

**EFEITO DO MÉTODO DE PREPARO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DE
Eucalyptus grandis x *Eucalyptus urophylla* EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO E LATOSSOLO¹**

**EFFECT OF SOIL PREPARATION METHOD IN PRODUCTIVITY OF
Eucalyptus grandis x *Eucalyptus urophylla* IN QUARTZARENIC NEOSOL AND RED OXISOL**

Rodrigo Eiji HAKAMADA^{2,3,4}; Cristiane LEMOS³;
Renato Meulman SILVA³; Clóvis WANDERLEY³

RESUMO – O preparo de solo é uma das práticas mais antigas no cultivo de plantas. Atualmente, a subsolagem é o método mais difundido e utilizado em povoamentos florestais. Apesar disso, poucos estudos apresentam a produtividade madeireira ao final do ciclo em *Eucalyptus* cultivados através da subsolagem comparando-a a métodos de intensidades distintas, como o coveamento e a gradagem pesada. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clonal ao final do ciclo sob diferentes métodos de preparo de solo. Avaliou-se o Incremento Médio Anual, aos 72 meses, em dois tipos de solo representativos de plantios florestais: Neossolo Quartzarênico com 3% de argila e Latossolo Vermelho com 45% de argila. Comparou-se a subsolagem na profundidade de 60 centímetros com o coveamento manual e com a gradagem pesada, que correspondem a preparos menos e mais intensivos, respectivamente. A produtividade madeireira do coveamento aos 72 meses foi 16 e 17% inferior àquela obtida com a subsolagem para o Neossolo Quartzarênico e para o Latossolo Vermelho, respectivamente. Já a gradagem pesada não apresentou diferença de produtividade em relação à subsolagem. Os resultados evidenciam que mesmo em solos arenosos, que possuem baixa susceptibilidade à compactação, a subsolagem deve ser realizada a depender da intensidade de tráfego de máquinas em rotações anteriores. Além disso, com os resultados obtidos se valida a subsolagem como um método adequado de preparo para solos argilosos, não necessitando um método mais intensivo, que proporciona maior risco à erosão e custos mais elevados quando comparado à subsolagem.

Palavras-chave: subsolagem; coveamento; gradagem pesada; eucalipto; solo arenoso; solo argiloso.

ABSTRACT – Soil preparation is one of the oldest practices in the cultivation of plants. Currently, subsoiling is the most widespread and used practice in forest stands in Brazil. Nevertheless, few studies have measured timber productivity at the end of rotation in *Eucalyptus* under soil subsoiling comparing with different methods, such as pitting and disk harrowing. So, the objective of the study was to evaluate the productivity of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* at the end of rotation under different methods of soil preparation. We evaluated the Mean Annual Increment of an *Eucalyptus* plantation 72 months-old in two soil types representative of forest plantations: a Quartzarenic Neosol with 3% clay content and a Red Oxisol with 45% of clay content. Subsoiling with 60 centimeters depth was compared with manual pitting and disc harrowing corresponding to more and less intensity preparation, respectively, the most widely used method to establish *Eucalyptus*. The wood productivity with pitting at 72 months was 16 and 17% lower than that obtained with subsoiling to Neosol and Oxisol, respectively. Disc harrowing showed the same productivity in relation to subsoiling. The results show that even in sandy soils, which have low susceptibility to soil compaction, subsoiling should be performed depending on the traffic intensity of machines in previous rotations. Furthermore, the results obtained consider subsoiling a method of soil preparation enough for the two soil types and does not require a more intensive soil preparation, which provides greater erosion risk and a higher cost when compared to subsoiling.

Keywords: subsoiling; pitting; disk harrowing; eucalypt; sandy soil; clay soil.

¹ Recebido para análise em 03.09.13. Aceito para publicação em 24.01.14. Artigo proveniente do III SIMATEF – Simpósio de Meio Ambiente e Tecnologia Florestal, realizado na UFSCar – campus Sorocaba, no período de 22 a 24 de maio de 2013, Sorocaba, SP, Brasil.

² Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

³ International Paper, Rodovia SP 340, Km 171, 13840-970 Mogi Guaçu, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Rodrigo Eiji Hakamada – rodrigo_hakamada@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O preparo de solo é, talvez, a prática de manejo mais antiga em cultivo de plantas (Galetti, 1998). Desde quando o homem iniciou a produção de alimentos para sua própria subsistência, o uso de ferramentas para o cultivo do solo tem sido largamente empregado com o intuito de aumentar a produtividade da cultura. Esse incremento de produtividade é resultado dos benefícios causados pelo preparo, como a maior aeração, o aumento da porosidade, a infiltração da água no solo e a capacidade de retenção de água (Gonçalves et al., 2000), facilitando o desenvolvimento do sistema radicular (Nyland, 2007), a sobrevivência e o rápido estabelecimento inicial (Evans e Turnbull, 2003).

No setor florestal, a prática de preparo de solo passou por uma revolução nas últimas décadas. Mudou-se de um cultivo intensivo com severas alterações na estrutura física do solo em todo o terreno, através do uso de grades pesadas, para um cultivo mínimo, no qual apenas cerca de um terço da área é preparado e os resíduos são mantidos na entrelinha de plantio (Gonçalves et al., 2000; Gonçalves et al., 2008).

São diversos os benefícios do cultivo mínimo em relação ao cultivo intensivo do solo. O risco à erosão é altamente reduzido quando o preparo ocorre de maneira menos intensiva (Wichert, 2005). O aumento do teor de matéria orgânica ocorre significativamente quando há uma menor movimentação do solo (Gonçalves et al., 2000). Um cultivo mais conservacionista reduz a evaporação da água do solo (Libardi, 2010), permitindo o maior aproveitamento da água pelas plantas para os processos de crescimento e desenvolvimento (Taiz e Zeiger, 2012). Sob o ponto de vista biológico, a intensidade do preparo de solo está diretamente relacionada à biomassa microbiana do solo (Marchiori Júnior e Melo, 2000).

No cultivo mínimo, o principal método de preparo de solo é a subsolagem, prática largamente utilizada em plantios florestais (Gonçalves et al., 2000; Fisher e Binkley, 2000). Apesar de a subsolagem possuir inúmeras vantagens e estar amplamente difundida no setor florestal brasileiro, há poucos estudos que abrangem duas condições altamente representativas para o setor florestal. A primeira é o efeito da subsolagem em solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico, que representa cerca de 6% do território brasileiro

(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999), porém é altamente utilizado em plantios de espécies florestais, por serem áreas consideradas marginais para culturas agrícolas (Barros e Novais, 1990). Ele é caracterizado pela textura arenosa, que confere ao solo características como a elevada friabilidade e porosidade, resultando em uma baixa resistência natural à penetração e uma baixa susceptibilidade à compactação (Fisher e Binkley, 2000; Ferreira, 2010). Essas características permitem que um preparo de solo menos intensivo que a subsolagem, como o coveamento, possibilite um volume de solo apropriado para o adequado desenvolvimento do sistema radicular.

A segunda condição em que há poucos estudos em relação à subsolagem como método de preparo de solo para o estabelecimento de florestas plantadas, é o Latossolo, classe de solo predominante no Brasil com 32% da área total (EMBRAPA, 1999). Esses solos são caracterizados pela média a alta susceptibilidade à compactação, que pode influenciar no desenvolvimento do sistema radicular (Silva, 2002), afetando o crescimento da parte aérea das plantas (Orlander et al., 2002; Sasaki et al., 2007). Devido ao intenso tráfego de máquinas pesadas, principalmente nas operações de colheita florestal (Seixas, 2002), questiona-se se a subsolagem, que é concentrada em uma faixa do terreno, é suficiente para permitir o desenvolvimento pleno do sistema radicular em solos argilosos.

Dessa maneira, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do método de preparo do solo na produtividade ao final do ciclo de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área em Estudo

O experimento foi realizado em dois sítios localizados no nordeste do Estado de São Paulo, em Mogi Guaçu (SP) e Brotas (SP) (Figura 1). O plantio dos experimentos ocorreu em junho de 1996, ambos em áreas já ocupadas por *Eucalyptus*. O clima é caracterizado nos dois locais como Cwa (Koeppen), com temperatura média de 23,6 e 21 °C, respectivamente, e precipitação média anual entre 1.100 e 1.300 mm, com cerca de 70-75% concentrada no verão (outubro-março).

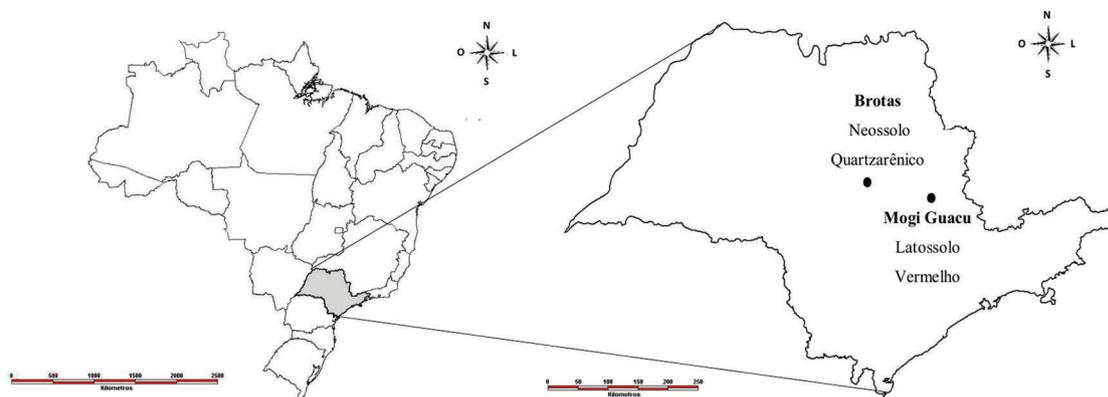


Figura 1. Local de instalação dos experimentos com a respectiva classe de solo.

Figure 1. Trials location with respective soil type.

Os experimentos foram instalados em áreas com características edáficas distintas. Foram coletadas amostras de solo na entrelinha do ciclo anterior, antes da instalação do experimento na camada de 0-30 cm (cada amostra de solo foi composta por três subamostras).

Após a coleta, essas amostras foram submetidas à determinação do pH, dos teores de P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H+Al e C orgânico total, segundo procedimento proposto por Camargo et al. (1986). Também foram determinados os teores de areia, silte e argila (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo antes do início do experimento no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho.

Table 1. Chemical and physical characteristics of soils before beginning of trials at Quartzarenic Neosol and Red Oxisol.

Tipo solo	pH	P ⁽¹⁾	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾	COT ⁽⁴⁾	AT ⁽⁵⁾	Arg ⁽⁶⁾	Silte
	CaCl ₂	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³			g dm ⁻³		
LV	4,00	2,89	1,38	0,35	0,29	2,02	81	27,8	401	447	151
RQ	3,98	8,9	1,6	2,1	0,4	4,2	57,5	14,9	905	29	66

(¹) Extrator Mehlich-1; (²) Soma de bases; (³) Capacidade de troca catiônica; (⁴) Carbono orgânico total; (⁵) Areia total; (⁶) Argila.

(¹) Mehlich-1 extractant; (²) Sum of bases; (³) Cation exchange capacity; (⁴) Total organic carbon; (⁵) Total sand; (⁶) Clay.

No experimento de Mogi Guaçu o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LV), de textura argilosa (44% de argila no horizonte A) e relevo plano. Em Brotas, o experimento foi plantado em um Neossolo Quartzarênico típico (RQ), com 3% de argila no horizonte A e relevo plano.

Nos dois experimentos foi realizado o combate às formigas sistemático pré-corte, utilizando isca formicida à base de sulfuramida na dose média de 2,0 kg ha⁻¹. Em seguida, foi feita a dessecação em área total das plantas daninhas através de herbicida glyphosate na dose média de 1,44 kg ha⁻¹ i.a.

O preparo de solo foi realizado de acordo com os tratamentos (Tabela 1). O plantio foi realizado manualmente em um espaçamento de 3 x 2 m em Brotas e de 3,3 x 2,5 m em Mogi Guaçu, totalizando 1.667 e 1.212 mudas por hectare, respectivamente. A fertilização de base em filete contínuo aplicou 20, 60 e 20 kg de N, P e K, respectivamente. Após seis e doze meses foram realizadas adubações de cobertura, que aplicaram NPK na quantidade de 30, 50 e 140 kg ha⁻¹, respectivamente. Os experimentos não tiveram qualquer interferência de plantas daninhas, pragas e doenças durante toda a rotação.

2.2 Delineamento Experimental

Foram instalados três tratamentos que representam os principais métodos de preparo de solo utilizados na área florestal. O coveamento com uso de enxadão foi realizado manualmente na entrelinha do ciclo anterior em covas de 30 x 30 x 30 cm. A subsolagem também foi realizada na entrelinha, na profundidade média de 60 cm com subsolador de haste parabólica, que permite o estrondamento do solo em formato de “V” (Gonçalves et al., 2000). A gradagem foi realizada utilizando uma grade pesada, com duas sessões em “V” de sete discos de 71 cm, passada na entrelinha em uma largura de corte de cerca de 2 metros e profundidade de 20 cm. A linha de tocos do ciclo anterior não pôde ser preparada devido à presença dos tocos. No experimento foram plantados materiais clonais considerados de alta produtividade de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

As parcelas foram instaladas com oito linhas por dez plantas, totalizando 72 plantas (540 m² em Mogi Guaçu e 432 m² em Brotas). Com uma borda dupla, a parcela útil foi de 4 x 5 plantas (150 m² em Mogi Guaçu e 120 m² em Brotas). O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Dessa maneira, cada área experimental totalizou 0,81 hectare.

2.3 Quantificação do Volume de Madeira Produzido e da Uniformidade

Mediu-se o diâmetro à altura do peito – DAP e a altura ao final da rotação (72 meses) de todas as plantas das parcelas úteis para cálculo do volume individual, conforme modelo de Schumacher-Hall (1933). Através da soma do volume individual, foram obtidos o volume por hectare e o Incremento Médio Anual – IMA aos 72 meses.

A uniformidade da parcela foi calculada de acordo com o índice PV50, que consiste na Porcentagem de Volume Acumulado das 50% menores árvores da parcela (PV50). O PV50 requer o ordenamento das árvores da parcela da menor para a maior árvore em volume individual (ou altura elevada ao cubo), e é calculado de acordo com a equação (1). A representação gráfica ilustra de maneira didática o cálculo do índice (Figura 2) (detalhes ver Hakamada, 2012).

$$PV50 = \frac{\sum_{k=1}^{n/2} V_{ij}}{\sum_{k=1}^n V_{ij}} \quad (1)$$

em que:

PV50 = porcentagem acumulada do volume individual das 50% menores árvores plantadas;

V = volume individual da parcela i na idade j;

n = número de árvores plantadas ordenadas (da menor para a maior).

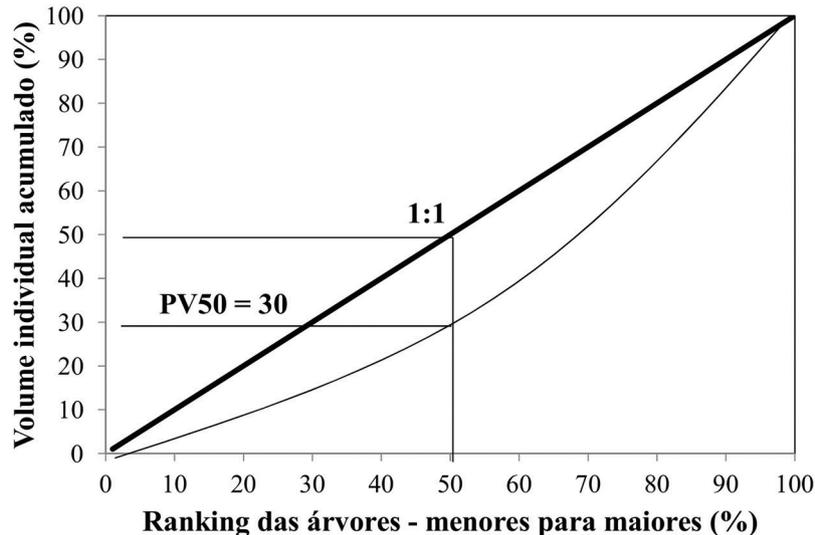


Figura 2. Representação esquemática do PV50. No eixo x são ranqueadas as árvores da menor para a maior e no y são incluídos os valores de volume individual. A linha escura, em negrito, representa a linha da igualdade, onde 50% dos indivíduos seriam responsáveis por 50% do volume da parcela. A linha escura representa um exemplo hipotético de um povoamento heterogêneo, onde 50% das árvores correspondem a apenas 30% do volume da parcela, evidenciando indivíduos dominados.

Figure 2. Schematic representation of PV50. On the x-axis trees are ranked from smallest to biggest and on the y-axis values are entered individual volumes (or cubic height). The bold line represents the line of equality, where 50% of the trees would be responsible for 50% of the volume of the plot. The black line represents a hypothetical example, where 50% of the trees correspond to only 30% of the volume of the plot, relating dominated individuals.

2.4 Avaliação da Compactação do Solo

As mensurações foram efetuadas após a colheita mecanizada realizada na área experimental, em janeiro de 1996 e janeiro de 1997 no Latossolo Vermelho e no Neossolo Quartzarênico, respectivamente. Mediu-se o nível de compactação do solo na entrelinha do ciclo anterior, local onde seria feito o preparo para a instalação dos experimentos. Utilizando-se o penetrômetro de impacto, avaliou-se o nível de compactação do solo a cada 5 centímetros até a profundidade de 60 cm, em vinte pontos aleatórios, nas entrelinhas das duas áreas onde seriam instalados os experimentos.

Os resultados de Incremento Médio Anual, sobrevivência e uniformidade foram interpretados através de análise de variância (ANOVA), seguida

por teste de média de Dunnett a 5%, com a subsolagem sendo o tratamento testemunha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando-se avaliar o efeito de diferentes métodos de preparo de solo na produtividade, sobrevivência e uniformidade de *Eucalyptus* clonais, o experimento foi instalado em dois solos distintos quanto aos seus atributos físico-químicos.

Não houve diferença de sobrevivência no Latossolo, porém no Neossolo Quartzarênico houve redução relativa de sobrevivência de 15% no coveamento e de 9% na gradagem quando comparados à subsolagem (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado pela maior capacidade de retenção de água do solo argiloso, que proporciona menor competição intraespecífica por recursos ao crescimento, notadamente a água.

Tabela 2. Diferença relativa entre a subsolagem, o coveamento e a gradagem pesada em relação ao Incremento Médio Anual – IMA, Sobrevivência e Uniformidade representada pela porcentagem acumulada de volume das 50% menores árvores.

Table 2. Relative difference among subsoiling and pitting and disc harrowing in relation to Mean Annual Increment – MAI, Survival and Uniformity represented by accumulated percentage of volume of 50% smaller individuals.

Solo	Tratamento	Diferença relativa com a subsolagem (%)		
		Produtividade (Incremento Médio Anual)	Sobrevivência	Uniformidade (PV50)
Latossolo Vermelho	Coveamento	83	102	100
	Grade pesada	95	100	95
Neossolo Quartzarênico	Coveamento	84	93*	85**
	Grade pesada	102	100	91*

*: 10% de significância no teste de Dunnett; **: 5% de significância no teste de Dunnett.

*: 10% of significance at Dunnett test; **: 5% of significance at Dunnett test.

Em relação à uniformidade, no Latossolo houve semelhança entre os tratamentos (Figura 3a). Supõe-se que todos os métodos de preparo de solo conseguiram fornecer condições adequadas para o estabelecimento e crescimento do eucalipto no solo argiloso, fazendo com que a sobrevivência fosse mantida até o final do ciclo. A época de plantio pode também ter influenciado na elevada sobrevivência de todos os tratamentos, uma vez que no período de inverno o estabelecimento do plantio,

apesar de mais lento, sofre menos o efeito do estresse hídrico e térmico quando comparado ao plantio de verão (Gonçalves et al., 2000).

No Neossolo Quartzarênico, a subsolagem foi o tratamento com maior percentual (37%) de volume acumulado de 50% das menores árvores (PV50), ou seja, foi o tratamento de maior uniformidade entre plantas. A gradagem e o coveamento obtiveram o PV50 de 34 e 30, respectivamente (Figura 3b).

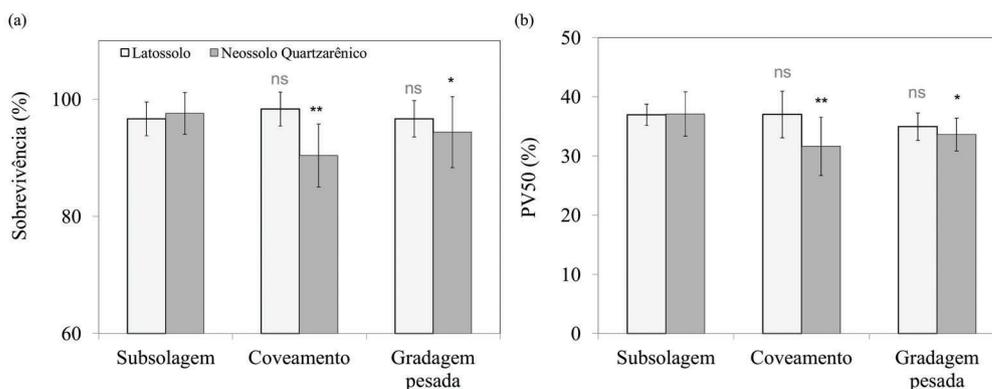


Figura 3. (a) Sobrevivência e (b) Uniformidade representada pelo percentual acumulado de volume individual de 50% dos menores indivíduos (PV50), aos 72 meses, nos diferentes métodos de preparo de solo. As barras claras representam o Latossolo e as barras escuras o Neossolo Quartzarênico. A significância do teste de Dunnett é referente à subsolagem e a análise foi realizada por tipo de solo.

Figure 3. (a) Survival and (b) Uniformity represented by accumulated percentage of individual volume of 50% of smaller individuals (PV50), at 72 months, in different methods of soil preparation. Light bars represent Red Oxisol and dark bars Quartzarenic Neosol. Significance of Dunnett test is compared with subsoiling and analysis was done by soil type.

Resultados semelhantes foram encontrados por Orlander et al. (2002), em que a subsolagem incrementou a sobrevivência e uniformidade de seis espécies florestais, quando comparada à gradagem e ao coveamento.

Segundo Hakamada (2012), a uniformidade interfere diretamente na produtividade final. Em estudo realizado em *Eucalyptus* clonais, observou-se que para cada 1% de aumento no PV50, a produtividade aumentou $6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos 6 anos. Binkley (2006) explica esse efeito através da perda de eficiência no uso do recursos

ao crescimento (água, luz e nutrientes) das árvores dominadas, fazendo com que todo o povoamento utilize de maneira menos eficiente os recursos, resultando em redução na produção de biomassa.

Houve diferença significativa em relação à produtividade nos dois sítios (Figura 4). O coveamento foi 16 e 17% menos produtivo no Latossolo Vermelho (LV) e no Neossolo Quartzarênico (RQ), respectivamente, que a subsolagem e a gradagem. Esses dois métodos não diferenciaram entre si.

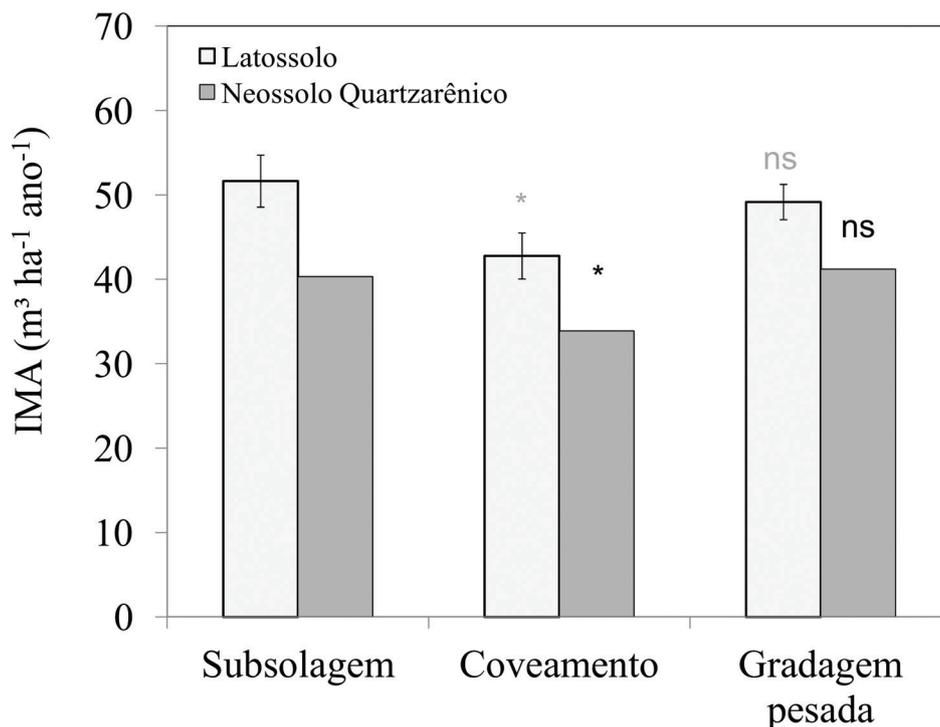


Figura 4. Incremento Médio Anual – IMA, aos 72 meses, nos diferentes métodos de preparo de solo. As barras claras representam o Latossolo e as barras escuras o Neossolo Quartzarênico. A significância do teste de Dunnett é referente à testemunha (subsolagem) e a análise foi realizada por tipo de solo.

Figure 4. Mean Annual Increment – MAI, at 72 months, in different methods of soil preparation. Light bars represent Red Oxisol and dark bars Quartzarenic Neosol. Significance of Dunnett test is compared with subsoiling and analysis was done by soil type.

Comparando o coveamento com a subsolagem, os resultados observados estão de acordo com Gatto et al. (2003), que encontraram uma redução de 53% no volume de tronco de *Eucalyptus grandis* no coveamento, quando comparado ao tratamento com subsolagem em um Latossolo Vermelho aos 38 meses. Apesar de apresentar apenas o crescimento inicial aos 11 meses, Baptista e Levien (2010) observaram um ganho de biomassa de cerca de cinco vezes quando a subsolagem foi comparada ao coveamento mecânico. O coveamento também obteve menor sobrevivência em Argissolo para *Eucalyptus grandis* quando comparado ao preparo através de enxada rotativa (59% e 91%, respectivamente). Nilsson e Allen (2003) mostraram que o preparo superficial do solo afetou a produtividade, uniformidade e sobrevivência em *Pinus taeda*, semelhante aos resultados obtidos no presente estudo.

Quanto à comparação da subsolagem com a gradagem pesada, Gonçalves et al. (2000) encontraram uma redução na produtividade do sistema de cultivo intensivo, com o uso de grade pesada, em relação ao cultivo mínimo, que utilizou a subsolagem como método de preparo de solo. O preparo intensivo além de menos produtivo mostrou-se mais danoso ao ambiente, pois eleva o risco à erosão, reduz a atividade biológica dos microorganismos do solo, aumenta o potencial evaporativo da água na superfície do solo e aumenta a temperatura do solo, podendo influenciar negativamente no desenvolvimento das plantas.

O comportamento de resistência ao penetrômetro foi distinto nos dois tipos de solo. Enquanto no solo arenoso a resistência foi menor nas profundidades iniciais e aumentou com o aumento da profundidade, no solo argiloso ocorreu o inverso, com a resistência reduzindo com o aumento da produtividade (Figura 5).

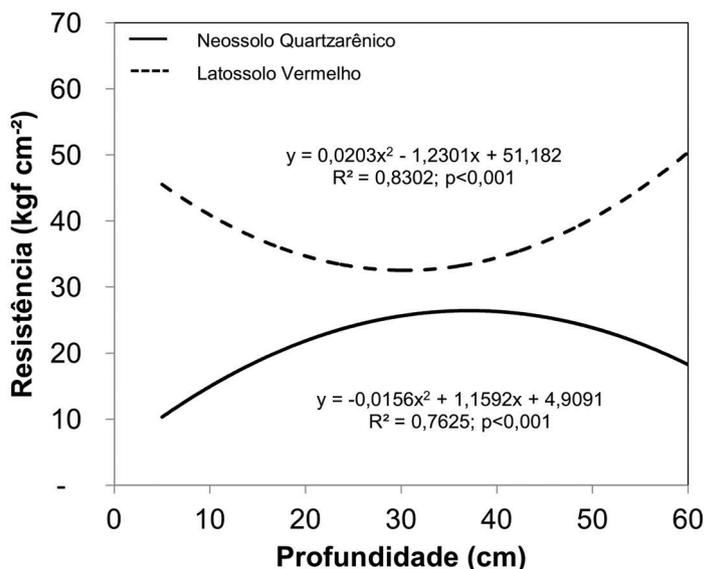


Figura 5. Modelo polinomial de resistência ao penetrômetro de impacto em relação à profundidade. As avaliações foram realizadas na entrelinha do ciclo anterior em Neossolo Quartzarênico (linha cheia) e Latossolo Vermelho (linha pontilhada). Os diferentes métodos de preparo ocorreram nas entrelinhas das áreas experimentais.

Figure 5. Polynomial model of resistance with penetrometers measurements related with depth. Evaluations were done between lines of the last rotation in Quartzarenic Neosol (full line) and Red Oxisol (pointed line). Different methods of soil preparation occurred at between lines of the experimental areas.

A maior produtividade da subsolagem e da gradagem, mesmo em solos que conceitualmente não apresentam compactação, como o Neossolo Quartzarênico, pode ser explicada pelos resultados da resistência obtida pelas medições do penetrômetro de impacto, que foi superior a 20 kgf cm⁻² em grande parte das profundidades amostradas. De acordo com Day e Bassuk (1994), resistências maiores que 20 kgf cm⁻² parecem limitar o desenvolvimento do sistema radicular de espécies arbóreas.

Apesar de reconhecermos que a não realização da avaliação da resistência em cada um dos tratamentos após a aplicação dos tratamentos impossibilita a avaliação precisa do nível de descompactação de cada tipo de preparo, especulamos que o coveamento não foi suficiente para reduzir a resistência à penetração das raízes, pelo fato de ser localizado e superficial. Também pode ter ocorrido o espelhamento no solo argiloso no momento de preparo da cova, uma vez que foi realizada com o uso do enxadão.

Outro fator que não foi mensurado e que afeta a resistência à penetração foi a umidade do solo (Vaz et al., 2011). Dexter et al. (2007) recomendam que as mensurações sejam feitas com o solo próximo da capacidade de campo, para que não haja influência do aumento da coesão das partículas, que ocorre quando o solo está seco. As mensurações, porém, foram realizadas em janeiro de 1996 e janeiro de 1997 no Latossolo Vermelho e no Neossolo Quartzarênico, respectivamente, época em que o balanço hídrico apresenta excedente de água no solo (Sentelhas et al., 1999).

Embora existam outros estudos comparando o coveamento com a subsolagem no desenvolvimento do eucalipto em florestas de rápido crescimento (Silva, 1994; Switter et al., 1980), não é do nosso conhecimento trabalhos que acompanham a produtividade até o final do ciclo. Com esses resultados, sugerimos que o uso da subsolagem como método de preparo, mesmo em solos arenosos, deve ser baseado no nível de compactação causada pelo tráfego de máquinas no ciclo anterior e não apenas no tipo de solo. Tornam-se fundamentais o conhecimento pedológico do solo e o monitoramento do nível de compactação antes do preparo para que se possa atingir o potencial produtivo do sítio.

Além disso, o resultado comprova que a subsolagem é um método de intensidade suficiente para descompactar solos argilosos, não havendo a necessidade de intervenções de maior revolvimento, que possuem o maior risco de danos ambientais.

Investigações futuras, com o objetivo de entender as causas que levaram a uma menor produtividade no coveamento para as duas condições avaliadas, devem ser consideradas, incluindo a avaliação do volume de solo mobilizado. Além disso, é fundamental que estudos de preparo de solo acompanhem a evolução da produtividade juntamente com avaliações ecofisiológicas para que se possa entender a dinâmica do comportamento do povoamento ao longo do ciclo.

4 CONCLUSÕES

Houve efeito do preparo de solo na produtividade, sobrevivência e uniformidade do povoamento ao final do ciclo no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho.

O coveamento não foi o método mais adequado em relação à produtividade avaliada aos 72 meses em ambos os solos, sendo 16 e 17% inferiores à subsolagem no Neossolo Quartzarênico e no Latossolo Vermelho, respectivamente.

A gradagem pesada não incrementou a produtividade em ambos os solos, não se mostrando uma prática necessária para o incremento de produtividade em plantios de *Eucalyptus* nas condições avaliadas.

5 AGRADECIMENTOS

À International Paper do Brasil que propiciou a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, J.; LEVIEN, R. Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de *Eucalyptus saligna* em um Cambissolo háplico da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 567-575, 2010.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa–MG: UFV, 1990. 430 p.

BINKLEY, D. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. **Forest Ecology and Management**, v. 190, p. 265-271, 2006.

CAMARGO, O.A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94 p. (Boletim Técnico, 106).

DAY, S.D.; BASSUK, L.N. A review of the effects of soil compaction and amelioration treatments on landscape trees. **Journal of Arboriculture**, v. 20, n. 1, p. 9-17, 1994.

DEXTER, A.R.; CZYZ, E.A.; GATE, O.P. A method for prediction of soil penetration resistance. **Soil & Tillage Research**, v. 93, p. 412-419, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p. (EMBRAPA/CNPS-RJ. Documentos, 5).

EVANS, J.; TURNBULL, J. **Plantation forestry in the tropics**. Oxford: Oxford University Press, 2003. 467 p.

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: JONG VAN LIER, Q. de. (Org.). **Física do solo**. Viçosa–MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. v. 1, p. 1-27.

FISHER, R.F.; BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. 3rd ed. New York: Wiley, 2000. 489 p.

GALETI, P.A. **Mecanização agrícola**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1998. 220 p.

GATTO, A. et al. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 635-646, 2003.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 1, p. 3-55.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, v. 70, p. 105-118, 2008.

HAKAMADA, R.E. **Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamentos clonais de *Eucalyptus***. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIBARDI, P.L. Água no solo. In: JONG VAN LIER, Q. de. (Org.). **Física do solo**. Viçosa–MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. v. 1, p. 103-152.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, p. 1177-1182, 2000.

NILSSON, U.; ALLEN, H.L. Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. **Forest Ecology and Management**, v. 175, p. 367-377, 2003.

NYLAND, R.D. **Silviculture: concepts and applications**. Long Grove: Waveland Press, 2007. 682 p.

ORLANDER, G.; NORDBORG, G.; GEMMEL, P. Effects of complete deep-soil cultivation on initial forest stand development. **Studia Forestalia Suecica**, v. 213, p. 20, 2002.

SASSAKI, C.M.; GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, A.P. Ideal subsoiling moisture content of Latosols used in forest plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 243, p. 75-82, 2007.

SCHUMACHER, F.X.; HALL, F.S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 19-734, 1933.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J.L. de M. ; STAPE, J.L. (Org.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. v. 1, p. 313-350.

HAKAMADA, R.E. et al. Efeito do preparo do solo na produtividade de *Eucalyptus*

SENTELHAS, P.C. et al. **Balances hídricos climatológicos do Brasil** – 500 balanços hídricos de localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA, J.R. **Comparação entre sistemas mecanizados de preparo do solo para implantação de floresta de produção**. 1994. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, S.R. **Crescimento de eucalipto influenciado pela compactação de solos e doses de fósforo e de potássio**. 2002. 97 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa–MG.

SUITTER, W.F. et al. **Efeitos de diversos métodos de preparo de solo sobre o desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solos com camada de impedimento**. Piracicaba: IPEF, 1980. Não paginado. (Circular Técnica IPEF, n. 90).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954 p.

VAZ, C.M.P. et al. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. **Geoderma**, v. 166, p. 92-101, 2011.

WICHERT, M.C.P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale do Paraíba – SP**. 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.