 0,10 a 0,20 m da linha de cultivo e na camada 0,4 a 0,5 da linha de tráfego, onde os valores foram semelhantes entre os dois sistemas de cultivo (Tabela 1). Tal fator explica-se pela diferença de textura entre os solos das duas glebas, visto que Silva et al. (2000) afirmam que solos argilosos retêm mais umidade e por um período maior, necessitando de maiores cuidados com a umidade do solo nas práticas de preparo do solo e tráfego de máquinas para reduzir os riscos de compactação. Além disso, no sistema de cultivo manual o espaçamento entre plantas é menor o que resulta em um plantio mais adensado, contribuindo para o sombreamento do solo.

Ao se analisar a umidade no perfil do solo estudado foi possível observar que apenas na linha de cultivo (camada 0,10 – 0,20) do sistema mecanizado essa apresentou maior valor.

A linha de tráfego do sistema de cultivo mecanizado apresentou os maiores valores de RSP, até a profundidade de 0,15 m (Tabela 2) devido à compactação resultante do tráfego das máquinas, tanto para colheita como na condução da cultura. Bergamin et al. (2010) encontraram alterações na resistência do solo submetido ao tráfego de máquinas, no sistema de semeadura direta até a profundidade de 0,10 m. A verificação de maior resistência do solo até maiores profundidade em

relação a culturas anuais, justifica-se pelo tráfego de máquinas ocorrer sempre paralelo à linha de plantio da cultura.

Na camada de solo entre 0,15-0,25 m os maiores valores de RSP foram encontrados na linha de tráfego, em ambos os sistemas de cultivo e nas entrelinhas do sistema de cultivo manual (Tabela 2). No sistema de cultivo manual, o tráfego de pessoas não é concentrado na linha de tráfego por isso ocorre essa maior compactação nas entrelinhas. Ainda esse fator pode estar ligado ao fenômeno conhecido como “pé de arado” ocasionado pela aração no momento da implantação da cultura. Além disso, os teores de

TABELA 1 – Umidade do solo (kg kg^{-1}) obtida nos três pontos amostrados de cada sistema de cultivo.

Camadas (m)	Mecanizado			Manual		
	Linha de Cultivo	Linha de Tráfego	Entrelinhas	Linha de Cultivo	Linha de Tráfego	Entrelinhas
0 – 0,10	0,15 bB	0,15 aB	0,15 aB	0,20 aA	0,19 aA	0,22 aA
0,1 – 0,2	0,19 aB	0,13 aC	0,15 aC	0,20 aB	0,23 aA	0,21 aA
0,2 – 0,3	0,13 bC	0,16 aB	0,15 aB	0,22 aA	0,21 aA	0,20 aA
0,3 – 0,4	0,16 bB	0,16 aB	0,12 aC	0,21 aA	0,22 aA	0,22 aA
0,4 – 0,5	0,13 bB	0,17 aA	0,13 aB	0,19 aA	0,19 aA	0,20 aA
0,5 – 0,6	0,15 bB	0,16 aB	0,16 aB	0,20 aA	0,20 aA	0,21 aA

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 2 – Resistência à penetração do solo (MPa) obtida nos três pontos amostrados de cada sistema de cultivo.

Camadas (m)	Mecanizado			Manual		
	Linha de Cultivo	Linha de Tráfego	Entrelinhas	Linha de Cultivo	Linha de Tráfego	Entrelinhas
0 – 0,05	0,47 dB	2,26 bA	0,59 cB	0,42 bB	0,53 cB	0,59 bB
0,05 – 0,10	0,75 dC	2,98 aA	1,20 bB	0,75 bC	1,27 bB	1,30 aB
0,10 – 0,15	0,74 dC	1,96 bA	1,11 bC	0,75 bC	1,47 bB	1,47 aB
0,15 – 0,20	0,85 dB	1,88 bA	1,15 bB	0,81 bB	1,50 bA	1,55 aA
0,20 – 0,25	1,38 cB	2,04 bA	1,42 bB	1,19 aB	1,64 bA	1,71 aA
0,25 – 0,30	1,91 bB	2,32 bA	1,66 aB	1,56 aB	1,79 aB	1,81 aB
0,30 – 0,35	2,38 aA	2,61 aA	2,00 aB	1,70 aB	1,86 aB	1,77 aB
0,35 – 0,40	2,44 aA	2,67 aA	1,93 aB	1,66 aB	1,73 aB	1,94 aB
0,40 – 0,45	2,42 aA	2,53 aA	1,97 aB	1,74 aB	1,82 aB	1,91 aB
0,45 – 0,50	2,61 aA	2,62 aA	1,99 aB	1,63 aB	1,97 aB	1,79 aB
0,50 – 0,55	2,71 aA	2,70 aA	1,90 aB	1,66 aB	1,98 aB	1,81 aB
0,55 – 0,60	2,67 aA	2,77 aA	1,81 aB	1,64 aB	1,95 aB	1,77 aB

Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

argila são maiores no sistema de cultivo manual. Resultados semelhantes foram encontrados por Assis et al. (2009) e Silva et al. (2000), em que os valores de RSP foram maiores em solos argilosos.

A camada entre 0,25 e 0,30 m apresentou a maior RSP na linha de tráfego do sistema mecanizado. Para camadas mais profundas, os maiores valores observados foram no sistema de cultivo mecanizado na linha de cultivo e na linha de tráfego de máquinas onde apresentaram-se semelhantes e superiores aos demais (Tabela 2). Assis et al. (2009) concluíram que, solos com maiores teores de argila resultam em elevados valores de resistência à penetração, o tráfego de máquinas apresentou maior influência visto que, mesmo em solo com menor teor de argila, apresentou maior resistência.

Na análise de correlação da RSP com as variáveis: camada, local e umidade do solo a cada 0,05 m, observa-se que houve correlação positiva significativa ($P < 0,01$) entre a camada do solo nos dois sistemas de cultivo (Tabela 3) porque os maiores valores de RSP foram encontrados em camadas mais profundas, inclusive na linha de tráfego do sistema de cultivo mecanizado.

Analisando o local da amostragem observa-se que a correlação ocorreu significativamente ($P < 0,01$), apenas no sistema manual. Tal fato pode ser explicado devido ao sistema mecanizado em que os rodados de tratores e colhedoras trafegaram próximo às plantas (linha de cultivo),

não havendo este tráfego na região central das entrelinhas. Já no sistema manual ocorre fluxo de pessoas e equipamentos por todo o espaço das entrelinhas de cafeeiros. A variável umidade do solo não apresentou correlação significativa nos dois sistemas de cultivo uma vez que o tráfego de máquinas teve maior influência na RSP do que a umidade.

Na análise correlação entre a RSP, nos três locais de amostragem com as variáveis camadas, sistemas de cultivo e umidade do solo, observa-se que houve correlação positiva significativa ($P < 0,01$) na camada de coleta dos dados nos três locais de amostragem (Tabela 4).

Para a variável sistema de cultivo houve correlação negativa significativa ($P < 0,01$) apenas nos locais de amostragem da linha de cultivo e na linha de tráfego não apresentando correlação significativa para coletas realizadas no centro das entrelinhas devido aos valores serem menores (Tabela 4). Para a variável umidade do solo observa-se correlação negativa significativa ($P < 0,01$) para o local amostrado na linha de tráfego, ou seja, no sistema mecanizado e com o solo apresentando maior umidade é facilitada a compactação do solo o que irá acarretar na maior RSP. Já para a linha de cultivo e centro das entrelinhas não houve correlação significativa nos dois sistemas de cultivo. Para a linha de cultivo, o próprio desenvolvimento do sistema radicular da planta impede/diminui a RSP; já nas entrelinhas

TABELA 3 – Correlação entre a resistência do solo à penetração nos dois sistemas de cultivo com as variáveis camadas, local de amostragem e umidade do solo.

Variáveis Analisadas	Tratamentos	
	Mecanizado	Manual
Camada	0,54877**	0,67055**
Local	-0,10876	0,26389**
Umidade	0,00698	0,08724

** Significativo a 1%.

TABELA 4 – Correlação entre a Resistência Mecânica do Solo a Penetração nos três locais de amostragem com as variáveis camadas, sistemas de cultivo e umidade do solo.

Variáveis Analisadas	Local		
	Linha cultivo	Linha Tráfego	Centro Entrelinhas
Camada	0,76799**	0,34936**	0,66066**
Sistema de Cultivo	-0,30702**	-0,58167**	0,05847
Umidade	0,06449	-0,57110**	0,13685

** Significativo a 1%.

isso se deve à não ocorrência de tráfego dos rodados das máquinas e presença de cobertura vegetal.

4 CONCLUSÕES

O sistema de cultivo mecanizado apresenta maiores valores de resistência mecânica do solo à penetração até a profundidade de 0,15 m, quando comparado ao sistema de cultivo manual.

No sistema de cultivo mecanizado do cafeeiro ocorre maior resistência do solo à penetração até a profundidade de 0,3 m, na linha de tráfego, em relação à linha de cultivo e ao centro das entrelinhas.

O sistema de cultivo manual apresenta resistência mecânica do solo à penetração semelhante na linha de tráfego de pessoas e no centro das entrelinhas e menor na linha de cultivo.

O sistema de cultivo mecanizado apresentou faixas compactadas superficiais na linha do tráfego dos rodados das máquinas.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, maio/jun. 2004.
- ASSIS, R. L. D. et al. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, p. 558-568, out./dez. 2009.
- BERGAMIN, A. C. et al. Compactação em um latossolo vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 681-691, maio/jun. 2010.
- BOTTA, G. F. et al. Soil compaction produced by tractor with radial and cross-ply tyres in two tillage regimes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 101, n. 1, p. 44-51, Sept./Oct. 2008.
- CARMO, D. L. D. et al. Propriedades físicas de um latossolo vermelho-amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 991-998, maio/jun. 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamentos de safra**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- CUNHA, J. P. A. R. D.; CASCÃO, V. N.; REIS, E. F. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 371-375, jul./set. 2009.
- CUNHA, J. P. A. R. D.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 1/4, p. 558-568, jan./dez. 2002.
- DRAGHI, L. et al. Resistência específica do solo de um pomar frutícola relacionada ao manejo entrelinhas e intensidade de tráfego. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, p. 385-394, maio/ago. 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores agropecuários**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201202_5.shtm>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Statistics**. Disponível em: <<http://www.ico.org/historical>>. Acesso em: 13 maio 2012.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SILVA, Á. P. D. Least limiting water range and physical quality of soil under groundcover management systems in citrus. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, p. 448-453, jul./ago. 2010.
- NAWAZ, M.; BOURRIÉ, G.; TROLARD, F. Soil compaction impact and modelling: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 33, n. 2, p. 1-19, Apr. 2012.
- REIS, G. N. et al. Avaliação do desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 228-235, jan./fev. 2007.
- SANTOS, G. A. et al. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo influenciada pelo manejo de plantas invasoras em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 165-177, jul./dez. 2009.

SILVA, A. R. et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-216, set./out. 2006.

SILVA, F. M. et al. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, p. 54-60, 2000.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 795-801, set./out. 2000.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23).