

Influência do relevo na produtividade e custos do *harvester*Influence of relief in productivity and costs of *harvester*Danilo Simões¹ e Paulo Torres Fenner²**Resumo**

Entre as diversas variáveis que influenciam a operação de colheita de madeira está a declividade do relevo, a qual compromete a produtividade de máquinas florestais. Nesse experimento avaliou-se técnica e economicamente o *harvester* na atividade de corte e processamento de eucalipto em relevo com diferentes classes de declividades. A análise técnica englobou um estudo de tempos e movimentos pelo método de tempo contínuo e a produtividade foi determinada através do volume em metros cúbicos de madeira processada. A análise econômica englobou os parâmetros do custo operacional, custo de produção e rendimento energético. A análise dos dados evidenciou que a produtividade do *harvester* decresceu com o aumento do percentual de inclinação do relevo, resultando em uma produtividade por hora efetiva de trabalho de 18,72 a 39,71 m³sc, com custo operacional médio de US\$ 78.78 por hora de trabalho.

Palavras-Chave: Mecanização florestal, Tempos e movimentos, Variáveis

Abstract

Among the several variables that influence timber harvesting is the slope, which influences the productivity of forest machines. In this experiment the *harvester* was evaluated technically and economically while cutting and processing eucalyptus activity on different slope classes. The technical analysis included a study of time and movements by the method of continuous time; productivity was determined by the volume in cubic meters of wood processing. The economic analysis included the parameters of operational cost, production cost and energy consumption. The analysis of the data showed that productivity decreased according to the increase of the percent slope inclination, resulting in an effective work hour productivity increase from 18.72 to 39.71 m³sc, with a mean of operating cost of US\$ 78.78 per work hour.

Keywords: Forest mechanization, Times and movements, Variables

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de madeira para atender à produção de celulose e fabricação de painéis no Brasil expôs a necessidade de um aumento no consumo de madeira de florestas plantadas, o que engajou as empresas florestais a investir e buscar conhecimento em tecnologia silvicultural e de colheita florestal.

A evolução da mecanização da colheita florestal intensificou-se, desencadeando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e dos custos, devido a colheita resultar em um percentual de custo elevado (SIMÕES, 2008).

De acordo com Bramucci e Seixas (2002), a produtividade dos sistemas mecanizados de colheita florestal é afetada por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, no custo final. Em grande parte essas variáveis ainda não

foram completamente identificadas e, no Brasil, ainda existem poucos dados a respeito da real influência dessas variáveis na produtividade das máquinas em condições de trabalho específicas.

Seixas (1988) afirma que os principais fatores que influenciam a colheita de madeira são: o clima (chuva e ventos), a capacidade de suporte do terreno, topografia, características das árvores quanto ao diâmetro, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira.

Malinovski *et al.* (2006) identificaram 37 principais variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de eucaliptos, relacionadas ao povoamento, ao terreno e ao planejamento das operações nas unidades homogêneas de colheita de madeira.

A colheita florestal em áreas acidentadas, ou em condições topográficas desfavoráveis, exige um alto nível de planejamento e detalhamento. Também é necessário o desenvolvimento de

¹Doutorando em Agronomia no Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista - Rua José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado - Botucatu, SP - 18610-307 - E-mail: danilo@fca.unesp.br

²Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista - Rua José Barbosa de Barros, 1780 - Fazenda Lageado - Botucatu, SP - 18610-307 - E-mail: fenner@fca.unesp.br

máquinas e equipamentos específicos para essas condições, com o objetivo de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão-de-obra e aumentar a produtividade (LIMA e LEITE, 2002).

Bramucci (2001) ressalta que em relevo declivosos, a umidade no solo interfere sobre a produtividade dos equipamentos que operam nessa condição.

Stampfer e Loschek (1999), estudando a influência do volume da árvore e da inclinação do terreno sobre a produtividade de um *harvester* de esteiras, concluíram que a produtividade diminui com o aumento da inclinação do terreno.

Gingras (1998) e Salmeron (1997) corroboram que a declividade do terreno é uma variável que tem influência sobre a capacidade produtiva dos equipamentos de colheita florestal.

Desta forma, estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade de colheita de madeira tornaram-se imperativos, visando à minimização dos custos e otimização operacional. O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar técnica e economicamente o desempenho do *harvester* na atividade de derrubada e processamento de eucalipto em relevo com diferentes classes de declividade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo foi desenvolvido em uma floresta de *Eucalyptus grandis* de primeiro corte, em um talhão homogêneo, equiâneo e seminal, com 88 meses de idade. O plantio foi realizado num espaçamento de 2 x 2,5 metros.

Os dados foram coletados, durante o turno de trabalho compreendido entre 7 e 15 horas. As condições climáticas mantiveram-se sem alterações, com pleno sol durante este período.

A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 22° 58' de Latitude Sul e 45° 18' de Longitude Oeste, no Estado de São Paulo, Brasil. O tipo de solo predominante na região, segundo a Embrapa (1999), é o argilo-arenoso de cor castanho-avermelhado, com topografia caracterizada como montanhosa.

A declividade do relevo variou de 10 a 25%, com altitude média de 640 metros acima do nível do mar.

Descrição da máquina

O *harvester* era constituído por uma máquina base com estrutura de escavadora hidráulica da marca John Deere modelo 200C LC, equipada com motor diesel modelo 6068 H, com 119 kW de

potência efetiva e peso operacional de 22.673 kg. O sistema de rodados era composto de esteiras. A grua possuía o alcance máximo de 9,43 metros.

A máquina empregada no estudo possui um módulo de controle eletrônico do motor, o que possibilita armazenar e transmitir informações sobre o consumo médio de combustível, sendo essas informações fornecidas ao término do turno de trabalho.

O cabeçote de corte e processamento era da marca Waratah, modelo H270, equipado com rolos de tração para realização do descascamento da madeira. A capacidade máxima de corte era de 650 mm, o qual possibilitava a remoção de galhos com até 460 mm, com velocidade do sabre de 40 m/s e peso de 1.205 kg.

Sistema de colheita

O sistema de colheita era o de "toras curtas" (cut-to-length), de acordo com a classificação de sistema de colheita proposto pela FAO, citado por Stöhr (1978). O eito de derrubada era composto por quatro linhas de árvores. As atividades de derrubada, desgalhamento, destopamento, descascamento e traçamento eram realizadas árvore a árvore. A queda das árvores era direcionada sobre as árvores em pé e os toretes eram empilhados na área já colhida. As árvores eram traçadas com 6 metros de comprimento e os feixes de toretes dispostos perpendicularmente à linha de plantio.

O *harvester* realizava a colheita de madeira, deslocando-se perpendicularmente às curvas de nível, movimentando-se tanto nos greides ascendentes quanto nos descendentes. Ao final da derrubada de um eito, o trabalho reiniciava-se no mesmo talhão no sentido oposto.

Determinação das classes de declividade

Para avaliar a influência do relevo no desempenho operacional do *harvester*, a área experimental foi subdividida em 5 classes de declividades (Tabela 1).

Para determinar a declividade foi utilizado um clinômetro ótico manual da marca Breithaup Kassel, modelo 7028.

Coleta dos dados

A coleta de dados de tempos e movimentos foi efetuada pelo método de cronometragem de tempo contínuo. Esse método caracteriza-se pela medição do tempo sem detenção do cronômetro, isto é, de forma contínua (FENNER, 2002). Para este estudo cada árvore colhida foi considerada como sendo um ciclo operacional.

Tabela 1. Características das classes de declividade.
Table 1. Characteristics of slope classes.

Classes	Declividade (%)	Número de árvores	Volume (m ³)
1	10 ≤ a < 13	254	84,25
2	13 ≤ a < 15	231	76,62
3	15 ≤ a < 18	224	74,30
4	18 ≤ a < 21	216	71,65
5	21 ≤ a ≤ 25	238	78,94
Média	17	232	77,15

A operação de colheita de madeira foi subdividida em atividades parciais e esta classificada em atividades efetivas e atividades gerais.

As atividades efetivas englobaram todos os movimentos planejados que ocorreram repetitivamente durante o decurso do trabalho e que resultaram em produção ou foram, necessárias para a realização do trabalho, sendo essas: Corte: refere-se ao ato de derrubada das árvores; Deslocamento e busca: refere-se ao ato de deslocamento da máquina e movimento do cabeçote em direção à árvore a ser derrubada; Processamento: refere-se ao ato de desganhamento, desstopamento, descascamento, traçamento e empilhamento dos toretes.

As atividades gerais foram todas aquelas que ocorreram repetidamente ou casualmente durante o decurso do trabalho, mas que não resultaram em produção, as quais foram compreendidas por: Interrupções: as interrupções operacionais foram decorrentes do tempo dispendido para a manutenção corretiva da máquina e as não operacionais foram aquelas destinadas às necessidades fisiológicas do operador.

O número de ciclos operacionais foi estimado através da metodologia proposta por Barnes (1968). Através de um estudo-piloto foi estimado o número mínimo de ciclos operacionais para um erro de amostragem admissível fixado em 5%, a 95% de probabilidade (Equação 1).

$$n \geq \frac{t^2 \times CV^2}{E^2} \quad (1)$$

onde,

n - número mínimo de ciclos operacionais necessários;

t - valor de t , Student, no nível de probabilidade desejado e $(n-1)$ graus de liberdade;

CV - coeficiente de variação (%);

E - erro admissível (%).

Análise técnica

O estudo foi conduzido para determinar a influência da declividade sobre produtividade

da colheita com *harvester*. Desta forma, a colheita foi estudada sob condições homogêneas de turno de trabalho, tipo de solo, floresta, clima, local, máquina e operador, ou seja, variando apenas a declividade do relevo.

A disponibilidade mecânica foi definida como o percentual do tempo que a máquina estava apta a realizar o trabalho. Portanto, desconsiderou-se o tempo em que a máquina estava em manutenção preventiva ou corretiva.

A eficiência operacional, definida como o percentual do tempo das atividades efetivas, englobou todas as atividades parciais que ocorreram repetidamente durante o decurso do trabalho e que resultaram em produção.

A produtividade foi calculada em metros cúbicos de madeira sem casca processada por hora efetiva (m³sc h⁻¹), conforme a Equação 2:

$$P = V / T \quad (2)$$

onde,

P - produtividade (m³sc h⁻¹);

v - volume, em metros cúbicos de madeira sem casca (m³sc);

T - tempo em horas efetiva (h).

O volume, em metros cúbicos de madeira sem casca, foi calculado multiplicando o número de árvores colhidas pelo volume de cada árvore. O volume foi determinado por meio de cubagem rigorosa para seções tomadas até a altura comercial através do método preconizado por Smalian.

Delineamento estatístico

Os resultados de produtividade foram submetidos à técnica da análise de variância para o esquema fatorial 1x5, para experimentos inteiramente casualizados, por meio do software estatístico R (R-Statistics). Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa foi realizado teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Análise econômica

Os custos operacionais foram estimados através da metodologia proposta pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2001) e foram expressos em dólar dos Estados Unidos por hora de trabalho (US\$ h⁻¹). Foi considerado como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira medido em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 1,8125 (15/09/2008).

Para estimar os custos operacionais foram considerados os custos fixos (depreciação, juros, abrigo, taxas de administração e seguros) e vari-

áveis (combustíveis, lubrificação, mão-de-obra e de reparos e manutenção).

O custo de produção (US\$ m⁻³sc) foi obtido através da divisão dos custos operacionais pela produtividade efetiva.

O rendimento energético foi obtido pela razão entre o consumo específico efetivo de combustível (g kW⁻¹ h⁻¹) e a produtividade média efetiva (m³sc h⁻¹), para cada classe de declividade estudada, expresso em g kW⁻¹ m⁻³sc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das produtividades referem-se somente as atividades parciais efetivas do ciclo operacional do *harvester*.

Foi estabelecido para um erro de amostragem admissível em 5%, o número mínimo de 978 ciclos operacionais. Durante o estudo foram observados 1.163 ciclos, número superior ao fixado como necessário.

Estudo de tempos e movimentos

Na Figura 1 é apresentada a constituição média das atividades parciais do ciclo operacional do *harvester*.

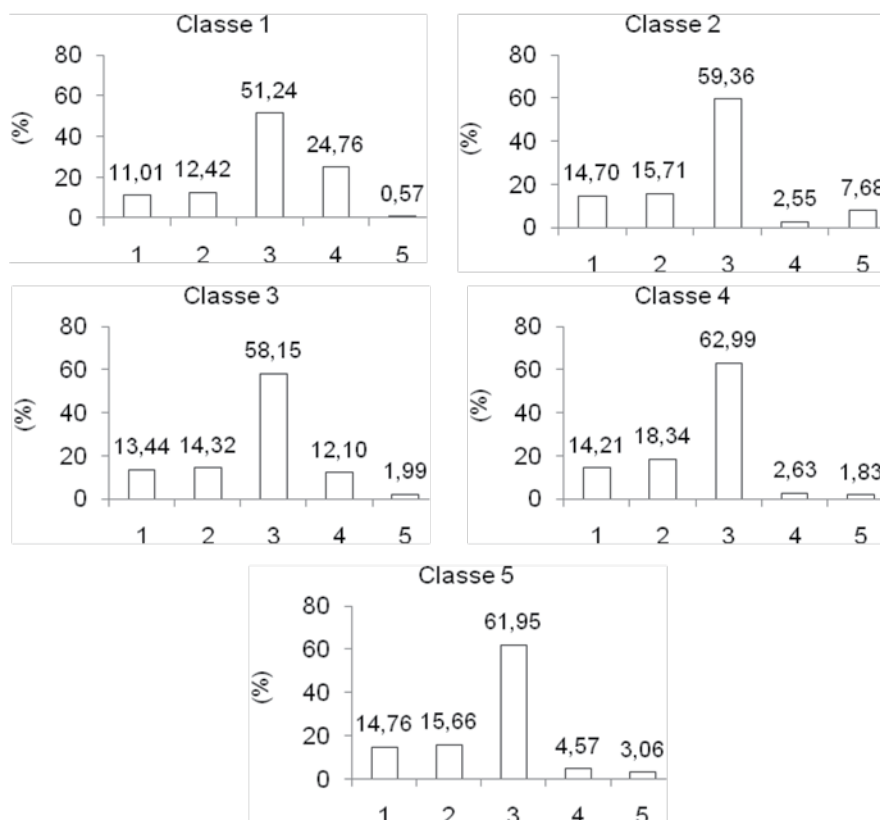
As atividades parciais, processar, deslocar cabeçote e cortar, foram as que despenderam

maior tempo médio por ciclo operacional, para todas as classes de declividade avaliadas.

Nas classes de declividade 4 e 5, a atividade parcial processamento demandou maior tempo em comparação com as demais classes de declividade. Esses resultados confirmam Burla (2008) e Akay *et al.* (2004) que afirmam existir uma variação da produtividade de acordo com a declividade. Segundo esses autores em condições de maior declive o *harvester* pode aumentar o tempo de processamento por árvore e conseqüentemente diminuir a produtividade.

As interrupções operacionais decorrentes da necessidade de reposição da corrente do sabre, para a substituição de mangueiras hidráulicas, entre outros reparos mecânicos despenderam 13,60% do tempo total do ciclo operacional, das classes de declividade avaliadas. Esse elevado percentual despendido para a manutenção afetou negativamente a produtividade, denotando a necessidade da realização de manutenção preventiva sistemática, com o propósito de redução de paradas para a prática de manutenções corretivas.

O percentual de tempo consumido para as interrupções não-operacionais, ou seja, para as necessidades fisiológicas do operador foram 3,99% do tempo total do ciclo operacional.



(1) – Corte; (2) – Deslocamento e busca; (3) Processamento; (4) Interrupções; (5) Interrupções operacionais; (6) Interrupções não operacionais.

Figura 1. Percentual de tempos das atividades parciais do *harvester*.
Figure 1. Percentage of times of partial harvester activities.

Disponibilidade mecânica e eficiência operacional

Ponderando todas as classes de declividade, foi observada uma disponibilidade mecânica média de 90,4%, que resultou em uma eficiência operacional média de 87,25 por hora efetiva de trabalho (Tabela 2).

O elevado percentual da disponibilidade mecânica pode ser justificado em função de o *harvester* avaliado possuir aproximadamente 4.700 horas de uso, ou seja, relativamente novo.

Tabela 2. Eficiência operacional e disponibilidade mecânica do *harvester*.

Table 2. Operational efficiency and mechanical availability of the *harvester*.

Classes de declividade	Eficiência operacional média (%)	Disponibilidade mecânica média (%)
1	77,70	78,30
2	91,87	97,79
3	80,64	84,63
4	95,59	94,47
5	92,13	95,22

Durante a avaliação do *harvester* na classe de declividade 1, ocorreram frequentes interrupções para a realização de reparos mecânicos, sendo despendido tempos consideráveis, representando 24,76% do tempo total do ciclo operacional, fato esse que gerou a menor eficiência operacional quando comparada às demais classes de declividade.

Tabela 3. Análise de variância da produtividade média em função das classes de declividade.

Table 3. Analysis of variance of mean productivity according to slope classes.

Fonte de variação	G.L.	SQ	QM	F	p
Classes de declividades	4	652,110	163,028	17,607	< 0,001
Resíduo	16	148,147	9,259		
Total	20	800,257			

Produtividade

O ciclo operacional do *harvester* foi em média de 16 segundos, para árvores com volume médio de 0,33 m³. A produtividade efetiva variou de 119 a 56 árvores por hora e em metros cúbicos sem casca foi de 18,72 a 39,71 m³sc, quando as declividades variaram de 10 a 25%, ou seja, a produtividade alterou-se inversamente ao percentual da declividade.

Este resultado condiz com Burla (2008), que ao estudar a produtividade de um *harvester* em declividades que variaram de 10 a 21%, apresentou uma produtividade média de 108,85 árvores. Já os autores Ewing e Lirette (1999) estudaram a produtividade de um *harvester*, em área com declividade até 30%, e obtiveram em seu estudo produtividade de 80 árvores por hora efetivamente trabalhada.

Na Figura 2 pode ser observada a existência de uma relação entre a produtividade e a declividade, realçada pelo coeficiente de correlação da equação exponencial ($R^2 = 0,85$).

Na Tabela 3 é demonstrada a análise de variância do *harvester* empregado no corte e processamento de eucalipto em relevo com diferentes declividades. As diferenças nos valores da produtividade média são maiores que o esperado por casualidade. Portanto, há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias de produtividade.

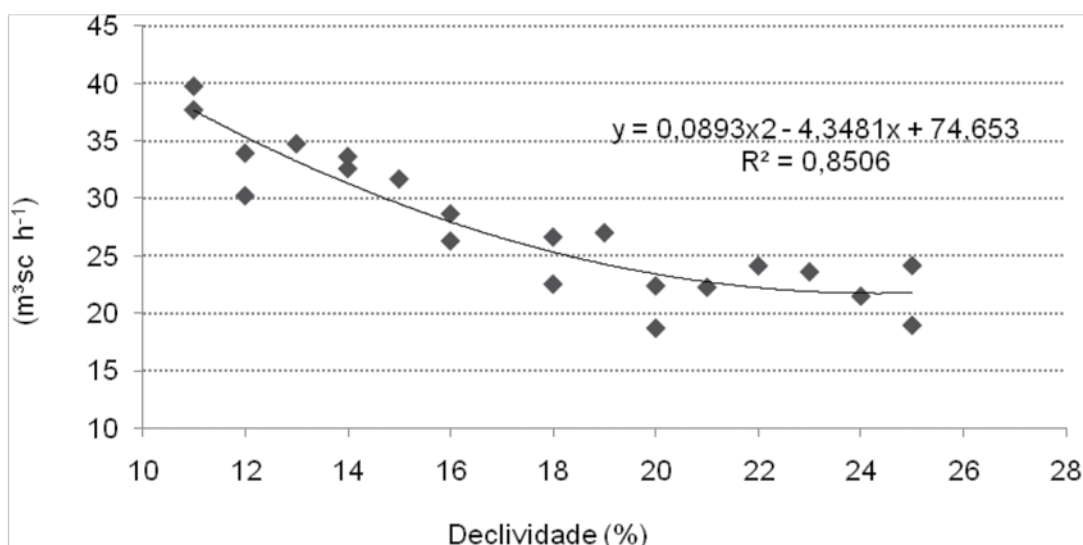


Figura 2. Produtividade do *harvester* em função da declividade.

Figure 2. *Harvester* productivity according to slope.

Conforme a Tabela 4 pode-se verificar que as melhores produtividades foram obtidas para as classes de declividades 1 e 2 respectivamente, as quais não diferiram estatisticamente entre si. Embora não tenha havido diferença estatística, a classe de declividade 2, resultou em uma menor produtividade, sendo de aproximadamente 3%, quando comparada à classe de declividade 1.

Em função da elevação do percentual de declividade das classes 3, 4 e 5, a produtividade seguiu uma tendência inversa, tendo como efeito a redução gradativa dos resultados, os quais não diferem estatisticamente entre si. Esses resultados comprovam os obtidos por Gingras (1998) e Salmeron (1997). Esses autores verificaram que a declividade do relevo é uma variável que tem influência sobre a capacidade produtiva dos equipamentos de colheita florestal, fato esse constatado nesse experimento. Dessa forma, tornam-se imperativas avaliações, que proporcionem subsídios para um adequado dimensionamento de colheita de madeira, para que a operação não se torne um fator antieconômico para a empresa florestal.

Tabela 4. Análise estatística do ciclo operacional do *harvester*.

Table 4. Statistical analysis of the operational cycle of the *harvester*.

Classes de declividade	Produtividade média (m ³ sc h ⁻¹)
1	35,374 a
2	34,146 a
3	26,044 b
4	22,605 b
5	22,483 b

Custo operacional

O custo operacional de uma máquina, segundo Harry *et al.* (1991), é a somatória de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. Em seu estudo Silva *et al.* (2004) ressaltam que a essencialidade de análises de custos aliadas a estudos de produtividade como forma de planejar a produção, visam a minimização dos custos e a maximização do rendimento das atividades, tornando, assim, o projeto viável tanto técnica quanto economicamente.

Considerando uma taxa de juros de 10% a.a. uma vida útil de 5 anos, conforme o adotado pela empresa onde se desenvolveu o estudo e, valor residual de 35% de acordo com a metodologia proposta pela ASAE (2001), a somatória dos custos fixos e variáveis, apresentou um custo operacional médio de US\$ 78.78 por hora de trabalho. Esse valor está próximo ao estimado por Simões (2008) e Silva (2008), os quais empregaram em seus estudos máquinas com as mesmas características técnicas e, estimaram custos operacionais de US\$ 62.49 e 65.91, respectivamente.

A Figura 3 apresenta o gráfico em percentuais dos custos operacionais obtidos. O custo fixo correspondeu a 30,0% e, o custo variável representou 70,0%.

Custo de produção e rendimento energético

Ponderando que os custos operacionais e o consumo de combustível foram os mesmos para todas as classes de declividades avaliadas, o que diferiu nos custos de produção e no rendimento energético, foi a produtividade obtida

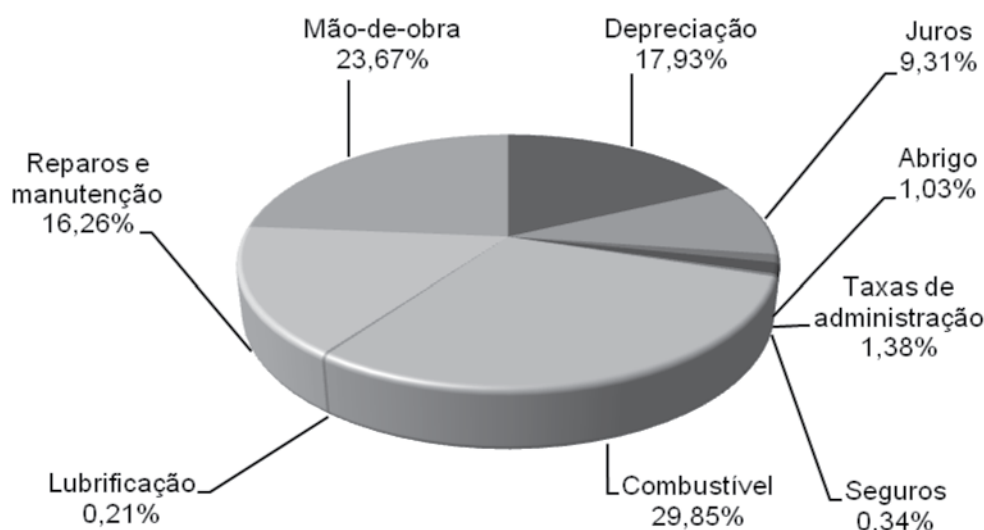


Figura 3. Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do *harvester*.

Figure 3. Percent distribution of the items which compose *harvester* operational cost.

nas diferentes condições de trabalho, conforme pode ser observado na Tabela 5. Malinovski *et al.* (2002) e Lima e Leite (2002) afirmam que a declividade do relevo e as condições climáticas são algumas variáveis determinantes da produtividade e dos custos que compõem os sistemas de colheita florestal.

Tabela 5. Custo de produção e rendimento energético do *harvester*.

Table 5. Production cost and energy consumption of the *harvester*.

Classes de declividade	Custo de produção (US\$ m ⁻³ sc)	Rendimento energético g kW ⁻¹ m ⁻³ sc
1	2.23	4,17
2	2.31	4,32
3	3.03	5,66
4	3.49	6,53
5	3.50	6,56

Pode ser observada na Figura 4 uma curva do tipo exponencial relacionando o custo de produção em função da produtividade. Foi traçada uma linha de tendência, onde y (US\$ m⁻³sc) decresceu exponencialmente em função de x (m³sc h⁻¹), conforme a equação $y = 8,3962 e^{-0,034x}$. O custo de produção variou de US\$ 7.88 para uma faixa de produtividade de 10 m³sc h⁻¹ a uma faixa de melhor produtividade de 60 m³sc h⁻¹ a US\$ 1.31, na faixa de melhores condições de colheita de madeira.

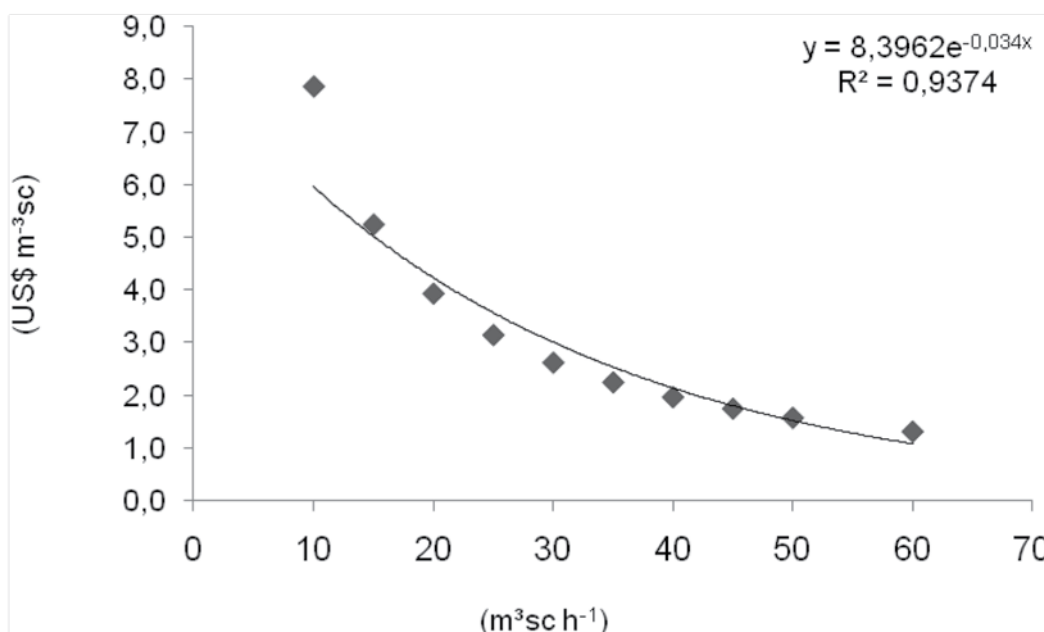


Figura 4. Comportamento do custo de produção em função da produtividade.
Figure 4. Cost of production behavior as a function of productivity.

CONCLUSÕES

A produtividade do *harvester* variou entre 18,72 e 39,71 m³sc h⁻¹, com custo operacional médio de US\$ 78.78 por hora efetiva de trabalho.

O menor custo de colheita de madeira foi obtido na classe 1, correspondente à declividade suave (10 a 13%).

Em todas as classes de declividades avaliadas, a produtividade decresceu com o aumento do percentual de inclinação do relevo, o que ocasionou um acréscimo de tempo do ciclo operacional.

As atividades parciais que despenderam maior percentual do tempo do ciclo operacional foram o processamento e o deslocamento e busca, com aproximadamente 70% do tempo total do ciclo operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. Determining productivity of mechanized harvesting machines. *Journal of Applied Sciences*, v.4, n.1, p.100-105, 2004.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *Standards 2001: D472-3- machinery, equipment, and buildings: operating costs*. 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. 799p.
- BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de "harvesters" na colheita de madeira**. 2001. 50p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.
- 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.
- BURLA, E.R. **Avaliação técnica e econômica do "harvester" na colheita do eucalipto**. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLO. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1999. 412p.
- EWING, R.H.; LIRETTE, J. **Commercial thinning on difficult terrain with the Valmet 901C single-grip harvester**. *FERIC Field Note: Partial Cutting*, Pointe Claire, n.28, p.1-2, 1999.
- FENNER, P.T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2002. 14p. (Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal).
- GINGRAS, J.F. **The effect of site and stand factors on feller-buncher performance**. *FERIC Technical Report*, Pointe Claire, n.84, p.1-18, 1998.
- HARRY, G.G.; FONTES, J.M.; MACHADO, C.C.; SANTOS, S.L. **Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1991, Belo-Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p.57-75.
- LIMA, J.S.S.; LEITE, A.M.P. **Mecanização**. In: MACHADO, C.C. (Org). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV / Imprensa Universitária, 2002. p.33-54.
- MALINOVSKI, J.R.; CAMARGO, C.M.S.; MALINOVSKI, R.A. **Sistemas**. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV / Imprensa Universitária, 2002. p.145-167.
- MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.; MALINOVSKI, J.R.; YAMAJI, F.M. **Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal**. *Revista Floresta*, Curitiba, v.36, n.2, p.169-182, 2006.
- SALMERON, A.; RIBEIRO, R.S. **Colheita mecanizada de eucaliptos em regiões acidentadas**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR / FUPEF, 1997. p.165-181.
- SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal**. Piracicaba: LCF/ESALQ/USP, 1998. 130p. (Apostila de Colheita Florestal).
- SILVA, E.N. **Avaliação técnica e econômica do corte de pinus com harvester**. 2008. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- SILVA, K.R.; MINETTI, L.J.; FIEDLER, N.C.; VENTUROLI, E.; MACHADO, E.G.B.; SOUZA, A.P. **Custos e rendimentos operacionais de um plantio de eucalipto em região de cerrado**. *Revista Árvore*, Viçosa, v.28, n.3, p.361-366, 2004.
- SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas / Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- STAMPFER, K.; LOSCHEK, J. **Harvester operations increase productivity of cable extraction systems**. *Österreichische Forstzeitung (Arbeit im Wald)*, Wien, v.110, n.2, p.4-6, 1999.
- STÖHR, G.W.D. **Importância e aplicação do estudo do trabalho**. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 2, 1978, Curitiba. *Anais...* Curitiba: FUPEF, 1978. p.49-66

Recebido em 06/05/2009

Aceito para publicação em 26/02/2010