



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

Silva, Elizabeth Neire da; Cardoso Machado, Carlos; Minette, Luciano José; Souza, Amaury Paulo de;  
Fernandes, Haroldo Carlos; Silva, Márcio Lopes da; Jacovine, Laércio Antonio  
Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de Pinus sp. com Harvester  
Revista Árvore, vol. 34, núm. 4, 2010, pp. 745-753  
Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48815859019>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO CORTE MECANIZADO DE *Pinus* sp. COM HARVESTER<sup>1</sup>

Elizabeth Neire da Silva<sup>2</sup>, Carlos Cardoso Machado<sup>3</sup>, Luciano José Minette<sup>3</sup>, Amaury Paulo de Souza<sup>3</sup>, Haroldo Carlos Fernandes<sup>3</sup>, Márcio Lopes da Silva<sup>3</sup> e Laércio Antonio Jacovine<sup>3</sup>

**RESUMO** – Neste trabalho foi avaliada a operação de corte mecanizado de *Pinus caribaea hondurensis* em sistema de toras curtas, utilizando-se o Harvester, no Município de Nova Ponte, MG, com base na produtividade e nos custos da atividade durante o estágio inicial de sua implantação (5 meses) e considerando-se o uso múltiplo da madeira. Na avaliação técnica foram calculados: rendimento operacional, produtividade, disponibilidade mecânica e eficiência operacional, enquanto na avaliação econômica foram calculados os custos operacionais e os custos de produção. A maior produtividade média foi encontrada no mês 5, com 22,71 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>, mês que apresentou a segunda maior disponibilidade mecânica (95,59%). A maior eficiência operacional foi encontrada no mês 3, com 83,09%. O custo operacional total do período amostrado foi de R\$115,03 por hora efetiva de trabalho. Os custos fixos corresponderam a 28,59% e os variáveis, a 62,31% dos custos totais. O custo de produção foi de R\$5,99.m<sup>3</sup><sup>-1</sup> produzido. Concluiu-se que a produtividade aumentou quando o volume médio por árvore também aumentou, que a máquina possuía potencial de melhoria no seu funcionamento e que seu custo de produção estava dentro dos padrões esperados para este trabalho.

Palavras-chave: Colheita florestal, *Harvester*, Produtividade e Custos.

## TECHNICAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF AUTOMATED CUTTING OF *Pinus* sp. IN WITH HARVESTER

**Abstract** – The present study evaluated the operation of the automated cutting of *Pinus caribaea hondurensis*, in system cut-to-length used Harvester, in the municipal district of Nova Ponte, MG, with base in the productivity and costs of the activity during the initial apprenticeship of its implantation (5 months), considering the multiple use of the wood. In the technical evaluation calculations were made: Operational income, productivity, mechanical readiness and operational efficiency, while in the economical evaluation it the operational cost and the production costs were calculated. The largest medium productivity was found for month 5 with 22.71m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>, the month that presented the second largest mechanical readiness (95.59%). The largest operational efficiency was found in month 3, at 83.09%. The total operational cost for the period sample of R\$ 115.03 per hour of work. The fixed costs corresponded to 28.59%, and it varied by 62.31% of the total costs. The production costs were R\$ 5.99.m<sup>3</sup><sup>-1</sup> produced. In the end productivity increased when the medium volume for trees increased, which the machine possesses a potential for improvement in this operation, and that its production cost is inside that of the expected patterns, for this study.

Keywords: Forest crop, *Harvester*, Productivity and Costs.

### 1. INTRODUÇÃO

Diversas empresas do setor florestal brasileiro utilizam o que existe de mais moderno nas suas etapas de produção, principalmente no caso de florestas plantadas, desde a obtenção de mudas até a entrega

da madeira nos pátios das indústrias. Entretanto, para que o setor continue se desenvolvendo de forma sustentável são necessários a otimização de processos que ainda são altamente onerosos economicamente e o planejamento adequado de todo o processo produtivo (BIRRO et al., 2002).

<sup>1</sup> Recebido em 23.02.2009 e aceito para publicação em 02.03.2010.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil. E-mail: <e\_neire@yahoo.com.br>.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Brasil. E-mail: <machado@ufv.br>, <minetti@ufv.br> e <amaury@ufv.br>.

Entre as atividades florestais, a colheita florestal, por ser a atividade que mais onera o custo de produção da madeira no Brasil (MACHADO, 2002; TANAKA, 1986; REZENDE et al., 1983; BAGIO e STÖHR, 1978), merece atenção especial das empresas, de forma que suas operações sejam otimizadas e a melhoria da qualidade seja alcançada em todas as etapas do processo, de forma contínua (JACOVINE et al., 2005).

Os custos de colheita e transporte florestal representam, em alguns casos, mais de 50% do custo total da madeira colocada na indústria. Diante disso, a racionalização das operações pode contribuir em muito para a redução dos custos operacionais, implicando a necessidade de estudos que visem à otimização das atividades (MOREIRA, 1992).

A colheita florestal é um conjunto de operações que visa cortar e extrair árvores do local de derrubada até as margens das estradas ou cursos d'água. É atividade complexa, dada à ocorrência de vários fenômenos climáticos e biológicos e o grande número de variáveis que afetam a produtividade e, conseqüentemente, os custos operacionais e de produção. Dessa forma, é necessário planejamento detalhado das operações para que se possam abordar os fatores que interferem nessa atividade, buscando antecipar os problemas que normalmente afetam-na, minimizando os custos envolvidos nas operações de colheita florestal (MACHADO, 2008).

No Brasil existe diversidade muito grande de sistemas de colheita de madeira. A opção por um ou outro sistema é em função da disponibilidade de recursos tecnológicos e financeiros e da qualidade das florestas, além dos fatores edáficos, topográficos e de demanda. Algumas empresas adotam mais de um sistema de colheita, em virtude dos vários fatores envolvidos, sejam eles técnicos, sociais, econômicos, ambientais ou ergonômicos. No entanto, essas empresas, muitas vezes, não dispõem de base de dados que visem à otimização dos diversos sistemas empregados (SANTOS, 1995).

Segundo Burla (2008), notam-se a importância do setor florestal e a necessidade de estudos que visem contribuir para o seu desenvolvimento, aumentando a produtividade e reduzindo os custos das atividades florestais para que, assim o setor se torne moderno e competitivo, como exige o mercado atual, altamente globalizado.

No sistema de toras curtas, o Harvester é a principal máquina utilizada na derrubada e processamento, que consiste, em alguns casos, no descascamento das árvores, no desgalhamento e no corte em toras de comprimento predeterminado, deixando as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da floresta.

Este trabalho teve como objetivo avaliar, técnica e economicamente, a atividade de corte florestal mecanizado de *Pinus* sp. utilizando-se o Harvester, no Município de Nova Ponte, MG, e considerando o uso múltiplo da floresta.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em uma empresa florestal em processo de modificação em seu método de colheita, de semimecanizado para mecanizado. Avaliou-se a operação de corte mecanizado de madeira de *Pinus caribaea hondurensis* com idade de 28 anos, utilizando o sistema de toras curtas com traçamento de 2,5 m, com Harvester, em operações realizadas em três turnos. A operação foi executada com base na produtividade e custos da atividade durante o estágio inicial de sua implantação, durante um período de cinco meses (setembro a janeiro/2007), considerando-se o uso múltiplo da madeira.

### 2.1. Área de estudo

Este trabalho desenvolveu-se no Município de Nova Ponte, MG, localizada a uma latitude de 19° 14' 44" S, longitude de 47° 46' 29" W e altitude média de 900 m do nível do mar. O relevo é caracterizado como praticamente plano a suave-ondulado com declividades variando até 5%, sendo o solo predominante o Latossolo Vermelho-Escuro. Sua temperatura média anual gira em torno dos 22 °C, com precipitação média anual de 1.700 mm.

### 2.2. Características do povoamento

O plantio de *Pinus* sp. na região advém da época dos incentivos fiscais, são plantios de sementes, caracterizados por serem bastante heterogêneos. O reflorestamento ocupa uma área total de 20.000 ha, com árvores variando entre 0 e 35 anos de idade. O reflorestamento anual é de aproximadamente 1.400 ha, no espaçamento de 2,5 m x 2,0 m. Neste trabalho foram utilizados os plantios colhidos com 28 anos de idade, em que a madeira colhida possuía três destinos distintos de acordo com a classificação de diâmetro e era distribuída

em três classes de sortimento: madeira para energia (LENHA), madeira para serraria interna (TORA) e madeira para venda (VENDA). Porém, a classificação em diâmetros das toras por classe não foi possível neste trabalho, uma vez que os diâmetros variavam de acordo com a necessidade do cliente (CA).

### 2.3. Descrição do Harvester e sistema de trabalho

A máquina utilizada no trabalho consistiu em uma máquina base Caterpillar 320 CL, configuração florestal, sobre esteiras, adicionada de um motor Diesel, modelo 3066 T, eletrônico emissionado Tier II, turbo alimentado e pós-arrefecido de 103 kW (138 HP) de potência no volante a 1.800 RPM. Possuía lança reta de 5,700 m de aplicação florestal e braço de alcance de 2,9 m, com um cabeçote Harvester Waratah 616 com capacidade de produção de 23 m<sup>3</sup>he<sup>-1</sup> e ano de fabricação 2006, com previsão de vida útil de 20.000 h (Figura 1).

A faixa de trabalho era composta de três fileiras de árvores, sendo o tombamento destas sempre realizado para a direita da máquina. Após o processamento, a madeira era depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina e separada em três pilhas de sortimentos diferentes: lenha, madeira para venda (cliente externo) e toras (consumo interno serraria).

### 2.4. Características mensuradas na população estudada

A medição do diâmetro médio foi feita através do recolhimento de medidas à altura do peito (DAP), em cm, das árvores, com o auxílio de suta, no momento

do inventário pré-corte. A medição da altura média foi feita utilizando-se instrumentos denominados hipsômetros. O número médio de árvores e fustes e o volume de madeira por hectare foram obtidos através do inventário de pré-corte.

### 2.5. Características mensuradas na máquina

O número médio de fustes derrubados por dia foi obtido através da soma do número de árvores derrubadas em cada turno de trabalho por dia, durante um mês, dividido pelo número de dias do mês, considerando-se 25 dias úteis/mês.

As informações referentes ao volume médio colhido por dia em m<sup>3</sup> foram coletadas através da utilização do computador de bordo do Harvester.

### 2.6. Avaliação técnica

#### 2.6.1. Determinação do rendimento operacional

A determinação da produtividade da máquina (m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>) foi estimada através do volume médio por árvore, fornecido pela tabela de inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores derrubadas. Foram calculadas as horas efetivas de trabalho, com base no número total de horas menos as interrupções mecânicas e operacionais, seguindo-se a seguinte expressão:

$$Prod = \frac{(na \times va)}{he}$$

em que:

Prod = produtividade (m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>); na = número de árvores derrubadas; va = volume médio por árvore (m<sup>3</sup>); e he = horas efetivas de trabalho.

A disponibilidade mecânica é a porcentagem de tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, expressa da seguinte forma:

$$DM = \frac{(H - TPM)}{H \times 100}$$

em que:

DM = grau de disponibilidade mecânica (%); TPM = tempo de permanência em manutenção (h); e H = horas totais (h).



**Figura 1** – Harvester utilizado para realização deste trabalho.  
**Figure 1** – Harvester used to perform this work.

A eficiência operacional é a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado expressa por:

$$EO = \frac{HE}{(HE + HP)} \times 100$$

em que:

$EO$  = eficiência operacional;  $HE$  = tempo de trabalho efetivo (h); e  $HP$  = horas paradas operacionais (h).

## 2.6.2. Estudos de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos foi realizado, conforme metodologia de Barnes (1977), em uma unidade amostral no mês de janeiro de 2007, utilizando-se um cronômetro de minuto decimal para medir o tempo gasto em segundos para realização de cada etapa no ciclo de corte mecanizado. Primeiro, realizou-se um estudo-piloto, buscando definir o número de observações necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5%, segundo a metodologia proposta por Barnes (1977), por meio da seguinte expressão:

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

em que:

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

No estudo de tempos e movimentos, a cada atividade realizada foi anotado o tempo gasto em segundos. Os elementos do ciclo operacional foram: deslocamento (deslocamento até a árvore a ser cortada); corte (tempo gasto para realizar o corte e tombar a árvore); processamento (tempo gasto para processar a árvore); e paradas (parada do funcionamento da máquina por motivos diversos).

## 2.7. Avaliação econômica

### 2.7.1. Custo operacional

Esta análise foi feita através do método contábil, que utiliza valores estimados e reais. Os custos fixos (depreciação e juros) foram estimados pela metodologia proposta pela FAO (1974), segundo Machado e Malinovski (1988), para os custos variáveis (combustível, lubrificantes, mão de obra, serviços de manutenção, peças de reposição, administração) foram utilizados dados fornecidos pela empresa, visando aproximar o máximo do valor real.

Na determinação do custo de produção foi considerado o rendimento por hora trabalhada, corrigido de acordo com o índice de eficiência operacional das operações de corte e processamento. Os dados de custos finais levaram em consideração as interrupções envolvidas diariamente em cada operação. Foram determinados os seguintes custos para a composição do custo total:

#### 2.7.1.1. Custos fixos

Custos fixos são aqueles que não variam com as horas de operação e não são afetados pelo total de atividades da máquina nem pela produção e ocorrem quer o equipamento trabalhe ou não. Os custos fixos são compostos de custos de depreciação, juros e seguros.

**a) Depreciação ( $Dp$ ):** corresponde à perda do valor do equipamento, ou máquina, no decorrer do tempo de uso. Para o cálculo da depreciação foi utilizado o método de depreciação linear.

$$Dp = \frac{(Va - Vpn - Vr)}{N \times Hf}$$

em que:

$Dp$  = depreciação (R\$.hf<sup>-1</sup>);  $Va$  = valor de aquisição do equipamento acrescido de impostos, fretes e comissões de venda (R\$);  $Vr$  = valor de revenda do equipamento;  $Vpn$  = valor de um jogo de pneus;  $N$  = vida útil em anos; e  $Hf$  = horas efetivas de uso anual (hf).

**b) Juros e seguros ( $JS$ ):** os juros foram calculados aplicando-se ao investimento médio anual ( $IMA$ ) uma taxa de juros correspondente ao custo de oportunidade que seria aplicado ao capital. Neste trabalho foi utilizada uma taxa anual de juros de 6%.

Os seguros são os custos que o proprietário incorre devido ao uso ou posse de seus equipamentos e também em razão dos constantes perigos a que estão expostas essas máquinas florestais durante os trabalhos. A empresa necessitava adotar uma ou mais apólice de seguro para proteção contra danos, fogo e outros eventos destrutivos. Neste trabalho, a taxa de seguros utilizada foi de 5% a.a. A fórmula para cálculo é a seguinte:

$$JS = \frac{(IMA \times i)}{Hf}$$

em que:

$JS$  = juros e seguros (R\$.Hf<sup>-1</sup>);  $i$  = taxa de juros anuais e seguros anuais (%);  $Hf$  = horas efetivas de uso anual; e  $IMA$  = investimento médio anual, dado por:

$$IMA = \frac{[(Va - Vr) \times (N + 1)]}{(2 \times N)} + Vr$$

### 2.7.1.2. Custos variáveis (CV)

São os custos que variam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso da máquina, como os custos de combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, pneus, remuneração de pessoal e manutenção e reparos.

**a) Custo de combustível (CC):** é o custo referente ao consumo de óleo diesel calculado pela fórmula:

$$CC = Pu \times c$$

em que:

$CC$  = custo de combustível (R\$.hf<sup>-1</sup>);  $Pu$  = preço de um litro de óleo diesel (R\$.L<sup>-1</sup>); e  $c$  = consumo de óleo diesel por hora efetiva (L.hf<sup>-1</sup>).

**b) Custo de lubrificantes e graxas (CLG):** este custo foi calculado pelas informações obtidas no campo e pelos manuais de especificações dos equipamentos e máquinas avaliados, pela seguinte fórmula:

$$CLG = 0,30 \times CC$$

em que:

$CLG$  = custo de lubrificantes e graxas (R\$.hf<sup>-1</sup>); e  $CC$  = custo com combustível (R\$.hf<sup>-1</sup>).

**c) Custo de óleo hidráulico (COH):** este custo está relacionado com o consumo de óleo do sistema hidráulico do equipamento, ou máquina. É dado por:

$$COH = 0,50 \times CC$$

em que:

$CLG$  = custo de óleo hidráulico (R\$.hf<sup>-1</sup>); e  $CC$  = custo com combustível (R\$.hf<sup>-1</sup>).

**d) Custo do material rodante:** este custo é afetado pelas condições do terreno, ambiente, alinhamento e manutenção dos rodantes e habilidade do operador.

$$Cp = (n \times pn) \times \frac{Vp}{H}$$

em que:

$Cp$  = custo de rodantes (R\$.hf<sup>-1</sup>);  $Vp$  = valor de aquisição de um jogo de rodantes da máquina (R\$);  $n^\circ pn$  = número de rodantes da máquina; e  $H$  = vida útil do pneu (H.hf<sup>-1</sup>).

**e) Custo de manutenção e reparos (CMR):** refere-se ao custo de mão de obra de oficina, peças de reposição e outros materiais e foi calculado em 70% do valor da depreciação do Harvester.

$$CMR = 0,70 \times Dp$$

em que:

$CMR$  = custo de manutenção e reparos (R\$.hf<sup>-1</sup>); e  $Dp$  = depreciação linear em horas efetivas (R\$.hf<sup>-1</sup>).

**f) Custos com pessoal operacional e manutenção (COM):** estes custos foram obtidos diretamente no local onde foram coletados os dados, em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas. Tais custos compreendem os custos de salários diretos mais benefícios sociais, como 13º salário, férias, indenizações, seguros, transporte, vestuário etc.

### 2.7.1.3. Custos de administração

Estes custos também foram obtidos diretamente da empresa onde foram coletadas os dados desta pesquisa. São os custos relacionados com trabalho de escritório (contabilidade e finanças), supervisão de campo e lucro da empresa prestadora de serviço. Os custos de produção das operações de corte e processamento foram obtidos através da divisão dos custos operacionais de cada operação (R\$.h<sup>-1</sup>) pelo rendimento por hora de trabalho (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>) de cada componente estudado, expresso em R\$.m<sup>3</sup><sup>-1</sup>.

### 2.7.1.4. Custo operacional total (CT)

Este custo foi obtido pela soma dos custos fixos, variáveis e custos de administração em horas efetivas, ou seja:

$$CT = CF + CV + CA$$

em que:

$CT$  = custo operacional total (R\$.hf<sup>-1</sup>);  $CF$  = custo fixo (R\$.hf<sup>-1</sup>);  $CV$  = custo variável (R\$.hf<sup>-1</sup>); e  $CA$  = custo de administração (R\$.hf<sup>-1</sup>).

### 2.7.2. Custo de produção

O custo de produção das máquinas foi obtido pela divisão dos custos operacionais (R\$.hf<sup>-1</sup>) pela produtividade de cada um dos equipamentos, conforme as respectivas operações em (R\$.m<sup>3</sup><sup>-1</sup>).



$$CT = \frac{C \text{ Pr}}{PO}$$

em que:

$CPR$  = estimativa do custo de produção (R\$.m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>);  
 $CTp$  = custo operacional total por hora efetiva (R\$.m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>);  
 $PO$  = produtividade de corte e processamento (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Características da população de estudo

A população deste trabalho apresentou como características principais identificadas no inventário pré-corte: DAP médio de 30,07 cm; altura média ( $HT_m$ ) de 23,35 m; e altura média ( $HD_m$ ) dominante de 24,53 m. O número de árvores por hectare foi de 332/ha, com a área basal de 25,08 m<sup>2</sup>. Os volumes médios encontrados com casca e sem casca foram de 280,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e 212,61 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

##### 3.1.1. Características da produção

Encontrou-se um número médio de árvores derrubadas por dia de 660,2 árv/dia. O número total mensal de árvores e toras produzidos são fornecidos na Tabela 1, bem como o volume produzido por mês.

Durante o período experimental, a produção média de toras obtidas por dia foi de 6.166,26, em três turnos, sendo uma média de 2.055,42 toras por turno. Do número total de toras obtidas no corte com Harvester, 36% foi classificado como tora, ou seja, consumido internamente pela fábrica, 39% para lenha e 25% para venda (clientes externos).

Embora os valores em número de toras sejam próximos, há grande diferença em relação ao volume. O volume para tora (uso interno da fábrica) foi de 62%, valor bem maior que dos volumes para lenha e venda, que apresentam 9% e 29%, respectivamente.

**Tabela 1** – Números total de árvores, toras e volume total produzidos por mês.

**Tabela 1** – Total number of trees, yields and total volume produced per month.

Meses	Árvores	Toras	Volume (m <sup>3</sup> /dia)
1	16.736	156.314	282,98
2	14.764	137.895	334,12
3	18.473	172.537	272,91
4	17.975	167.886	310,47
5	14.647	136.802	380,44

Por se tratar do período inicial de implantação do sistema de corte mecanizado na empresa, os valores encontrados podem não estar dentro da produção ideal, o que pode ser justificado devido ao processo de implantação e adaptação do novo sistema.

O mês em que foi encontrada menor produção média de madeira colhida por dia (Tabela 1) foi o mês 3, que apresentou média diária de 272,91 m<sup>3</sup>, enquanto o mês 5, a maior produção com 380,44 m<sup>3</sup>. Ao comparar os dados mostrados nas Tabelas 2 e 3, pôde-se observar que, apesar de o mês 5 ter apresentado menor produção em árvores, foi o que teve a maior média de volume colhido por dia.

#### 3.2. Avaliação técnica

##### 3.2.1. Quantificação do rendimento

O número de árvores derrubadas e o volume (m<sup>3</sup>) e produtividade obtidos por mês foram compilados na Tabela 2.

Observou-se que houve aumento na produção por hora. As maiores produtividades foram encontradas nos meses 5 e 2. Porém, não foram esses os meses que apresentaram o maior número de árvores, pois este foi encontrado no mês 3, que teve a menor produtividade por hora. Isso pode ser explicado pelo fato de a população possuir árvores com maior volume individual durante os meses 2 e 5. A produtividade encontrada no mês 5 situava-se bem próxima da capacidade de produção garantida pelo fabricante, que foi de 23 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

##### 3.2.2. Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica refere-se à aptidão da máquina para se encontrar em perfeitas condições de uso, a fim de desempenhar sua função produtiva (CANTO, 2003). O grau de disponibilidade mecânica do Harvester durante os meses avaliados está compilado na Tabela 3.

**Tabela 2** – Número de árvores, volume e produtividade média.

**Table 2** – Number of trees, volume and average productivity.

Mês	Árvores	Volume (m <sup>3</sup> )	Produtividade (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )
1	16.736	7.074,51	16,75
2	14.764	8.353,01	20,64
3	18.473	6.822,77	15,82
4	17.975	7.761,82	20,05
5	14.647	9.511,19	22,71
Média	16.519	7.904,68	19,19

**Tabela 3** – Disponibilidade mecânica (%).  
**Table 3** – Mechanical availability (%).

Mês	DM
1	86,22
2	97,97
3	77,30
4	94,63
5	95,59
Média	90,34

A maior disponibilidade mecânica da máquina foi encontrada no mês 2. A menor disponibilidade mecânica ocorreu no mês 3, devido a problemas mecânicos que demandaram a espera de mão de obra especializada e peças de reposição, fato que se deveu ao fato de o método de colheita ser novo na empresa e esta ainda não possuir estoque eficiente de peças para reposição, além da ocorrência de alguns problemas com material de corte.

Aumentar a disponibilidade de uma máquina implica reduzir o número de falhas ocorridas, aumentar a rapidez com que estas são corrigidas e melhorar os procedimentos de trabalho e logística e, também, da interdependência desses fatores (FONTES e MACHADO, 2002).

### 3.2.3. Eficiência operacional

A eficiência operacional do Harvester durante os meses avaliados está apresentada na Tabela 4.

Conforme pode ser observado, a média da eficiência operacional foi de 77,85%. Segundo Machado (1989), a eficiência operacional de máquinas e equipamentos para a colheita e extração de madeira não deve ser inferior a 70%. Canto (2003) obteve média de 73% de eficiência operacional para Harvesters.

A eficiência operacional depende do nível de treinamento recebido pelo operador, da experiência na função, da melhor adaptação da máquina ao operador e, principalmente, da quantidade de perda ou impedimento de trabalho através de paradas (CANTO, 2003).

**Tabela 4** – Eficiência operacional (%).  
**Table 4** – Operational efficiency (%).

Mês	EO
1	82,63
2	80,93
3	83,09
4	76,23
5	66,41
Média	77,85

Problemas com desgaste do sabre contribuíram para a baixa eficiência operacional da máquina no mês 5. Nos demais meses avaliados, os resultados foram satisfatórios.

### 3.2.4. Estudo de tempos e movimentos

Durante o trabalho foram amostrados 228 ciclos do Harvester, sendo o mínimo exigido pela amostragem-piloto de 57 ciclos. O elemento parcial de processamento foi o elemento responsável pela maior parte do tempo gasto, correspondente a 66% do tempo total do ciclo operacional do Harvester. A ocorrência desse fato é comum, uma vez que a etapa de processamento envolve as atividades de desgalha, destopa, traçamento e empilhamento e, por se tratar de uso múltiplo, a separação das pilhas de madeira de acordo com o uso.

Os elementos deslocamento, corte e paradas corresponderam a 15%, 10% e 9% do tempo, respectivamente. As interrupções observadas foram aquelas que fizeram parte da porção do tempo total durante o qual o Harvester foi programado para executar o trabalho. O tempo de interrupções operacionais nos ciclos correspondem a 9% do tempo total. As interrupções operacionais foram observadas, principalmente, no reposicionamento e troca de correntes e, ainda, para arrumar a corrente no sabre do cabeçote, que estava se soltando facilmente, fator que poderia ser resolvido com facilidade caso houvesse disponibilidade de peças para reposição, diminuindo a necessidade de paradas e, consequentemente, aumentando a produtividade.

### 3.3. Avaliação econômica

Considerando que o Harvester trabalha um período de 23 h por dia e que a presença de alguns custos agregados apenas no período diurno de trabalho interferiria na avaliação econômica do período noturno, procedeu-se aos cálculos referentes aos custos operacionais apenas para a jornada de trabalho completa, com o intuito de representar o custo real dessa máquina.

O custo operacional total da atividade de corte foi calculado adotando-se um valor residual da máquina de 25%, com o número de horas efetivas/ano de 5.000.h<sup>-1</sup> e eficiência operacional de 77,85% e disponibilidade mecânica de 90,34%. O custo operacional total para o período amostrado foi de R\$115,03 por hora efetiva de trabalho (Tabela 5).



**Tabela 5** – Custo por m<sup>3</sup> colhido, por mês.  
**Table 5** – Cost per m<sup>3</sup> harvester, per month.

Custos operacionais	Custo unitário (R\$)	Custo Total (%)
Depreciação	27,63	24,02
Juros	5,26	4,57
Soma dos Custos Fixos	32,89	28,57
Salário	5,74	4,9
Combustível	22,00	19,13
Lubrificante	6,60	5,73
Óleo hidráulico	11,00	9,56
Manutenção e reparos	19,34	16,81
Esteira	7,00	6,08
Soma dos Custos Variáveis	71,68	62,21
Custos de Administração	10,46	9,09 <sup>1</sup>
Custo Total	115,03	100

Os custos fixos corresponderam a aproximadamente 28,59% e os variáveis, em torno de 62,31% dos custos totais. O custo de administração foi da ordem de 9,10% dos custos totais.

Nota-se, na tabela 5, que no item custos fixos 84,00% foram devidos ao custo de depreciação do equipamento. Já nos custos variáveis os itens mais significativos foram o combustível e a manutenção e reparos, com 30,69% e 26,98%, respectivamente. Juntos, os elementos combustível e manutenção e reparos são responsáveis por mais de 50% dos custos variáveis totais.

De acordo com Fernandes e Leite (2001), o consumo de combustível corresponde a um dos principais itens formadores do custo operacional da máquina, bem como constitui indicativo da eficiência do processo de conversão de energia do sistema mecanizado utilizado na operação de colheita.

Os custos de produção encontrados foram obtidos considerando-se a produtividade média no período, que foi de 19,19 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, o que resultou no valor de R\$ 5.99.m<sup>3</sup><sup>-1</sup> produzido.

#### 4. CONCLUSÕES

A máquina foi adequada tecnicamente em função dos resultados (90,34% de disponibilidade mecânica e 70,32% de eficiência operacional).

A disponibilidade mecânica da máquina foi afetada pela logística de atendimento em peças, devido ao fato de o equipamento ter sido recém-adquirido pela empresa durante o período desta avaliação e ainda não ter formado um estoque satisfatório de peças.

· A produtividade da máquina aumentou com árvores de maior volume, destacando a importância de se obterem florestas de maior produtividade.

· A produtividade da máquina ainda poderia ser aumentada, principalmente melhorando o seu sistema de manutenção.

· O custo de produção estava dentro das médias encontradas em outros estudos, mas poderia ser diminuído a partir de melhorias técnicas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BAGIO, A. J.; STÖHR, G. W. D. Resultados preliminares de um levantamento dos sistemas de exploração usados em florestas implantadas no sul do Brasil. **Revista Floresta**, v.9, n.2, p.76-96, 1978.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. Americana: Edgard Blucher, 1977. 635p.
- BIRRO, M. H. B. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de Eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.525-532, 2002.
- CANTO, J. L. **Avaliação de desempenho operacional de Harvester e Forwarder na colheita de Pinus taeda**. 2003. 54f. Relatório de Estágio (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média de intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do triângulo mineiro.** Rio de Janeiro, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa, 1.)

FAO. **Logging and log transport in man-made forests in developing countries.** Roma: 1974. 90p. (Forest Paper - FAO, 18).

FERNANDES, H. C.; LEITE, A. M. P. Proposta de uma metodologia para ensaio de máquinas colhedoras de madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Porto Seguro. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV, 2001. p.227-239.

FONTES, J. M. & MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C. C. (Ed) **Colheita florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.243-291.

LIRA FILHO, J. A. **Impactos ambientais da exploração florestal de madeira numa área de floresta plantada em região acidentada, vale do Rio Doce, MG.** 1994. 86f. Dissertação (Mestrado em ciência florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65p. (Caderno didático 262)

MACHADO, C. C. **Exploração florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 34p.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Ed.) **Colheita Florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 501pp.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C., (Coord.) **Colheita florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.169-213.

MOREIRA, M. F. **O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob ótica dos custos.** In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. Curso... Curitiba: FUPEF, 1992. p.161-170.

REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. D. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. **Revista Árvore**, v.7, n.1, p.30-43, 1983.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira.** 1995, 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

TANAKA, O. K. Exploração e transporte da cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v.12, n.141, p.24-30, 1986.