ANÁLISE TÉCNICA-ECONÔMICA DO *GRAPPLE SKIDDER* EM FLORESTA PLANTADA DE *EUCALYPTUS*

SILVA, T.[1]; SASSO JÚNIOR, V. A.[1]; TAMIOSSO, S. S.[1]; ALMEIDA, R. O.[2]; SIMÕES, D.[1]

[1]Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu;
[2]Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Muriaé.

RESUMO

Na operação de colheita mecanizada de madeira, a atividade de arraste das toras é realizada por meio de máquinas florestais autopropelidas. O planejamento e a avaliação da operação são importantes para auxiliar no diagnóstico das atividades, pois existem diversos fatores que impactam a produtividade e os custos de produção. Diante do exposto, objetivou-se avaliar técnica e economicamente o uso do *grapple skidder* em diferentes distâncias de arraste de madeira a fim de determinar o impacto sobre a produtividade e os custos de produção. A coleta de dados foi realizada pelo estudo de tempos, utilizando a cronometragem de método contínuo para analisar o ciclo operacional. Dentre os elementos de máquina do ciclo operacional, os deslocamentos do *grapple skidder* apresentam os maiores dispêndios do tempo total da atividade de arraste de árvores de *Eucalyptus*. A produtividade por hora efetiva do *grapple skidder* é influenciada pelas distâncias de arraste. Os custos de produção apresentam relação inversa à produtividade por hora efetiva do *grapple skidder*.

Palavras-chave: custos de produção, estudo de tempos, operações florestais.

INTRODUÇÃO

No Brasil, nota-se comumente que as operações de colheita de madeira são realizadas por sistemas mecanizados, os quais utilizam máquinas florestais autopropelidas de elevada capacidade produtiva e com menores custos de produção. Destarte, ressalta-se que esses sistemas são influenciados por variáveis que interferem na capacidade operacional das máquinas florestais autopropelidas e, portanto, a identificação dessas variáveis possibilita a melhoria das atividades mecanizadas (CUNHA, et al., 2018; ARAÚJO, et al., 2021).

Dentre os sistemas de colheita mecanizada de madeira, destaca-se o sistema de árvores inteiras (*full tree*) caracterizado, predominantemente, pelo uso do *feller buncher*, do *grapple skidder* e do *harvester*, os quais realizam o tráfego de modo aleatório no interior do talhão. Posto isto, o sistema *full tree* tornou-se uma das principais opções diante das empresas do setor florestal, uma vez que, proporciona a maximização dos resultados (RODRIGUES; LOPES, 2018; MIYAJIMA, et al., 2019).

No sistema *full tree*, utiliza-se o *grapple skidder* para a realização da atividade de arraste de madeira, que concerne na movimentação do material lenhoso do interior da floresta plantada para as margens do talhão. O *grapple skidder* é caracterizado como trator florestal arrastador, no qual utiliza da sua garra para a coleta de uma grande quantidade de feixes de madeira ao mesmo tempo (GHAFFARIYAN, 2020; CAZANI, et al., 2021).

Conseguinte, nota-se que o *grapple skidder* é disponibilizado ao setor florestal por diversos fabricantes, modelos, tamanhos e tipos. Desse modo, essa máquina florestal autopropelida pode possuir tração 4x4, 6x6 ou 8x8, com rodados de pneumáticos ou esteiras, cujo uso limita-se aos terrenos com declividade de até 40% (MIYAJIMA, et al., 2017; RODRIGUES, 2018).

Ao realizar o planejamento das atividades florestais, torna-se possível observar e diagnosticar os fatores que afetam a produtividade do *grapple skidder*. De modo que, utiliza-se o estudo de tempos a fim de avaliar o efeito desses fatores sobre a produtividade das máquinas florestais autopropelidas. Logo, visando à produtividade com elevado rendimento faz-se necessário ponderar os custos da colheita, visto que, influem em 50% no custo de produção (GUEDES, et al., 2017; BILICI, et al., 2019; MOURA, et al., 2019).

Diante deste contexto, o estudo de tempos analisa a quantidade de horas empregadas na execução das diferentes atividades que compõem o ciclo operacional. Ademais, esse estudo de tempos aplicado à área florestal permite a racionalização dos elementos de máquina, os quais constituem o ciclo operacional do *grapple skidder* (AHRENS, 2017; MAZÃO, et al., 2017).

A partir do exposto, objetivou-se avaliar técnica e economicamente o uso do *grapple skidder* em diferentes distâncias de arraste de madeira a fim de determinar o impacto sobre a produtividade e os custos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no estado de São Paulo, sendo os dados provenientes de uma floresta plantada de *Eucalyptus*. A distância de arraste foi dividida em quatro classes, a saber: 0-50m; 51-100m; 101-150m; 151-200m. A declividade do terreno foi caracterizada conforme a classificação brasileira de solos, isto é, relevo plano que varia de 0 a 3% (SANTOS, et al., 2018).

As operações de colheita mecanizada de madeira foram realizadas pelo sistema *full tree* e a atividade de arraste foi feita por um *grapple skidder* da marca *John Deere*, modelo 848H, equipado com motor diesel com potência nominal de 149 kW, com rodados pneumáticos, massa aproximada de 17.800 kg e garra com área útil de 1,5 m^2. Ademais, no início da coleta de dados a máquina florestal autopropelida apresentava 32.670 horas de uso acumuladas no horímetro.

Os valores monetários foram expressos em dólar norte americano (USD). Destarte, a partir da taxa de câmbio ponderou-se o preço da moeda estrangeira oficial do Banco Central do Brasil a preço de venda, medido em unidades e frações do Real Brasileiro, que era de BRL 5,2474 em 13/08/2021 de acordo com o Banco Central do Brasil (2021).

A coleta de dados foi realizada pelo estudo de tempos utilizando a cronometragem de método contínuo a fim de analisar o ciclo operacional conforme aplicado por Diniz, et al. (2018). Os elementos de máquina considerados foram: deslocamento sem carga (DSC),

deslocamento com carga (DCC), carregamento dos feixes de madeira (CFM) e descarregamento dos feixes de madeira (CFM).

A suficiência amostral foi determinada a partir da cronometragem de uma amostra realizada preliminarmente, portanto, foram observados 42 ciclos operacionais com o propósito de obter uma amostra com validade estatística. Assim, a inferência sobre a quantidade mínima de ciclos operacionais (Equação 1), com nível de confiança de 95% e erro de amostragem máximo de 5%, foi pautada na metodologia de Stevenson (2017).

$$n = \left(\frac{z \times s}{a \times \bar{x}}\right)^2 \quad (1)$$

Sendo: n - número de observações de ciclos operacionais necessários; z - número de desvios padrões em uma distribuição normal necessário para obter-se o nível de confiança desejado; s - desvio padrão da amostra inicial; a - precisão desejada da amostra (%); e $\bar{x}$ - média da amostra inicial.

A produtividade por hora efetiva do *grapple skidder* (PE) foi determinada em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho (Equação 2) de acordo com Rodrigues, et al. (2019).

$$PE = \frac{VM}{H} \quad (2)$$

Sendo: VM - volume de madeira extraído (m^3); e H - quantidade de horas efetivas de trabalho (h);

Ponderou-se o custo por hora programada para o *grapple skidder* (USD h^{-1}) em consonância à Ackerman, et al. (2014), os quais consideraram a quantidade de horas programadas visando o uso anual e 5% sobre os custos fixos e custos variáveis como *overheads*.

Os custos de produção foram estimados conforme a Equação 3, descrito por Pereira, et al. (2020).

$$CPM = \frac{CHP}{PE} \quad (3)$$

Sendo: CPM - custo de produção da operação com o *grapple skidder* (USD m^{-3}); e CHP - custo por hora programada para o *grapple skidder*.

Adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), assumindo como tratamento as quatro classes de distância de arraste com 12 repetições cada. Os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro-Wilk*, a fim de verificar o pressuposto de normalidade e após aplicou-se o teste F, pelo procedimento da Análise de Variância (ANOVA) e nos casos em que houve diferença significativa aplicou-se o teste de *Tukey* a 5% de probabilidade para comparação das médias, por meio do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os elementos de máquina foram identificadas diferenças estatísticas no DSC e DCC para a distância de arraste de 0-50m (Tabela 1). Logo, nas distâncias com ausência de diferença estatística entre si, nota-se que o operador manteve constância no ciclo operacional. Os elementos de máquina DSC e DCC apresentaram maior consumo de tempo do ciclo operacional, sendo similar ao resultado encontrado por Barros, et al. (2021).

Tabela 1. Média e desvio padrão dos elementos de máquina, produtividade por hora efetiva do *grapple skidder* e custos de produção.

Distância de arraste (m)	DSC	DCC	CFM	DFM	PE ($m^3\ h^{-1}$)	CPM (USD m^3)
0-50	31,35 b	25,74 b	31,04 a	35,00 a	189,44 a	0,66 b
	(19,30)	(20,05)	(31,12)	(37,12)	(132,48)	(0,33)
51-100	72,65 a	61,95 a	60,40 a	31,40 a	90,35 b	1,36 a
	(21,83)	(18,96)	(43,91)	(26,86)	(41,48)	(1,11)
101-150	73,92 a	77,50 a	39,50 a	10,67 a	99,24 b	0,95 ab
	(10,99)	(17,31)	(20,60)	(8,22)	(20,63)	(0,24)
151-200	80,20 a	79,70 a	35,50 a	12,10 a	104,74 b	0,88 ab
	(8,21)	(11,58)	(14,28)	(6,83)	(14,47)	(0,14)
CV (%)	30,63	34,20	78,87	107,72	66,09	70,19

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, na coluna, pelo teste de *Tukey-Kramer*, a 5% de probabilidade. Legenda: coeficiente de variação - CV.

Constatou-se que a produtividade por hora efetiva do *grapple skidder* na distância de arraste 0-50 m diferiu estatisticamente das outras classes. Não obstante, nas outras distâncias de arraste (51-100m, 101-150m e 151-200m) não foram constatadas diferenças significativas. Portanto, os resultados apresentaram conformidade a Lopes, et al. (2017) ao evidenciarem que a distância de arraste influiu diretamente na produtividade, ou seja, menores distâncias de arraste resultaram em maiores produtividades, visto que, realizou-se o ciclo em menor tempo.

O custo por hora programada para o *grapple skidder* foi USD 89,71 h^{-1}, superior ao estimado por Proto, et al. (2018), os quais obtiveram o valor de USD 80,14 h^{-1}. No entanto, ressalta-se que as metodologias de custeio caracterizadas diretas são distintas, isto é, apresentam fatores de correções ou componentes que resultam em valores monetários em conformidade ao proposto, além disso, evoluíram nos últimos anos.

Por conseguinte, observou-se que os custos de produção apresentaram uma relação inversamente proporcional à produtividade por hora efetiva do *grapple skidder*, sendo que o menor custo de produção foi obtido na distância 0-50m, contudo, estatisticamente similar às classes 101-150m e 151-200m. Assim, essa condição foi corroborada por Ganda e Silva (2019) ao salientarem em seu estudo que o menor custo de produção foi obtido na maior produtividade, condicionando uma maior eficiência se comparada à hora efetiva de trabalho.

CONCLUSÃO

Dentre os elementos de máquina do ciclo operacional, os deslocamentos do *grapple skidder* apresentam os maiores dispêndios no tempo total da atividade de arraste de árvores de *Eucalyptus*.

A produtividade por hora efetiva do *grapple skidder* é influenciada pelas distâncias de arraste. Os custos de produção apresentam relação inversa à produtividade por hora efetiva do *grapple skidder*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, P.; BELBO, H.; ELIASSON, L.; JONG, A.; LAZDINS, A.; LYONS, J. The cost model for calculation of forest operations costs. **International Journal of Forest Engineering**, v. 25, n. 1, p.75-81, 2014.

AHRENS, R. B. **Coletânea nacional sobre engenharia de produção 3: gestão da produção**. Curitiba: Atena Editora; 2017. v. 1. 644 p.

ARAÚJO, L. C.; LEITE, A. M. P.; FREITAS, L. C.; OLIVEIRA, M. L. R. Operações de traçamento de madeira em povoamentos de eucalipto com a presença e ausência de corredores ecológicos: reflexos no rendimento e custos. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 131, p.1-12, 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de moedas**, 2021. Disponível em: http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp. Acesso em: 10 de set. 2021.

BARROS, A. P. S.; FREITAS, L. C.; LEITE, E. S.; LUZ, D. S.; SILVA, L. F.; SENA, B. S.; SANTOS, J. C. Influência do volume por árvore e da distância de extração no desempenho do *skidder* em povoamentos de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 131, p.1-12, 2021.

BILICI, E.; AKAY, A. E.; ABBAS, D. Assessing the effects of site factors on the productivity of a feller buncher: a time and motion analysis. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 4, p.1471–1478, 2019.

CAZANI, A. C.; MIYAJIMA, R. H.; SIMÕES, D.; SANTOS, J. E. G. Operator exposure to whole-body vibration in timber extraction with *grapple skidder*. **Journal of Vibration Engineering & Technologies**, v. 9, n. 1, p.177-182, 2021.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; ANDRADE, E. T.; BARROS, M. M. Metodologia de superfície de resposta aplicada nos parâmetros de desempenho operacional do transplantio do café. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p.910-917, 2018.

DINIZ, C. C. C.; CERQUEIRA, C. L.; OLIVEIRA, F. M. Influência do sortimento de toras na produtividade de um carregador florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p.247-253, 2018.

GANDA, L. S.; SILVA, Z. A. P. G. G. Aspectos econômicos da exploração florestal nos trópicos: um estudo de caso da atividade de arraste em uma floresta manejada no estado do Amazonas, 2017. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 5, p.56-71, 2019.

GHAFFARIYAN, M. R. General productivity predicting model for skidder working in eucalypt plantations. **European Journal of Forest Engineering**, v. 6, n. 1, p.1-6, 2020.

GUEDES, I. L.; AMARAL, E. J.; LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; SANTANNA, C. M. Avaliação do desempenho e custos de dois sistemas de cabos aéreos na extração de madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p.571-580, 2017.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D.; RODRIGUES, C. K.; DRINKO, C. H. Variables influencing working time and skidder productivity in wood extraction. **Nativa**, v. 5, n. 4, p.298-302, 2017.

MAZÃO, C.; BROWN, R. O.; ROBERT, R. C. G. Análise da produtividade de um *forwarder* com o aumento da área da garra de carregamento. **Revista Espacios**, v. 38, n. 11, p.20-27, 2017.

MIYAJIMA, R. H.; BRITTO, P. C.; TONIN, R. P.; MILLANI, T. M.; FENNER, P. T. Influência da disposição dos feixes de árvores em diferentes angulações na produtividade e custos de um sistema de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 124, p.655-666, 2019.

MIYAJIMA, R. H.; TONIN, R. P.; FENNER, P. T.; SIMÕES, D. Análise quantitativa do risco técnico-econômico de um trator florestal *skidder*. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p.6-11, 2017.

MOURA, J. P. V. M.; SOUSA, R. A. T. M.; CARVALHO, M. P. L. C.; MÔRA, R. Análise técnica e econômica de sistema de extração de toras longas de *Tectona grandis* com trator arrastador adaptado em floresta plantada. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 4, p.783-789, 2019.

PEREIRA, G.; FENNER, P. T.; BATISTELA, G. C.; SIMÕES, D. Análise técnica-econômica da derrubada de *Eucalyptus sp*. com *feller-buncher*. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, p.1-13, 2020.

PROTO, A. R.; MACRI, G.; VISSER, R.; RUSSO, D.; ZIMBALATTI, G. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: a case study in Southern Italian forests. **Forests**, v. 9, n. 2, p.61-73, 2018.

R Development Core Teamn (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. In: Ref. index version 4.0.5. R Found. Stat. URL: http://www.rproject.org

RODRIGUES, C. K. **Colheita e transporte florestal**. Curitiba: Edição do Autor; 2018. v. 1. 68p.

RODRIGUES, C. K.; LOPES, E. S. Análise espacial da compactação do solo causada pelo sistema de colheita de madeira de árvores inteiras. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p.227-233, 2018.

RODRIGUES, C. K.; SOUZA, A. L. S.; RETSLAFF, F. M. S.; CORTE, A. P. D.; LOPES, E. S. Modelagem geoestatística aplicada ao microplanejamento da colheita de madeira em povoamento de eucalipto. **Biofix Scientific Journal**, v. 4, n. 2, p.172-176, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;

OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); 2018. v. 5. 355 p.

STEVENSON, W. J. **Operations management**. Nova Iorque: McGraw Hill; 2017. v. 13. 928 p.