



## Desempenho técnico e econômico do feller-buncher em distintas características dendrométricas do povoamento florestal

Romulo de Casto TEIXEIRA<sup>1</sup>, Diego Weslly Ferreira do Nascimento SANTOS<sup>1</sup>, Haroldo Carlos FERNANDES<sup>1</sup>, Juliana Pinheiro DADALTO<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.  
\*E-mail: [juliana.dadalto@ufv.br](mailto:juliana.dadalto@ufv.br)

Recebido em fevereiro/2018; Aceito em maio/2018.

**RESUMO:** Os dados técnicos e econômicos disponíveis das máquinas de colheita florestal são insuficientes, sendo em algumas condições de trabalho inexistentes. Objetivou-se com a presente pesquisa analisar o desempenho técnico e econômico do feller-buncher em diferentes condições do povoamento florestal. O estudo foi executado em áreas de colheita florestal localizadas na região sul do estado de Mato grosso. Foi realizado o estudo de tempos e movimentos, produtividade, disponibilidade mecânica, eficiência operacional, custo operacional e de produção do feller-buncher nos volumes de 0,14; 0,16; 0,18; e 0,26 m<sup>3</sup> por árvore. O volume individual das toras influenciou de forma significativa no tempo médio por ciclo operacional, produtividade e custo de produção, sendo os melhores valores encontrados nos maiores volumes. Foi observado uma disponibilidade mecânica média de 83%, eficiência operacional de 96% e custo operacional de 305,45 R\$ h<sup>-1</sup>. O volume por árvore demonstrou-se como uma variável de extrema importância para o planejamento florestal.

**Palavras-chave:** colheita florestal, mecanização florestal, custos.

### Technical and economic performance of the feller-buncher in different dendrometric characteristics of forest stands

**ABSTRACT:** The technical and economic data available on forestry harvesting machines are insufficient, and in some working conditions nonexistent. The objective of this research was to analyze the technical and economic performance of the feller-buncher in different forest stand conditions. The study was carried out in forest harvesting areas located in the southern region of the state of Mato Grosso. The study of time and movements, productivity, mechanical availability, operational efficiency, operating and production costs of the feller-buncher in the volumes of 0.14; 0.16; 0.18; and 0.26 m<sup>3</sup> per tree. The individual volumes of the logs had a significant influence on the average time per operational cycle, productivity and cost of production, with the best values found in the largest volumes. An average mechanical availability of 83%, operating efficiency of 96% and operating cost of 305.45 R \$ h<sup>-1</sup> was observed. The volume per tree has been shown to be an extremely important variable for forest planning.

**Keywords:** forest harvesting, forest mechanization, costs.

#### 1. INTRODUÇÃO

OA colheita florestal é um dos processos mais importante e que demanda maior quantidade de recursos do setor florestal, sendo influenciada por fatores técnicos, ambientais e sociais. A partir da década de 90 ocorreu uma intensa mecanização da colheita, o que proporcionou redução do custo de produção e aumento da produtividade. O corte é a etapa inicial da colheita, sendo que quando realizada de forma mecanizada e no sistema toras longas o feller-buncher é uma das máquinas mais utilizadas.

De acordo com Pereira et al. (2015) a produtividade e o custo de produção do feller-buncher são influenciados diretamente pelo o aumento do volume de madeira do povoamento, sendo o conhecimento dessa variável indispensável para o planejamento florestal. No entanto, de acordo com Nascimento et al. (2011), os dados técnicos e econômicos disponíveis das máquinas de colheita florestal são insuficientes, sendo em algumas condições de trabalho inexistentes. Análises técnicas e econômicas são algumas das ferramentas que auxiliam no planejamento e na otimização das atividades de colheita. Silva et al. (2014) realizaram uma

análise econômica e verificaram que a otimização das atividades que compõem os custos operacionais, especialmente aquelas que mais influenciam nesses custos, resultam em uma economia de aproximadamente 7% no custo final do metro cúbico da madeira produzido.

Mediante isso, o conhecimento das variáveis que interferem no processo produtivo e nos custos do feller-buncher, assim como a determinação da produtividade e dos custos da máquina em situação real de trabalho é de fundamental importância para o planejamento florestal e para a determinação da viabilidade econômica das atividades (PEREIRA et al. 2015).

Em função do exposto acima, e a necessidade de melhorar e conhecer a real capacidade de trabalho do feller-buncher, a presente pesquisa tem por objetivo de analisar o desempenho técnico e econômico do feller-buncher em diferentes condições do povoamento florestal.

#### 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma área de operação de colheita florestal, situada na região sul do Estado do Mato

Grosso (16° 28' 15" S; 54° 38' 09" W). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger a região apresenta clima do tipo tropical (Aw) com estação de verão chuvosa e seca no Inverno, temperatura média de 24,8 °C, e precipitação pluviométrica média anual de 1.527 mm. A região possui Latossolo Vermelho Distrófico, relevo variando de plano a suave-ondulado e altitude média de 227 metros.

O estudo foi realizado em um sistema de árvores inteiras (full tree) formado pelas máquinas feller-buncher, skidder, grua florestal e picador. O feller-buncher realizava o corte e acúmulo das árvores em um eito de três linhas, após o corte as árvores eram depositadas na superfície do solo na forma de feixes. O skidder realizava a extração dos feixes de árvores do interior do talhão até as margens das estradas. A grua florestal era utilizada para depositar as árvores na esteira do picador. Já o picador florestal tinha a função de transformar as toras de madeira em cavacos.

A máquina analisada foi um feller-buncher de esteiras da marca Tigercat, modelo 860C. A máquina base é equipada com rodados de esteiras, e motor Cummins QSL9 Tier 3, de 224 kW (300 hp) de potência e rotação de 1.800 rpm. O alcance máximo da lança é de 8,46 m com capacidade de levantar até 6.080 quilos. A máquina era equipada com o cabeçote modelo 5300 da marca Tigercat, com elemento cortante de disco com 18 dentes, 1,37 metros de diâmetro e rotação máxima de 1.150 rpm. O cabeçote corta árvores com diâmetros de até 0,545 m e possui área de acumulação de 0,62 m<sup>2</sup>.

A pesquisa foi executada em quatro talhões florestais, povoados com distintos clones de eucalipto híbrido (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) com diferentes volumes individuais, plantados em espaçamento de 3x2 metros e idade de corte de 6,5 anos (Tabela 1).

Tabela 1. Características do povoamento florestal nos distintos talhões.

Table 1. Characteristics of the forest stand in the different plots.

Talhão	Clone	Área (ha)	Declive (graus)	Volume (m <sup>3</sup> )	
				Por árvore	Por ha
1	VM01	22,23	1,00	0,14	241,64
2	1277	24,75	1,35	0,16	263,97
3	VM01	19,87	0,45	0,18	305,80
4	H15	25,32	0,90	0,26	439,95

Para realização do estudo de tempos e movimentos, inicialmente foi realizada a subdivisão do ciclo operacional da máquina nas seguintes operações: deslocamento e busca: iniciava quando a máquina começava a se deslocar com o cabeçote vazio em busca da primeira árvore a ser abatida e era finalizado quando o cabeçote estava apoiado na árvore; corte e acúmulo: iniciava quando o cabeçote estava apoiado na primeira árvore do ciclo operacional a ser abatida e finalizava quando a última árvore era cortada, completando a capacidade de acúmulo do cabeçote; e derrubada: dava-se início quando a última árvore do ciclo operacional era cortada, sendo finalizado quando o cabeçote depositava o feixe de árvores sobre a superfície do solo e era posicionado verticalmente.

A coleta de dados de tempos e movimentos do feller-buncher foi realizada pelo método de tempo contínuo, onde foram registrados vídeos da máquina executando suas atividades, e posteriormente foi cronometrado o início e o

final de cada operação. Os vídeos foram realizados por meio de uma câmera digital, da marca Sony, modelo DSC-W800.

Conforme a metodologia proposta por Barnes (1968) foi realizado, preliminarmente, um estudo piloto para definir o número mínimo de observações do ciclo operacional da máquina, a fim de proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, por meio da equação 1.

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: n = número mínimo de ciclos operacionais necessários; t = Valor de f, para o nível de probabilidade desejado; CV = variância (%); e E = erro admissível (%).

A produtividade do feller-buncher foi determinada em metros cúbicos de madeira por hora efetiva de trabalho por meio do quociente entre o volume nas parcelas e o tempo gasto nas mesmas. Em cada talhão, com os respectivos volumes individuais, foram demarcadas 18 parcelas experimentais em formato retangular, contendo 99 árvores cada e uma área de 384 m<sup>2</sup>. As parcelas foram alocadas em áreas sem falhas de plantio, árvores mortas e quebradas, com objetivo de obter maior confiabilidade nos resultados.

Os volumes individuais das árvores foram determinados por cubagem rigorosa, conforme o método de Newton (HUSCH et al. 2003). Já o volume das parcelas foi determinado mediante a multiplicação entre o volume individual das árvores e o número de árvores presentes nas parcelas.

A disponibilidade mecânica e eficiência operacional foram determinadas por meio das Equações 2 e 3, respectivamente.

$$DM = \frac{Ht - Hm}{Ht} 100 \quad (\text{Equação 2})$$

em que: DM = disponibilidade mecânica (%); Ht = horas totais de trabalho (h); e Hm = tempo de paradas para manutenção (h).

$$EO = \frac{Ht - Hp}{Ht} 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que: EO = eficiência operacional (%); Hp = tempo de paradas pessoais (h).

O custo operacional foi determinado em reais por hora efetiva de trabalho, por meio do somatório dos custos fixos e variáveis, de acordo com a metodologia proposta pela ASAE (2001). Todas as informações para o cálculo foram fornecidas pela empresa, sendo que foram contabilizados todos os custos inerentes à colheita florestal com feller-buncher.

Os custos fixos calculados foram: depreciação, taxas administrativas, segurança, seguro, salário do operador e juros.

O custo com depreciação (D) foi determinado pelo método da soma dos dígitos, conforme Equação 4.

$$D = \frac{nd}{He} (Va - Vr) \quad (\text{Equação 4})$$

em que: nd = ano decrescente da vida útil; SD = soma dos dígitos; Va = valor de aquisição (R\$); Vr = valor de revenda (R\$); e He = horas efetiva de uso anual (horas ano<sup>-1</sup>).

O custo com taxas administrativas (Ta) foi calculado por meio da Equação 5.

$$Ta = \frac{CPA}{NM He} \quad (\text{Equação 5})$$

em que: CPA = Custo com pessoal administrativo (R\$ ano<sup>-1</sup>); NM = número de máquinas atendidas.

Como a colheita florestal da empresa, onde a pesquisa foi realizada, trabalhava apenas 10 horas por dia, as máquinas precisavam de vigilância para prevenir a ocorrência de furtos, sendo esse dispêndio calculado por meio da Equação 6.

$$Cse = \frac{Ss}{NM He} \quad (\text{Equação 6})$$

em que: Cse = custo com segurança (R\$ he<sup>-1</sup>); Ss = salários dos seguranças incluindo encargos (R\$ R\$ ano<sup>-1</sup>).

Em virtude do risco de acidentes, o feller-buncher analisado possuía custo com seguro (Csg), sendo calculado pela razão entre o valor do seguro (R\$ ano<sup>-1</sup>) e as horas efetivas de uso anual (horas ano<sup>-1</sup>).

A determinação do custo com salário do operador foi determinado mediante a Equação 7. O custo com pessoal da oficina, mecânicos, foi calculado por meio da Equação 8. O custo com juros foi determinado conforme a Equação 9.

$$Csop = \frac{Sop}{He} \quad (\text{Equação 7})$$

em que: Csop = custo com salário dos operadores (R\$ he<sup>-1</sup>); Sop = somatório dos salários dos operadores da máquina incluindo encargos (R\$ ano<sup>-1</sup>); e He = horas efetiva de uso anual (he ano<sup>-1</sup>).

$$Cme = \frac{Sme}{NM He} \quad (\text{Equação 8})$$

em que: Cme = custo com mecânicos (R\$ he<sup>-1</sup>); Sme = somatório dos salários dos mecânicos incluindo encargos (R\$ ano<sup>-1</sup>).

$$Cj = \frac{(Va - Vr) i}{N He} \quad (\text{Equação 9})$$

em que: Cj = custo com juros (R\$ he<sup>-1</sup>); Va = valor de aquisição (R\$); Vr = valor de revenda (R\$); i = taxa de juros anual (decimal); N = vida útil da máquina (anos).

Com relação aos custos variáveis, calcularam-se os custos com combustível, óleo hidráulico, lubrificante, graxa, peças mecânicas de reposição, transporte de pessoal e transporte de maquinário. O custo com combustível foi determinado por meio da Equação 10. O gasto financeiro com óleo hidráulico foi calculado conforme a Equação a 11. O custo com lubrificante foi estimado a partir da Equação 12. Calculou-se o custo com graxa por meio da Equação 13.

$$Cc = Chd x Pd \quad (\text{Equação 10})$$

em que; Cc = custo com combustível (R\$ he<sup>-1</sup>); Chd = consumo horário com diesel (L he<sup>-1</sup>) e Pd = preço do óleo diesel (R\$ L<sup>-1</sup>).

$$Coh = Coh x Poh \quad (\text{Equação 11})$$

em que; Coh = custo com óleo hidráulico (R\$ he<sup>-1</sup>); Chd = consumo horário com óleo hidráulico (L he<sup>-1</sup>) e; Pd = preço do óleo hidráulico (R\$ L<sup>-1</sup>).

$$Cl = Clu Plu \quad (\text{Equação 12})$$

em que: Cl = custo com lubrificante (R\$ he<sup>-1</sup>); Clu = consumo horário com lubrificante (L he<sup>-1</sup>) e; Plu = preço do lubrificante (R\$ L<sup>-1</sup>).

$$Cg = Cgr Pgr \quad (\text{Equação 13})$$

em que: Cg = custo com graxa (R\$ he<sup>-1</sup>); Cgr = consumo horário com graxa (L he<sup>-1</sup>) e; Pgr = preço da graxa (R\$ L<sup>-1</sup>).

Durante a execução da pesquisa ocorreu à quebra de peças da máquina, sendo necessária a reposição das mesmas. O custo com peças de reposição foi determinado por meio da Equação 14. O custo com o transporte dos operadores foi calculado por meio da Equação 15. Como era necessário o deslocamento da máquina entre os talhões, esse custo foi determinado conforme a Equação 16.

$$Cpr = \frac{Vp1}{Vu1} + \dots + \frac{Vpn}{Vun} \quad (\text{Equação 14})$$

em que: Cpr = custo com peças reposição (R\$ he<sup>-1</sup>); Vp1 = valor de aquisição da peça (R\$) e; Vu1 = vida útil da peça (horas).

$$Ctp = \frac{Vdp}{Hem} \quad (\text{Equação 15})$$

em que: Ctp = custo com transporte de pessoal (R\$ he<sup>-1</sup>); Vdp = valor com deslocamento de pessoal (R\$ mês<sup>-1</sup>); e Hem = horas efetiva de uso mensal (horas mês<sup>-1</sup>).

$$Ctm = \frac{Vdm}{Hem} \quad (\text{Equação 16})$$

em que: Ctm = custo com transporte da máquina (R\$ he<sup>-1</sup>); Vdm = valor com deslocamento da máquina (R\$ mês<sup>-1</sup>); e Hem = horas efetiva de uso mensal (horas mês<sup>-1</sup>).

O custo de produção foi determinado por meio do quociente entre o custo operacional e a produtividade da máquina nas diferentes condições analisadas.

Os dados de tempos e movimentos foram analisados estatisticamente, por meio de uma análise de variância e quando significativos comparados pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade, sendo considerando um esquema fatorial 4x3, disposto em um delineamento inteiramente casualizados, sendo 4 volumes individuais e 3 operações da máquina. Os dados de produtividade e custo de produção foram submetidos à análise regressão múltipla com objetivo de gerar os modelos matemáticos das variáveis respostas em função do volume individual e do número de árvores por ciclo operacional. Todos os procedimentos estatísticos foram utilizados o software StatSoft South America.

### 3. RESULTADOS

Na Tabela 2 constam os resultados do estudo de tempos e movimentos, sendo que houve interação significativa entre o volume e os elementos que compõem o ciclo operacional da máquina. A máquina apresentou um tempo médio geral de 40,21 segundos por ciclo operacional, sendo que a atividade corte e acúmulo representou 73% do valor, seguida da derrubada com 15% e deslocamento vazio com 12%.

Tabela 2. Tempo médio, em segundos, das operações que compõem o ciclo operacional do feller-buncher, em cada classe de volume, assim como o tempo médio por ciclo operacional.

Table 2. Mean time, in seconds, of the operations that make up the feller-buncher operating cycle, in each volume class, as well as the average time of the operational cycle.

Volume (m <sup>3</sup> árv <sup>-1</sup> )	Operação			Tempo/ ciclo
	Deslocamento	Corte	Derrubada	
0,14	4,77 aC	31,97 bA	6,30 aB	43,04 a
0,16	4,96 aB	34,92 aA	5,62 aB	45,48 a
0,18	5,20 aB	27,67 cA	6,31 aB	38,51 b
0,26	4,26 aC	22,46 dA	7,08 aB	33,78 c

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre se pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Na Figura 1 é apresentado o comportamento da produtividade em função do volume individual e do número de árvores por ciclo operacional, assim como o modelo matemático. Ambas as variáveis independentes provocaram efeito linear, positivo e significativo na variável dependente. Através do gráfico de superfície de resposta, é evidente que, tomando níveis altos das variáveis independentes, são obtidos os maiores rendimentos. Além disso, o ponto ótimo de rendimento (máximo) está na parte superior esquerda do gráfico.

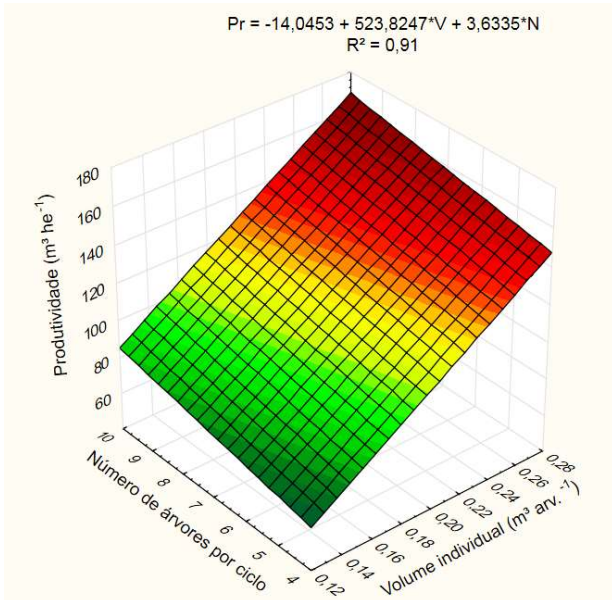


Figura 1. Regressão múltipla da produtividade em função do volume das árvores e número de árvores por ciclo. Onde: Pr = produtividade ( $m^3 \text{ he}^{-1}$ ); V = volume individual ( $m^3 \text{ arv.}^{-1}$ ); N = número de árvores por ciclo;  $R^2$  = coeficiente de determinação ajustado; e \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Os valores de disponibilidade mecânica (DM) e eficiência operacional (EO) não diferiram estatisticamente entre os parâmetros dendrométricos analisados (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

Volume ( $m^3 \text{ arv}^{-1}$ )	Disponibilidade mecânica (%)	Eficiência operacional (%)
0,14	84 a	97 a
0,16	82 a	95 a
0,18	83 a	98 a
0,26	84 a	96 a
Média geral	83,25	96,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De todos os itens do custo operacional, o combustível correspondeu ao maior percentual (43%), seguido do gasto com peças de reposição (28%) e depreciação (18%). Por outro lado, o custo administrativo (0,06%), segurança

(0,16%), e salários dos mecânicos (0,34%), corresponderam aos menores percentuais do custo total, conforme Figura 2.

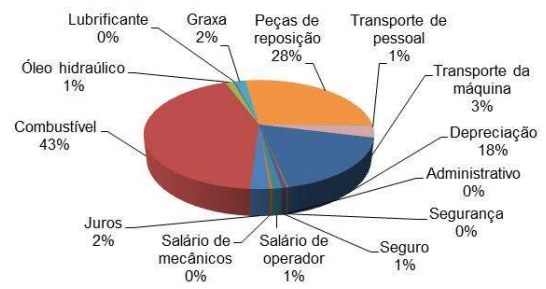


Figura 2. Dispendios e as respectivas representatividades no custo operacional do feller-buncher.

Na Figura 3 é apresentada a superfície de resposta e a equação ajustada, que descreve o comportamento do custo de produção em função do volume individual das árvores e do número de árvores por ciclo operacional. Apenas o volume individual das árvores exerceu efeito significativo e inversamente proporcional sobre a variável dependente. Na parte inferior direita do gráfico é onde se encontram os valores otimizados do custo de produção.

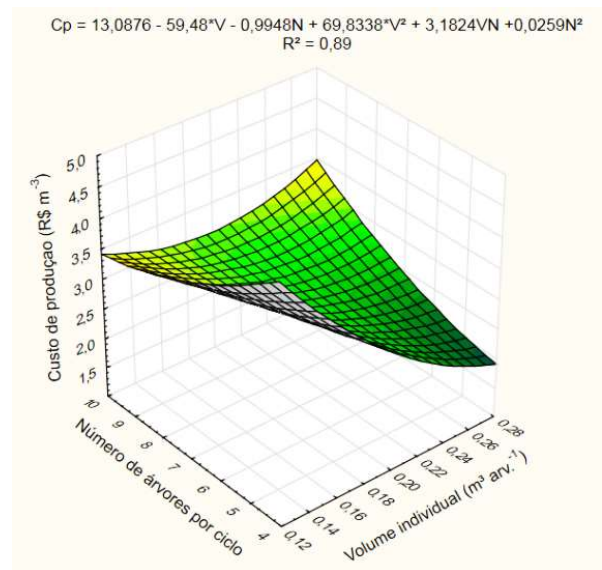


Figura 3. Regressão múltipla do custo de produção em função do volume das árvores e número de árvores por ciclo. Onde: Cp = custo de produção ( $R\$ m^{-3}$ ); V = volume individual ( $m^3 \text{ arv.}^{-1}$ ); N = número de árvores por ciclo;  $R^2$  = coeficiente de determinação ajustado; e \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Figure 3. Multiple regression of the cost of production according to the volume of the trees and number of trees per cycle. Where: Cp = cost of production ( $R \$ m^{-3}$ ); V = individual volume ( $m^3 \text{ arv.}^{-1}$ ); N = number of trees per cycle;  $R^2$  = adjusted determination coefficient; and \* significant at the 5% probability level by the t-test.

#### 4. DISCUSSÃO

O tempo total por ciclo operacional decresceu de forma significativa com o aumento do volume individual das árvores, sendo o menor valor observado no maior volume das

árvores. Tal situação é em virtude da diminuição do tempo da atividade corte e acúmulo.

O volume individual influenciou apenas no tempo médio do elemento corte e acúmulo, sendo que quanto maior o volume, menor era o tempo da atividade, devido à redução do número de árvores acumuladas. Em média a máquina acumulava 7,61; 7,42; 6,04; e 5,08 árvores por ciclo operacional nos volumes de 0,14; 0,16; 0,18 e 0,26 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Simões et al. (2014) analisaram tecnicamente um feller-buncher em diferentes condições dendrométricas do povoamento florestal e verificaram resultados distintos dos da presentes pesquisa, no entanto o volume das árvores avaliados pelos autores eram bastante semelhantes, o que pode ter acarretado na não alteração do número médio das árvores acumuladas por ciclo.

Considerando 6 árvores por ciclo operacional do feller-buncher teve-se uma produtividade média de 81,09; 91,57; 102,04; 143,95 m<sup>3</sup> he<sup>-1</sup> para os volumes de 0,14; 0,16; 0,18; e 0,26, respectivamente. O acréscimo de 0,01 m<sup>3</sup> no volume individual das árvores, mantendo fixo o número de árvores por ciclo operacional, provoca o aumento de 5,24 m<sup>3</sup> por hora efetiva de trabalho na produtividade do trator florestal. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2015) e Simões et al. (2014), onde também ficou evidenciado que o aumento do volume de madeira do povoamento, provoca acréscimos significativos no rendimento da máquina.

Constatou-se um valor médio de DM, considerando todos os volumes, de 83,25%, sendo o mesmo, abaixo do esperado, pois no momento da pesquisa a máquina tinha 4.750 horas de uso, ou seja, apenas 25% de sua vida útil. Máquinas florestais novas devem apresentar disponibilidade mecânica acima de 92%, já as com maior quantidade de horas trabalhadas devem apresentar o valor acima de 85%. O baixo valor de DM pode está relacionado com a baixa qualidade de manutenção preventiva e corretiva, além do mau uso da máquina pelos operadores.

A eficiência operacional média da máquina no período de estudo foi de 96,5%, sendo o mesmo considerado alto. Durante a colheita de madeira com feller-buncher só ocorriam pausas pessoais dos operadores, não havendo paradas para descanso ou paradas ergonômicas, a inexistência de tais pausas contribui para aumentar o valor da EO.

Determinou-se um custo operacional de R\$ 305,45 he<sup>-1</sup>, sendo 22% desse valor representado pelos custos fixos e os demais 78% pelos custos variáveis. Simões et al. (2014) e Nascimento et al. (2011) determinaram valores percentuais semelhantes ao deste trabalho, o que ratifica que os custos variáveis são os dispêndios que mais oneram o custo da máquina. Com relação ao valor total do custo operacional, os referidos autores, calcularam valores inferiores ao do atual trabalho, tal discrepância é em razão das diferenças entre as características técnicas das máquinas e das empresas onde as pesquisas foram conduzidas.

Para os volumes estudados, 0,14; 0,16; 0,18; 0,26 m<sup>3</sup> e considerando 6 árvores por ciclo operacional, obteve-se o

custo de produção médio de 3,77; 3,38; 3,04; e 2,27 R\$ m<sup>-3</sup>, respectivamente. Ao comparar os valores do menor volume com os de maior volume percebe-se uma redução de 66% no custo de produção. Tal fato chama a atenção para a necessidade de um manejo mais eficiente e condução de florestas em sítios mais produtivos, para que se possa otimizar os custos com a colheita de madeira.

## 5. CONCLUSÕES

O volume individual das toras influência de forma significativa no desempenho operacional e no custo de produção do feller-buncher, sendo os valores maximizados de produtividade e os minimizados de custo de produção encontrados nos maiores volumes.

A disponibilidade mecânica e a eficiência operacional não são afetadas pela variação do volume individual das árvores.

Constata-se um custo operacional de 305,45 R\$ he<sup>-1</sup>, sendo o custo com combustível o mais oneroso.

O volume por árvore demonstra-se como uma variável de extrema importância para o planejamento florestal.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASAE\_AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2011**: machinery, equipment and buildings: operating costs. Iowa: Ames, 2001. p. 164-226.
- BARNES, R.M. **Motion and time study: design and measurement of work**. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, 1968. 799 p.
- HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JR., J. A. **Forest mensuration**. 4.ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 443p.
- NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S. FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller-buncher. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602011000100002>
- PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S.; DIAS, A. N.; Avaliação técnica e de custo do feller-buncher e skidder na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 981-989, out.-dez., 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509820659>
- SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; MOREIRA, G. R.; COELHO, F. E. Avaliação de custos de dois modelos de harvester no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 741-748, jul.-set., 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509815733>
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPARANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamentos de eucalipto de primeiro corte. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 621-630, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509815742>