

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA SOB COLHEITA FLORESTAL SEMIMECANIZADA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Huezer Viganô Sperandio¹; Roberto Avelino Cecílio^{2*}

¹ Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Gov. Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro, ES. CEP 29550-000. huezer@gmail.com

² Professor Associado da Universidade Federal do Espírito Santo Av. Gov. Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro, ES. CEP 29550-000. roberto.cecilio@ufes.br

* Autor para correspondência: Roberto Avelino Cecílio, roberto.cecilio@ufes.br

RESUMO: O Estado do Espírito Santo apresenta grande potencial às atividades silviculturais, contudo, o relevo é predominantemente montanhoso, viabilizando assim, no momento da colheita florestal, somente a metodologia semimecanizada. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influencia da colheita semimecanizada nos atributos físicos do solo, em povoamento de eucalipto implantado no município de Santa Teresa, ES. Antes e depois da colheita avaliaram-se os seguintes atributos: granulometria, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e taxa de infiltração estável. Constatou-se que não ocorreu diferença estatística entre os atributos avaliados antes e depois da colheita.

PALAVRAS-CHAVE: eucalipto, qualidade do solo, Latossolo.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN AREA UNDER SEMI-MECHANIZED WOOD HARVESTING AT ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT: Espírito Santo is a State that have enormous potential to forestry activities. However, the mountainous topography frequently allows only semi-mechanized wood harvest. Forestry activities, especially harvest, frequently modifies soil physical attributes. The present paper presents the evaluation of the influence of semi-mechanized wood harvest in soil physical attributes in Eucalyptus plantation at Santa Teresa county. The following attributes were measured before and after wood harvesting: particle size distribution, soil bulk density, soil particles density, soil porosity and infiltration rate. There were no significant differences on the attributes before and after wood harvesting.

KEYWORDS: eucalyptus, soil quality, Latosol.

INTRODUÇÃO

O setor florestal tem assumido grande relevância na cadeia econômica mundial, por ser um dos grandes fornecedores de produtos madeireiros e não-madeireiros para o setor industrial. A grande massa de florestas implantadas consiste em boa alternativa para geração de renda aos produtores rurais, como uma excelente medida, em áreas degradadas, de recuperação do solo e demais recursos naturais e como alternativa de utilização do solo em locais de difícil acesso, nos quais a instalação agricultura moderna é inviável (Carvalho et al., 2005).

Nas últimas décadas, a expressiva expansão dos plantios de *Eucalyptus sp.* foi responsável pela ascensão do Brasil no mercado internacional dos

produtores de celulose. Estudos mostram que tais plantios, sob adequado manejo e, especialmente quando são feitos em áreas anteriormente degradadas, podem trazer benefícios de cunho ambiental relacionados à biodiversidade (Gabriel et al., 2013), à qualidade dos solos (Effgen et al., 2015); ao controle das perdas de solo e água (Silva et al., 2011) e, em algumas vezes, até mesmo ao deflúvio superficial (Salemi et al., 2013) the influence of land-use changes on hydrological processes have yet to be investigated in-depth. To bridge this gap, we studied various features of three small catchments covered by pristine original montane cloud forest, pasture, and eucalyptus for 2years (January 2008-December 2009).

O Espírito Santo possui cerca de 210 mil hectares de florestas plantadas (ABRAF, 2014),

dos quais mais de 50% se encontra em regiões de relevo montanhoso (Canto et al., 2006). Nestes locais existem restrições quanto à utilização de máquinas por ocasião da colheita florestal, empregando-se, desta forma, a técnica de colheita semimecanizada.

A colheita semimecanizada consiste em um método tradicional de exploração florestal, já utilizado antes do processo de industrialização e total mecanização da colheita florestal, em que se utiliza da motosserra como principal mecanismo de corte, desgalhamento e, ou traçamento da árvore (Machado, 2008).

As características físicas solo são diretamente afetadas pelo tipo de manejo a que este é submetido. O sistema de manejo do solo altera as propriedades físicas e mecânicas do solo, com diferentes níveis de compactação, em função da umidade, dos diferentes tipos de solo e da época de realização das operações florestais (Lopes et al., 2006). As operações ocorridas na colheita florestal (derrubada das árvores; arraste, deslizamento ou escorregamento e baldeio das toras), o andar das pessoas, o preparo do solo para rebrota ou o plantio do ciclo seguinte são as formas mais comuns de movimentação durante as operações florestais gerando os mais significativos impactos nos atributos físicos do solo (Machado, 2008). Essas atividades alteram a estrutura e os atributos físico-hídricos do solo, como densidade, porosidade e infiltração, dificultando o crescimento e a distribuição das raízes no solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento das florestas (Dedecek e Gava, 2005).

Estudos relacionados à influência da colheita florestal mecanizada nas propriedades físicas do solo são frequentemente encontrados em literatura (Lopes et al., 2006; Sampietro et al., 2015). Todavia, ainda existe necessidade de se quantificar o impacto da colheita florestal semimecanizada sobre os atributos do solo, visto que seu conhecimento é de fundamental importância para a proposição de práticas de manejo de bacias hidrográficas, o que pode resultar na inclusão de mais essa variável na análise econômica no momento do planejamento e desenvolvimento do manejo de florestas plantadas.

Do exposto, o objetivo deste trabalho

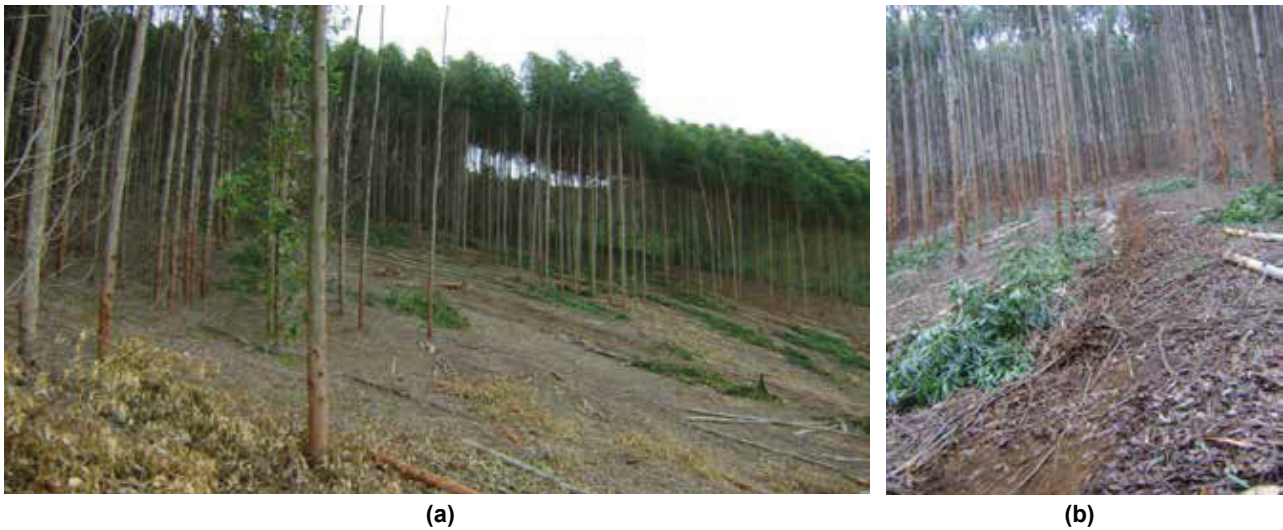
foi avaliar a influência da colheita semimecanizada nas propriedades do solo de uma área declivosa em Santa Teresa, Estado do Espírito Santo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em povoamento florestal no Sítio Boa Vista, localizado em Alto Caldeirão, município de Santa Teresa, Espírito Santo, na bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce. O solo do local, cuja declividade média é igual a 25%, foi caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen é do tipo Cwa, ou seja, tropical de altitude com inverso seco (Alvares et al., 2013).

O povoamento de aproximadamente quatro hectares, era composto pelo híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em espaçamento 3 x 2 metros, apresentando seis anos da implantação (Figura 1a), conduzido visando a extração de madeira para o fornecimento de toras à indústria de celulose. No momento do plantio, não foi realizado nenhum tipo de preparo prévio do solo, o qual consistiu apenas no processo de abertura manual das covas. Durante o ciclo de desenvolvimento, utilizou-se apenas de mão-de-obra manual, sendo o manejo realizado na forma de cultivo mínimo e as práticas silviculturais adotadas consistiram apenas em roçadas, aos 1, 2 e 5 anos de idade. A colheita se deu de forma semimecanizada, com o uso de motosserra para o corte, desgalhamento e traçamento. O sistema de colheita foi o denominado toras curtas, sendo as árvores processadas no local de derrubada, e posteriormente transportadas para a margem da estrada em forma de pequenas toras, com cerca de 2,2 metros de comprimento. No ano de 2010, quando da época de corte, no interior do talhão foram definidas previamente as linhas de corte e arraste das toras (Figura 1b). Nestes locais procedeu-se à coleta de solo, à profundidade entre 0 e 20 cm, e testes in locu, antes e após o processo de colheita do povoamento. A quantidade de amostras foi igual a três, sendo distribuídas homogêneas dentro do povoamento.

Figura 1. Imagens do povoamento do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em Alto Cadeirão, Santa Tereza, Espírito Santo, sendo: a) vista geral no início da colheita florestal; b) Vista da linha de arraste e deslocamento das toras.



As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo, onde se determinaram a granulometria, a densidade do solo, a densidade de partículas e a porosidade total do solo (EMBRAPA, 1997). Cada atributo em análise foi avaliado a partir da realização de três repetições em cada tratamento (antes e após a colheita). No campo foi determinada, por meio do infiltrômetro de anéis concêntricos (Brandão et al., 2006), a taxa de infiltração estável de água no solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, seguido do teste de Tukey à 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste de médias realizado, não ocorreu diferença significativa entre os valores médios encontrados para os atributos avaliados, sendo as médias apresentadas na Tabela 1. O solo, segundo o triângulo de classificação textural (EMBRAPA, 1997), é classificado como franco arenoso.

Tabela 1. Médias dos atributos de qualidade do solo avaliados em povoamentos de Eucalipto estudados em Alto Caldeirão, Santa Teresa – ES, antes e depois da colheita semimecanizada.

Atributo do solo	Antes da colheita	Depois da colheita
Granulometria	Areia (g kg ⁻¹)	682,23 A
	Silte (g kg ⁻¹)	153,41 A
	Argila (g kg ⁻¹)	164,36 A
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,36 A	1,38 A
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	2,66 A	2,67 A
Porosidade total (%)	48,79 A	47,21 A
Taxa de infiltração estável (mm h ⁻¹)	138,4 A	134,24 A

Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas não diferem estatisticamente segundo o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A textura consiste na propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo, sendo este um atributo do solo praticamente permanente. A mudança textural somente ocorre se houver mudança da composição do solo (elementos de sua formação) devido à erosão seletiva ou processos de intemperismo ao longo do tempo, sendo pouco dependente do uso e manejo do solo. Em solos do Espírito Santo, outros trabalhos também verificaram ausência de efeito do uso e manejo do solo sobre a textura (Oliveira et al., 2008), embora tenham encontrado variações quando da ocorrência de erosão seletiva (Lima et al., 2009; Thomazini et al., 2013). Do exposto, justificam-se as diferenças não-significativas observadas neste trabalho,

em que a colheita florestal de forma semimecanizada não influenciou a granulometria do solo.

A densidade do solo tende a sofrer significativa influência da textura, da cobertura vegetal e do manejo instalado no local (Araújo et al., 2012), contudo por ocasião da realização da colheita semimecanizada, não ocorreu nenhuma variação estatística para o teste de médias em relação a este atributo. Os valores médios para o atributo densidade do solo em cada parcela em estudo (antes e após a colheita do povoamento) foi de 1,36 g cm⁻³ e 1,38 g cm⁻³, indicando que o solo do povoamento em estudo encontra-se no estado de compactação, em comparação com o mesmo Latossolo sob diferentes usos (Thomazini et al., 2013). Tal compactação tende a resultar em impactos no ecossistema por meio de danos às árvores remanescentes, prejuízos à capacidade de rebrota das cepas e influência na qualidade dos recursos hídricos, além do prejuízo financeiro ao produtor para recuperação e manejo da área em plantios futuros (Fernandes e Souza, 2003) atualmente, um poderoso instrumento para suprimento das necessidades da indústria agroflorestal, estando presente nos processos de produção, colheita e transporte florestal. Esta utilização intensiva de máquinas pode, entretanto, acarretar danos ao solo, principalmente em termos de compactação, podendo refletir negativamente na produtividade. Tendo em vista a escassez de informações sobre a compactação do solo causada pelas máquinas florestais, o objetivo principal deste trabalho foi a avaliação dos efeitos de compactação do solo causada pelo trator florestal autocarregável (Forwarder).

Para o atributo densidade de partículas, os valores observados encontram-se no intervalo comum de variação deste atributo, o qual varia entre 2,30 a 2,90 g cm⁻³. A densidade de partículas é dependente apenas dos constituintes da fração sólida do solo e determinada pela proporção relativa de material mineral e orgânico e suas respectivas massas específicas (Mendes et al., 2006), ou seja, é irrelevante a influência neste atributo ocasionada pelo manejo do solo e sua cobertura vegetal, como demonstrado também por outros estudos (Campanharo et al., 2009).

A porosidade total é um atributo dependente dos componentes do solo e relacionado à sua densidade.

Os valores de porosidade encontrados no presente estudo não diferiram estatisticamente entre si, sendo equiparados aos descritos para plantios de eucalipto no Espírito Santo (Effgen et al., 2015).

Para a taxa de infiltração estável de água no solo (TIE) não foram encontradas médias significativamente diferentes, como observado na Tabela 1. Essas médias observadas para a TIE, segundo a classificação físico-hídrica (Ottoni Filho, 2003), adequa-se como alta, tanto antes quanto após a realização da colheita, com consequente baixa propensão à geração de escoamento superficial (Pruski et al., 1997). Ressalta-se, que o teste de infiltração foi realizado com o infiltrômetro de anéis concêntricos, e esta metodologia apresenta desvantagens como a relativa desestruturação do solo, pela sua inserção forçada ao mesmo, o que pode não refletir a verdadeira condição do solo, não considerando assim, a possibilidade da existência de selamento superficial e/ou maior adensamento nas camadas superficiais do solo (Brandão et al., 2006), contudo este método é barato, viável e largamente utilizado para esta análise experimental (Pinheiro et al., 2009).

De forma diferente à colheita semimecanizada, a colheita florestal mecanizada tem apresentado tendência a compactação do solo (Dedecek e Gava, 2005; Lopes et al., 2015; Sampietro et al., 2015; Sampietro e Lopes, 2016; Szymczak et al., 2014), sob os mais diversos solos e cultivos florestais. Nos trabalhos citados os incrementos na densidade do solo para áreas sob colheita mecanizada foram da ordem de 10% a 25%, enquanto os decréscimos na porosidade variaram em torno de 25%. Desta forma, percebe-se que a colheita mecanizada, tende a influenciar significativamente a densidade do solo, ocorrendo assim, maior compactação do mesmo, fato não verificado neste estudo por ocasião da colheita semimecanizada, evidenciando os menores impactos no solo decorrentes desta prática adotada em alguns trabalhos silviculturais em povoamentos implantados. Desta forma, observa-se, contudo, pelos atributos avaliados no presente estudo, que a colheita florestal semimecanizada, apesar de toda a movimentação de cargas, deslocamento humano, arraste de toras e queda das árvores, é de menor impacto negativo sobre os atributos físicos do solo quando comparado com estudos em literatura realizados na colheita mecanizada.

Do exposto, conclui-se, com o trabalho apresentado, que a colheita florestal semimecanizada tendeu em não afetar adversamente os atributos físicos do solo avaliados (granulometria, densidade do solo e de partículas, porosidade total, taxa de infiltração estável), podendo ser entendida como uma atividade mitigadora dos impactos negativos desta operação ao solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa, pela concessão do infiltrômetro de anéis concêntricos, ao Laboratório de Física do Solo da UFES, pela disponibilização do espaço para realização das análises de solo e ao CNPq pela concessão de bolsa PQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2014 - ano base 2013. 1. ed. ABRAF: Brasília, DF, 2014; 140pp.

Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **2013**, *22*, 711–728.

Araújo, E.A.; Ker, J.C.; Neves, J.C.L.; Lani, J.L. Qualidade do solo : conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, **2012**, *5*, 187–196.

Brandão, V.S.; Cecílio, R.A.; Pruski, F.F.; Silva, D.D. Infiltração da água no solo, **2006**; 120pp.

Campanharo, W.A.; Sperandio, H.V.; Cecílio, R.A.; Guariz, H.R.; Hollanda, M.P.; Caro, C.F. Qualidade física do solo nas entrelinhas de três diferentes plantios. *Revista Brasileira de Agroecologia*, **2009**, *4*, 2742–2745.

Canto, J.L.; Machado, C.C.; Gontijo, F.M.; Jacovine, L.A.G. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. *Revista Árvore*, **2006**, *30*, 989–997.

Carvalho, R.M.M.A.; Soares, T.S.; Valverde, S.R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. *Ciência Florestal*, **2005**, *15*, 105–118.

Dedecek, R.A.; Gava, J.L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. *Revista Árvore*, **2005**, *29*, 383–390.

Effgen, E.M.; Nappo, M.E.; Mendonça, A.R.; Reis, E.F.; Cecílio, R.A. Physical Attributes of A Dystrophic Red-Yellow Latosol Under Eucalyptus and Pasture Cultures at the South Region of the Espírito Santo State – Brazil. *Revista Árvore*, **2015**, *9*, 39–43.

EMBRAPA. Manual de método e análise de solo. Embrapa: Rio de Janeiro, RJ, **1997**; 212pp.

Fernandes, H.C.; Souza, A.P. Compactação de um latossolo vermelho causada pelo tráfego do “forwarder”. *Revista Árvore*, **2003**, *27*, 279–284.

Gabriel, V.A.; Vasconcelos, A.A.; Lima, E.F.; Cassola, H.; Barretto, K.D.; Brito, M.C. A importância das plantações de eucalipto na conservação da biodiversidade. *Pesquisa Florestal Brasileira*, **2013**, *33*, 1–11.

Lima, J.S.S.; Sattler, M.A.; Xavier, A.C.; Oliveira, R.B.; Passos, R.R.; Oliveira, P.C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. *Ciência Rural*, **2009**, *39*, 2634–2637.

Lopes, E.S.; Oliveira, D.; Rodrigues, C.K.; Drinko, C.H. Compactação de um Solo Submetido ao Tráfego do Harvester e do Forwarder na Colheita de Madeira. *Floresta e Ambiente*, **2015**, *22*, 223–230.

Lopes, S.E.; Fernandes, H.C.; Machado, C.C.; Rinaldi, P.C.N.; Silveira, J.C.M. Compactação de um Latossolo Submetido ao Tráfego do Clambunk. *Scientia Forestalis*, **2006**, *72*, 23–28.

Machado, C.C. Colheita Florestal. 3. ed. Ed. UFV: Viçosa, MG, **2008**; 543pp.

Mendes, F.G.; Melloni, E.G.P.; Melloni, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo de áreas impactadas, em Itajubá/MG. *Cerne*, **2006**, *12*, 211–220.

Oliveira, C.M.; Nappo, M.E.; Passos, R.R.; Mendonça, A.R. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, **2008**, *7*, 1–21.

- Otoni Filho, T.B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2003**, 27, 211–222.
- Pinheiro, A.; Teixeira, L.P.; Kaufmann, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. *Revista Ambiente & Água*, **2009**, 4, 188–199.
- Pruski, F.F.; Ferreira, P.A.; Ramos, M.M.; Cecon, P.R. Model to Design Level Terraces. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, **1997**, 123, 8–12.
- Salemi, L.F.; Groppo, J.D.; Trevisan, R.; Moraes, J.M.; Ferraz, S.F.B.; Villani, J.P.; Duarte-Neto, P.J.; Martinelli, L.A. Land-use change in the Atlantic rainforest region: Consequences for the hydrology of small catchments. *Journal of Hydrology*, **2013**, 499, 100–109.
- Sampietro, J.A.; Lopes, E.S.; Reichert, J.M. Compactação causada pelo tráfego de Feller Buncher e Skidder em um Neossolo Regolítico sob distintas umidades. *Ciência Florestal*, **2015**, 25, 239–248.
- Sampietro, J.A.; Lopes, E.S. Compactação de um cambissolo causada por máquinas de colheita florestal espacializada com geoestatística. *Floresta*, **2016**, 46, 307–314.
- Silva, M.A.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Avanzi, J.C.; Leite, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. *Ciência Florestal*, **2011**, 21, 765–776.
- Szymczak, D.A.; Brun, E.J.; Reinert, D.J.; Frigotto, T.; Mazzalira, C.C.; Lúcio, A.D.; Marafija, J. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. *Revista Árvore*, **2014**, 38, 641–648.
- Thomazini, A.; Azevedo, H.C.A.; Pinheiro, P.L.; Mendonça, E.S. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo de café na região sul do Espírito Santo. *Coffee Science*, **2013**, 8, 450–459.