

ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DO HARVESTER TRABALHANDO EM DOIS SUBSISTEMAS DE COLHEITA FLORESTAL

**DIEGO W. F. N. SANTOS¹; HAROLDO C. FERNANDES²; PAULO R. CECON³;
HUMBERTO SANTIAGO⁴; PAULO R. FORASTIERE⁴**

¹ Eng^o Florestal, Doutorando em Eng^o Agrícola, Dpto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-2047, diegowesley89@hotmail.com.

² Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de estatística, UFV, Viçosa – MG.

⁴ Eng^o Agrônomo, Doutorando em Eng^o Agrícola, Dpto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Objetivou-se com essa pesquisa realizar uma análise técnica e de custos de um *harvester* operando em dois subsistemas de colheita florestal de toras curtas. O estudo foi conduzido em uma área de colheita florestal situada no município de Eunápolis – BA. No subsistema 1 o *harvester* realizava o corte e processamento das árvores. Já no subsistema 2 o corte era realizado por um *feller-buncher*, e o *harvester* realizava apenas o processamento das toras. A análise técnica compreendeu ao estudo de tempos e movimentos e produtividade, sendo os resultados submetidos a análise de variância. A análise de custos baseou-se na determinação do custo operacional e de produção. Os tempos totais dos ciclos operacionais e as produtividades do *harvester* no subsistema 1 e 2 não diferiram estaticamente entre se. Obteve-se um custo operacional para o *harvester* no subsistema 1 e 2 de US\$ 62,62 he⁻¹ e US\$ 62,12 he⁻¹, respectivamente sendo os custos com manutenção, combustível e depreciação os que mais contribuíram para os valores. O *harvester* apresentou o menor custo de produção, US\$ 1,74 m⁻³, no subsistema 1. Os resultados do *harvester* trabalhando no subsistema 2 não são satisfatórios, mediante isso a utilização do subsistema não é viável devido a necessidade de introdução de uma máquina para realizar o corte.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização florestal, máquinas florestais, otimização florestal.

TECHNICAL EVALUATION AND COST HARVESTER WORKING IN TWO SUBSYSTEMS OF FOREST HARVESTING

ABSTRACT: The objective of this research was conduct a technical and cost analysis of a harvester operating in two subsystems of forest harvesting of cut to lenght. The study was conducted in a forest harvesting area in the municipality of Eunápolis – BA. In subsystem 1 the harvester performed the cutting and processing of trees. In the subsystem 2 cutting was performed by a feller-buncher and harvester just executing the processing of logs. The technical analysis included the study of time and motion and productivity, and the results were subjected to analysis of variance. The cost analysis is based on determining the operating cost and production. The total time of cycle times and productivity of the harvester in the subsystem 1 and 2 do not differed statistically. Was Obtained an operating cost for the harvester in the subsystem 1 and 2 of US \$ 62,62 he⁻¹ and US \$ 62,12 he⁻¹, respectively, and the costs of maintenance, fuel and depreciation the main contributors to the value. The harvester had the lowest production costs, US\$ 1,76 m⁻³, the subsystem 1. The results

harvester working in the subsystem 2 are not satisfactory by this use of the subsystem is not viable due to the need to introduce a machine perform cutting.

KEYWORDS: forest mechanization, forest machinery, forestry optimization.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos ocorreram diversas modificações no setor florestal brasileiro, principalmente na colheita florestal que a partir de 1994 passou por intenso processo de mecanização (MACHADO et al., 2014).

A colheita florestal pode ser entendida como um conjunto de operações realizadas no interior da floresta, podendo ser dividida em: corte, processamento e baldeio.

Segundo Sant'Anna (2014) o corte é a primeira etapa da colheita e compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento. Quando o corte é realizado de forma mecanizada umas das principais máquinas utilizadas é o *harvester*.

O *harvester* é uma máquina autopropelida, podendo ser de esteiras ou pneus, que tem a capacidade de realizar o corte e processamento das árvores dentro da floresta. Comumente essa máquina é empregada no sistema toras curtas juntamente com o *forwarder*, porém a mesma pode ser utilizada em um sistema toras curtas composto pelas máquinas; *feller-buncher*, *harvester* e *forwarder*.

Com o objetivo de atingir o planejamento florestal estabelecido, cada empresa pode definir o sistema de colheita a ser empregado, e dessa forma, escolherá máquinas com características específicas para suas condições. A análise técnica e de custos das máquinas são algumas das ferramentas que auxiliam na escolha dessas máquinas, pois proporcionam informações detalhadas sobre o rendimento dos equipamentos e identificam os custos e os dispêndios mais representativos no custo operacional das máquinas.

Segundo Simões e Fenner (2010) o processamento é a atividade que mais demanda tempo do ciclo operacional do *harvester*, sendo necessária a adoção de medidas mitigadoras que possibilite a otimização da atividade.

Silva et al., (2014a) afirmaram que os custos com: combustível, manutenção e reparos e depreciação são os que mais oneram o custo operacional do *harvester* sendo que a otimização desses custos resulta no decréscimo de 7% no custo final do m³ de madeira produzido.

A presente pesquisa tem por objetivo realizar uma análise técnica e de custos do *harvester* trabalhando em diferentes subsistemas de colheita florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

O trabalho foi conduzido em área de colheita florestal localizada no sul do estado da Bahia, latitude 16°23'34"S e longitude 39°49'3.77"W. A área era povoada com clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, plantadas no espaçamento de 4x3. O corte raso foi realizado quando as árvores apresentavam 7 anos de idade e volume médio individual de 0,26 m³.

Sistema de colheita

A colheita florestal foi realizada em um sistema toras curtas (*cut to length*).

No subsistema 1 o *harvester* realizou o corte, desgalhamento, descascamento e traçamento das árvores, sendo as toras de 6,20 metros de comprimento extraídas por *forwarder*.

No sistema 2 o corte foi realizado por um *feller-buncher*, o desgalhamento, descascamento e traçamento executado pelo *harvester* e o baldeio das toras de 6,20 metros feito por um *forwarder*.

As operações da máquina foram acompanhadas no período diurno, entre as 6 e 15 horas.

Máquina utilizada

O *harvester* empregado é formado por uma escavadeira hidráulica de esteira, modelo EC 210BF prime, da marca Volvo[®], motor de 6 cilindros e 148 HP (110 kW) de potência. Formando a escavadeira tem-se uma lança hidráulica com alcance máximo de 8,2 metros e um cabeçote, modelo H7 da marca Ponsse[®].

O cabeçote H7 pesa cerca de 1.150 kg, é formado por 3 rolos dentados alimentadores, lamina para realizar o desgalhamento, braços prensos para segurar as árvores durante o corte e processamento e um sabre para realizar o corte e traçamento. Esse cabeçote corta e processa árvores de até 60 cm de diâmetro.

A mesma máquina foi utilizada nos dois subsistemas, pois a utilização de diferentes máquinas poderia influenciar nos resultados.

Análise técnica

O estudo de tempos e movimentos foi executado pelo método multimomento, com frequência de coleta de dados a cada 15 segundos. Para cronometragem do tempo utilizou-se um cronometro digital da marca Vollo[®], modelo VL 1809.

O ciclo operacional efetivo do *harvester* no subsistema 1 foi subdividido em: deslocamento e busca (deslocamento da máquina em busca das árvores a serem abatidas), corte e derrubada (tempo consumido para realizar o corte e tombamento das árvores), desgalhamento e descascamento (tempo gasto com desgalhamento e descascamento das árvores) e traçamento (tempo gasto com o destopamento e seccionamento das árvores).

As atividades que compuseram o ciclo operacional do *harvester* no subsistema 2 foram: deslocamento e busca (deslocamento da máquina em busca das árvores a serem processadas), desgalhamento e descascamento (tempo gasto com desgalhamento e descascamento das árvores), e traçamento (tempo gasto com o destopamento e seccionamento das árvores).

A produtividade foi determinada em metros cúbicos de madeira sem casca por hora efetiva de trabalho ($\text{m}^3 \text{he}^{-1}$), através da equação 1. Foram marcadas 10 parcelas experimentais para cada subsistema, com 75 árvores cada.

$$P = \frac{\text{Vol}}{T} \quad (1)$$

em que:

P = Produtividade ($\text{m}^3 \text{he}^{-1}$);

Vol = volume na parcel (m^3); e

T = Tempo gasto na parcela (horas).

O volume na parcela foi obtido multiplicando o número de árvores da parcela pelo volume médio individual das árvores.

Análise de custos

A análise custos compreendeu na determinação do custo operacional e de produção.

O custo operacional foi determinado de acordo com a metodologia proposta pela *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001) e Silva et al., (2014b), sendo expresso em dólar dos Estados Unidos por hora efetiva de trabalho. Foi considerado uma taxa de cambio de 1 US\$ = 4,06 R\$, cotado no dia 04 de janeiro de 2016.

Os dados necessários para determinar o custo operacional foram fornecidos pela empresa. O custo operacional foi obtido através do somatório dos custos fixos (depreciação, taxas administrativas, abrigo, juros, seguros e impostos) e variáveis (combustível, graxas e lubrificantes, óleo hidráulico, pneus, manutenção e reparos e salários dos operadores).

Já o custo de produção (US\$ m⁻³) foi calculado através da equação 2, sendo expresso em US\$ m⁻³.

$$C_p = \frac{CT}{P} \quad (2)$$

em que:

C_p = custo de produção (US\$ m⁻³);

CT = custo operacional total (US\$ he⁻¹); e

P = produtividade (m³ he⁻¹).

Análise estatística

Os resultados referentes aos ciclos operacionais e as produtividades da máquina nos dois subsistemas foram analisados considerando delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (*harvester* no subsistema 1 e 2) e dez repetições cada. Os dados foram processados por meio de uma análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com por meio do software R[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise técnica

Na Tabela 1 são mostrados os valores médios, em segundos, dos elementos que compõem o ciclo operacional do *harvester* nos dois subsistemas e um teste de média comparando os tempos totais do ciclo operacional da máquina em ambos os subsistemas. Apesar do *harvester* no subsistema 1 realizar uma atividade a mais, o corte, os tempos totais dos ciclos operacionais não diferem estaticamente entre se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, tal fato estar associado ao *harvester* no subsistema 2 ter apresentado dificuldades durante o traçamento das árvores, o que resultou no aumento do tempo gasto com a atividade. A atividade traçamento do *harvester* 1 demandou 35% a menos de tempo para ser realizada, quando comparada com a mesma atividade do *harvester* no subsistema 2.

TABELA 1. Valores médios, em segundos, dos elementos que compõem o ciclo operacional da máquina nos dois subsistemas e teste de média comparando o tempo total dos ciclos.

<i>Harvester</i>	Deslocamento e busca	Corte e derrubada	Desgalhamento e descascamento	Traçamento	Total
Subsistema 1	7,28	5,84	8,02	6,18	27,32a
Subsistema 2	8,72	-	9,52	10,18	28,42a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias de produtividades (m³ he⁻¹) do *harvester* nos subsistemas 1 e 2, sendo que as mesmas são estaticamente semelhantes. A semelhança entre as produtividades da máquina nos dois subsistemas mostra que o corte das árvores não afeta negativamente o rendimento da mesma.

Simões et al., (2010) avaliaram o corte e processamento de árvores realizados por um *harvester* da marca Caterpillar[®], modelo Cat 320 CL, e calcularam uma produtividade média de 39,68 m³ he⁻¹, valor próximos aos determinados no atual trabalho.

Oliveira (2013), também determinou valor próximo ao da atual pesquisa, quando avaliou o processamento de toras realizadas por uma máquina base da marca John Deere®, modelo 903j, acoplado a um cabeçote *harvester* da marca Haratah®, modelo HTH622B, encontrou uma produtividade de 33,6 m³cc h⁻¹.

TABELA 2. Teste de média comparando a produtividade (m³ he⁻¹) do *harvester* nos subsistemas 1 e 2.

	Subsistema 1	Subsistema 2
Produtividade (m ³ he ⁻¹)	36,03 a	34,76 a
Coefficiente de variação (%)	12,97	15,46

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Custo operacional

O custo operacional do *harvester* operando no subsistema 1 foi de US\$ 62,62 he⁻¹, já no subsistema 2 a máquina apresentou um custo operacional de US\$ 62,12 he⁻¹. O menor custo operacional no subsistema 2 é em razão do menor consumo de combustível da máquina.

Leite et al., determinaram um custo operacional de US\$ 145,29 h⁻¹, valor superior aos determinados no presente trabalho, devido as diferenças técnicas entre as máquinas e também as diferenças entre as empresas onde as pesquisas foram conduzidas.

A partir da Figura 1 é possível visualizar os dispêndios que compõem o custo do operacional do *harvester* em anos os subsistemas. O custo de manutenção e reparos foi o mais expressivo, seguido do custo com combustível, depreciação, salário de operador, juros, seguros e impostos, lubrificantes, óleo hidráulico, taxa administrativas, pneus e abrigo. A maior representativa do custo com manutenção é em virtude das máquinas trabalharem por 16 horas diárias e com material pesado (madeira), sendo que os dois fatores citados contribuem para o desgaste das peças.

Na pesquisa desenvolvida por Lopes et al., (2007) os três dispêndios mais representativos no custo operacional do *harvester* foram: manutenção e reparos, depreciação e combustível, resultado semelhante com o encontrado na atual pesquisa.

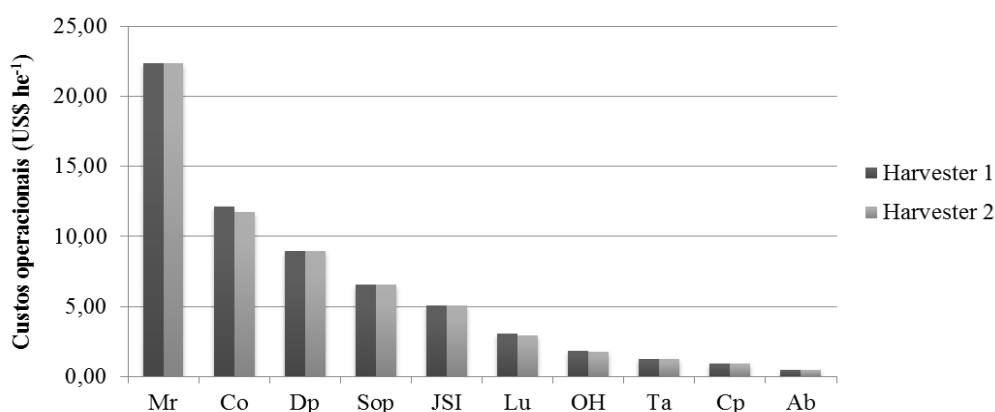


FIGURA 1. Distribuição dos itens que compõem o custo operacional das máquinas avaliadas. Onde; Mr = Manutenção e reparos; Co = combustível; Dp = depreciação; Sop = salário de operador; JSI = juros, seguros e impostos; Lu = lubrificantes; Oh = óleo hidráulico; Ta = taxas administrativas; Cp = pneus e Ab= abrigo.

O custo de produção médio do *harvester* no subsistema 1 foi de US\$ 1,76 m⁻³, sendo que o mesmo variou de 1,30 a US\$ 1,97 m⁻³. Já o custo de produção médio da máquina no

subsistema 2 foi de US\$ 1,82 m⁻³, variando de 1,25, a US\$ 1.97 m⁻³. O maior custo de produção do *harvester* operando no subsistema 2 é em virtude da menor produtividade da máquina.

Leite et al., (2014) determinaram um custo de produção do corte e processamento de árvores realizados por um *harvester* da marca John Deere[®] de US\$ 4,81 m⁻³, sendo o valor superior ao determinado na atual pesquisa, em razão do alto custo operacional da máquina avaliada pelos autores.

Na tabela 2 constam as equações estimadas do custo de produção em função da produtividade do *harvester* em ambos os subsistemas, sendo que o aumento de 1 m³ na produtividade da máquina provoca um decréscimo de 0.040 e US\$ 0.039 no custo de produção do *harvester* no subsistema 1 e 2, respectivamente.

Tabela 2 - Equações estimadas para os custos de produção em função da produtividade em ambos os subsistemas.

Subsistema	Equações estimadas	R ²
1	Cp = -0,040*X + 3,215	0,981
2	Cp= -0,039*X + 3,171	0,99

Cp = custo de produção (US\$ m⁻³); X = produtividade (m³ he⁻¹); R²: coeficiente de determinação; *= significativo a 5%.

CONCLUSÕES

O tempo total do ciclo operacional do *harvester* no subsistema 1 e 2 são estaticamente semelhantes.

É necessário à adoção de medidas mitigadoras visando à otimização da atividade traçamento do *harvester* no subsistema 2.

As produtividades do *harvester* operando nos dois subsistemas de colheita florestal são estaticamente semelhantes.

Constatou-se o menor o custo operacional para o *harvester* no subsistema 2, e menor custo de produção para a máquina no subsistema 1.

Os resultados do *harvester* operando no subsistema 2 não são satisfatórios, em virtude da necessidade de introdução de mais uma máquina para realizar o corte das árvores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais - FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standards 2001:** machinery, equipment and buildings: operating costs. Iowa: Ames, 2001. 226p. (ASAE D497.5).
- LEITE, E. S. et al. Desempenho do *harvester* na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, 2014.
- LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote *harvester* em diferentes condições operacionais. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Editor). **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 15-45.

OLIVEIRA, D. **Análise operacional e custos de sistemas de colheita de madeira em povoamentos de eucalipto**. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – UNICENTRO, Irati – PR, 2013.

SANT'ANNA, C. M. Corte. In: MACHADO, C. C. (Editor). **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 74-105.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. **Scientia Forestalis**., Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Influência do relevo na produtividade e custos do *harvester*. **Scientia. Forestalis**., Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 107-114, mar. 2010.

SILVA, E. N.; et al. Avaliação de custos de dois modelos de *harvester* no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 741-748, jul.-set., 2014a.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S.A.; LEITE, E. S. Custos. In: MACHADO, C. C. (Editor). **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2014b. p. 253-287.