

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO CORTE DE MADEIRA DE PINUS COM CABEÇOTE *HARVESTER* EM DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS

Eduardo da Silva Lopes*, Enerson Cruziniani**, Andréa Nogueira Dias***, Nilton César Fiedler****

*Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Florestal, UNICENTRO - eslopes@irati.unicentro.br

**Graduando em Eng. Florestal, UNICENTRO - enersoncruziniani@hotmail.com

***Eng^a. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Florestal, UNICENTRO - andias@irati.unicentro.br

****Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia Rural, UFES - fiedler@ufes.br

Recebido para publicação: 03/10/2006 – Aceito para publicação: 18/12/2006

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar técnica e economicamente as atividades de corte de madeira de pinus em diferentes condições operacionais, utilizando-se *harvester* de esteiras com cabeçote processador LogMax 7000. A avaliação técnica consistiu em um estudo de tempos e movimentos, sendo obtida a produtividade e a eficiência operacional. A avaliação econômica baseou-se na determinação dos custos operacional e de produção. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e três repetições. Os resultados mostraram que o elemento que consumiu a maior parte do tempo do ciclo operacional foi o processamento da madeira, com aproximadamente 55% do tempo total em todas as condições operacionais avaliadas. As interrupções consumiram aproximadamente 20% do tempo total. Os valores de produtividade e eficiência operacional da máquina em todas as diferentes condições estudadas foram semelhantes, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade. Os custos operacional e de produção médios do *harvester* de esteiras foi de US\$ 115,72/hora efetiva de trabalho e de US\$ 3,56/m³, respectivamente.

Palavras-chave: Colheita florestal; produtividade e custos de colheita florestal.

Abstract

Technical and economic evaluation of pinus log cutting using harvesting heads in different operational conditions. The objective of this study was to evaluate technical and economic pinus wood cutting in different operational conditions, using a *harvester* with headstock LogMax 7000. The technical evaluation consisted in motion and time study obtaining the productivity and operational efficiency. The economic evaluation was based on production and operational cost determination. The experimental design was complete randomized, with three treatments and three repetitions. The results showed that the logs processing activity consumed most of the operational time, approximately 55% of the total cycle time in all operational condition evaluated. The interruption consumed approximately 20% of the total cycle time. The productivity and efficiency operational value of the machine in all different operational conditions evaluated were similar, by the Tukey test, at the level of 5% of probability. The production and operational costs of the track *harvester* were US\$ 115,72 per effective worked hour and the US\$ 3,56 per cubic meters, respectively.

Keywords: Timber harvesting; productivity; timber harvesting cost.

INTRODUÇÃO

A mecanização das atividades de colheita e transporte florestal intensificou-se significativamente a partir da década de 1990, com a abertura do mercado brasileiro à importação de máquinas e equipamentos de países de maior tradição florestal. De acordo com vários autores (BAGIO; STOHR, 1978; REZENDE *et al.*, 1983; MACHADO, 2002), as atividades de colheita e transporte de madeira representam 50%, ou mais, dos custos totais da madeira posta na indústria. Por isso, o desenvolvimento de técnicas visando melhorar o desempenho das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção, torna-se cada vez mais necessário (SILVA *et al.*, 2003).

Segundo Bramucci e Seixas (2002), o uso de sistemas mecanizados de colheita de madeira é afetado por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, no custo final da madeira. No Brasil, ainda existem poucos dados a respeito da real influência de variáveis sobre a capacidade produtiva das máquinas de colheita de madeira em determinadas condições de trabalho (MACHADO; LOPES, 2000).

De acordo com Moreira (2000), estudos realizados com sistemas de colheita mecanizados mostraram que a produtividade dos povoamentos apresentava influência direta sobre a eficiência de várias máquinas, sendo mais eficientes aquelas que atuavam em povoamentos de maior produtividade volumétrica por unidade de área. Santos e Machado (1995), estudando processadores mecânicos nas atividades de desgalhamento e traçamento de eucalipto, observaram que a capacidade produtiva crescia à medida que aumentava o volume por árvore, até atingir um ponto máximo.

Em trabalhos desenvolvidos pelo FERIC (Forest Research Institute of Canada) sobre o desempenho de *harvesters* e processadores, concluiu-se que o fator mais significativo que afetou a produtividade de ambas as máquinas foi o volume médio por árvore. Além disso, o desempenho dos *harvesters* foi também influenciado pela razão entre o número de árvores não-comerciais por hectare e o número de árvores comerciais por hectare e pela experiência do operador (BRAMUCCI; SEIXAS, 2002).

Portanto, a realização de estudos que visem conhecer a real capacidade produtiva e possíveis variáveis que interferem no rendimento das máquinas de colheita de madeira tornou-se uma preocupação crescente por parte das empresas florestais, com vistas ao desenvolvimento de técnicas que melhorem o desempenho operacional das máquinas, maximizando a produtividade e reduzindo os custos de produção (SILVA *et al.*, 2003).

O objetivo principal deste estudo foi analisar técnica e economicamente as atividades de corte de madeira de pinus, utilizando o colhedor florestal (*harvester*) em diferentes condições operacionais, com vistas a subsidiar o planejamento das operações.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido em povoamentos de pinus de uma empresa situada no município de Rio Negrinho (SC). O clima característico da região é o Cfb (Köppen). A precipitação média anual situa-se entre 1.300 e 1.500 mm, a temperatura média anual é de 16 °C e a altitude de 790 m. O reflorestamento da empresa era constituído pela espécie *Pinus taeda*, em regime de corte raso aos 15 anos de idade, cuja madeira produzida seria utilizada em serraria, laminação e produção de MDF.

Sistema de colheita florestal

O sistema de colheita utilizado na empresa era o de “Toras Curtas” (*Cut-to-length*). As operações de derrubada e de processamento das árvores eram realizadas pelo *harvester*. A extração da madeira era realizada por tratores agrícolas autocarregáveis, enquanto o carregamento da madeira sobre os veículos de transporte era realizado por tratores agrícolas equipados com guias hidráulicas.

Descrição do *harvester*

O *harvester* analisado neste trabalho era composto por uma escavadeira hidráulica, com rodados de esteiras, marca Caterpillar, modelo CAT 320 *Short Tail*, com motor de 138 HP. A máquina estava equipada com um cabeçote da marca LogMax, modelo 7.000, com peso de 1.573 kg, diâmetro máximo de corte de 65 cm e rolos de tração para realização do descascamento da madeira. A figura 1 ilustra o equipamento analisado durante o estudo.

O *harvester* realizava as operações de derrubada e processamento das árvores, conforme os seguintes sortimentos: a) tora grossa: diâmetro maior de 23 cm e comprimento de 2,66 m; b) tora fina: diâmetro entre 23 e 18 cm e comprimento de 2,36 m; c) processo: diâmetro abaixo de 18 cm e comprimento de 2,36 m. A madeira em toras era destinada para a produção de laminados, enquanto a madeira de processo era destinada ao processo fabril, ou seja, à produção de celulose. Por isso, neste sortimento eram realizadas duas passadas dos rolos do cabeçote, de forma a realizar o descascamento parcial da madeira.



Figura 1. *Harvester* avaliado em operação.
Figure 1. Harvester evaluate in operation.

Coleta de dados

Os dados foram coletados no período de novembro de 2005 a fevereiro de 2006, durante o turno de trabalho das 6 às 14 horas.

Inicialmente foi realizado um estudo piloto, buscando-se definir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, conforme metodologia proposta por Barnes (1977) e utilizando a seguinte expressão:

$$n \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2}$$

em que: n = número mínimo de ciclos necessários; t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado e (n - 1) graus de liberdade; CV = coeficiente de variação, em porcentagem; E = erro admissível, em porcentagem.

Definido o número de observações necessárias, foram selecionados três talhões experimentais (tratamentos), com área experimental total de 6,09 hectares, de forma a avaliar o desempenho do equipamento em diferentes condições operacionais, conforme mostrado na tabela 1. Cada área experimental foi subdividida em três subparcelas, que foram colhidas por três diferentes operadores da empresa, experientes na função e de produtividade semelhante, consideradas como repetições.

Tabela 1. Características das parcelas experimentais.

Table 1. Characteristics of the experimental plots.

Tratamento	Área experimental (ha)	Área total do talhão (ha)	Declividade (%)	Volume (m ³ /árvore)	Nº árvores (ha)	Volume total (m ³ /ha)
1	2,97	8,0	6,8	0,42	1.500	630,1
2	1,40	10,0	3,5	0,50	1.500	753,6
3	1,72	6,5	4,0	0,49	1.500	731,9

As áreas experimentais dos tratamentos 1 e 3 foram alocadas no interior dos talhões, visando a não-interferência de áreas de bordadura. O tratamento 2 objetivou a análise do comportamento do equipamento apenas na condição de bordadura, visto que esta é uma situação rotineira devido às características dos povoamentos florestais da empresa. Sendo assim, este tratamento teve sua área experimental alocada inteiramente ao longo de áreas de bordadura, com número variável de 3 a 5 árvores por linha.

Análise técnica

A análise técnica do *harvester* nas diferentes condições operacionais estudadas baseou-se nos seguintes parâmetros:

- a) Estudo de Tempos e Movimentos: utilizou-se o método de tempo contínuo. Foram utilizados um cronômetro sexagesimal, prancheta, trena, clinômetro e formulários específicos para registro dos dados. O ciclo operacional do equipamento foi subdividido nos seguintes elementos:
 - busca e corte: tempo consumido no movimento do cabeçote e derrubada da árvore;
 - processamento: tempo consumido para a realização do processamento completo da árvore e empilhamento das toras;
 - deslocamento da máquina: tempo consumido com deslocamentos da máquina em direção às árvores a serem colhidas;
 - interrupções operacionais e não-operacionais: tempo em que a máquina não estava realizando as atividades anteriormente mencionadas.
- b) Produtividade: a produtividade foi determinada em metros cúbicos com casca por hora efetiva de trabalho. Foi utilizado o relatório de volume total gerado pelo computador de bordo da máquina, cujo valor é dividido pelo número de horas efetivamente trabalhadas. A produtividade representativa de cada condição operacional foi considerada pela média das três subparcelas.
- c) Eficiência Operacional: a eficiência operacional da máquina foi obtida por meio da determinação do tempo de trabalho efetivo dividido pelo tempo total de trabalho programado.

Análise econômica

A análise econômica do *harvester* nas diferentes condições operacionais estudadas baseou-se nos seguintes parâmetros:

- a) Custo Operacional: os custos operacionais da máquina-base e cabeçote foram determinados pelo método contábil, com valores estimados em reais. Foram obtidas informações a partir da coleta de dados e da planilha de custos da empresa. Os custos operacionais englobaram o somatório dos custos fixos (depreciação, juros e seguros) e custos variáveis (combustíveis, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, manutenção, pessoal operacional, administrativo e transporte de pessoal).
- b) Custo de Produção: o custo de produção foi obtido pela divisão dos custos operacionais (US\$/h) pela produtividade (m^3/h) da máquina em cada condição operacional estudada.

Delineamento estatístico

No estudo, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e três repetições, perfazendo um total de 9 parcelas experimentais. Foram efetuadas análises de variância e testes de média para cada elemento parcial do ciclo, para a produtividade e o custo de produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo de tempos e movimentos

Neste estudo, realizou-se a coleta de 9.300 ciclos operacionais, enquanto o estudo piloto mostrou a necessidade de coleta de 8.786 ciclos operacionais.

A constituição média dos elementos do ciclo operacional do *harvester* é mostrada na Figura 2. Esses valores corresponderam ao ciclo operacional de busca e corte, processamento, deslocamento da máquina e interrupções operacionais e não-operacionais. Em todas as condições estudadas, verificou-se que o elemento que consumiu a maior parte do tempo do ciclo operacional foi o processamento das árvores, com 33,0, 39,8 e 36,2 segundos do tempo total, equivalendo a 56,7%, 59,7% e 55,1% do ciclo unitário, nas condições operacionais ou tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente.

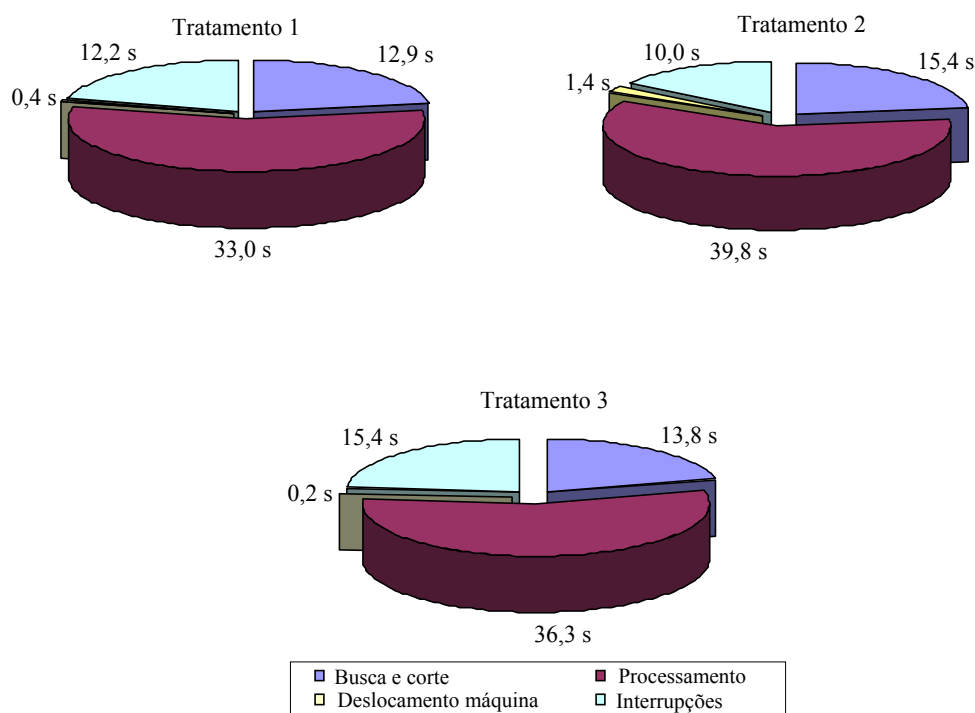


Figura 2. Composição do tempo total, em segundos, do ciclo operacional do *harvester* nas diferentes condições operacionais avaliadas.

Figure 2. Composition of the total time, in seconds, of the harvester operational cycle in different operational conditions evaluated.

O elevado tempo consumido pela máquina no processamento da madeira pode ser explicado pela necessidade de realização de duas passadas dos rolos do cabeçote sobre a madeira, visando o seu descascamento parcial, sendo esta uma exigência da indústria. Em função disso, o tempo de processamento da madeira aumentou significativamente, comprometendo o ciclo operacional e a produtividade do equipamento.

O maior tempo consumido no processamento das árvores nos tratamentos 2 e 3 pode ser explicado pelas condições de árvores de bordadura e pelo maior diâmetro médio das árvores encontradas nesses tratamentos, respectivamente, mostrando a influência dessas variáveis na produtividade e nos custos da colheita florestal.

Em seguida, o elemento parcial que consumiu o maior tempo do ciclo operacional foi a busca e corte, com 12,9, 15,4 e 13,8 segundos do tempo total, correspondendo a 22,1%, 23,2% e 21,2%, obtidos nos tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 2). O maior tempo consumido nos elementos busca e corte e processamento ocorrido no tratamento 2 pode também ser explicado pelo maior diâmetro das árvores de bordadura encontradas nessa situação. Além disso, muitas árvores apresentavam bifurcação, dificultando as operações de derrubada e processamento. Outro fator causador do elevado tempo foram as condições irregulares de alinhamento dos plantios e as maiores distâncias das árvores em relação à linha de corte do equipamento.

Tabela 2. Tempo médio dos elementos do ciclo operacional do *harvester* nas diferentes condições estudadas.

Table 2. Average time of the operational cycle elements of the harvester in different operational conditions evaluated.

Tratamento	Repetição	BC	PR	DM	INT	TEF	TOT
1	1	12,39	31,27	0,18	10,08	43,84	53,92
	2	13,27	36,62	0,39	07,69	50,28	57,97
	3	13,12	31,18	0,70	18,83	45,01	63,84
	Média	12,92	33,02	0,42	12,2	46,37	58,6
2	1	16,04	37,10	1,56	10,19	54,70	64,90
	2	14,21	44,70	0,66	08,30	59,58	67,88
	3	16,00	37,64	1,93	11,46	55,56	67,02
	Média	15,40	39,81	1,38	9,98	56,62	66,6
3	1	13,86	33,98	0,32	13,92	48,17	62,09
	2	13,61	41,46	0,13	16,31	55,20	71,51
	3	13,95	33,16	0,04	15,91	47,15	63,06
	Média	13,81	36,2	0,16	15,38	50,17	65,55

BC: busca e corte; PR: processamento; DM: deslocamento da máquina entre árvores; INT: interrupções; TEF: tempo efetivo; TOT: tempo total.

Com relação ao deslocamento da máquina, o maior valor foi observado no tratamento 2, podendo ser explicado pelo maior número de árvores na linha de corte e pela necessidade do equipamento de deslocar-se para efetuar o empilhamento das toras em diferentes sortimentos.

As interrupções operacionais e não-operacionais comprometeram, em média, 12,2, 20,0 e 15,4 segundos do tempo total do ciclo operacional, equivalente a 20,5%, 15% e 23,5%, nos tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. As interrupções operacionais mais observadas foram: manutenção preventiva, manutenção corretiva, abastecimento e lubrificação, deslocamentos e outros, enquanto as interrupções não-operacionais observadas foram deslocamentos para refeições e necessidades pessoais.

Conforme a figura 3, o tempo necessário para a realização da manutenção corretiva contribuiu com 33% do tempo total das interrupções, sendo que as principais causas foram as constantes quedas e trocas de corrente do cabeçote. As paradas para a realização do abastecimento e lubrificação da máquina contribuíram com 14% das interrupções, mesmo sendo realizadas durante a troca dos turnos de trabalho, enquanto as paradas para manutenção preventiva foram responsáveis por 7% do tempo total. Os deslocamentos da máquina no talhão foram responsáveis por 10% das interrupções, podendo-se citar os deslocamentos entre as linhas e entre os talhões e para a realização das manutenções e abastecimentos. As interrupções pessoais contribuíram com 22% do tempo total das interrupções, sendo os deslocamentos para a realização das refeições e necessidades pessoais as principais causas.

O tempo médio total do ciclo operacional do *harvester* foi de 58,6, 66,6 e 65,6 segundos para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. Apesar dos tratamentos 2 e 3 apresentarem relevo mais plano, o maior tempo consumido por eles pode ser explicado pelas condições de árvores de bordadura e pelo maior volume médio das árvores encontrado nesses tratamentos, respectivamente.

A tabela 3 apresenta os resultados das análises estatísticas realizadas para os elementos do ciclo operacional do *harvester* nas diferentes condições operacionais. Como pode ser visto, o tempo total do ciclo operacional foi igual em todos os tratamentos, porém em relação ao tempo efetivo das operações, houve diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste de Tukey, no nível de confiança de 95%. Analisando as condições operacionais estudadas, verificou-se que, no tratamento 2, os tempos do elemento processamento e do elemento busca e corte foram ligeiramente superiores aos outros tratamentos, o que se explica pela maior dificuldade do equipamento em realizar as operações nessa condição operacional (bordadura).

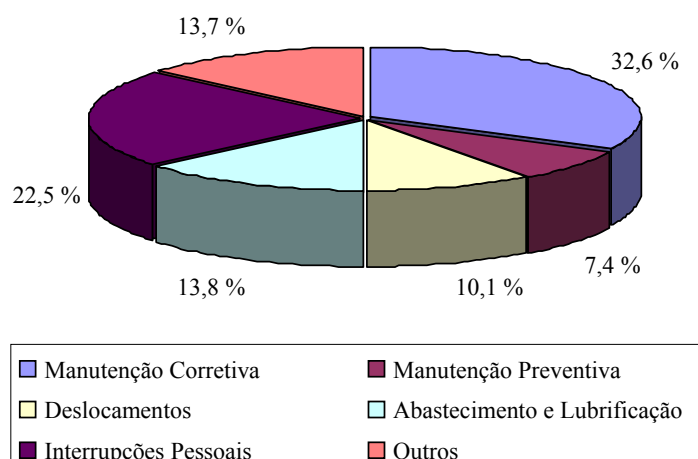


Figura 3. Composição percentual das interrupções do *harvester* na operação.

Figure 3. Percent composition of the interruption of the harvester in operation.

Tabela 3. Análise estatística do ciclo operacional do *harvester*.

Table 3. Statistics analyses of the harvester operational cycle.

Tratamento	Tempo (s)					Tempo total
	Busca e corte	Processamento	Deslocamento	Interrupções	Tempo efetivo	
1	12,92 a	33,02 a	0,42 a	12,20 a	46,38 a	58,58 a
2	15,42 b	39,81 a	1,38 b	9,98 a	56,61 b	66,66 a
3	13,81 ab	36,32 a	0,16 c	15,38 a	50,17 c	65,55 a

As médias seguidas de mesma letra não diferem, estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Produtividade e eficiência operacional

Como pode ser visto na tabela 4, não houve diferença significativa na produtividade e eficiência operacional do *harvester* nas diferentes condições operacionais estudadas, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

A menor produtividade (31,6 m³/h) do equipamento foi obtida no tratamento 2, podendo ser explicada pelas condições adversas encontradas nessa situação, ou seja, árvores de bordadura e bifurcadas. Além disso, o maior número de linhas de corte e maior espaçamento no empilhamento das toras influenciaram a perda de rendimento da máquina nessa condição operacional. Porém, houve uma maior eficiência operacional (85%), devido ao menor tempo de interrupção, que comprometeu, em média, 15% do tempo do ciclo operacional.

Tabela 4. Produtividade efetiva e eficiência operacional média do *harvester* nas condições operacionais avaliadas.

Table 4. Average efficiency operational and effective productivity of the harvester in operational conditions evaluated.

Tratamento	Produtividade (m ³ /h)	Eficiência operacional (%)
1	32,2 a	79,5 a
2	31,6 a	85,0 a
3	34,4 a	76,5 a

As médias seguidas de mesma letra não diferem, estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O maior valor de produtividade do *harvester* (34,4 m³/h) obtido no tratamento 3 pode ser explicado pelo volume médio das árvores (0,49 m³/árv.). Os resultados mostraram que, apesar da maior

declividade existente nesse tratamento, o volume médio das árvores foi uma variável que influenciou no rendimento da máquina. Além disso, é importante ressaltar que, em função do *harvester* possuir rodados de esteiras, este passa a maior parte de seu ciclo operacional realizando as operações de derrubada e processamento das árvores, podendo-se considerar que a variável declividade não influencia diretamente o rendimento.

A eficiência operacional média obtida foi de 80,3%, sendo que os problemas técnicos e mecânicos ocorridos foram as causas preponderantes que influenciaram esse valor. Dentre os principais problemas técnicos, citam-se os freqüentes deslocamentos da máquina no talhão, enquanto que para os problemas mecânicos citam-se as freqüentes quedas e necessidades de trocas de corrente do cabeçote processador.

Análise econômica

Considerando uma taxa de juros de 15,25% ao ano, um valor de revenda para a máquina base de 35% e para o cabeçote processador de 15%, com o dólar no valor de R\$ 2,18, obteve-se um custo total médio por hora efetivamente trabalhada de US\$ 115,72. Os custos fixos (depreciação, juros e seguros) corresponderam a algo em torno de 21,9%. Já os custos variáveis de combustíveis, lubrificantes, graxas e óleos hidráulicos responderam juntos por algo em torno de 41,6% dos custos totais, enquanto os custos de manutenção e reparos foram de 21,1%. Dentre os demais custos variáveis, os custos de pessoal ficaram em torno de 14%, e os custos administrativos considerados como sendo 8% dos custos totais (Figura 4).

Na tabela 5 são apresentados os resultados dos custos operacionais e de produção da máquina em cada condição operacional estudada.

Tabela 5. Análise estatística dos custos operacionais e de produção do *harvester*.

Table 5. Statistics analyses of production and operational costs of the harvester.

Tratamento	Produtividade (m ³ /he)	Custo operacional (US\$/he)	Custo produtivo (US\$/m ³)
1	32,22	115,72	3,61
2	31,63	115,72	3,67
3	34,39	115,72	3,39
Média	32,75	115,72	3,56

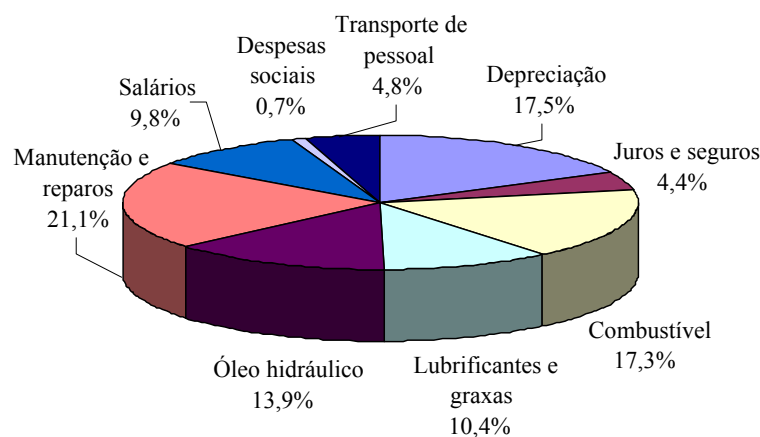


Figura 4. Distribuição percentual dos custos operacionais do *harvester*.

Figure 4. Percent distribution of the operational cost of harvester.

As médias seguidas de mesma letra não diferem, estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

O custo operacional foi igual em todas as condições estudadas, variando os custos de produção, que decresceram na medida em que houve aumento no valor de produtividade. O tratamento 3 apresentou

o menor custo de produção (US\$ 3,39/m³) devido às melhores condições operacionais encontradas, em termos de relevo e volume médio das árvores. Porém, como pode ser observado, não houve diferença entre os tratamentos, pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Nas condições de desenvolvimento deste trabalho e com base na análise e discussão dos resultados, a presente pesquisa permitiu chegar às seguintes conclusões:

- A distribuição dos tempos do ciclo operacional do harvester mostrou que o tempo efetivo de trabalho da máquina foi de 80,4% da jornada normal de trabalho, ou seja, 6,43 horas, enquanto o ciclo operacional foi em média de 1,06 minutos, para uma árvore com volume médio de 0,46 m³.
- Em todas as condições estudadas, o elemento parcial que consumiu a maior parte do tempo do ciclo operacional foi o processamento das árvores, acrescido da necessidade da passada adicional dos rolos do cabeçote processador para a realização do descascamento parcial da madeira de processo.
- As interrupções operacionais tiveram importante influência no tempo do ciclo de trabalho da máquina, consumindo, em média, 19,7% do tempo total do ciclo operacional, levando a uma eficiência operacional média da máquina de 80,3%. As principais causas detectadas foram os constantes deslocamentos no interior do talhão e as constantes trocas de corrente do sabre do cabeçote processador.
- Não houve diferença significativa na produtividade e eficiência operacional do harvester nas diferentes condições operacionais estudadas. Porém constatou-se que a maior produtividade foi obtida na condição de talhões com maior volume médio por árvore, enquanto a menor produtividade foi obtida em talhões com menor volume médio por árvore e em condições de bordadura, onde a maioria das árvores apresentava bifurcação.
- O custo operacional médio foi de US\$ 115,72 por hora efetiva de trabalho, correspondendo a um custo médio de produção de US\$ 3,56/m³.

REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e de tempos - projeto e medida do trabalho**. Tradução da 6 ed. Americana. São Paulo, E. Blucher. 1977. 635 p.
- BAGIO, A. J.; STOHR, G. W. D. Resultados preliminares de um levantamento dos sistemas de exploração usados em florestas implantadas no Sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 76-96, 1978.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.
- MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 468 p.
- MACHADO, C. C; LOPES, E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.
- MOREIRA, F. L. A. G. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Árvore**, Viçosa, MG. v. 7, n. 1, p. 30-43, 1983.
- SILVA, C. B.; SANT’ANNA, C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “feller-buncher” utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, MG. v. 9, n. 1, p. 109-118, 2003.
- SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Análise técnica-econômica do processamento de madeira de eucalipto em áreas planas, utilizando o processador. **Árvore**, Viçosa, MG. v. 19, n. 3, p. 346-357, 1995.