

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO COMPRIMENTO DE TORAS DE EUCALIPTO NA PRODUTIVIDADE E CUSTO DA COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL

Carlos Cardoso Machado¹ e Eduardo da Silva Lopes²

RESUMO: No Brasil, a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. A seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal. A evolução tecnológica da mecanização destas operações passa pelo aumento do comprimento das toras a serem processadas, de modo a aumentar a produtividade e reduzir os custos. Empregando-se dois programas de computador, simularam-se dois cenários de extração com forwarder e transporte com “tritrem”, variando-se o comprimento das toras a serem processadas em 5 e 6 metros. Após as análises, verificou-se que, na extração de toras com 6 metros, a produtividade aumentou em torno de 15,9% e os custos reduziram em torno de 16,17%, enquanto que no transporte, a redução do custo foi de 11,1%, com aumento de desempenho dos veículos em até 10%.

PALAVRAS-CHAVE: Colheita e transporte florestal, produtividade e custos.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF EUCALYPT LOG LENGTH ON THE PRODUCTIVITY AND COST OF WOOD HARVESTING AND TRANSPORT

ABSTRACT: *In Brazil, wood harvesting and transport accounts for more than half of the final cost of the wood in the consuming center. The selection of machines and equipments and the development of operating systems are a great challenge for the reduction of the operational costs in wood harvesting and transport. The technological evolution of harvesting mechanization and wood transport includes increased log length aiming at increasing productivity and reducing costs. Two extraction sceneries were computer simulated using a forwarder and “tritrem” transport and logs size ranging from 5 to 6 m in length. It was verified that for 6 m logs, extraction productivity increased about 15.9% and costs reduced about 16.17%, while for transportation, the cost reduction was of 11.1%, and vehicle performance increased buy up to 10%.*

KEY WORDS: *Harvesting, transport, productivity, costs, log size.*

1. INTRODUÇÃO

No setor florestal, a colheita e o transporte de madeira são as etapas mais importantes,

economicamente, dada a sua alta participação no custo final do produto e os riscos de perdas envolvidos nessas atividades. Segundo Andrade (1998), em torno de 40% a 50% dos custos de

¹ Professor Titular do Departamento Engenharia Florestal/UFV - 36571-000 Viçosa-MG, E-mail: machadoc@mail.ufv.br.

² Doutorando do Departamento Engenharia Florestal/UFV - 36571-000, Viçosa-MG, E-mail: eslopes@alunos.ufv.br.

produção de celulose são devidos ao produto florestal e, destes, cerca de 50% referem-se aos custos de colheita e transporte.

Como a redução dos custos da colheita é vital para qualquer empresa, uma análise detalhada e por partes dos custos nos diferentes métodos de colheita, em cada atividade, tem um papel importante no entendimento dos mesmos, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los (Rezende *et al.*, 1997).

No Brasil, os sistemas manuais e semi-mecanizados de colheita foram amplamente utilizados por falta de alternativas, empregando-se grande número de mão-de-obra, tornando a operação onerosa e muito perigosa (EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX, 1997). Com o aumento da demanda por produtos florestais, necessidade de maior rendimento das operações, escassez da mão-de-obra, aumento dos custos sociais e a abertura do mercado às importações de máquinas de alta tecnologia, houve uma intensificação da mecanização do setor florestal. Estes fatores levaram a mecanização a tornar-se uma peça importante na busca do aumento da produtividade e do controle mais efetivo dos custos (Mendonça Filho, 1987). Segundo Santos (1995), a mecanização possibilitou, além do aumento da produtividade das operações de colheita, a diminuição da participação do homem no processo produtivo.

Ainda com relação ao processo da mecanização, a seleção de equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos e da dependência de mão-de-obra nas operações de colheita e transporte florestal (EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX, 1997). A escolha do sistema a ser empregado varia em função de vários fatores, tais como, topografia do terreno, declividade, solo, clima, comprimento da madeira, incremento da floresta, uso da madeira, dentre outros, mas a sua seleção deve ser baseada em uma criteriosa análise técnica e econômica (Machado, 1985).

Com relação ao comprimento da madeira, em muitos países onde os métodos de colheita são mais avançados e a mão-de-obra é muito cara, os sistemas de árvores de maiores comprimentos têm recebido muita atenção. No Brasil, muitas empresas gradualmente estudam as vantagens da colheita de toras compridas e de árvores inteiras, dada a redução do processamento dessas, resultando numa economia do tempo de trabalho e nos custos operacionais (Valverde, 1995). Em seu estudo, Andrade (1998) verificou que o custo da colheita no sistema de toras de 2,40 m foi 3,90% maior que no sistema de 5,50 m e que este tem um potencial de ganho muito superior ao de 2,40 m, uma vez que a empresa estava iniciando com o novo sistema. Segundo a EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX (1997), a mecanização das operações de colheita e transporte passa necessariamente pelo aumento do comprimento da madeira, pois aquelas com comprimento de até 2,50 m aumentam os custos operacionais. Estudos indicaram que a colheita de madeira de 6,0 m apresenta os melhores rendimentos operacionais e os menores custos de produção.

Muitas empresas utilizam uma variedade de comprimento de toras, de acordo com os seus objetivos. Entretanto, buscando sempre a redução dos custos operacionais, as empresas têm estudado alternativas na variação do comprimento das toras, visando a um melhor aproveitamento do produto, ganho no transporte, aumento da produtividade e redução dos custos operacionais.

Em função disso, este trabalho tem por objetivo fazer uma análise técnica e econômica da colheita e transporte florestal entre os sistemas de toras com comprimento de 5,0 e 6,0 metros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Premissas para a seleção de sistemas

Algumas premissas básicas foram consideradas para realização deste estudo, visando a seleção dos sistema de colheita e transporte florestal:

a) para as análises comparativas foi considerado um período de depreciação de cinco anos para os equipamentos de colheita e transporte florestal;

b) devido ao elevado custo de aquisição, as máquinas e equipamentos deverão trabalhar 24 horas por dia durante todo o ano para a minimização dos custos operacionais;

c) o sistema escolhido tem que dar segurança de abastecimento, garantindo o suprimento de matéria-prima às indústrias durante todo o ano;

d) As indústrias devem estar preparadas para o recebimento de madeira de maior comprimentos;

e) o sistema escolhido será utilizado independente da região e qualidade da floresta, porém, para áreas mecanizáveis.

2.2. Operações e equipamentos analisados no estudo

Para a realização deste estudo foi utilizado o forwarder nas análises da operação de extração florestal ou baldeio, enquanto que para o transporte foi utilizado o “tritrem”. O forwarder utilizado foi o 6 x 6, com capacidade média de carga de 10.000 kg e produtividade entre 26 e 35 m³/hora, sendo esta uma máquina tipicamente florestal utilizada na operação de extração (EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX, 1997).

Segundo Velloso *et al.* (1997), o “tritrem” é uma combinação especial de transporte de madeira constituído por três semi-reboques de dois eixos, acoplados entre si e com a unidade tratora possuindo “quinta-roda”, tracionados por um cavalo mecânico 6x4, com 340 c.v. de potência. Adotou-se este tipo de veículo no

estudo, visto que testes já realizados em empresas do setor confirmam a sua eficiência, como a redução nos tempos gastos nas viagens, permitindo otimizar o sistema de transporte. Com relação ao conjunto de pneumáticos, apresenta um custo de 64% inferior ao veículo similar (“treminhão”) e uma vida útil significativamente superior (13,5%). A capacidade de carga do “tritrem” é a mesma do “treminhão”, porém, apresenta uma melhor distribuição por eixo em virtude do sistema de “tandens” e ao maior número de eixos da composição.

Por isso, apesar de tratar de um veículo ainda em fase de testes e que requer licença especial do DNER para trafegar nas rodovias, acredita-se que será utilizado em breve por mais empresas do setor florestal.

2.3. Sistemas computacionais utilizados nas análises

Neste estudo foram feitas análises das operações de colheita florestal para dois sistemas de comprimento de toras. Para as análises comparativas dos sistemas foram utilizados dados reais com base na literatura especializada, considerando os parâmetros fixos e variáveis, utilizando-se para tal os programas de computador **FORWARDE** e **TRANSROAD**, desenvolvidos para ambiente operacional DOS, os programas são ferramentas computacionais para o planejamento das operações de colheita florestal utilizados para auxiliar na tomada de decisões com vistas à seleção de sistemas de colheita.

2.4. Sistemas de colheita utilizados

A variável discriminante considerada neste estudo para a seleção do sistema de colheita e transporte florestal foi o comprimento da madeira de 5 e 6 metros. De acordo com a classificação de sistema de colheita mais adotado e proposto pela FAO, citado por STOHR (1978), os sistemas de toras de comprimento de 5 e 6

metros enquadram-se como Sistema de Toras Curtas (Short-Wood System). Nele, todas as operações básicas do corte florestal (derrubada, desgalhamento, traçamento, destopamento e embandeiramento) são executadas na própria área de corte, sendo a madeira preparada em toras de 2 a 6 m de comprimento.

2.5. Dados utilizados no estudo

Para o processo de simulação dos dados na operação de extração, utilizou-se a produtividade (m^3/hora) e o custo de produção ($\text{R}\$/\text{m}^3$) como variáveis dependentes, considerando-se os seguintes parâmetros técnicos para os equipamentos:

2.5.1. Extração florestal

a) Parâmetros fixos

- Disponibilidade mecânica = 80%
- Utilização técnica = 80%
- Tipo de carregamento da máquina no campo = ambos os lados
- Velocidade média de operação = 10 km/h
- Custo operacional do forwarder = R\$ 40,00/h

b) Parâmetros variáveis

- Volume de madeira por hectare: 300 e 350 m^3/ha
- Distância média de extração (baldeio): 200 e 250 metros
- Capacidade volumétrica do forwarder: 15 e 20 m^3
- Comprimento das toras: 5 ou 6 metros

2.5.2. Transporte florestal

No processo de simulação dos dados para o transporte, utilizou-se o custo de transporte de madeira ($\text{R}\$/\text{t.km}$) como variável dependente e considerou-se os seguintes parâmetros técnicos:

a) Parâmetros fixos

- Veículo “tritrem” (cavalo-mecânico 6x4 - 340 cv de potência com 3 semi-reboques) com tara de 24 toneladas
- Valor de aquisição do veículo = R\$ 150.000,00
- Custo unitário de pneus (radiais) = R\$ 690,00
- Custo de combustível = R\$ 0,40/litro
- Custo de óleo lubrificante = R\$ 3,50/litro
- Custo de motorista (incluindo encargos sociais) = R\$ 5,00/h
- Juros reais = 20% ao ano
- Valor de revenda (residual) = 20%
- Número de dias trabalhados = 250 dias/ano
- Jornada de trabalho = 24 h/dia
- Número de pneus = 34
- Extensão média da rota = 50 km
- Tipo de pavimento da estrada florestal: cascalho
 - Índice de geometria vertical = 5 m/km
 - Índice de geometria horizontal = 80 graus/km
 - Índice de irregularidade da pista rolamento = 80 mm/km

b) Parâmetros variáveis

- PBTC = 72 toneladas (comprimento 5 m) e 78 toneladas (comprimento 6 m)
- Relação potência/peso = 4,7 cv/t (comprimento 5 m) e 4,4 cv/t (comprimento 6 m)
- Carga líquida por viagem = 48 t (comprimento 5 m) e 54 t (comprimento 6 m)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produtividade e custo da extração florestal

De posse das informações dos volumes de madeira por hectare, distâncias média de extração e capacidades volumétrica do forwarder e comprimentos da madeira, os dados foram processados, sendo os resultados de

produtividade e de custo de produção do forwarder apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 1, verificou-se que não houve diferença significativa na produtividade do forwarder em função do volume de madeira por hectare. Isto pode ser explicado pelo fato de essa variável não afetar diretamente a produtividade do equipamento. Considerando-se uma distância de extração de 200 m e capacidade volumétrica do forwarder de 15 m³, houve um aumento de 14,6% na produtividade do forwarder quando aumentou-se o comprimento das toras de 5 para 6 metros. Para uma capacidade volumétrica do equipamento de 20 m³, esse índice subiu para 15,9%. Entretanto, quando a distância de extração passou para 250 metros, o ganho de produtividade do forwarder devido ao aumento do comprimento das toras, reduziu-se para 13,4% e 14,9%, para capacidade de carga de 15 e 20 m³, respectivamente.

Tabela 1. Produtividade (m³/hora) do forwarder na extração de madeira para toras de 5 e 6 metros de comprimento
Table 1. *Forwarder productivity (m³/hour) in wood extraction for logs of 5 and 6 meters of length.*

Volume (m ³ /ha)		300		350	
Distância média (m)		200	250	200	250
Comprimento toras (m)	Capacidade carga (m ³)				
5	15	22,01	20,32	22,03	20,34
	20	24,03	22,50	24,05	22,52
6	15	25,77	23,49	25,79	23,50
	20	28,58	26,44	28,61	26,46

De acordo com resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que os volumes de madeira por hectare não influenciaram nos custos de extração com o forwarder. A igualdade dos valores para os volumes se deve aos arredondamentos. Considerando a distância de extração de 200 metros e uma capacidade de carga do equipamento de 15 m³, ocorreu uma redução no custo da operação de 14,84% quando o comprimento das toras passou de 5 para 6 metros, enquanto que, para uma capacidade de

carga de 20 m³, os custos reduziram-se para 16,17%.

Quando a distância de extração passou para 250 metros, os custos de extração com o forwarder, devido ao aumento do comprimento das toras, reduziram-se em 13,71% e 15,17%, para capacidade de carga do equipamento de 15 e 20 m³, respectivamente.

Tabela 2. Custos de produção (R\$/m³) do forwarder na extração de madeira para toras de 5 e 6 metros de comprimento

Table 1. *Forwarder production costs (R\$/m³) in wood extraction for logs for 5 and 6 meters of length.*

Volume (m ³ /ha)		300		350	
Distância média (m)		200	250	200	250
Comprimento toras (m)	Capacidade Carga (m ³)				
5	15	1,82	1,97	1,82	1,97
	20	1,67	1,78	1,67	1,78
6	15	1,55	1,70	1,55	1,70
	20	1,40	1,51	1,40	1,51

3.2. Custo e desempenho do transporte florestal

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que ocorreu uma redução no custo do transporte de madeira em torno de 11,1% em favor do transporte de madeira com 6 metros de comprimento. Em relação ao desempenho do veículo de transporte, observou-se um aumento de 10% no transporte de madeira com 6 metros de comprimento.

Tabela 3. Custo e desempenho do transporte de madeira com 5 e 6 metros de comprimento

Table 3. *Wood transportation performance and costs of logs 5 and 6 meters of length.*

Comprimento das toras (m)	5	6
Custos (R\$/t.k m)	0,0648	0,0576
Desempenho (t/km.litro)	100,00	110,00

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que:

a) O comprimento da madeira influenciou significativamente na produtividade e no custo da extração e do transporte florestal.

b) Em função da distância de extração e da capacidade volumétrica do Forwarder, haverá um aumento de até 15,9% na produtividade e uma redução de até 16,17% no custo em favor da extração da madeira com 6 metros de comprimento.

c) A mudança no comprimento da madeira de 5 para 6 metros promoveu uma redução de até 11,1% nos custos de transporte e aumentou em até 10% o desempenho dos veículos.

d) Uma indústria que consome cerca de 3 milhões de metros cúbicos de madeira (650 kg/m^3) e com uma distância média de transporte de 50 km, poderia economizar ao ano em torno de R\$ 810.000,00 com a operação de extração e R\$ 702.000,00 com o transporte de madeira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, S. da C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois sistemas de colheita florestal no litoral Norte da Bahia**. Viçosa: UFV, 1998. 125p. il. (Tese M.S.)
- MACHADO, C.C. **Exploração Florestal: V parte**. Viçosa: UFV, 1985. 15p.
- MENDONÇA FILHO, W.F. Abate de árvores totalmente mecanizado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANÇA EM REFLORESTAMENTO, 1., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba, UFPr/FUPEF, 1987. p.267-80.
- REZENDE, J.L.; FIEDLER, N.C.; MELLO, J.M.; SOUZA, A.P. **Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 50p. (Boletim Agropecuário, 22)
- SANTOS, S.L.M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. Viçosa: UFV, 1995. 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- VALVERDE, S.R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. Viçosa: UFV, 1995. 123p. il. (Tese M.S.)
- VELLOSO, F.A.M., LOPES, E.T., ROLDI, L.M. "Tritrem" – Alternativa para o transporte de madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: UFV/SIF, 1997. p.157-175.
- EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. Sistemas de colheita e transporte na Duratex. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: UFV/SIF, 1997. p24-45.