



## Produtividade do eucalipto submetido a diferentes profundidades e configurações de máquinas no preparo da subsolagem

Raffael de Almeida Sangermano<sup>1\*</sup>, Felipe Mendes Magalhães<sup>1</sup>, Elton da Silva Leite<sup>1</sup>, Ricardo Prevedente Martins<sup>2</sup>, Iago Nery Melo<sup>2</sup>

**RESUMO:** A compactação e coesão do solo representa alto risco ao sistema produtivo, proporcionando perdas produtivas e econômicas. Objetivou-se avaliar a produtividade do eucalipto submetido a diferentes profundidades e configurações de máquinas no preparo do solo pela subsolagem. O experimento foi conduzido na região de Esplanada – BA, em relevo topografia plana, solo Argissolo amarelo, espaçamento de 3,0 x 3,0 metros e três tratamentos de subsolagem. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições de 25 plantas, as profundidades e configurações subsolagens utilizadas foram: 0,90m com trator de esteira (0,9TE), 1,10m com trator de esteira (1,1TE) e 1,10m com escavadora hidráulica (1,1EH). Sendo analisados a altura da árvore (H), diâmetro a 1,3m de altura (DAP), volume individual (Vi), volume por hectare (Vha) e incremento médio anual (IMA) aos 24 meses de plantio. O experimento apresentou diferenças significativas, sendo que, o tratamento 1,1EH obteve os resultados de Vha (19,10%), Vi (20%), IMA (21,77%) e DAP (10,26%) superiores aos valores de 0,9TE e 1,1TE. Deste modo, a configuração da profundidade de 1,10m e na configuração da máquina de escavadora hidráulica resulta na alternativa de preparo do solo que obteve maior produtividade do eucalipto até os 24 meses (2 anos) de idade.

**Palavras-chave:** mecanização, volume de madeira, preparo do solo

## Productivity of eucalyptus subjected to different depths and machine configurations in subsoiling preparation

**ABSTRACT:** O Soil compaction and cohesion represents a high risk to the production system, providing productive and economic losses. The objective was to evaluate the productivity of eucalyptus subjected to different depths and machine configurations in soil preparation by subsoiling. The experiment was carried out in the region of Esplanada - BA, in relief, flat topography, yellow Argisol soil, spacing of 3.0 x 3.0 meters and three subsoiling treatments. The experimental design was completely randomized (DIC), with 4 repetitions of 25 plants, the depths and subsoil configurations used were: 0.90m with a crawler tractor (0.9TE), 1.10m with a crawler tractor (1.1TE) and 1.10m with hydraulic excavator (1.1EH). The height (H), diameter at 1.3m height (DBH), individual volume (Vi), volume per hectare (Vha) and average annual increment (IMA) at 24 months. The experiment showed significant differences, and the 1.1EH treatment obtained the results of Vha (19.10%), Vi (20%), IMA (21.77%) and DAP (10.26%) higher than the values of 0.9TE and 1.1TE. In this way, the configuration of the depth of 1.10 m and the configuration of the hydraulic excavator machine results in the alternative of soil preparation that obtained greater productivity of the eucalyptus until 24 months (2 years) of age.

**Keywords:** mechanization, wood volume, soil preparation

## INTRODUÇÃO

O Brasil expandiu a área destinada às florestas plantadas nas últimas décadas, alcançando 9,3 milhões de hectares em 2020 (MOREIRA *et. al.*, 2017; AGÊNCIA BRASIL, 2021). Esta atividade apresenta produtividade, sustentabilidade, técnicas e equipamentos que objetivam diminuir os impactos. Entretanto, a compactação do solo traz malefícios para o sistema produtivo do eucalipto (RODRIGUES *et. al.*, 2022).

A compactação do solo promove a degradação física do solo que reflete em perdas produtivas e econômicas na cultura do eucalipto (JESUS *et. al.*,

2015), proporcionada por práticas inadequadas de cultivo, maquinários pesados e intensificação dos processos produtivos (SAMPAIO *et. al.*, 2005).

O processo de preparo do solo pela subsolagem é utilizado em culturas florestais por apresentar melhorias nas características físicas do solo, vantagens operacionais e, conseqüentemente, ganhos de produtividade no ciclo produtivo (PAES *et. al.*, 2013).

A escolha dos equipamentos e metodologias utilizados nos processos de subsolagem apresentam diferenças significativas do volume de solo

Recebido em 23/09/2022; Aceito para publicação em 14/11/2022

<sup>1</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

<sup>2</sup> Bracell Bahia

\*email: rafsanger@gmail.com

mobilizado (VSM) e área transversal mobilizada (ATM) (BAPTISTA, LEVIEN, 2010). Os resultados de VSM e ATM implicam diretamente nas melhorias das características físicas do solo e em ganhos operacionais e econômicos.

As operações de subsolagem são, normalmente, realizadas com tratores de pneus e de esteira. O trator de esteira é utilizado na subsolagem de áreas planas e inclinadas por conta da tração e força na subsolagem em profundidade podendo estar equipado com uma ou mais hastes na configuração subsoladora (FRANÇA *et al.*, 2017). Já a escavadora hidráulica é uma máquina de potencial para a subsolagem e na abertura de covas em terrenos declivosos com bons padrões de qualidade e pode contar com diferentes sistemas de ponteiros subsoladoras (CUNHA *et al.*, 2020).

Necessidade de comparação entre as máquinas em áreas planas.

A versatilidade das operações, com variação da profundidade do solo e configurações de máquinas no preparo das áreas pelo método da subsolagem, promove a desagregação de solo e melhoram as condições do solo para o desenvolvimento das culturas. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade do eucalipto em função da profundidade de preparo do solo e das máquinas, trator esteira e escavadora hidráulica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área experimental era localizada na região de Esplanada, estado da Bahia, de 48,7 ha, topografia plana de Argissolo amarelo distrocoeso típico. O clima classificado por Köppen é As, de acordo com os dados pluviométricos das estações da empresa e do Instituto de Nacional de Meteorologia (INMET), clima quente com chuva de inverno com pluviosidade média de 1259 mm ano<sup>-1</sup>. O delineamento foi inteiramente casualizado, com três tratamentos de subsolagem e quatro repetições, contendo 25 plantas em cada.

As subsolagens foram: profundidade de 1,10m realizada pelo trator de esteira (1,1TE), profundidade de 90cm com trator de esteira (0,9TE) e profundidade de 1,10m realizada pela escavadora hidráulica (1,1EH).

O trator de esteira utilizado foi o Caterpillar CAT D8, massa 38.488kg, potência de 310HP, acoplado com subsolador modelo RIPER com única haste alada. A escavadora hidráulica utilizada foi a Caterpillar 320, massa de 21.700kg, potência de 156,9HP, quatro hastes subsoladoras retas, sendo as

duas centrais com 1,1m de comprimento e as duas externas com 0,6m de comprimento, distanciadas 0,2m.

A área foi povoada por híbridos clonais de *Eucalyptus urophylla* com *Eucalyptus grandis*, implantada em 19 de maio de 2018 no espaçamento de 3,0x3,0. Os dados analisados foram: altura (H) e diâmetro a 1,3m do solo (DAP), volume em metros cúbicos por hectare (Vha) e incremento médio anual (IMA) analisados aos xx anos de idade (xx meses). O volume individual (Vi) foi calculado com base na equação 1, volume por hectare (Vha) (Equação 2) e incremento médio anual (IMA) (Equação 3).

$$Vi = (0.9679896173 * (1 - EXP(-92.893237894 * (EXP(-10.2512522123 + 1.8098480131 * LN(DAP) + 1.1250223627 * LN(H))))))^{0.7836313134} * (EXP(-10.2512522123 + 1.8098480131 * LN(DAP) + 1.1250223627 * LN(H))) \quad \text{(Equação 1)}$$

em que: Vi: volume individual (m<sup>3</sup>); DAP: diâmetro a 1,3m de altura; H: altura da árvore (m); EXP: exponencial; LN: logaritmo natural.

$$Vha = Vi * 1111 \quad \text{(Equação 2)}$$

em que: Vha: volume por hectare (m<sup>3</sup>); e Vi: volume individual (m<sup>3</sup>).

$$IMA = \frac{Vha}{Idade \text{ do plantio (anos)}} \quad \text{(Equação 3)}$$

em que: IMA: incremento médio anual e Vha: volume por hectare (m<sup>3</sup>).

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) (95% de probabilidade) e teste de Tukey (5% de significância) para comparação das médias, por meio do software R.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes realizados evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados aos 24 meses de idade (Tabela 1). O tratamento com subsolagem a 1,1m com escavadora hidráulica (1,1EH) apresentou maiores valores médios das variáveis analisadas, com exceção à altura (H) (Tabela 2).

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) em função dos efeitos do preparo do solo.

FV	GL	SQ	QM	F	p>F
Tratamento	2	9.408,57	4.704,29	9,12	<0,001
Resíduo	293	151.075,06	515,61		
Total	295	160.483,63			

FV: fonte da variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste Fisher-Snedecor; p-valor: probabilidade e CV: coeficiente de variação = 36,28%.

Tabela 2. Teste de média do desenvolvimento inicial do eucalipto em função do preparo do solo.

Trat	Vha (m <sup>3</sup> /ha)	DAP (cm)	H (m)	Vi (m <sup>3</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> /ha)
1,1TE	58,06 b	10,03 b	16,24 a	0,05 b	29,03 b
0,9TE	59,36 b	10,17 b	16,20 a	0,05 b	29,68 b
1,1EH	70,70 a	11,41 a	15,24 b	0,06 a	35,35 a

Trat: tratamento; Vha: volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha); DAP: diâmetro a 1,3m de altura; H: altura da árvore; Vi: volume individual (m<sup>3</sup>); IMA: incremento médio anual (m<sup>3</sup>/ha); 1,1TE: subsolagem a 1,10 m de profundidade com trator de esteira. 0,9TE: subsolagem a 0,90 m de profundidade com trator de esteira. 1,1EH: subsolagem a 1,10m com escavadora hidráulica. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os tratamentos de subsolagem a 1,10m com trator de esteira (1,1TE) e subsolagem a 0,90m com trator de esteira (0,9TE) não apresentaram diferenças significativas. A subsolagem a 1,10m com a escavadora hidráulica (1,1EH) apresentou valores superiores de volume por hectare (19,10%), incremento médio anual (21,77%), volume individual (20%) e DAP médio (10,26%) em relação aos tratamentos que utilizaram trator de esteira (Tabela 2).

As variações de produtividade entre os tratamentos utilizados podem ser explicadas pelas diferenças das características físicas do solo após o processo de subsolagem (HAKAMADA *et. al.*, 2015).

A diferença do implemento utilizado no tratamento 1,1EH pode ter favorecido as características físicas do solo e contribuído para o maior desenvolvimento radicular e exploração do perfil do solo. As condições favoráveis do solo e do desenvolvimento radicular aumentam a absorção de água e nutrientes, concomitantemente, auxiliam no desenvolvimento aéreo do eucalipto em altura e diâmetro promovendo ganhos diretos de produtividade de madeira (MAZURANA *et. al.*, 2011).

Os ganhos de produtividade do tratamento 1,1EH podem ser resultantes da configuração da quantidade de hastes subsoladoras (SASAKI, 2005). A ação do subsolador promove uma área mobilizada em formato da letra V com ação horizontal na diminuição da RSP (GONÇALVES *et. al.*, 2017). Já a ação da subsolagem da escavadora hidráulica a mobilização é similar a um trapézio, por apresentar quatro hastes, gerando maior volume de solo mobilizado, tendo ação horizontal de 1,55m. Já o trator de esteira mono-haste tem apenas 0,8m de ação horizontal. Desta forma, o tratamento EH apresenta maior volume de solo mobilizado e maior área com menores valores de resistência do solo à penetração que auxiliam

diretamente nas vantagens produtivas da parte aérea do eucalipto encontradas no estudo.

## CONCLUSÕES

A subsolagem com escavadora hidráulica, apresentou os melhores resultados de produtividade de eucalipto em áreas planas ao final de 24 meses quando comparadas com o trator de esteira.

A escavadora hidráulica apresentou os melhores resultados de produtividade em volume por hectare, volume individual, DAP e incremento médio anual na cultura de eucalipto analisada.

A profundidade e as configurações do maior número de hastes da subsolagem realizada pela escavadora hidráulica são alternativa para o aumento da produtividade florestal de eucalipto em áreas planas.

Recomenda-se realizar análises econômicas para aferir qual o melhor tipo de preparo do solo ao final do ciclo produtivo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e a Bracell.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **Florestas plantadas no Brasil somam 9,3 milhões de hectares em 2020**. 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/florestas-plantadas-no-brasil-somam-93-milhoes-de-hectares-em-2020>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

CUNHA, Fernanda Leite et al. Indicadores de qualidade da subsolagem com escavadora hidráulica em áreas declivosas em duas diferentes umidades do solo. **Scientia Forestalis**, 48(128), e3321, 2020.

FRANÇA, Jéssica Silveira *et al.* **Preparos do solo para eucalipto em segunda rotação: propriedades físicas e químicas e crescimento inicial**. 2017. Dissertação

(Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul.

GONÇALVES, Saulo Boldrini et al. Resistência do solo a penetração em diferentes profundidades de subsolagem. **Nativa**, v. 5, n. 3, p. 224-229, 2017.

HAKAMADA, Rodrigo Eiji et al. Uso do inventário florestal e da uniformidade entre árvores como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em plantios clonais de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 27-39, 2015.

JESUS, Guilherme Luiz de et al. Produtividade do eucalipto, atributos físicos do solo e frações da matéria orgânica influenciadas pela intensidade de tráfego e resíduos de colheita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1190-1203, 2015.

MAZURANA, Michael et al. Balanço de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus saligna* implantado sobre Cambissolo Háptico no RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 924-930, 2011.

MOREIRA, José Mauro Magalhães Ávila Paz; SIMIONI, Flávio José; DE OLIVEIRA, Edilson Batista. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2017.

PAES, Frederico Alfenas Silva Valente et al. Impacto do manejo dos resíduos da colheita, do preparo do solo e da adubação na produtividade de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1081-1090, 2013.

RODRIGUES, Hamom Ventura et al. Desenvolvimento inicial da cultura do eucalipto submetido a diferentes níveis de compactação do solo com regime de stress hídrico. **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**, v. 9, n. 1, 2022.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, Maria do Socorro B.; SAMPAIO, Yony SB. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, v. 22, n. 1, p. 90-112, 2005.

SASAKI, Cassiano Massakazu. **Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.