

Influência da largura da faixa de trabalho na operação de corte com *feller-buncher*

Hilda Maria Bassoli^{1*} Ricardo Hideaki Miyajima¹ Vinicius Paludo¹ Paulo Torres Fenner¹

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Av. Universitária, nº 3780, Alto Paraíso, Fazenda Experimental Lageado, CEP 18610-034, Botucatu, SP, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
hildabassoli@hotmail.com

Palavras-chave:

Colheita de madeira

Produtividade

Planejamento florestal

Estudo de tempos e movimentos

Keywords:

Harvesting wood

Productivity

Forest planning

Study of time and movements

Received in

2020/04/13

Accepted on

2020/05/13

Published in

2020/06/30



DOI:

<https://doi.org/10.34062/afs.v7i2.10151>

RESUMO: A produtividade operacional do *feller-buncher* pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: tipo de máquina, volume médio individual, espécie, operador, declividade, tipo de solo, eito de trabalho, diâmetro a altura do peito, entre outros. A hipótese abordada neste trabalho foi se a largura da faixa operacional (3 e 4 linhas) poderia influenciar na produtividade da máquina. Diante disso, o objetivo foi a avaliação técnica de um *feller-buncher* em uma floresta de *Eucalyptus platyphilla*, realizando o corte em um eito operacional composto por três e quatro linhas de plantio. Os dados foram obtidos por meio de um estudo de tempos e movimentos, realizado pelo método do tempo contínuo considerando para a análise dois tratamentos (T1 e T2). Entre os tratamentos avaliados, para a faixa de trabalho com três linhas (9 metros) a produtividade foi de 154,34 m³ h⁻¹ e para T2 com quatro linhas (12 metros) foi de 135,10 m³ h⁻¹, apresentando uma variação de 14% entre os tratamentos. Independentemente da largura de trabalho o elemento cortar foi a que mais consumiu tempo por ciclo. Conclui-se que a largura da faixa operacional influenciou na produtividade do *feller-buncher* na operação de corte de árvores.

Influence of the working band width on the feller-buncher cutting operation

ABSTRACT: The operational productivity of the feller-buncher can be influenced by several factors, such as: machine type, individual average volume, species, operator, slope, soil type, the row width of work, diameter at breast height, among others. The hypothesis addressed in this work was if the row width of work (3 and 4 lines) could influence the machine productivity. Therefore, the objective was the technical evaluation of a feller-buncher in an *Eucalyptus platyphilla* forest, making the cut in an operational area composed of three and four planting lines. The data were obtained through a study of times and methods, carried out by the method of continuous time, considering two treatments for the analysis (named as T1 and T2). Among the treatments evaluated, for a work area with three lines (9 meters) the productivity was 154,34 m³ h⁻¹ and for the work area with four lines (12 meters) it was 135,10 m³ h⁻¹ showing a variation of 14% among the treatments. Regardless of the row width of work, the cutting element was the most time consuming per cycle. It is concluded that the work effect influenced the productivity of the feller-buncher in the tree cutting operation.

Introdução

O Brasil tem papel de destaque no cultivo de florestas plantadas, principalmente com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, por serem utilizados para a produção dos mais diversos produtos a fim de abastecer o mercado nacional e internacional (Ibá 2020). Desta maneira para que as demandas sejam atendidas, as empresas são motivadas a buscar tecnologias de melhoria contínua e otimização das etapas do processo produtivo de forma geral, inclusive quando aplicada na colheita de madeira mecanizada.

Estas melhorias podem ser almeçadas por meio do processo de mecanização planejada na etapa da colheita de madeira (Spinelli 2009; Leite et al. 2014), por meio da utilização de máquinas e equipamentos cada vez mais modernos, contribuindo com o conhecimento técnico das máquinas, produtividade operacional, minimização dos custos e tomada de decisão (Holzleitner et al. 2011; Hiesl e Benjamin 2013a; Bodaghi et al. 2018).

Devido à importância da colheita de madeira e independente do grau de mecanização utilizado, a avaliação dos sistemas de colheita de madeira é um procedimento fundamental para alteração ou correções do processo de produção, bem como, a racionalização e otimização dos recursos utilizados (Nascimento et al. 2011; Spinelli et al. 2016; Santos et al. 2018a).

Para a avaliação de uma máquina ou de um sistema de colheita de madeira, torna-se necessário o conhecimento dos principais fatores que afetam a operação das máquinas, dentre estes fatores pode-se enfatizar a declividade do terreno, tipo de solo, tipo de floresta, espaçamento, características silviculturais, turno de trabalho, tempo de experiência do operador, finalidade da madeira e capital disponível (Strandgard e Mitchell 2010; Lima e Leite 2014; Machado et al. 2014; Levers et al. 2014).

Uma das técnicas utilizadas no planejamento e aperfeiçoamento da operação de colheita de madeira é o estudo de tempos e movimentos (Szewczyk et al. 2014; Leite et al. 2019). Em uma operação em andamento, segundo Simões e Silva (2012); Martins et al. (2014), a cronometragem das atividades e o estudo de tempos e movimentos podem ser empregados para obter informações sobre o desempenho e possibilitar a racionalização dos elementos do ciclo operacional.

Sendo assim, aplicando-se o estudo de tempos e movimentos torna-se possível detalhar todo o processo e definir quais são os elementos que demandam maior tempo, em qual etapa do processo encontram-se os gargalos e quais os fatores que podem influenciar na operação da máquina. Desta maneira, a hipótese foi se a faixa operacional composta por 3 e 4 linhas podem influenciar no tempo para a realização do elemento e a produtividade do *feller-buncher*. Diante disso, o

objetivo foi avaliar os tempos dos elementos e a produtividade na operação de um *feller-buncher* em duas situações operacionais: uma faixa de 3 linhas (9 metros) e uma de 4 linhas (12 metros).

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no centro oeste do estado de São Paulo (23°06'53" S e 48°36'55" O). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, as características climáticas da região são consideradas como Cwa clima tropical de altitude com pluviosidade média anual de 1.372,7mm e temperatura média anual de 19,7°C (Alvares et al. 2014). O tipo de solo da área de colheita era Neossolo Quartzarênico Órtico típico, A moderado, álico, de textura arenosa e com uma declividade do terreno de 0 a 3% sendo caracterizado como plano (Santos et al. 2018b).

Para o estudo, foi selecionado um plantio clonal de *Eucalyptus platyphilla*, de primeiro corte, com espaçamento de 3 por 2 metros. De acordo com os dados fornecidos pela empresa, no momento da colheita, aos 6 anos de idade, haviam 1.065 árvores por hectare, e o volume médio por árvore (VMI) era de 0,20m³.

Coleta de dados

O sistema de colheita de madeira era o *full-tree* no qual a derrubada era executada por um *feller-buncher*, a extração da madeira por um *grapple skidder* e o traçamento por um *grapple processor*.

A operação de corte, acúmulo e formação dos feixes foi realizada com o *feller-buncher* (Figura 1) da marca John Deere, modelo 903K, com 30.000Kg de massa, possuía um sistema rodante de esteiras metálicas e era equipada com um motor com potência máxima de 224Kw e implemento florestal do modelo FR22B com capacidade de corte de 558.8mm capacidade de acúmulo de 0,48m².



Figura 1. *Feller-buncher* avaliado.

O *feller-buncher* deslocava-se na direção do alinhamento do plantio, em seguida os feixes eram depositados no solo formando um ângulo de 45° em relação ao sentido de deslocamento da máquina, ou

seja, após o corte e acúmulo das árvores a máquina efetuava um giro bascular de 45°.

Foram avaliados dois tratamentos durante o estudo com o *feller-buncher* (Figura 2). No tratamento 1 (T1) a faixa de trabalho era composta por 3 linhas de plantio e para o tratamento 2 (T2) a faixa era composta por 4 linhas de plantio.

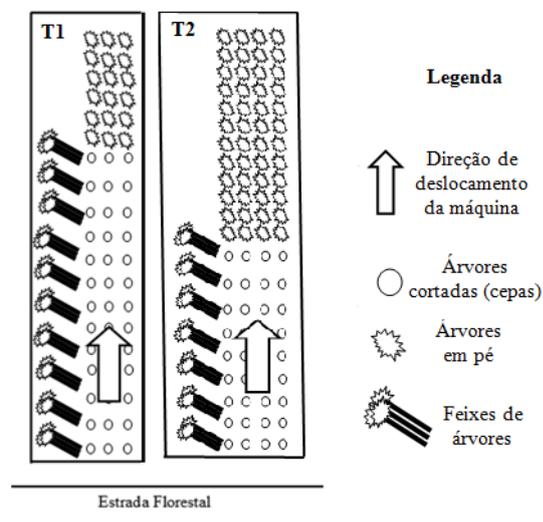


Figura 2. Layout do presente estudo.

O número mínimo de ciclos necessários foi calculado com um erro amostral admissível fixado

Tabela 1. Definição dos elementos operacionais.

Elementos	Definição
Cortar	Tempo despendido para o corte, deslocamento, acúmulo das árvores e formação do feixe de madeira. Este elemento inicia no momento em que o cabeçote se direciona até a primeira árvore e finaliza no momento do último corte da árvore de cada feixe.
Bascular	Tempo despendido para a deposição do feixe de madeira no solo. Inicia após o corte da última árvore de cada feixe e termina com a abertura das garras do cabeçote e deposição das árvores sobre o solo.
Deslocar	Tempo despendido na movimentação da máquina. Inicia-se após a deposição do feixe sobre o solo e finaliza com a busca da primeira árvore.

Resultados

Os resultados de tempos e da produtividade apresentados neste estudo referem-se aos elementos efetivos do *feller-buncher*. Durante o estudo foram derrubadas 1.065 árvores, sendo: 513 no T1 e 552 no T2. O número de ciclos coletados para os dois tratamentos, com um erro de amostragem admissível fixado em 5%, a 95% de probabilidade, foi superior ao calculado como necessário (Tabela 2).

Para efeito deste estudo o ciclo operacional da derrubada com *feller-buncher* foi subdividido em três elementos efetivos: cortar, bascular e deslocar (Tabela 3). Desta maneira, o elemento deslocar não

em 5%, a 95% de probabilidade (Equação 1), conforme descrito pelos autores Simões et al., (2010a) e Pereira et al. (2015).

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{E^2} \quad (1)$$

Em que: n é o número mínimo de ciclos operacionais necessários; t é o valor de t, *Student*, no nível de probabilidade desejado e (n-1) graus de liberdade; CV é o coeficiente de variação (%); E é o erro admissível (%).

Os dados de tempos dos elementos operacionais e da produtividade foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

Análise técnica

A produtividade do *feller-buncher* foi calculado em metros cúbicos (m³) com casca por hora efetiva de trabalho conforme Equação 2:

$$\text{Prod} = \frac{n \cdot v}{h} \quad (2)$$

Em que: n é o número de árvores; v é o volume médio por árvore (m³); h são as horas efetivamente trabalhadas.

apresentou diferença estatisticamente significativa (p<0,05) entre os tratamentos. Isto indica que o deslocamento independe da largura da faixa de operação.

Tabela 2. Número mínimo de ciclos necessários e número de ciclos coletados.

Tratamentos	Número de ciclos (n)	
	Mínimo necessário	Coletados
T1	35	83
T2	43	71

Os elementos cortar e bascular apresentaram diferença estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para os tratamentos T1 e T2 e, não houveram diferenças significativas nos tempos médios para esses elementos, sendo assim, pode-se afirmar que mantendo a mesma largura da faixa de trabalho, o lado do basculamento não interferiu no tempo para a

realização dos elementos cortar e bascular. Conforme apresentado na Tabela 4 pode-se constatar uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na produtividade entre os tratamentos T1 e T2.

Tabela 3. Média e desvio padrão dos tempos, em segundos por ciclo para cada elemento

Variáveis	T1	T2	Valor P
Cortar	30,96 + 5,16 a	33,87 + 6,01 b	< 0,001
Bascular	3,48 + 0,85 a	4,38 + 1,19 b	< 0,001
Deslocar	5,98 + 3,10 a	5,94 + 2,99 a	< 0,424
Tempo total	40,57 + 6,06 a	44,40 + 7,27 b	< 0,001

Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de “Tukey” com 5% de probabilidade.

Tabela 4. Média e desvio padrão da produtividade.

Variável	T1	T2	Valor P
Produtividade ($m^3 h^{-1}$)	154,34 + 19,39 b	135,10 + 24,52 a	< 0,001

Médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de “Tukey” com 5 % de probabilidade.

Discussão

Tempos padrões por ciclo

Ao considerar os elementos do ciclo operacional do *feller-buncher*, o elemento cortar, foi o que mais consumiu tempo no T1 e T2, resultado semelhante foi constatado por Fernandes et al. (2011) e Simões et al. (2014).

O segundo elemento do ciclo operacional do *feller-buncher* que mais consumiu tempo foi o deslocar, seguida do elemento bascular. De acordo com Miyajima et al. (2016) constataram que o elemento giro vazio e bascular foram os elementos que menos consumiram tempo para as suas respectivas realizações. Já no entendimento de Acuna et al. (2011) o elemento bascular e o elemento posicionamento do implemento foram os que mais consumiram o tempo para a operação de corte em uma floresta plantada de *Pinus*.

Embora em outros trabalhos não tenham sido avaliados o efeito da faixa de trabalho nos elementos operacionais do *feller-buncher*, os autores Diniz et al. (2018) ponderaram a influência da variação da declividade do terreno no tempo para a realização dos elementos do ciclo operacional do *feller-buncher*. Em um estudo realizado por Alam et al. (2013) constatou-se que o tempo para a realização do elemento cortar foi afetado pela variação da declividade do terreno, porém, para o elemento deslocar não foi encontrado variação diante a declividade.

Produtividade

Na análise da produtividade do *feller-buncher* para ambos os testes foi constatado uma diferença significativa, fato este que pode ser explicado pelo tempo total que, para o tratamento (T1) foi 9,44% menor em relação ao tratamento (T2). Resultados que diferem dos encontrados por Simões et al. (2010b), em que determinaram que a melhor produtividade foi para a faixa de trabalho composta por quatro linhas e disposição dos feixes de madeira a 45°.

Embora em outros trabalhos não foram considerados o fator largura da faixa de trabalho do *feller-buncher*, fatores como: condições do terreno (Visser e Spinelli 2012), diâmetro das árvores (Hiesl e Benjamin 2013b), volume individual das árvores (Teixeira et al. 2018), e a espécie (Tolosana et al. 2018) influenciaram na produtividade do *feller-buncher*.

Ao considerar os valores da produtividade, em ambos os testes estes valores foram superiores aos valores constatados por Ghaffariyan et al. (2012), Acosta et al. (2017) e inferiores aos valores de produtividade constatados por Simões et al. (2018).

Conclusões

A largura da faixa de trabalho influenciou na produtividade do *feller-buncher*.

A faixa de trabalho de 3 linhas representou um aumento de 14% na produtividade da máquina.

Dentre os elementos do ciclo operacional do *feller-buncher* o elemento cortar foi o que mais consumiu tempo por ciclo.

References

- Ackerman P, Gleasure E, Ackerman S, Shuttleworth B (2014) Standards for time studies for the South African forest industry. Disponível em: http://www.forestproductivity.co.za/?page_id=678 accessed 17 January 2020.
- Acosta FC, Laroca JVS, Santos OIV, Silva JPP (2017) Productividad y costo del corte de árboles com feller-buncher en plantaciones de *Eucalyptus Nativa*, 5(3): 218-223.
- Acuna M, Skinnell J, Evanson T, Mitchell R (2011) Bunching with *self leveling* feller-buncher on steep terrain for efficient yarder extraction. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32: 521-531.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2014) Koppen`s climate classification map for Brazil. *Meteorologishe Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Alam M, Acuna M, Brown M (2013) Self-levelling feller-buncher productivity based on lidar derived slope. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(2): 273-281.
- Bilici E, Akay AE, Abbas D (2017) Assessing the effects of site factors on the productivity of a feller buncher: a time and motion analysis. *Journal of Forest Research*, 30: 1471-1478.
- Bodaghi AI, Nikooy M, Naghdi R, Venanzi R, Latterini F, Tavankar F, Picchio R (2018) Ground-based extraction on salvage logging in two high forests: A productivity and cost analysis. *Forests*, 9: 1-18.
- Diniz CCC, Nakajima NY, Robert RCG, Dolácio CJF, Silva FA (2018) Desempenho de um feller buncher em extrema variação da declividade do terreno. *Advances in Forestry Science*, 5(3): 381-384.
- Fernandes HC, Lopes SE, Teixeira MM, Rinaldi PCN, Fernandes PS (2011) Avaliação técnica e econômica de um feller buncher operando em diferentes produtividades. *Engenharia na Agricultura*, 19(3): 210-218.
- Ghaffariyan MR, Acuna M, Kellog L (2012) Productivity of roadside processing system in Western Australia. *Silva Balcanica*, 13(1): 49-60.
- Hiesl P, Benjamin JG (2013a) Applicability of international harvesting equipment productivity studies in Maine, USA: a literature review. *Forests*, 4: 898-921.
- Hiesl P, Benjamin JG (2013b) A multi-stem feller-buncher cycle time model in partial harvests in small diameter wood stands. *International Journal of Forest Engineering*, 24:101- 108.
- Holzleitner F, Stampfer K, Visser R (2011) Utilization rates and cost factors in timber harvesting based on long-term machine data. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32: 501-508.
- Ibá - Indústria Brasileira de Árvores (2020) São Paulo. Disponível em: <https://iba.org/arvores-plantadas> accessed 09 May 2020.
- Leite ES, Minette LJ, Fernandes HC, Souza AP de, Amaral EJ do, Lacerda E das G (2014) Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. *Revista Árvore*; 38(1): 1-8.
- Lima JSS, Leite AMP (2014) Mecanização. In: Machado CC. *Colheita florestal*. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 46-73.
- Leite ES, Guedes IL, Amaral, EJ (2019) Benefícios do desempenho da motopoda no desganhamento da colheita florestal. *Engenharia na Agricultura*, 27(1): 30-36.
- Levers C, Verkerk PJ, Muller D, Verburg PH, Butsic V, Leitão PJ, Lindner M., Kuemmerle T (2014) Drivers of forest harvesting intensive patterns in Europe. *Forest Ecology and Management*, 315: 160-172.
- Machado CC, Silva EN, Pereira RS, Castro GP (2014) O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In. Machado CC. *Colheita florestal*. 3. ed. Viçosa, MG: Editora. UFV, p. 15-45.
- Martins VWB, Santos NCB, Silva NCL, Soares DC, Lima Junior, PS (2014) Análise da capacidade produtiva de uma indústria de blocos pré-moldados utilizando o estudo de tempos cronometrados. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 6(11): 311-327.
- Miyajima RH, Tonin RP, Passos JRS, Fenner PT (2016) A influência da declividade do terreno e do tempo de experiência dos operadores no rendimento

- do feller buncher. *Scientia Forestalis*, 44(110): 443-451.
- Nascimento AC, Leite AMP, Soares TS, Freitas LC de (2011) Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. *Revista Cerne*, 17(1): 9-15.
- Pereira ALN, Lopes ES, Dias AN (2015) Análise técnica e de custo do feller buncher e skidder na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. *Ciência Florestal*, 25(4): 1-11.
- Santos DWFN, Fernandes HC, Valente DSM, Leite ES (2018a) Análise técnica e econômica de dois subsistemas de colheita de madeira de toras curtas. *Rev. Bras. Cienc. Agrar.* 13(2): 1-6.
- Santos HG, Almeida JA, Oliveira JB, Lumbreras JF, Anjos LHC, Coelho MR, Jacomine PKT, Cunha TJJ, Oliveira VA (2018b) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5. ed. Brasília: Editora EMBRAPA, 353 p.
- Simões D, Fenner PT, Esperancini MST (2010a) Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. *Scientia Forestalis*, 38(88): 611-618.
- Simões D, Iamonti IC, Fenner PT (2010b) Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. *Ciência Floresta*, 20(4): 649-656.
- Simões D, Silva MR (2012) Desempenho operacional e custos de um trator na irrigação pós-plantio de eucalipto em campo. *Revista Ceres*, 59(2): 164-170.
- Simões D, Fenner PT, Esperancini MST (2014) Produtividade e custos do feller buncher e Processador Florestal em povoamentos de eucalipto de primeiro corte. *Ciência Florestal*, 24(3): 621-630.
- Simões D, Miyajima RH, Tonin RP, Fenner PT, Batistela GC (2018) Incorporation of uncertainty in technical and economic analysis of a feller-buncher. *Floresta*, 48(3): 403-412.
- Spinelli R, Ward SM, Owende PM (2009) A harvest and transport cost model for *Eucalyptus* spp. fast-growing short rotation plantations. *Biomass and Bioenergy*, 33(9): 1265–1270.
- Spinelli R, Cacot E, Mihelic M, Nestorovski L, Mederski P, Tolosana E (2016) Techniques and productivity of coppice harvesting operations in Europe: a meta-analysis of available data. *Annals of Forest Science*, 73(4):1125–1139.
- Strandgard M, Mitchell R (2010) Benchmarking feller-buncher Productivity in Western Australian Blue Gum Plantations, CRC For Ind Bull 12.
- Szewczyk G, Sowa JM, Grzebieniowski W, Kormanek M, Kulak D, Stan´czykiewicz A (2014) Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. *Silva Fennica*, 48(4): 1159–1175.
- Teixeira RC, Santos DWFN, Fernandes HC, Dadalto JP. (2018) Desempenho técnico e econômico do feller-buncher em distintas características dendrométricas do povoamento florestal. *Nativa*, 6: 786-782.
- Tolosana E, Spinelli R, Aminti G, Laina R, Vicens IL (2018) Productivity, Efficiency and Environmental effects of whole-tree harvesting in Spanish coppice stands using a drive to tree disc saw feller-buncher. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 39(2): 163-172.
- Tonin RP, Miyajima RH, Passos JRS, Fenner PT (2018) Avaliação do desganhador florestal de discos em função do tempo de estocagem da madeira em campo. *Ciência Florestal*, 28(3): 1142-1150.
- Visser R, Spinelli R (2012) Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing. *Journal of Forest Research*, 17: 397–402.