

MAURO HENRIQUE BATISTA BIRRO

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE  
EUCALIPTO COM “TRACK-SKIDDER” EM REGIÃO MONTANHOSA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2002

MAURO HENRIQUE BATISTA BIRRO

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE  
EUCALIPTO COM “TRACK-SKIDDER” EM REGIÃO MONTANHOSA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 1º de abril de 2002.

---

Prof. Amaury Paulo de Souza  
(Conselheiro)

---

Pesq. Luciano José Minette  
(Conselheiro)

---

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

---

Prof. Laércio Antônio Gonçalves  
Jacovine

---

Prof. Carlos Cardoso Machado  
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio e incentivo.

À Christiane, pela paciência e pelo carinho.

A todos que de alguma forma ajudaram na execução deste trabalho.

## AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela realização do curso.

Ao professor Carlos Cardoso Machado, pela orientação e pela amizade.

Aos professores Amaury Paulo de Souza, Haroldo Carlos Fernandes, Laércio Jacovine e ao pesquisador Luciano José Minette, pelas sugestões apresentadas.

À Celulose Nipo-Brasileira S. A. CENIBRA, nas pessoas dos senhores Francisco Faria, Mário Winter, Claret Neves, Sérgio Aypio e Luciano Amaral, pelo apoio essencial na realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial à Ritinha, pelo apoio.

À Folha Florestal, pelo aprendizado e espírito de desafio.

Aos amigos de graduação e pós-graduação do DEF, pelo companheirismo no decorrer do curso.

A Imaculada, Rita, Marina, Kátia, Bu, Lili, Ritinha, Robin, Paulin, João, John, Bozo, Alessandro, Nano, Galahaad e outros grandes amigos, pela amizade e pelo apoio.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

MAURO HENRIQUE BATISTA BIRRO, filho de Mauro Bernardes Birro e Ilma Batista Birro, nasceu em Governador Valadares, Minas Gerais, em 24 de outubro de 1970.

Concluiu o ensino médio no Colégio Roma, em Belo Horizonte, em dezembro de 1988.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em julho de 1997.

No período de agosto de 1997 a junho de 1999, participou do Programa de Aperfeiçoamento Científico, pelo CNPq.

Em julho de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado, pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Em abril de 2002, submeteu-se aos exames de defesa de tese, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO COM UM “TRACK-SKIDDER” EM REGIÃO MONTANHOSA .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	2
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1. Região de Estudo .....	4
2.2. Sistema de Colheita .....	4
2.3. Descrição da Máquina de Extração .....	5
2.4. Fatores de influência no desempenho da máquina de extração .....	6
2.4.1. Espécie Florestal .....	6
2.4.2. Volume Médio por Árvore .....	6
2.4.3. Solo .....	6
2.4.4. Operadores .....	6
2.4.5. Distância de Extração .....	6
2.4.6. Declividade do Terreno .....	7
2.5. Coleta de Dados .....	7
2.6. Análise Estatística .....	7
2.7. Produtividade .....	7
2.8. Disponibilidade Mecânica .....	8
2.9. Eficiência Operacional .....	8
2.10. Determinação de Custos Operacionais .....	9
2.10.1. Custos Fixos .....	9
2.10.2. Custos Variáveis .....	10
2.11. Determinação dos Custos de Extração .....	12

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
3.1. Estimativa de Produtividade .....	12
3.2. Determinações de Interrupções Mecânicas .....	13
3.3. Determinação das Interrupções Operacionais .....	14
3.4. Determinação do Custo Operacional .....	15
4. CONCLUSÕES .....	17
5. RECOMENDAÇÕES .....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## RESUMO

BIRRO, Mauro Henrique Batista, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2002. **Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Track-Skidder” em região montanhosa.** Orientador: Carlos Cardoso Machado. Conselheiros: Amaury Paulo de Souza e Luciano José Minette.

O presente estudo teve como objetivo central avaliar técnica e economicamente atividades de extração em área montanhosa utilizando-se um trator florestal arrastador com esteiras (Track-Skidder). O estudo foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa florestal do Estado de Minas Gerais, nos quais o sistema de colheita utilizado foi o de árvore inteira, sendo o sistema mecanizado nas suas atividades de corte, extração e traçamento. A avaliação técnica consistiu em detectar e dimensionar os fatores de interrupções operacionais e mecânicas, bem como determinar os índices de produtividade, eficiência operacional, disponibilidade mecânica e grau de utilização. A avaliação econômica consistiu na determinação dos custos operacionais e da distribuição destes custos. As áreas de estudo foram estratificadas em três níveis de declividades e três níveis de distâncias de extração. De acordo com o estudo, os estratos de menor declividade e distância de extração apresentaram melhor produtividade em relação àqueles de maior declividade e distância de extração. Ao final do período de avaliação, a máquina atingiu disponibilidade



mecânica de 79% e eficiência operacional de 76%, alcançando com isso um grau de utilização de 60%. Seu custo operacional foi de US\$57,00 por hora efetiva, sendo a depreciação e os juros os maiores elementos deste custo.

## ABSTRACT

BIRRO, Mauro Henrique Batista, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2002. **Technical and economical evaluation of the log extraction of eucalyptus wood with Track-Skidder on mountain area**. Adviser: Carlos Cardoso Machado. Committee Members: Amaury Paulo de Souza and Luciano José Minette.

The present study had as general objective to evaluate technical and economical log extraction activities on mountain area being used a Track-Skidder. The study was developed in eucalyptus plantation property of a Minas Gerais State company that use a mechanized full-tree system. The technical evaluation consisted of an analyzing the operational factors and a mechanical delays, as well as to determine the productivity indexes, operational efficiency and mechanical disponibility. The economical evaluation consisted of the operational costs determination, as well as to determine the distribution of these costs. They were, appraised 1.691 hours of equipment operation and the study areas were stratified in three levels of slope degree and three extraction distances. In agreement with the study the equipment productivity decreases with the increases of the slope degrees and the extraction distances. At the end of the evaluation period the machine reached a mechanical readiness of 79% and an operational efficiency of 76%. Your productivity varied from 17 to 25 m<sup>3</sup>/ha and your operational cost was of US\$57,00/ha.

## **AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO COM UM “TRACK-SKIDDER” EM REGIÃO MONTANHOSA**

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo central avaliar técnica e economicamente atividades de extração em área montanhosa utilizando-se um trator florestal arrastador com esteiras (Track-Skidder). O estudo foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa florestal do Estado de Minas Gerais, nos quais o sistema de colheita utilizado foi o de árvore inteira, sendo o sistema mecanizado nas suas atividades de corte, extração e traçamento. A avaliação técnica consistiu em detectar e dimensionar os fatores de interrupções operacionais e mecânicas, bem como determinar os índices de produtividade, eficiência operacional, disponibilidade mecânica e grau de utilização. A avaliação econômica consistiu na determinação dos custos operacionais e da distribuição destes custos. As áreas de estudo foram estratificadas em três níveis de declividades e três níveis de distâncias de extração. De acordo com o estudo, os estratos de menor declividade e distância de extração apresentaram melhor produtividade em relação àqueles de maior declividade e distância de extração. Ao final do período de avaliação, a máquina atingiu disponibilidade mecânica de 79% e eficiência operacional de 76%. Seu custo operacional foi de US\$57,00 por hora efetiva, sendo a depreciação e os juros os maiores elementos deste custo.

Palavras-chave: colheita florestal, Track-Skidder”, custo, produtividade.

### ***TECHNICAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF THE LOG EXTRACTION OF EUCALYPTUS WOOD WITH TRACK-SKIDDER ON MOUNTAIN AREA***

ABSTRACT – The present study had as general objective to evaluate technical and economical log extraction activities on mountain area being used a Track-Skidder. The study was developed in eucalyptus plantation property of a Minas Gerais State company that use a mechanized full-tree system. The technical evaluation consisted of an analyzing the operational factors and a mechanical delays, as well as to determine the productivity indexes, operational efficiency and mechanical disponibility. The economical evaluation consisted of the

operational costs determination, as well as to determine the distribution of these costs. They were, appraised 1.691 hours of equipment operation and the study areas were stratified in three levels of slope degree and three extraction distances. In agreement with the study the equipment productivity decreases with the increases of the slope degrees and the extraction distances. At the end of the evaluation period the machine reached a mechanical readiness of 79% and an operational efficiency of 76%. Your productivity varied from 17 to 25 m<sup>3</sup>/ha and your operational cost was of US\$57,00/ha.

Key word: Harvesting, Track-Skidder, cost, productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

Com uma área de 528.383 milhões de hectares de florestas nativas ricas em biodiversidade e de 4,750 milhões de hectares de reflorestamento, sendo 2,920 milhões com espécies de *Eucalyptus* sp., 1.690 milhão de *Pinus* sp. e 138 mil hectares de outras espécies, o setor florestal brasileiro tem como seus principais produtos, entre outros, madeira roliça, serrados, painéis, chapas de fibras, laminados, carvão e celulose (Valverde, 2000).

A economia florestal brasileira tem sido responsável, anualmente, na formação econômica do País, por aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB), gerando 600.000 empregos diretos, US\$450 milhões em arrecadação de impostos e US\$4,1 bilhões em divisas de exportações (Gariipp, 1995).

Segundo Tanaka (1986), a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço floresta com o objetivo de preparar e transportar a madeira até o seu local de utilização, empregando-se técnicas e padrões estabelecidos, tendo por finalidade transformá-la em produto final.

A colheita florestal pode ser interpretada como um sistema integrado por subsistemas de aproveitamento de madeira. Entende-se por sistema um conjunto de operações que podem ser realizadas num só local, ou em locais distintos, e que devem estar perfeitamente integradas e organizadas entre si, de modo que permita fluxo constante de madeira, evitando-se pontos de estrangulamento e levando os equipamentos à sua máxima utilização (Salmeron, 1981).

No setor florestal, a colheita de madeira é a fase mais importante economicamente, dada a sua alta participação no custo final do produto e os riscos de perda envolvidos nessa atividade (Duarte, 1994).

De acordo com Jacovine et al. (1997), os custos de produção da madeira são derivados em custos de exaustão, colheita e transporte, sendo os custos de colheita os que mais contribuem para elevação do preço do produto.

Com o aumento da demanda por madeira e a redução da disponibilidade de mão-de-obra, assim como a maior competição por essa mão-de-obra, principalmente nas regiões mais industrializadas, e o aumento do seu custo (salários e encargos sociais), diversas empresas passaram a procurar sistemas de colheita alternativos (Moreira, 1998).

A mecanização das atividades de colheita passou a ser mais estudada, pois apresentava potencial de aumentar a produtividade, reduzindo custos e melhorando as condições de trabalho (Moreira, 1998).

A escolha do tipo de colheita mecanizada deve levar em consideração variáveis como a experiência e habilidade da mão-de-obra, a espécie florestal, o produto primário, a distância de arraste e o transporte, o desempenho da máquina, o capital requerido e a característica do terreno. A falta de consideração de alguma dessas variáveis resultará em problemas operacionais e ineficiência (Conway, 1976; Salmeron, 1980; Machado, 1984).

Para Machado e Castro (1985), no sistema de árvores inteiras a árvore é derrubada e, em seguida, transportada para uma estrada ou pátio de processamento, onde a madeira é preparada para o transporte. De acordo com o mesmo autor, algumas vantagens deste sistema são: a área fica limpa de resíduos, diminuindo o risco de incêndios; se a indústria pode utilizar biomassa como fonte energética, existe o material disponível como subproduto; concentração de várias operações em um único ponto, permitindo as operações a granel, sendo uma vantagem especial para árvores de pequenas dimensões; excelente para condições topográficas desfavoráveis; e maior rendimento operacional, se comparado ao sistema de toras curtas.

Segundo Minette (1988), a extração da madeira é um dos pontos críticos da colheita, uma vez que o custo de unidade de madeira de uma etapa chega a ser 25 vezes maior que o transporte principal em alguns países. No entanto, a mecanização de áreas acidentadas exige o uso de equipamentos

dimensionados para executar suas tarefas nessas condições, que apresentem custos compatíveis e baixo impacto ambiental e proporcionem boas condições de trabalho ao operador.

O principal objetivo deste trabalho foi analisar técnica e economicamente a extração de madeira com o Track-Skidder em regiões montanhosas. Os objetivos específicos foram determinar a influência de alguns fatores que afetam o desempenho do Track-Skidder na atividade de extração; determinar a produtividade, eficiência operacional e disponibilidade mecânica e os principais fatores de manutenção e interrupção de operação da máquina avaliada; determinar o custo operacional da atividade, bem como os elementos deste custo; e fornecer subsídios ao planejamento da colheita florestal e locação de estradas florestais.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Região de Estudo**

Este estudo foi realizado em áreas de operação de colheita florestal pertencentes a uma empresa produtora de celulose, no período de agosto a outubro de 2001, localizadas no distrito de Cocais das Estrelas, município de Antônio Dias, no Estado de Minas Gerais.

As áreas de coletas de dados são caracterizadas por topografia montanhosa, altitudes variando de 600 a 800 m, clima subtropical úmido, precipitação média de 1.200 mm/ano e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Os povoamentos florestais eram da espécie *Eucalyptus grandis*, com 12 anos de idade, espaçamento de 3 x 3 m, com estoque médio de 379 m<sup>3</sup>/ha, volume este acima da média local, em regime de primeira talhadia, tendo como finalidade a obtenção de matéria-prima para produção de polpa de celulose.

### **2.2. Sistema de Colheita**

O sistema de colheita utilizado foi o de árvores inteiras, tendo as operações de corte, extração e traçamento mecanizadas.

Na operação de corte foi utilizado um trator florestal abatedor-acumulador Feller-Buncher, da marca Timberjack, modelo 608L, de esteiras e com

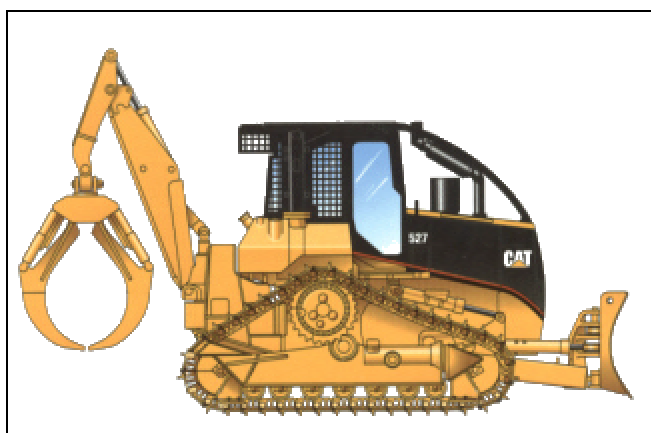
cabine nivelante. Após essa etapa, os feixes de árvores foram desgalhados e destopados manualmente com o uso de machadinhas.

Na extração foi usado um trator florestal arrastador com esteiras (Track-Skidder), da marca Caterpillar, modelo 527.

Na operação de traçamento foi utilizado um conjunto carregador florestal com esteiras e mesa traçadora “Slasher”, da marca Caterpillar, modelo 320, sendo as toras traçadas no comprimento de 2,70 m.

### 2.3. Descrição da Máquina de Extração

O trator florestal arrastador com esteiras (Track-Skidder), da marca Caterpillar, modelo 527 (Figura 1), tem sua origem no Japão, onde a máquina-base é montada, e nos Estados Unidos, onde é montado o seu arco acumulador. Possui motor 3304 DITA, diesel, de 4 cilindros em linha, com potência de 166 HP, equipado com lâmina frontal, arco acumulador da marca Esco, com área útil de 0,93 m<sup>2</sup>, montado em braço articulado “Swing Boom”. Possui peso de aproximadamente 21.500 kg, distância de 2.160 mm entre esteiras, 712 mm de altura do solo, 3.298 mm de altura total e 5.725 mm de comprimento. Seu tanque de combustível tem capacidade para 285 litros de óleo diesel, com consumo médio de 24 litros de combustível por hora efetiva de operação. Esta máquina entrou em operação no mês de junho de 2001 e, no início da coleta de dados desta avaliação, apresentava 409 horas de operação em seu horômetro.



**Figura 1** – Trator florestal arrastador com esteiras (Track-Skidder).  
**Figure 1** – Track-Skidder.

## **2.4. Fatores de influência no desempenho da máquina de extração**

### **2.4.1. Espécie Florestal**

Em toda a área estudada, a espécie florestal extraída foi o *Eucalyptus grandis*, considerado constante para todos os tratamentos.

### **2.4.2. Volume Médio por Árvore**

Obtido por meio de inventário florestal pré-corte, expresso em m<sup>3</sup>/cc, foi considerado constante em todos os tratamentos, uma vez que a área de estudo é homogênea.

### **2.4.3. Solo**

O solo predominante na área de estudo é o Latossolo Vermelho-Amarelo, de ocorrência muito abrangente; esse fator foi considerado constante em toda a área de estudo.

### **2.4.4. Operadores**

Foram utilizados operadores de bom desempenho técnico e experiência em operações de máquinas florestais. No entanto, pelo fato de a máquina ser nova, eles apresentavam pouca experiência na sua operação.

### **2.4.5. Distância de Extração**

A distância de extração (DE) é aquela entre a base do feixe de árvores formado na operação de corte até a margem da estrada onde o feixe é depositado, a qual foi estratificada em três níveis:

I –  $DE \leq 100$  metros;

II –  $100 \leq DE \leq 150$  metros; e

III –  $150 \leq DE \leq 250$  metros.



#### **2.4.6. Declividade do Terreno**

A declividade do terreno (DL) é a inclinação dos ramais de extração da madeira e foi determinada através de clinômetro, tendo sido estratificada em três níveis:

i –  $20^\circ < DL \leq 24^\circ$  ;

ii –  $24^\circ < DL \leq 28^\circ$  ; e

iii –  $28^\circ < DL \leq 32^\circ$  .

#### **2.5. Coleta de Dados**

Foram observadas, durante o estudo, 1.691 horas de operação e paradas da máquina na operação de extração de madeira, não sendo observados, contudo, os elementos dos ciclos operacionais, bem como o estudo de tempo e movimentos desses elementos. Foram avaliadas somente as horas efetivas de trabalho e as interrupções do período.

#### **2.6. Análise Estatística**

Efetuaram-se análises de regressão, a fim de verificar a associação entre a variável dependente (produtividade) e as variáveis independentes (distância e declividade). Foram consideradas como melhores equações aquelas que apresentaram maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

#### **2.7. Produtividade**

Para determinação da produtividade ( $m^3/ha$ ) da máquina considerou-se o volume médio por árvore fornecido pela tabela de inventário pré-corte, sendo esse valor multiplicado pelo número de árvores extraídas de cada parcela, obtendo-se o volume total extraído por área.

A partir do acompanhamento da máquina foram obtidas as horas efetivamente trabalhadas. Esse tempo foi considerado como o número total de horas menos as horas com interrupções mecânicas e operacionais. A produtividade da máquina foi determinada pela seguinte expressão:

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

em que

*Prod* = produtividade (m<sup>3</sup>/ha);

*na* = número de árvores extraídas;

*va* = volume médio por árvore (m<sup>3</sup>); e

*he* = horas efetivas de trabalho (h).

## 2.8. Disponibilidade Mecânica

Utilizou-se a disponibilidade mecânica como a percentagem do tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo, desconsiderando-se, portanto, o tempo em que ela se encontra em manutenção. Pode ser expressa pela seguinte expressão:

$$DM = \frac{HE}{(HE + TPM)} \times 100$$

em que

*DM* = grau de disponibilidade mecânica (%);

*HE* = tempo de trabalho efetivo (h); e

*TPM* = tempo de permanência em manutenção (h).

## 2.9. Eficiência Operacional

Considerou-se como eficiência operacional a percentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o trabalho, expressa pela equação:

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

em que

*EO* = eficiência operacional (%);

*HE* = tempo de trabalho efetivo (h); e

*HP* = horas paradas (h).

## 2.10. Determinação de Custos Operacionais

Na determinação dos custos operacionais foi utilizado o método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais. Os custos fixos foram estimados pela metodologia proposta pela FAO (1974), citado por Machado e Malinovski (1988); para os custos variáveis foram utilizados dados fornecidos pela empresa.

### 2.10.1. Custos Fixos

#### a) Juros

Os juros ( $J=US\$/ha$ ) foram calculados pela aplicação de uma taxa de juros ao investimento, correspondente ao capital proporcionado por agência financeira:

$$J = \frac{(Ca \times i \times f)}{Vu}$$

em que

$Ca$  = custo de aquisição da máquina (US\$);

$i$  = taxa anual de juros (%);

$f$  = fator de correção; e

$Vu$  = vida útil da máquina (horas).

Para efeito de cálculo, foram considerados:

$Ca$  = US\$280.000,00;

$i$  = 12% a.a.;

$f$  = 0,6 (correção para juros compostos); e

$Vu$  = 18.000 horas.

#### b) Depreciação

O método de depreciação usado foi o linear, em que o valor depreciável é obtido ao se subtrair do valor de aquisição da máquina seu valor residual ( $D=US\$/h$ ). Dividindo o valor depreciável pela vida útil estimada, obtém-se a quota de depreciação a ser deduzida anualmente:

$$D = \frac{(Ca - Vr)}{Vu}$$

em que

$Ca$  = custo de aquisição da máquina (US\$);

$Vr$  = valor residual (US\$); e

$Vu$  = vida útil (horas).

Para efeito de cálculo, foram considerados:

$Ca$  = US\$280.000,00;

$Vr$  = 20% de  $Ca$  (US\$56.000,00); e

$Vu$  = 18.000 horas.

## 2.10.2. Custos Variáveis

### a) Mão-de-obra

Os custos de mão-de-obra foram calculados pela seguinte fórmula:

$$MDO = \left[ \frac{Sop \times Es}{HTM} \right]$$

em que

$MDO$  = custo de mão-de-obra por hora efetiva (US\$/ha);

$Sop$  = somatório dos salários mensais dos operadores (US\$);

$Es$  = taxa de encargos sociais (%); e

$HTM$  = horas efetivas trabalhadas no mês (h).

### b) Manutenção e Peças

#### b.1) Manutenção (Man)

Os custos de manutenção por hora trabalhada foram determinados pela fórmula a seguir:

$$Man = \frac{(Sof \times Es) + Off}{HTM}$$

em que

$Man$  = custo de manutenção por hora efetiva (US\$/ha);

$Sof$  = somas dos salários mensais dos mecânicos (US\$);

$Es$  = taxa de encargos sociais (%);

$Off$  = despesas diversas de oficina e serviços de terceiros (US\$); e

$HTM$  = horas efetivas trabalhadas no mês (h).

## **b.2) Peças de reposição**

As despesas com peças foram assim determinadas:

$$Peças = Comb \times fp$$

em que

$Peças$  = valor com gastos em peças (US\$);

$Comb$  = valor com gastos em combustível (US\$); e

$fp$  = fator de relação histórico (0,5).

## **c) Combustível e Lubrificantes**

### **c.1) Combustível**

Os gastos com combustível foram determinados pela seguinte fórmula:

$$Comb = Cmm \times Pu$$

em que

$Comb$  = custo com combustível por hora efetiva (US\$/ha);

$Cmm$  = consumo médio horário da máquina (l/ha); e

$Pu$  = preço por litro de combustível (US\$/l).

### **c.2) Lubrificantes**

A fórmula a seguir foi usada na obtenção do custo com gastos com lubrificantes, graxas e óleos hidráulicos:

$$OHL = Comb \times f$$

em que

*OHL* = custo de óleos hidráulicos, graxas e lubrificantes (US\$);

*Comb* = custo com combustível por hora efetiva (US\$/ha); e

*f* = fator de relação histórico (0,25).

### 2.11. Determinação dos Custos de Extração

Os custos de extração ( $CE=US\$/m^3$ ) foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$CE = \frac{(J + D + MDO + Man + Peças + Comb + OHL)}{Prod}$$

em que

*CE* = custo de extração (US\$/m<sup>3</sup>);

*J* = custo com juros (US\$/ha);

*D* = custo de depreciação (US\$/ha);

*MDO* = custo com mão-de-obra (US\$/ha);

*Peças* = custos com peças (US\$/ha);

*Comb* = custos com combustível (US\$/ha);

*OHL* = custos com lubrificantes, graxas e óleo hidráulico (US\$/ha); e

*Prod* = produtividade (m<sup>3</sup>/ha);

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Estimativa de Produtividade

No Quadro 1 são mostradas as produtividades médias para os diferentes estratos de declividade do terreno. As equações geradas em função da distância de arraste estão demonstradas no Quadro 2.

A produtividade das faixas com melhores condições de operação foi 28% superior à daquelas de maiores distâncias de arraste e declividade do terreno.

**Quadro 1** – Produtividade média para diferentes blocos de declividade do terreno

**Table 1** – Average productivity for different slopes degrees

Declividade	Produtividade Média (m³/ha)
20° - 24°	22,5
24° - 28°	19,2
28° - 32°	17,7

**Quadro 2** – Equações de produtividade de arraste para diferentes distâncias e declividades

**Table 2** - Productivity skidding equations for different distances and slope degrees

Declividade	Equação	R²
20° - 24°	$P = 28,976 + (-0,0325 \times DE)$	0,8368
24° - 28°	$P = 28,960 + (-0,0486 \times DE)$	0,8151
28° - 32°	$P = 24,927 + (-0,0361 \times DE)$	0,8624

P = produtividade (m³/ha).

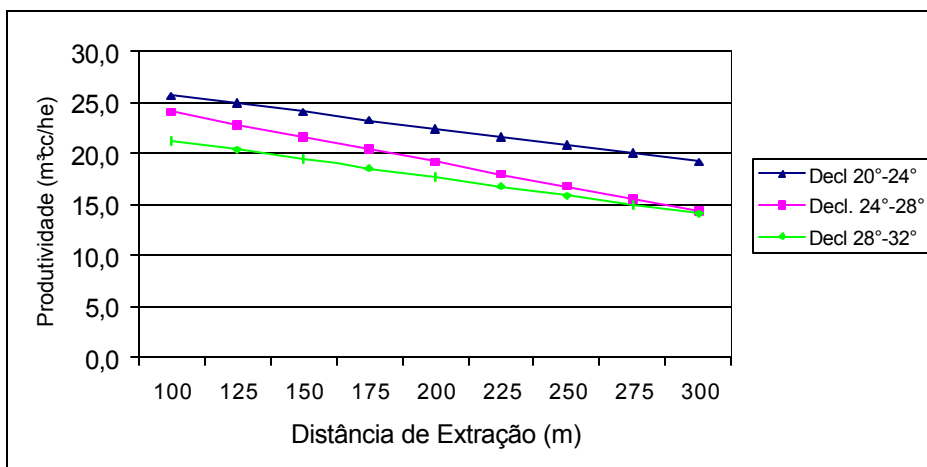
DE = distância de arraste (m).

A Figura 2 apresenta as curvas ajustadas para as diferentes distâncias de extração, variando-se a declividade do terreno. Observa-se que a produtividade decresce à medida que aumenta a distância de extração e a declividade do terreno. A produtividade é mais afetada pela distância de extração do que pela declividade do terreno.

### 3.2. Determinações de Interrupções Mecânicas

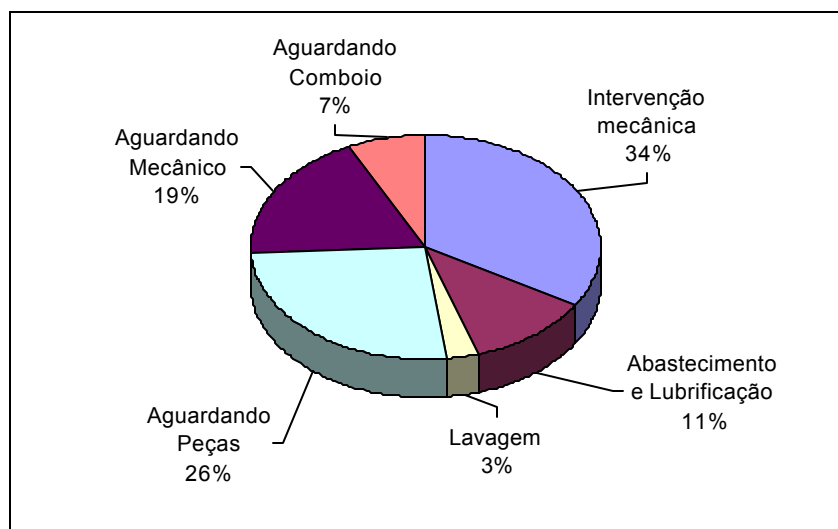
Na Figura 3 são apresentadas as causas de interrupções mecânicas avaliadas durante o período do experimento. As interrupções somaram 361 h, correspondendo a 21% do total de horas disponíveis para operação, perfazendo 79% de disponibilidade mecânica.

Pode-se observar que o item “Aguardando peças” foi muito representativo, o que se deve ao fato de a máquina ser nova e de a empresa ainda não possuir estoque eficiente de peças. O item “Aguardando mecânico”, que também se apresentou elevado, se deve às grandes distâncias de deslocamento até a frente de operação.



**Figura 2** – Produtividade média de arraste em função da distância de extração e declividade do terreno.

**Figure 2** – Average of the skidding productivity as function of the distance and slope degree.



**Figura 3** – Distribuição das interrupções mecânicas.

**Figure 3** – Mechanical delays distribution.

### 3.3. Determinação das Interrupções Operacionais

Na Figura 4 encontram-se as principais causas das interrupções operacionais avaliadas durante o período do experimento. As interrupções somaram



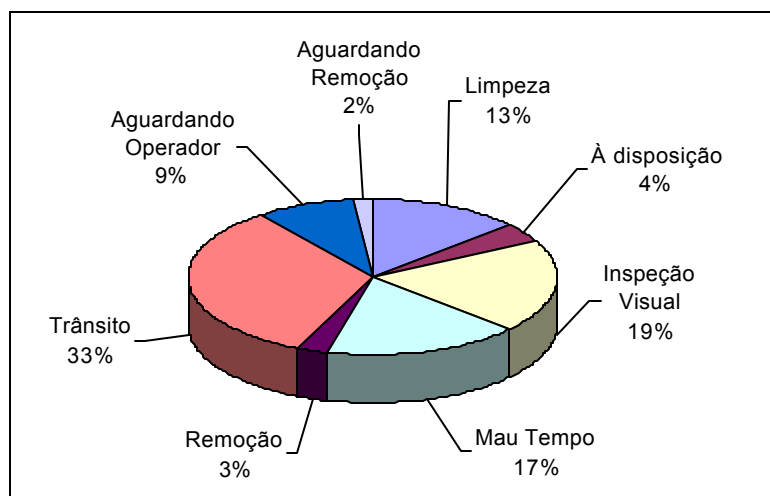
319 horas, correspondendo a 24% do total de horas mecanicamente disponíveis para operação, o que representa 76% de eficiência operacional.

Observa-se que o item “Trânsito” se referiu ao deslocamento da máquina entre as frentes de trabalho. O item “Mau tempo” deve-se principalmente a ocorrências de chuvas muito fortes que poderiam comprometer a segurança da operação. A “Inspeção visual” era feita pelo operador no início de cada turno, o qual verificava toda a integridade da máquina, bem como os níveis de água, óleo e combustível.

### 3.4. Determinação do Custo Operacional

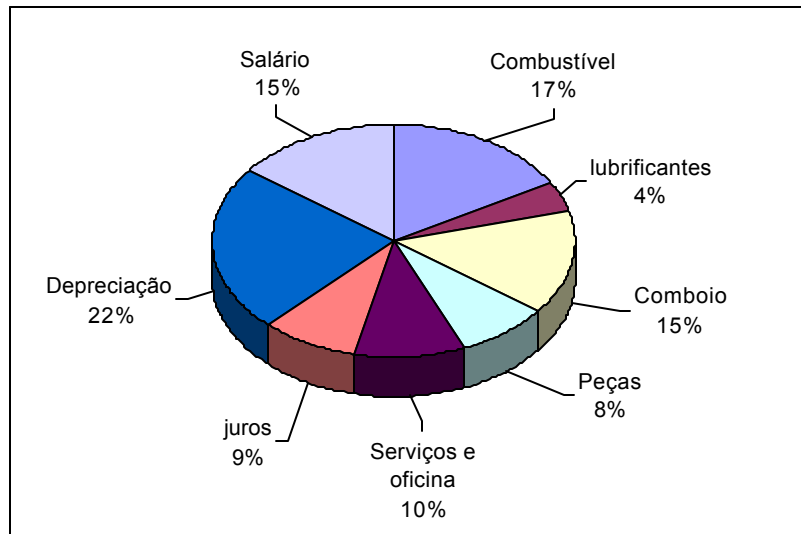
Considerando taxa de juros anual de 12%, disponibilidade mecânica de 79% e eficiência operacional de 76%, estimou-se o custo por hora efetiva de trabalho igual a US\$57,00. A distribuição dos custos operacionais é demonstrada na Figura 5.

Nota-se que os itens “Depreciação” e “Juros”, ou seja, os custos fixos, corresponderam a quase terça parte na participação dos custos operacionais. Os custos variáveis diretos (combustível, lubrificantes e peças) totalizaram 29% dos custos, e os custos variáveis indiretos (salário, serviços, oficina e comboio), 40%.



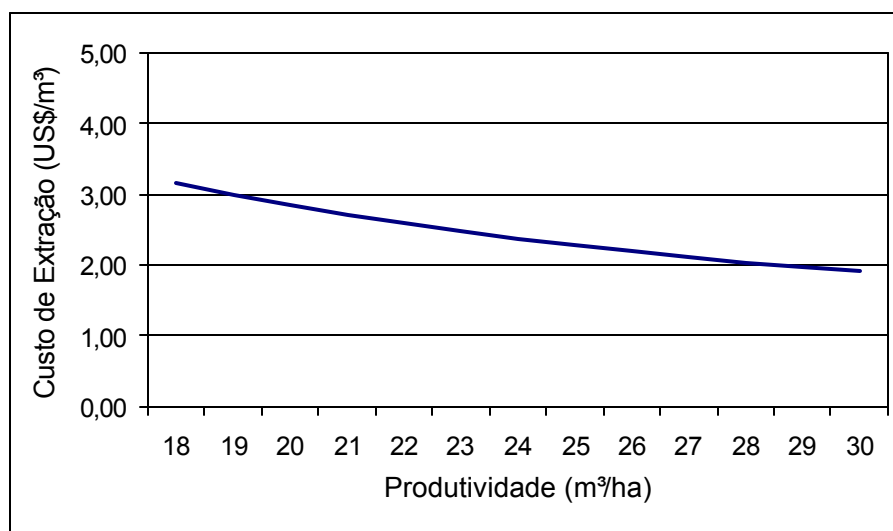
**Figura 4** – Distribuição das interrupções operacionais.

**Figure 4** – Operational delays distribution.



**Figura 5** – Distribuição dos custos operacionais.  
**Figure 5** – Operational costs distribution.

A Figura 6 mostra o custo de produção da atividade de extração, em que ele é inversamente proporcional à produtividade do equipamento; no presente trabalho este custo variou de US\$3,22 na faixa de maior distância de extração e declividade do terreno a US\$2,30 na faixa de melhores condições de operação.



**Figura 6** – Custo de extração x produtividade.  
**Figure 6** – Log extraction cost x productivity.

#### **4. CONCLUSÕES**

Nas condições em que o experimento foi conduzido, chegou-se as seguintes conclusões:

- Considerando os três estratos de declividade e as três faixas de distância de operação, a máquina apresentou, como esperado, suas maiores produtividades nas menores faixas de declividade e distância de extração e as menores produtividades nas faixas de maiores distâncias e declividades de operação, porém a máquina se mostrou mais afetada pelo fator distância de arraste do que pela declividade. No campo, constatou-se que a velocidade de deslocamento da máquina não foi significativamente afetada pelo aumento da declividade. Aumentando-se a distância de extração, o deslocamento da máquina passa a ser um item significativo em seu ciclo de operação.
- A disponibilidade mecânica da máquina foi altamente afetada pela logística de atendimento em peças devido ao fato de a máquina ter sido recém-adquirida e a empresa, no período dessa avaliação, não ainda ter formado estoque satisfatório de peças.
- A eficiência operacional foi mais afetada pelo trânsito da máquina entre as frentes de trabalho, em razão das distâncias entre elas e da baixa velocidade de deslocamento da máquina.

#### **5. RECOMENDAÇÕES**

A partir das informações levantadas por esta avaliação, podem ser feitas as seguintes recomendações:

- Melhorar imediatamente a formação de estoques de peças para a máquina, bem como a logística de localização destes estoques, a fim de aumentar a disponibilidade mecânica.
- Aumentar a frota de caminhões-oficina, bem como a otimização da localização destes caminhões, visando otimizar o atendimento mecânico à máquina.
- Aumentar a capacidade de arraste da máquina com a substituição da atual garra que a equipa por uma de maior área útil, objetivando aumentar o

rendimento da operação, uma vez que a máquina poderá arrastar um feixe com número maior de árvores.

- No momento da elaboração do microplanejamento de colheita, buscar minimizar as distâncias entre as frentes de corte, minimizando assim o deslocamento da máquina.
- Realizar um estudo de tempos e movimentos com o objetivo de determinar os possíveis gargalos da operação.
- Considerar a distância de arraste para elaboração de locação de estradas florestais e determinar a DOE (Densidade Ótima de Estradas), considerando a sensibilidade da produtividade da máquina a distâncias de extração.
- Realizar estudos comparativos da atividade de extração com Track-Skidder, utilizando-se outros sistemas de colheita.
- Por observação, o Track-Skidder causou baixíssimos impactos ambientais em sua operação, comparados com os impactos provocados por guinchos arrastadores. Recomenda-se um estudo para analisar e comparar os impactos ambientais causados por cada equipamento na operação de extração.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONWAY, S. **Logging practices**; principles of timber harvesting systems. São Francisco: Miller Freeman, 1976. 416 p.

DUARTE, R. C. G. **Sistemas de corte florestal mecanizado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 21 p. Monografia (Exigência para conclusão do curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

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

GARLIPP, R. C. D. O *boom* da certificação florestal: é preciso garantir a credibilidade. **Revista Silvicultura**, v.17, n.61, p.17-22, 1995.

JACOVINE, L. A. G. et al. Reflexos da má qualidade na colheita florestal semi-mecanizada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3, 1997, Vitória. **Anais....** Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1997. p.296-308.

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1984. 138 p.

MACHADO, C. C.; CASTRO, P. S. **Exploração florestal, 4.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985. 32 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. Ciência do trabalho florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65 p.

MINETTE, L.J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (forwarders), na extração de madeira de eucalipto.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 77 p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 25 p. Monografia (Exigência para conclusão do curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

SALMERON, A. A mecanização da exploração florestal. Piracicaba: IPEF, 1980. (Circular Técnico, 88).

SALMERON, A. Exploração florestal. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Formação, manejo e exploração de florestas com rápido crescimento.** Brasília: 1981. p. 83-123.

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

VALVERDE, S. R. **A contribuição do setor florestal para o desenvolvimento sócio-econômico: uma aplicação de modelos de equilíbrio multissetoriais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.