

## AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TRÊS MODELOS DE HARVESTER'S

---

Flávio Cipriano de Assis do Carmo<sup>1</sup>; Elizabeth Neire da Silva<sup>2</sup>; Nilton César Fiedler<sup>2</sup>; Marcos de oliveira de Paula<sup>3</sup>; Filipe de Moraes<sup>4</sup>

1. Mestrando em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES)
2. Professores Doutores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira CCA-UFES, Av. Carlos Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro/ES – Brasil. CEP: 29.550-000. (elizabeth@cca.ufes.br)
3. Professor Doutor do Departamento de Engenharia Rural CCA-UFES
4. Graduando de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES)

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

---

### RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de realizar a avaliação técnica de três modelos de *harvester*, na colheita de madeira de eucalipto. A pesquisa avaliou os indicadores de rendimentos (eficiência operacional, disponibilidade mecânica, grau de utilização e produtividade, produção e números de árvores abatidas). Para avaliar o desempenho dos *harvester's* foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, contendo três tratamentos (*harvester* Komatsu PC-200 leasing, *harvester* komatsu PC-228 slc, e *harvester* komatsu PC -288 short tail). As informações foram coletadas durante um período de sete meses, que compreendeu os meses de março a setembro de 2010, pelo método de censo. A produtividade do tratamento 2 foi superior aos demais analisados. Os fatores eficiência operacional e disponibilidade mecânica e grau de utilização do tratamento 3 foram superiores aos demais tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVES:** *harvester*, Colheita mecanizada, tempos e produtividade florestal.

### TECHNICAL EVALUATION OF THE THREE MODEL THE HARVESTER

#### ABSTRACT:

The present study it had the objective to carry through the technical evaluation of three models of harvester, harvesting of eucalyptus wood. The survey assessed indicators of income (operating efficiency, mechanical availability, capacity utilization and productivity, production and numbers of trees felled). To evaluate the performance of the *harvester's* was used a completely randomized design with three treatment (*harvester* komatsu PC-228 slc, *harvester* Komatsu PC-200 *harvester* komatsu PC leasing and short tail -288). Data were collected over a period of seven months, which covers the months from March to September 2010, the census method. The productivity of model 2 was superior to the others analyzed. The factors operating efficiency and mechanical availability and degree of use of the model were superior to the other three models.

**KEYWORDS:** *harvester*, Mechanized harvesting, forest productivity and time

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor florestal brasileiro despontou rapidamente como um dos mais avançados, se não, o mais avançado, em tecnologia florestal de espécies de rápido crescimento. Graças aos avanços tecnológicos em melhoramento genético, manejo, mecanização da colheita e transporte florestal, houve a obtenção de alta produtividade e elevado desempenho dos processos operacionais de reflorestamento, colheita e transporte, bem como no planejamento e controle dessas atividades (YONEZAWA, 2010).

A colheita representa a operação final de um ciclo de produção florestal, na qual são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal, sendo considerada uma atividade extremamente relevante, visto ser a mais onerosa em termos de custo de produção, sendo também a atividade que mais sofre o processo de mecanização (MACHADO, 2008). Além disso, trata-se de uma atividade altamente complexa, que é influenciada por diversos fatores que interferem diretamente na forma de execução das operações.

A mecanização das atividades é sem dúvida um dos fatores de grande importância no resultado final de um empreendimento e, se utilizada de maneira adequada propiciará o aumento da produtividade na realização dos trabalhos e, por sua vez melhora na qualidade do produto. A mecanização também agrega valores às condições de trabalho, ao substituir a força humana e animal em atividades que envolvam riscos ou perigos ao bem estar (BURLA, 2008).

A evolução da mecanização nas operações de colheita de madeira é motivada pela necessidade de melhoria das condições de trabalho, redução da mão-de-obra, aumento da competitividade com o incremento de novas alternativas de produção (SEIXAS, 2010). Esta atividade intensificou-se, desencadeando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e dos custos, devido à colheita representar um percentual elevado dos custos (SIMÕES, 2008).

No processo de inovação tecnológica aplicada a colheita de madeira, destacam-se os avanços ocorridos na indústria de máquinas e equipamentos, que passou a disponibilizar modelos cada vez mais produtivos, confiáveis, automatizados e ambientalmente adequados (LOPES, 2010).

Nesse processo de inovação e modificações as empresas com alta demanda de madeira e com maior disponibilidade de capital, passaram sistemas e métodos de colheita altamente mecanizados, com máquinas e equipamentos sofisticados e modernos, como exige o mercado atual, altamente globalizado. Visando contribuir para o desenvolvimento do setor florestal, especialmente no que se refere ao aumento de produtividade, redução de custos e melhoria das condições ergonômicas das atividades realizadas.

Visando contribuir para suprimento destas necessidades, o presente estudo objetivou realizar uma avaliação técnica de diferentes modelos de *harvester* que operam em situação semelhante, na colheita de madeira de eucalipto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostragem

Para avaliar o desempenho dos três modelos de *harvester's* foi empregado um experimento com delineamento inteiramente casualizado, contendo três tratamentos (*harvester* Komatsu PC-200 leasing, *harvester* komatsu PC-228 slc, e

*harvester* komatsu PC -288 short tail), na qual cada parcela era representando por uma máquina. Para a experimentação foram utilizadas 12 máquinas para o tratamento 1 (*harvester* PC-200 leasing), seis máquinas, para o tratamento 2 (*harvester* PC-228 slc) e 18 máquinas para o tratamento 3 (*harvester* PC -288 short tail ). Os valores foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância.

## 2.2 Determinação da Produtividade

A determinação da produtividade do *harvester* ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) foi considerada através do volume médio por árvore fornecido pelo inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores colhidas, obtendo-se o volume total extraído. A partir do acompanhamento do *harvester* foram obtidas as horas efetivamente trabalhadas. Esse tempo foi considerado como numero total de horas decrescendo-se as interrupções mecânicas e operacionais. A produtividade foi calculada seguindo-se a equação 01:

$$\text{Equação 01:} \quad \text{Pr od} = \frac{(na \times va)}{he}$$

Em que: Prod= Produtividade ( $m^3 \cdot h^{-1}$ );  
na = número de árvores colhidas (ud);  
va = volume médio por árvore ( $m^3$ );  
he = horas efetivas de trabalho (h).

## 2.2 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica refere-se à aptidão da máquina para encontrar-se em perfeitas condições de uso, a fim de desempenhar sua função produtiva de acordo com condições preestabelecidas, durante um dado intervalo de tempo (FONTES & MACHADO, 2008). Foi considerada como a porcentagem de tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo. Foi expressa pela equação 02:

$$\text{Equação 02:} \quad DM = \frac{(H - TPM)}{H \times 100}$$

Em que: DM= Grau de disponibilidade mecânica (%)  
TPM = Tempo de permanência em manutenção (h) e  
H= horas totais (h).

## 2.3 Grau de utilização

Para o cálculo do grau de utilização da máquina considerou-se como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado, expressa pela equação 03:

$$\text{Equação 03:} \quad GU = \frac{he}{(he + hp)} \times 100$$

Em que: GU = Grau de utilização (%);  
he = horas efetivas de trabalho (h) e;  
hp = Horas paradas operacionais (h).

## 2.4 Eficiência operacional

A eficiência operacional é dada pelo produto da disponibilidade mecânica e o grau de utilização, conforme expressa pela equação 04:

$$\text{Equação 4:} \quad EO = \frac{DM \times GU}{100}$$

Em que: EO = Eficiência Operacional (%);  
DM = Disponibilidade mecânica (%) e;  
GU = Grau de utilização (%).

Para obtenção dos resultados calculou-se as médias de cada elemento do ciclo operacional.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Produtividade

A produtividade, a produção (volume total) e o número de árvores colhidas, obtidos mensalmente, para cada máquina avaliada estão compilados nas Tabelas 1, 2 e 3.

**TABELA 1.** Resultados de produtividade ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) obtidos pelos três tratamentos durante os meses de março de 2010 a setembro de 2010.

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>
Março/2010	19.04 Bbc	18.26 Aab	18.50 Ab
Abril/2010	13.05 Aab	17.64 Bab	18.42 Cb
Maio/2010	19.50 Bbc	14.49 Aab	22.28 Cc
Junho/2010	15.14 Aab	24.04 Bc	15.80 Aab
Julho/2010	25.91 Bd	15.14 Aab	14.38 Aab
Agosto/2010	23.11 Acd	19.88 Aabc	27.41 Ad
Setembro/2010	23.12 Bcd	22.14 Bbc	13.55 Aa
<b>Média</b>	<b>19,84</b>	<b>18,80</b>	<b>18,62</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A produtividade média no período de estudo foi de  $18,80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  para o tratamento 1,  $19,84 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  para o tratamento 2 e para o tratamento 3 ( $18,62 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Comparando-se os resultados obtidos para as três máquinas avaliadas pode-se observar que o tratamento 2 obteve uma produtividade média maior.

As maiores produtividades no tratamento 1 foram encontradas nos meses de junho ( $24,04 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ), agosto ( $19,88 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) e setembro ( $22,14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). Já para o tratamento 2 as maiores produtividades foram encontradas nos meses de julho ( $25,91 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ), agosto ( $22,11 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) e setembro ( $23,12 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ). E para o tratamento 3 foi no mês de agosto com  $27,41 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Os valores médios encontrados se assemelham aos resultados obtidos por MAGALHÃES & KATZ (2010) que foi de  $19,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , para floresta em condições volumétricas semelhantes (volume individual por árvore médio de  $0,210 \text{ m}^3$ ). No entanto, os valores obtidos foram inferiores aos resultados encontrados por BURLA

(2008) que obteve uma produtividade média de 23,01 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> de madeira no corte com *harvester* de pneus, em área de volume individual médio por árvore de 0,251 m<sup>3</sup>.

**TABELA 2.** Resultados de produção (m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>) obtidos pelos três tratamentos durante os meses de março de 2010 a setembro de 2010.

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>
Março/2010	4909.29 Acd	5717.22 ABcd	6806.50 Bcd
Abril/2010	2726.42 Aab	4833.13 Bbc	5616.36 Cb
Maió/2010	4043.37 ABbc	2715.53 Aab	5968.92 Bbc
Junho/2010	1605.91 Aa	3412.31 Bab	2531.77 Ba
Julho/2010	6773.98 Cde	2012.52 Aa	5792.14 Bb
Agosto/2010	7508.10 Be	7434.87 Bde	5104.27 Ab
Setembro/2010	2723.22 Ba	8017.75 Be	5101.28 Ab
<b>Média</b>	<b>4327.18</b>	<b>4877.62</b>	<b>5274.46</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A produção média no período de estudo foi de 4877,62 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup> para o tratamento 1, 4327,18 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup> para o tratamento 2 e para o tratamento 3 (5274,46 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>). Comparando-se os resultados obtidos para as três máquinas avaliadas pode-se observar que o tratamento 3 obteve uma produtividade média maior.

As maiores produções no tratamento 1, foram encontradas nos meses de agosto (7434,85 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>) e setembro (8017,75 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>). Já para o tratamento 2 as maiores produções foram encontradas nos meses de julho (6773,98 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>), agosto (7508,10 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>), isso era esperado visto que nesses meses a produtividade deste tratamento foi maior. E para o tratamento 3 foi nos mês de março com 6806,50 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup> e no mês de maio (5968,92 m<sup>3</sup>.mês<sup>-1</sup>).

**TABELA 3.** Resultados de número de árvores colhidas por mês obtido pelos três tratamentos durante os meses de março de 2010 a setembro de 2010.

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>
Março/2010	22725.08 Aa	26065.16 Aa	33388.11 Aa
Abril/2010	19948.33 Aa	21572.66 Bb	22742.44 Aa
Maió/2010	19190.25 Aa	16796.20 Aa	34630.11 Aa
Junho/2010	9520.16 Aa	10902.60 Aa	27793.93 Aa
Julho/2010	19408.91 Aa	11733.40 Aa	4245.50 Aa
Agosto/2010	17987.00 Aa	33038.33 Aab	28963.42 Aa
Setembro/2010	12648.62 Aa	35291.83 Aab	33043.80 Aa
<b>Média</b>	<b>17346,91</b>	<b>22200,03</b>	<b>26401,05</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O número médio de árvores colhidas por mês no período de estudo foi de 22200,03 para o tratamento 1, 17346,91 para o tratamento 2 e para o tratamento 3 (26401,05). Comparando-se os resultados obtidos para as três máquinas avaliadas pode-se observar que o tratamento 3 obteve um maior número de árvores média abatidas.

### 3.2 Disponibilidade mecânica

O grau de disponibilidade mecânica dos três tratamentos de *harvester's*, durante os meses avaliados está compilado pela Tabela 4.

**TABELA 4.** Resultados de disponibilidade mecânica (%) obtido pelos três tratamentos durante os meses de março de 2010 a setembro de 2010.

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>
Março/2010	85.60 Bb	85.06 Aa	86.19Ba
Abril/2010	88.65 Ac	78.30 Aa	89.32 Ab
Maio/2010	80.80 Aab	82.30 Ba	87.79 Bb
Junho/2010	82.84 Aab	80.35 Aa	85.16 Aa
Julho/2010	78.16 Aab	89.69 Aa	87.16 Ab
Agosto/2010	81.58Aab	86.30 Aa	90.21 Ac
Setembro/2010	79.27 Aa	81.61 Aa	91.23 Bc
<b>Média</b>	<b>82,41</b>	<b>83,37</b>	<b>88,15</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A maior disponibilidade mecânica média foi observada no tratamento 3, com média de 88,15%, seguido de 83,37% no tratamento 1 e 82,41% para o tratamento 2. Assim desta forma todos os tratamentos encontram-se acima da meta mínima estabelecida pela empresa que é de 82%. Para o tratamento 1 não houve diferença estatística de disponibilidade mecânica durante o período analisado, no tratamento 2 o mês de abril apresentou melhor grau de disponibilidade mecânica. A menor disponibilidade mecânica ocorreu durante os meses de março (86,19%) e junho (85,16%) para o tratamento 3. Esse resultado se deu pelo elevado número de horas paradas em que a máquina esteve em manutenção devido a superaquecimento do motor.

Aumentar a disponibilidade mecânica de uma máquina implica em reduzir o número de falhas ocorridas e aumentar a rapidez de correção das mesmas, melhorar os procedimentos de trabalho e logística e, também da interdependência desses fatores (FONTES & MACHADO, 2008).

### 3.3 Grau de utilização

O grau de utilização dos três tratamentos de *harvester's*, durante os meses avaliados está compilado na Tabela 5.

**TABELA 5** - Grau de utilização (%), em função do tratamento e período de amostragem

	<b>Tratamento 1</b>	<b>Tratamento 2</b>	<b>Tratamento 3</b>
Março/2010	72.13 Aa	75.69 ABab	81.68 Ba
Abril/2010	84.70 Bb	72.99 Aa	81.34 Ba
Maio/2010	77.19 Aa	80.57 ABabc	84.26 Ba
Junho/2010	78.66 Bab	73.35 Aa	81.26 Ba
Julho/2010	78.33 Aab	82.98 Abc	79.10 Aa
Agosto/2010	77.74 Aa	84.60 Bc	80.97 ABa
Setembro/2010	72.40 Aa	85.42 Cc	80.47 Ba
<b>Média</b>	<b>77,31</b>	<b>79,37</b>	<b>81,30</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A média do grau de utilização foi superior para o *harvester* tratamento 3 (81,30%), seguido do tratamento 1 (79,37%) e 77,31% para o tratamento 2. Porém o grau de utilização das máquinas depende de vários fatores e, principalmente, da quantidade de perda ou impedimento de trabalho através de paradas o que pode influenciar na eficiência operacional (CANTO, 2003).

### 3.4 Eficiência operacional

O grau de utilização dos três tratamentos de *harvester's*, durante os meses avaliados está compilado na Tabela 6.

**TABELA 6.** Eficiência operacional (%), em função do tratamento e período avaliados

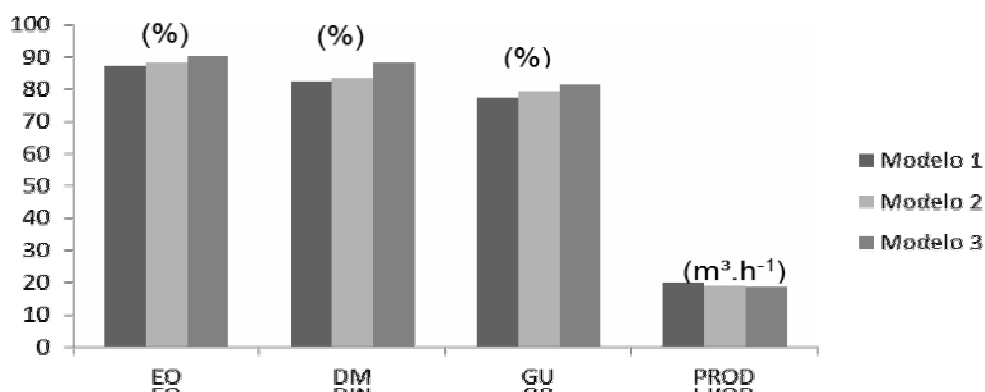
	Tratamento 2	Tratamento 1	Tratamento 3
Março/2010	61.89 Aa	64.24 ABabc	70.57 Ba
Abril/2010	75.078 Bb	57.08 Aa	72.98 Ba
Maio/2010	62.17 Aa	66.18 ABabc	73.83 Ba
Junho/2010	64.93 ABabc	59.08 Aab	70.20 Ba
Julho/2010	61.18 Aa	74.46 Bc	69.67 Ba
Agosto/2010	63.56 Aa	73.03 Bc	74.27 Ba
Setembro/2010	63.04 Aa	69.80 Bbc	72.22 Ba
<b>Média</b>	<b>64,55</b>	<b>66,26</b>	<b>71,96</b>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A eficiência operacional do tratamento 3 (71,96 %) foi consideravelmente superior as demais. Segundo MACHADO (1989), a eficiência operacional de máquinas florestais para a colheita florestal, não deve ser inferior à 70%. Os resultados encontrados para o tratamento 1 (66,26%) e tratamento 2 (64,55%) apresentam um valor bem inferior ao sugerido pelo autor.

### 3.5 Comparação técnica das três máquinas

Comparando as médias encontradas para os itens: produtividade, disponibilidade mecânica, grau de utilização e eficiência operacional, para as três máquinas observou-se que, o tratamento 3 mostrou-se superior aos demais tratamentos (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.1**), à exceção da produtividade ( $m^3/hora$ ) que foi maior para o tratamento 2, fato também comprovado pelo estudo realizado por SILVA (2010) comparando dois modelos de *Harvester's* em plantios de eucalipto.



**FIGURA 1-** Comparativo dos parâmetros técnicos para os tres *harvesters* avaliados.

Legenda: PROD= produtividade ( $m^3.h^{-1}$ ); GU= Grau de utilização (%); DM = Disponibilidade mecânica (%); EO = Eficiência Operacional (%)

Observando este gráfico pode-se concluir que mesmo o tratamento 1 apresentando uma melhor produtividade, este modelo não obteve uma maior produção média em relação aos demais tratamentos, visto que os menores valores encontrados nos indicadores de rendimentos, resultaram num menor número de árvores processadas.

#### 4. CONCLUSÃO

- A produtividade do tratamento 1 foi superior aos demais analisados.
- Os fatores eficiência operacional e disponibilidade mecânica e grau de utilização do tratamento 3 foram superiores aos demais tratamentos.
- A produção do tratamento 3 foi superior aos demais analisados, pois obteve melhores indicadores de rendimento.

#### REFERÊNCIAS

BURLA, E. R. Avaliação técnica e econômica do *harvester* na colheita e processamento de madeira em diferentes condições de declividade e produtividade florestal. UFV. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). UFV, Viçosa, 2008.

CANTO, J.L. **Avaliação de desempenho operacional de *Harvester* e *Forwarder* na colheita de *Pinus taeda***. Santa Maria, UFSM, 2003. 54 f. Relatório de Estágio (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

FONTES, J. M. & MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. **In: Colheita florestal**. Carlos Cardoso Machado, Editor. Viçosa: UFV, 2008. Cap. 9. p. 261-308.

LOPES, E.S. Capacitação profissional frente às inovações tecnológicas. **Revista Opiniões**. jun.- ago. p. 41. 2010.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Editora: UFV, 2008 Viçosa, MG. UFV, 2008, 501 p.

MAGALHÃES, P.A.D e; KATZ, I. **Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com *harvester* em uma indústria madeireira**. *Tékhné Lógos*, Botucatu, SP, v.2, n.1, out. p.72 a 91, 2010.

SEIXAS, F. As inovações da colheita de madeira. **Revista Opiniões**. jun.- ago. p. 41. 2010.

SILVA, E.N. AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA, AMBIENTAL E ERGONOMICA DE DOIS DIFERENTES MODELOS DE *HARVESTER*. UFV. 83 F. **Tese** (Doutorado em Ciência Florestal). UFV, Viçosa, 2010.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita mecanizada de eucalipto**. 2008. 105 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas. UNESP. Botucatu, 2008.



YONEZAWA, J. T. A evolução da colheita mecanizada. **Revista Opiniões**. p. 41. jun/ago, 2010.