



CERNE

ISSN: 0104-7760

cerne@dcf.ufla.br

Universidade Federal de Lavras

Brasil

Nunes dos Santos, Larissa; Fernandes, Haroldo Carlos; Lopes da Silva, Márcio; Martins

Teixeira, Maury; de Souza, Amaury Paulo

**AVALIAÇÃO DE CUSTOS DA OPERAÇÃO DE EXTRAÇÃO DA MADEIRA COM
FORWARDER**

CERNE, vol. 22, núm. 1, enero-marzo, 2016, pp. 27-33

Universidade Federal de Lavras

Lavras, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74445561004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Larissa Nunes dos Santos¹, Haroldo Carlos Fernandes¹, Márcio Lopes da Silva¹, Maury Martins Teixeira¹, Amaury Paulo de Souza¹

AVALIAÇÃO DE CUSTOS DA OPERAÇÃO DE EXTRAÇÃO DA MADEIRA COM FORWARDER

Palavras chave:

Economia florestal
Colheita Florestal
Baldeio

Histórico:

Recebido 04/09/2015
Aceito 06/01/2016

Keywords:

Forest economics
Forest harvesting
Nearby transport

Correspondência:
larissa.nunes@ufv.br

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho, determinar os custos provenientes da atividade de extração da madeira realizada pelo trator florestal forwarder até aproximadamente 30.000 horas de trabalho. Foram utilizadas 7 forwarders John Deere, modelo 1710D com potência de 160 kW. Foi utilizada a base de dados fornecida por uma empresa florestal situada no estado de Minas Gerais, contendo todas as informações necessárias para o cálculo do custo operacional das máquinas e posterior realização da análise de sensibilidade. O custo operacional foi obtido através do somatório dos custos fixos e variáveis. Para a análise de sensibilidade foi realizada uma variação de $\pm 20\%$ dos elementos mais representativos do custo total da máquina. O resultado obtido para o custo operacional médio geral do forwarder foi de US\$ 147,80 h⁻¹. Os custos com manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação representaram aproximadamente 90% do custo total da máquina. A redução de 10% em seus valores resultou em uma economia de, aproximadamente, 9% em todos os anos avaliados.

EVALUATION OF FORWARDER WOOD EXTRACTION COST OF OPERATION

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the costs of the activity of timber extraction done by forwarders until approximately 30,000 work hours. We used 7 John Deere forwarders, model 1710D with 160 kW engine power. A database provided by a forestry company located in the state of Minas Gerais was used, containing all the information necessary for calculating the operating cost of the machines and for the subsequent sensitivity analysis. The operating cost was obtained by the sum of the fixed and variable costs. For the sensitivity analysis a variation $\pm 20\%$ of the most representative elements of the total cost of the machine was performed. The result obtained for the average operating cost of the forwarder was US\$ 147.80 h⁻¹. Costs for repairs and maintenance, labor, fuel, and depreciation represented approximately 90% of the total cost of the machine. A 10% reduction in their values resulted in a savings of approximately 9% in all years evaluated.

DOI:

10.1590/01047760201622012076

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é um dos mais desenvolvidos e competitivos do mundo. No país, aproximadamente 6.664,812 hectares são provenientes de florestas plantadas. Em 2012 o setor contribuiu com 6% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial, promovendo a geração de 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos. Os investimentos em programas sociais totalizaram 149 milhões de reais, distribuídos em programas de inclusão social, educação e meio ambiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013).

Dentre as atividades florestais a colheita florestal é a operação que gera maior custo à madeira posta na fábrica compreendendo as atividades de corte, extração e carregamento da madeira nos veículos de transporte. Esta atividade é geralmente realizada de forma mecanizada com intuito de aumentar o rendimento e assim reduzir os custos de produção.

A extração florestal corresponde à condução da madeira do interior dos talhões para as margens das estradas florestais ou pátios (SIMÓES; FENNER, 2010). A principal máquina utilizada para execução da extração da madeira no sistema de toras curtas é o forwarder. O forwarder é um trator florestal transportador, utilizado no processo de extração da madeira do interior do talhão para as margens das estradas, onde são empilhadas ficando prontas para a realização do transporte (LEITE, 2012).

Em razão do alto custo desta máquina é necessária à realização de pesquisas visando o aumento da produtividade por unidade de tempo das mesmas através de formas mais eficientes de colher, treinamento dos operadores, da melhoria técnica-tecnológica e métodos de preservação do maquinário utilizado, uma vez que este tem uma vida útil dentro da empresa de aproximadamente 5 anos e até o final desse período precisa estar em perfeitas condições de uso para tornar a atividade florestal mais competitiva e lucrativa.

Através da análise de custos é possível determinar os custos resultantes do projeto, sendo possível identificar e verificar quais foram às atividades mais onerosas na composição do custo total, e buscar alternativas para redução dos mesmos. A análise de sensibilidade permite que o gestor visualize o comportamento dos elementos mais representativos na composição dos custos totais da máquina através de sua variação para mais e para menos.

Objetivou-se com este trabalho determinar o custo operacional do forwarder e identificar e analisar os elementos mais representativos na composição do mesmo até aproximadamente 30.000 horas de trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma empresa florestal, localizada no estado de Minas Gerais. Foram utilizados sete forwarder John Deere modelo 1710D, motor John Deere 6081H, com potência de 215 hp (160 kW), tração nas oito rodas e esteiras unindo os quatro pneus traseiros, com garra Hultdins 360S com 0,36 m² de área (Figura 1).



Figura 1. Forwarder John Deere, modelo 1710D.

Figure 1. Forwarder John Deere 1710D model.

Análise de custos

Esta análise foi feita através do método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais.

Custos fixos (CF)

Juros sobre capital investido

Os juros foram calculados através da aplicação de uma taxa de juros (2,28%) ao investimento médio anual (IM), correspondente ao capital proporcionado por agência financeira, conforme a Equação 1 (MACHADO; MALINOVSKI, 1988), em que: $JC = \text{juros sobre capital investido (US\$}\cdot\text{h}^{-1}\text{)}$; $IM = \text{investimento médio anual (US\$)}$; $ia = \text{taxa anual de juros simples (decimal)}$; $e, hf = \text{horas efetivas de trabalho por ano (em média 4.022 h}^{-1}\text{)}$.

$$JC = (IM \cdot ia) \cdot (hf)^{-1} \quad [1]$$

Para determinar o investimento médio anual (IM) foi utilizada a Equação 2, em que $IM = \text{investimento médio anual (US\$)}$; $V_a = \text{valor de aquisição da máquina (em média US\$393.236,40)}$; $ta = \text{vida útil estimada (7 anos)}$; $e, V_r = \text{valor residual da máquina (em média US\$56.622,59)}$.

$$IM = (Va \cdot (ta + 1) + Vr \cdot (ta - 1)) \cdot (2ta)^{-1} \quad [2]$$

Seguro

Normalmente o seguro é feito contra riscos de roubos, incêndios e acidentes. O custo de seguro foi determinado conforme a Equação 3. Foi considerado um percentual de 1,17% do valor inicial da máquina, em que: $SE = \text{Seguro} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; e $Pe = \text{percentual do valor de seguro sobre o valor inicial da máquina (decimal)}$.

$$SE = (Va \cdot Pe) \cdot (hf)^{-1} \quad [3]$$

Taxas administrativas

Em função dos encargos administrativos, foi considerado um percentual do valor de aquisição da máquina, relacionados com a administração do trabalho e máquina. Para cada ano foi utilizado um percentual diferente conforme dados fornecidos pela empresa (em média 0,5%). O custo de taxas administrativas foi determinado conforme a Equação 4, em que $Tx = \text{Taxes administrativas} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; e $Pe = \text{percentual do valor das taxas administrativas sobre o valor inicial da máquina (decimal)}$.

$$Tx = (Va \cdot Pe) \cdot (hf)^{-1} \quad [4]$$

Oficina

Foram os custos destinados à manutenção, preservação e depreciação da instalação e dos veículos de apoio utilizados no campo destinados a manutenção e reparos da máquina. Para cada ano foi utilizado um percentual diferente sobre o valor inicial da máquina (em média 5,32%). O custo de taxas administrativas foi determinado conforme a Equação 5, em que $OF = \text{Custo oficina} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; e $Pe = \text{percentual do valor de oficina sobre o valor inicial da máquina (decimal)}$.

$$OF = (Va \cdot Pe) \cdot (hf)^{-1} \quad [5]$$

Depreciação

A depreciação está associada ao desgaste ou obsolescência natural da máquina ao longo do tempo (perda de valor da máquina), é um modo de se recuperar o investimento original feito no momento de sua aquisição. Neste trabalho foi utilizada a depreciação linear conforme a Equação 6 (MACHADO; MALINOVSKI, 1988), em que $DP = \text{depreciação} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; e $vu = \text{vida útil em anos}$.

$$DP = (Va - Vr) \cdot (vu)^{-1} \quad [6]$$

Custos variáveis

Combustível

O consumo de combustível de uma máquina é função da potência do motor, fator de carga, altitude, temperatura e tipo de combustível (MACHADO; MALINOVSKI, 1988). O custo do combustível foi obtido através da metodologia proposta por Miyata (1980), segundo Moreira (2000) (Equação 7), em que $CC = \text{custo de combustível (óleo diesel)} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; $Cb = \text{consumo de óleo diesel por hora efetiva de trabalho (em média } 16 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1})$; e, $pc = \text{preço de um litro de óleo diesel (em média } \text{US\$} 0,72 \text{ L}^{-1})$.

$$CC = Cb \cdot pc \quad [7]$$

Lubrificantes e graxas

O custo referente ao consumo de óleos lubrificantes e graxas das máquinas analisadas foi determinado conforme a Equação 8, em que: $LG = \text{Custo com lubrificantes e graxas} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; $CL = \text{consumo de lubrificantes e graxas por hora efetiva de trabalho (em média } 0,43 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1})$; e, $pl = \text{preço de um litro de lubrificantes e graxas (em média } \text{US\$} 3,65 \text{ L}^{-1})$.

$$LG = CL \cdot pl \quad [8]$$

Óleo hidráulico

Foi determinado utilizando a Equação 9, em que: $Co = \text{Custo óleo hidráulico} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; $CH = \text{consumo de óleo hidráulico por hora efetiva de trabalho (em média } 0,27 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1})$; e, $po = \text{preço de um litro de óleo hidráulico (em média } \text{US\$} 1,28 \text{ L}^{-1})$.

$$Co = CH \cdot po \quad [9]$$

Pneus/esteiras

Como muitas empresas adotam medidas para reconstrução do pneu/esteira gasto com o intuito de aumentar a sua vida útil, este custo considerou não somente a troca de pneus/esteiras velhos por novos, como também a reutilização dos pneus/esteiras reconstruídos, a troca de câmara de ar do pneu e elos da esteira (Equação 10), em que: $Pe = \text{Custo de pneus/esteiras} (\text{US\$} \cdot \text{h}^{-1})$; $Np = \text{número de pneus/esteira substituídos (em média } 3,35)$; $Vp = \text{valor resultante da soma do valor de troca de um pneu/esteira por novo e reconstrução do mesmo (em média } \text{US\$} 6,098 \text{ unidade}^{-1})$; $Nc = \text{número de câmaras de ar/elos da esteira substituídas (em média } 5,57)$; $Vc = \text{valor unitário da câmara de ar/ elos da esteira}$

(em média US\$ 276,38 unidade⁻¹); e, Hu=horas efetivas de trabalho do pneu/esteira (h·unidade⁻¹).

$$PE = ((Np \cdot Vp) + (Nc \cdot Vc)) \cdot (Hu)^{-1} \quad [10]$$

Manutenção e reparos

Como este custo é terceirizado os custos de manutenção e reparos foram calculados através da soma entre os custos de serviços prestados para execução das atividades e peças utilizadas conforme a Equação 11, em que MR=Custo de manutenção e reparos (US\$·h⁻¹); e Se=custo de serviço (em média US\$1.375.658,85); Pe=custo com peças (em média US\$957.427,62).

$$MR = (Se + Pe) \cdot (hf)^{-1} \quad [11]$$

Custos da mão-de-obra operacional

Serão compostos pela remuneração paga diretamente ao trabalhador e obrigações sociais, obtido pela Equação 12. O custo de mão-de-obra foi determinado conforme a metodologia proposta por Machado e Malinovski (1988), acrescida dos custos com alimentação transporte, plano de saúde, dentre outros benefícios fornecidos pela empresa ao trabalhador, em que MO=Custos da mão-de-obra (US\$·h⁻¹); Sm=salário mensal (em média US\$2.397); Bn=benefícios (alimentação, transporte, dentre outros) (em média US\$ 4.438); e Es=fator de encargos sociais (em média 57%, inserir valor decimal).

$$MO = 12 \cdot [(Sm \cdot (1 + Es)) + Bn] \cdot (hf)^{-1} \quad [12]$$

Custo operacional da máquina

Foi calculado através do somatório de todos os custos de maquinário, pessoal e de administração (Equação 13) em dólares por hora efetiva de trabalho (US\$·h⁻¹), utilizando a taxa de câmbio de US\$1=R\$ 2,2634 de 02/06/2014, em que CO=custo operacional da máquina (US\$·h⁻¹); CF=custos fixos (US\$·h⁻¹); e, CV=custos variáveis (US\$·h⁻¹);

$$CO = CF + CV \quad [13]$$

Foi ajustado um modelo linear simples para os custos fixos, variáveis e operacionais do forwarder, com o objetivo de avaliar o comportamento destes, em função do tempo de uso das máquinas.

Custo de produção por volume de madeira

Em seguida, foi determinado o custo de produção por metro cúbico de madeira, conforme Equação 14,

qm que CP=custo de produção (US\$·m⁻³); CO=custo operacional da máquina (US\$·h⁻¹); e, Pd=produtividade da máquina (m³·h⁻¹).

$$CP = (CO) \cdot (Pd)^{-1} \quad [14]$$

Para determinar a produtividade da máquina (Pd) foi utilizada a Equação 15, em que Pd=produtividade da máquina (m³·h⁻¹); Pa=produtividade da máquina por ano (em média 134.979 m³·ano⁻¹); e, ha=horas efetivas de trabalho por ano (h·ano⁻¹).

$$Pd = (Pa) \cdot (ha)^{-1} \quad [15]$$

Foram utilizados modelos lineares simples para avaliar o comportamento do custo de produção em relação ao tempo de operação do forwarder. E para avaliar o comportamento dos custos de produção em função da produtividade e do número de horas trabalhadas por ano do forwarder.

As análises foram processadas utilizando o software STATISTICA 7.

Análise de sensibilidade

Para a determinação dos valores mínimos, médios e máximos das variáveis mais relevantes do forwarder, foi considerada uma variação de 40% (20% para mais e para menos) nos valores dos principais componentes do custo operacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Custo operacional

O menor custo operacional médio foi de US\$ 7,51 por hora efetiva de trabalho obtido para o ano de 2007. O de maior custo foi obtido em 2013 correspondendo a US\$200,75 h⁻¹. O custo operacional médio geral foi de US\$147,80 h⁻¹. A representatividade dos custos variáveis no custo total médio geral foi de 87,63% (Tabela 1).

Os resultados para os anos de 2007 a 2010 foram semelhantes aos encontrados por Robert (2013), ao avaliar economicamente a operação de extração com forwarder considerando uma eficiência operacional de 60% e produtividade de 31,79 m³·h⁻¹. Sendo o custo operacional de US\$122,26 por hora efetiva de trabalho. Leite (2012), também encontrou um custo operacional (US\$125,24 h⁻¹) próximo ao encontrado neste trabalho para um forwarder John Deere 1710D representando 20,88% de custos fixos e 79,12% de custos variáveis.

Simões e Fenner (2010), ao avaliarem um *forwarder* em povoamentos de primeiro corte, eficiência operacional de 82,21% obtiveram um custo operacional de US\$92,47 h⁻¹, correspondendo 35,83% de custos fixos e 64,17% custos variáveis. Camargo Júnior (2013), ao analisarem o trator florestal *forwarder* com produtividade horária de 41,63 m³ e eficiência operacional de 81,93% encontraram valores para o custo operacional da ordem de US\$94,55 h⁻¹. Minette et al. (2004), avaliando um trator florestal *Forwarder* com eficiência de 80% e produtividade de 40,15 m³·h⁻¹ obtiveram o custo operacional ainda menor equivalendo a US\$60,70 h⁻¹. Esse fato pode ser justificado uma vez que a eficiência operacional das máquinas avaliadas neste trabalho foi em média 54% e a produtividade média foi de 33,22 m³·h⁻¹.

O custo operacional médio no ano de 2007 foi influenciado pela quantidade de horas trabalhadas (1.380,13 h⁻¹) de uma das sete máquinas avaliadas, como este custo é resultante do somatório dos custos fixos e variáveis e estes são obtidos em função da quantidade de horas efetivamente trabalhadas pela máquina, houve o acréscimo no valor dos custos fixos e variáveis e consequentemente no custo operacional.

Os custos de maior representabilidade no custo total foram o de manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível e depreciação, sendo estes valores da ordem de 57,77%, 17,01%, 8,79% e 8,29% respectivamente. Os custos com juros sobre capital investido, seguro, taxas administrativas, oficina, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, pneus, esteiras e material de corte corresponderam juntos a 8,14%.

O comportamento dos custos em função da idade da máquina segue conforme a Figura 2. Observa-se que o custo fixo aumentou quase de maneira constante de acordo com aumento da vida útil da máquina. Os custos operacionais aumentaram na mesma proporção dos custos variáveis. As equações ajustadas seguem conforme as equações 16, 17 e 18, que apresentaram todos os parâmetros de inclinação significativos a 5% pelo teste “t”, sendo que CF=custo fixo (US\$·h⁻¹);

CV=custo variável (US\$·h⁻¹); CO=custo operacional (US\$·h⁻¹); e, ID=idade da máquina (anos).

$$CF=14,8114+1,3679 \cdot ID \quad [16]$$

$r^2=0,4874$ erro padrão=US\$0,9340 h⁻¹

$$CV=63,4700+15,1112 \cdot ID \quad [17]$$

$r^2=0,8035$ erro padrão=US\$4,9758 h⁻¹

$$CO=78,2814+16,4792 \cdot ID \quad [18]$$

$r^2=0,7919$ erro padrão=5,6244

Custo de extração

Para uma produtividade média de 33,22 m³·h⁻¹ o custo de produção médio geral encontrado foi de US\$ 4,58 m⁻³. Simulando que a empresa consiga aumentar sua produtividade em 10% ela pouparia em média US\$49.994,99. O custo de produção e produtividade anual média segue conforme o Tabela 2.

Simões e Fenner (2010) encontraram valores semelhantes aos encontrados para os anos de 2007 e 2008 para uma produtividade de 35 m³ por hora efetiva de trabalho sendo o custo de extração do *forwarder* de aproximadamente US\$3,20 m⁻³.

Camargo Júnior (2013) encontrou valores diferentes aos encontrados neste trabalho para uma produtividade horária de 41,63 m³ de madeira sem casca processadas em toras de 6,30 m, sendo o custo de produção de US\$2,27 m⁻³. Isso pode ter ocorrido em virtude da maior produtividade horária da máquina avaliada por este autor.

Santos e Machado (2001), ao realizarem uma análise de custos do *forwarder* considerando somente os elementos juros; depreciação; mão-de-obra; peças e manutenção; combustível e lubrificantes para composição dos custos operacionais, e produtividade média de 33,36 m³·h⁻¹ obtiveram um custo de produção da ordem de US\$0,69 m⁻³. Fato explicado pelo maior número de elementos para composição do custo operacional e anos avaliados utilizado neste trabalho.

TABELA 1 Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médio por hora efetiva de trabalho de sete forwarder John Deere modelo 1270D de 2007 à 2013.

TABLE 1 Fixed costs (FC), variable (CV), operating (CO) average per effective working hour seven forwarder John Deere Model 1270D 2007 to 2013.

(US\$·h ⁻¹)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
CF	22,33	18,59	17,79	19,6	22,19	22,71	24,83	21,15
CV	95,19	99,69	114,23	116,95	132,11	152,47	175,92	126,65
CO	117,51	118,29	132,03	136,56	154,3	175,18	200,75	147,8

TABELA 2 Produtividade horária (Pd) e custo de produção (CP) do forwarder por ano
TABLE 2 Hourly productivity (Pd) and cost of production (CP) forwarder per year

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
Pd (m ³ ·h ⁻¹)	32,97	33,14	34,00	35,32	39,52	32,46	25,16	33,22
CP (US\$·m ⁻³)	3,58	3,57	3,88	3,84	3,81	5,34	8,02	4,58

A partir da Equação 19, observa-se que quanto mais velha é a máquina utilizada maior é o seu custo de produção. A mesma apresentou inclinação significativa a 5% pelo “t”. Em que: CP_{FI} = custo de produção do forwarder com depreciação até o ano de 2013 (US\$·m⁻³); ID = Idade da máquina (anos).

$$CP_{FI} = 1,7661 + 0,6698 \cdot ID \quad [19]$$

$r^2 = 0,6601$ erro padrão = US\$0,3200 m⁻³

O comportamento do custo de produção em função da produtividade e da quantidade de horas efetivas de trabalho do forwarder pode ser obtido através da Equação 20. Observa-se uma correlação entre a produtividade e as horas efetivas de trabalho por ano, sendo que o aumento das horas efetivas de trabalho e da produtividade da máquina resultam na redução do custo de extração.

$$CP_{FI} = 16,4080 - 0,1424 \cdot Pd - 0,0017 \cdot hf \quad [20]$$

$r^2 = 0,7033$ erro padrão = US\$1,1618 m⁻³

Análise de sensibilidade

Através da análise de sensibilidade do forwarder obteve-se a seguinte sequência na influência da composição do custo operacional: horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação.

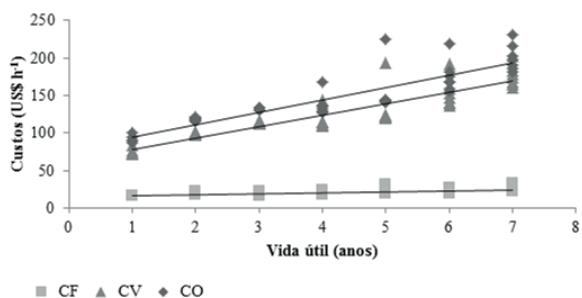


FIGURA 2 Custos fixos (CF), variáveis (CV) e operacionais (CO) médio por hora efetiva de trabalho do forwarder em função da vida útil em anos.

FIGURE 2 Fixed costs (FC), variable (CV) and operational (CO) average per effective working hour of the forwarder as a function of life in years.

Simulando uma situação em que a empresa consiga uma economia real de 10% em cada um desses itens e aumento de 10% na quantidade de horas efetivas trabalhadas, ela poderá reduzir seu custo operacional em 24,77% em 2007; 24,86% em 2008; 24,01% em 2009; 24,06% em 2010; 24,30% em 2011; 23,04% em 2012; e 22,27% em 2013. Em média haveria uma redução do custo operacional de 23,96%.

Se a empresa conseguir reduzir pelo menos 10% dos custos com manutenção e reparos e aumentar em 10% o número de horas efetivas de trabalho esta poderá reduzir seu custo operacional de 2007 a 2013 de 20,39; 21,59; 21,23; 21,13; 21,31; 19,26; e 18,47% respectivamente. Em média haveria uma redução do custo operacional de 20,55%.

CONCLUSÕES

O custo operacional médio geral do forwarder foi de US\$147,80 h⁻¹.

O custo de produção médio geral encontrado foi de US\$4,58 m⁻³.

As variáveis mais influentes no custo total de operação foram: horas efetivas de trabalho, manutenção e reparos, mão-de-obra, combustível, e depreciação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Celulose Nipo-Brasileira S. A. (CENIBRA) pelo apoio financeiro e oportunidade.

REFERÊNCIAS

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013. Brasília, DF: Associação brasileira de produtores de florestas plantadas-ABRAF, 2013. 142 p.

CAMARGO JÚNIOR, R. R. D. **Análise de sistemas de colheita de povoamentos de eucalipto com baixa produtividade.** 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

LEITE, E. D. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas.** 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; SILVA, K. R. Análise técnica e econômica do *forwarder* em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2004.

ROBERT, R. C. G. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita mecanizada em plantios de *Eucalyptus spp.* em duas condições de relevo acidentado**. 2013. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SANTOS, S. L. M. D.; MACHADO, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com *forwarder* em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. Nota técnica. **Madera y Bosques**, v. 7, n. 2, p. 87-94, 2001.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do *forwarder* na extração d emadeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

