

Balanço energético e econômico de duas alternativas de descascamento de madeira de eucalipto

Energetic balance and economical study of two debarking alternatives for Eucalypts wood

Fernando Seixas
Simone Carolina Bauch
Ezer Dias de Oliveira Júnior

RESUMO: O descascamento da madeira é necessário conforme certas utilizações industriais e, se feito no pátio da fábrica, acarreta exportação de matéria orgânica e nutrientes, gastos com o transporte da casca e a sua utilização energética. O objetivo deste estudo foi avaliar o balanço energético e econômico entre duas alternativas de locais de descascamento de toras de eucalipto para produção de celulose, no campo ou no pátio da indústria, e o transporte rodoviário da madeira com ou sem casca. Para tanto foram determinadas as quantidades de casca e madeira existentes em um hectare de floresta de *Eucalyptus grandis*, feitas análises de densidade e poder calorífico, acompanhadas as atividades de descascamento e transporte de madeira e o processo de secagem em pilhas de madeira com e sem casca. O aproveitamento da casca para queima em caldeiras resultou em um saldo equivalente a 4.800 litros de óleo diesel por hectare. Em termos econômicos, sem considerar o uso da casca para energia, o descascamento no campo é mais vantajoso, devido principalmente aos gastos com o transporte rodoviário da casca, com redução de R\$ 4,52 por m³ de madeira sem casca.

PALAVRAS-CHAVE: Descascamento, *Eucalyptus grandis*, Transporte de madeira

ABSTRACT: Wood debarking is necessary for some industrial uses, and, if done in the yarding has consequences as nutrient and organic matter removal, bark transportation expenses and its energetic utilization. The main objective of this research was to establish energetic and economical balance between in-wood and yarding debarking. Bark and wood production in one hectare of *Eucalyptus grandis* were determined, together with wood density and calorific power determinations. Debarking and wood transportation operations were followed, as well as the wood drying process of wood piles with and without bark. The bark utilization for energy resulted in a positive balance of 4,800 liters of diesel per ha. If bark use for energy is not considered, in-wood debarking is economically better, with a reduction of US\$ 1.25 per debarked m³ with no bark, mainly because of wood transportation savings.

KEYWORDS: Wood debarking, *Eucalyptus grandis*, Wood transportation

INTRODUÇÃO

A operação de descascamento pode ser necessária conforme a utilização da madeira, podendo ser feita para a obtenção de celulose, chapas, aglomerados e laminados. O descascamento é realizado manual ou mecanicamente, tanto no campo como no pátio da indústria, nesse último caso visando à utilização da casca para energia, diminuição dos custos operacionais do

descascamento e possibilidade de concentração de trabalho no pátio. Em um levantamento junto a cinco empresas do Estado de São Paulo (Dura-tex, Ripasa, VCP, International Paper e Suzano), do consumo total anual de 13,7 milhões de m³ de madeira com casca, 56% são descascados no campo, 36% no pátio da fábrica e os 8% restantes não necessitam de descascamento.

No caso do descascamento feito no pátio da fábrica, o conteúdo de umidade da madeira é de suma importância para a eficiência da operação. Silva (1983) comenta que a casca de *Eucalyptus globulus* é facilmente separada do tronco quando verde e à medida que a madeira vai secando, a casca fica cada vez mais aderente ao lenho, tornando-se o descasque extremamente difícil a partir da terceira quinzena após o corte. Portanto, a realização do descascamento na fábrica demanda o transporte da madeira o mais rapidamente possível após o corte, o que implica dizer que parte significativa da carga de um caminhão será composta de água.

Busnardo et al. (1982) determinaram os teores de água para árvores de *Eucalyptus saligna*, com 8 anos de idade, logo após o corte, encontrando os valores de 53,6% (base úmida) para o tronco integral, incluindo casca, e 71,8% (base úmida) para casca somente.

Considerando-se a casca como um subproduto do consumo de madeira, conclui-se que parte da capacidade de carga do veículo rodoviário não será destinada ao processo industrial principal. O transporte conjunto de madeira, casca e água pode estar afetando, de maneira significativa, o custo do frete pago pela matéria-prima, principalmente ao se respeitar a Resolução 012/98, do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que legisla, entre outros, sobre os pesos por eixo da composição rodoviária (Machado et al., 2000). Miranda et al. (2002a) comentaram que a madeira transportada sem casca, de um povoamento de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, com 9 anos de idade, teve seu custo médio reduzido em 10,1%, exatamente igual ao percentual do volume de casca.

Outro aspecto com relação ao descascamento na indústria refere-se à exportação de nutrientes através da casca, o que pode comprometer a capacidade de sustentação do sítio, exigindo-se a reposição desses nutrientes (Vital, 1996). Miranda et al. (2002b) concluíram que o custo de reposição dos nutrientes exportados de um povoamento de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, com 9 anos de idade, foi de R\$ 208,20 por hectare, sem considerar os custos de aplicação. Destaca-se também o efeito benéfico da casca, como parte dos resíduos da colheita deixados sobre as trilhas de tráfego de equipamentos de retirada de madeira, quanto à diminuição do impacto na compactação do solo (Wronski, 1990; Seixas et al., 1995).

O descascamento no campo pode ser feito por meio de descascadores portáteis, acoplados a tratores agrícolas, com custo de aquisição menor, quando comparado aos equipamentos estacionários de pátio. Contudo, o custo operacional do descascador portátil é maior devido à sua menor capacidade de trabalho em relação ao industrial. Um dos equipamentos utilizados no pátio da fábrica é o tambor de descascamento, com a vantagem da concentração da madeira em um só local e a possibilidade de aproveitamento direto da casca nas caldeiras (Seixas, 1998).

A análise e quantificação de todos esses fatores em conjunto fornecerão mais subsídios em um processo de decisão, onde estejam sendo aventadas as opções de se adotar o uso da casca como uma fonte alternativa de energia ou a decisão de se manter a casca no campo, com as conseqüências de ordem silvicultural e de economia no transporte da madeira.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o balanço energético e econômico de duas alternativas de locais, no campo ou no pátio da indústria, de descascamento de toras de eucalipto, para a produção de celulose, e o transporte rodoviário da madeira com ou sem casca.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido com dados de duas empresas de celulose e papel, localizadas no Estado de São Paulo. Uma das empresas realiza a operação de descascamento de toras de eucalipto no campo, enquanto que a outra utiliza unicamente o tambor de descascamento no pátio da fábrica. Nessa última foram obtidos somente o desempenho operacional e o custo do descascador de tambor.

Amostragem e análises da casca e madeira

O trabalho de campo envolveu a colheita de madeira em um povoamento de *Eucalyptus grandis* em primeira rotação, com sete anos de idade, plantado em espaçamento 3 x 2 m, localizado no município de Lençóis Paulista, SP, e pertencente à Ripasa S/A Celulose e Papel. Inicialmente foi feito um inventário da área experimental, sendo instaladas 5 parcelas ao acaso, com 480 m² de área cada. O volume de madeira, em metros cúbicos de madeira por hectare, foi calculado pela média das parcelas. Foram mensurados o DAP e altura de todas as árvores vivas, sendo escolhi-

das e derrubadas 5 árvores por parcela, distribuídas por 5 classes de diâmetro, para realização de cubagem com casca pela fórmula de Smalian e coleta de amostras.

De cada árvore cortada foi retirado um disco a 1,30 m de altura, de acordo com a proposta de Paula Neto et al. (1992). A percentagem de casca (PC) foi calculada como:

$$PC(vol) = \left(1 - \frac{W_{um} - W_{im}}{W_{ut} - W_{it}}\right) \times 100$$

onde:

PC(vol) = percentagem de casca em volume

W_{um} = peso úmido da madeira

W_{im} = peso imerso da madeira

W_{ut} = peso úmido total (madeira + casca)

W_{it} = peso imerso total (madeira + casca)

$$PC(pes) = \frac{P_{sc}}{P_{sm} + P_{sc}} \times 100$$

onde:

PC(pes) = percentagem de casca em peso

P_{sc} = peso da casca anidra

P_{sm} = peso seco da madeira

A determinação da densidade básica da casca e da madeira foi feita pelo método do “Máximo Teor de Umidade”, de acordo com a fórmula:

$$d_b = 1 / (P_m / P_{sc} - 0,346)$$

onde,

d_b = densidade básica da casca (madeira)

P_m = peso úmido da casca (madeira) saturada (livre da água superficial)

P_{sc} = peso da casca (madeira) anidra

De posse do valor da densidade da casca e da madeira, do volume de madeira por árvore e da percentagem de casca foram então calculados os pesos secos da casca e da madeira por árvore e, com os dados obtidos através do inventário, calculadas as quantidades de casca e madeira anidra por hectare. O poder calorífico foi determinado em 10 amostras de casca, retiradas dos discos anteriormente selecionados, seguindo a norma ABNT NBR 8633.

Desempenho operacional, eficiência e custo do descascador portátil

Foram acompanhados dois descascadores

portáteis modelo Demuth DDM 380, acoplados a tratores agrícolas Valmet 75 e 78, com potências ao redor de 54 kW, durante 4 dias de operação, determinando-se o rendimento operacional por hora de trabalho efetiva utilizando o método do tempo contínuo (Seixas, 1998). Foram determinados também o consumo de combustível e o tempo de trabalho efetivo. O custo por metro cúbico de madeira descascada foi obtido de acordo com o método preconizado por Sessions (1987).

Perda de umidade de madeira em pilhas submetidas à secagem natural

Foram utilizadas toras de eucalipto com 2,4 m de comprimento, com e sem casca, para a montagem de pilhas, com 2,0 m de altura e 2,0 m de largura, na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, SP. O processo de secagem foi acompanhado em 3 pilhas de madeira sem casca e 3 com casca, durante 180 dias.

Em cada pilha foram amostradas 40 toras, distribuídas em 5 classes de diâmetro, para medição de umidade. As toras foram distribuídas em 4 posições diferentes na pilha:

- Posição 1 = 180 cm do solo
- Posição 2 = 130 cm do solo
- Posição 3 = 70 cm do solo
- Posição 4 = 20 cm do solo

A cada 15 dias, nos primeiros dois meses, ou 21 dias, no restante do período de secagem, foi determinado o peso úmido de cada tora, posteriormente recolocada na mesma posição. As curvas de perda de umidade durante o período foram construídas considerando-se o peso inicial das toras como 100%.

Transporte rodoviário de madeira com casca e sem casca

Foi feita uma análise do rendimento operacional do transporte de madeira e consumo de combustível dos caminhões em 87 ciclos. Cada ciclo compreendeu a viagem da fábrica, localizada em Americana, SP, até a fazenda em Lençóis Paulista e de volta até a fábrica, perfazendo um total de 525 km. O cálculo do custo do transporte seguiu o método FAO/KWF descrito por Machado et al. (2000). Foram feitas também simulações econômicas com o transporte de madeira com ou sem casca, respeitando-se sempre os limites de peso por eixo estabelecidos pela Resolução 012/98.

Balço energético

O balanço energético calculado por hectare, envolveu o consumo de combustível no transporte rodoviário de madeira com casca, o gasto de energia com o descascamento na fábrica e a quantidade de energia disponível na casca para queima em caldeiras:

$$BE = Q_C - (Q_D + Q_T)$$

BE = balanço energético (GJ ha⁻¹)

Q_C = quantidade de energia disponível na casca (GJ ha⁻¹)

Q_D = quantidade de energia gasta no descascamento da madeira na fábrica (GJ ha⁻¹)

Q_T = quantidade de energia gasta com o transporte rodoviário da madeira (GJ ha⁻¹)

Desempenho operacional e custo do descascador de tambor

Esses dados foram repassados por uma indústria de celulose e papel e referem-se a um descascador de tambor do tipo seco, com 5 m de diâmetro e 25 m de comprimento, capacidade de descascar toras para uma produção de 1.200 t de celulose por dia, eficiência operacional de 90% e eficiência de descascamento de 91%. O rendimento operacional médio é de 6 minutos para uma carga de aproximadamente 46 m³ de madeira, com um gasto de energia de 16,1 MJ m⁻³. O custo por m³ descascado é de R\$ 1,94, incluindo mão-de-obra, manutenção e energia elétrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade do talhão de *E. grandis* foi de 323 m³ com casca por hectare, com 87% de sobrevivência e a seguinte distribuição de classes de diâmetro: 13% (5,0 a 9,0 cm); 21% (9,1 a 13,0 cm); 27% (13,1 a 17,0 cm); 25% (17,1 a 21,0 cm) e 14% (21,1 a 25,0 cm).

Características da casca e disponibilidade energética

O teor médio de água dos discos retirados das árvores imediatamente após o corte era de 57,6%, base úmida. Os valores de densidade básica foram: 0,25 Mg m⁻³ (s = 0,02) para a casca; 0,41 Mg m⁻³ (s = 0,04) para a madeira; 0,39 Mg m⁻³ considerando-se o tronco como um todo. A porcentagem de casca, calculada pelo método de máximo teor de umidade em volume e peso, apresentou os seguintes resultados:

- porcentagem de casca em volume: 14,4%.
- porcentagem de casca em peso: 9,4%.

Considerando-se a produtividade de madeira de 323 m³ ha⁻¹ para o povoamento em questão e os valores de densidade e porcentagem de casca em peso, obteve-se um total de 126,0 t de peso seco de troncos por hectare, composto de 11,8 t de casca e 114,2 t de madeira. O poder calorífico médio da casca atingiu 16,5 MJ kg⁻¹ (s = 1,60), o que acabou resultando em uma disponibilidade energética de 195,2 GJ por hectare a partir da casca.

Desempenho e custo dos descascadores portáteis

Os dois descascadores DDM 380 foram acompanhados durante 8 períodos de trabalho com média de 4,1 horas de trabalho efetivo. O desempenho operacional, ou seja, a quantidade de madeira descascada, foi de 25,3 m³ por hora efetiva, com eficiência operacional de 53,9% e consumo de 10,6 litros de diesel por hora. Considerando-se um fator de conversão de 38,1 MJ por litro de óleo diesel, haverá um consumo de 16,0 MJ, em óleo combustível pelo trator, para realizar o descascamento de 1 m³ de madeira e de 5,2 GJ para o descascamento de toda a madeira encontrada em 1 hectare deste povoamento florestal.

A estimativa do custo operacional por hora efetiva para o descascador DDM 380 resultou em R\$ 65,04, correspondendo a um custo final de R\$ 2,57 por metro cúbico de madeira descascada.

Perda de umidade da madeira em pilhas

O processo de secagem natural das pilhas de toras com e sem casca iniciou-se no dia 15 de fevereiro de 2002 e encerrou-se no dia 16 de agosto do mesmo ano, perfazendo um total de 182 dias. O volume médio das toras era de 0,030 m³ com casca e 0,035 m³ sem casca. A Tabela 1 descreve a variação dos dados de peso durante o período do estudo, a redução percentual ocorrida para as toras com ou sem casca, considerando-se o peso inicial como 100%, e o teor de água (base úmida) em cada etapa de medição, variável essa utilizada no cálculo do peso da matéria seca transportada por caminhões.

A Figura 1 destaca a redução percentual do peso, ocorrida para as toras com ou sem casca e a precipitação durante o período de estudo. A variação da temperatura nessa época esteve entre 15,3°C e 35,6°C e a da umidade relativa do ar entre 46,7% e 100%.

Tabela 1

Peso médio das toras (kg), variação percentual em função do tempo de secagem e teor de água. (Log average weight (kg), variation (%) as a function of drying time and water content)

Tora	Dias										
	0	13	27	40	55	76	97	117	138	160	182
Com casca (kg)	27,1	26,2	24,3	23,1	22,1	20,4	20,6	19,5	18,5	18,2	17,6
(%)	(100,0)	(96,6)	(89,9)	(85,5)	(81,6)	(75,2)	(76,0)	(71,9)	(68,2)	(67,4)	(65,1)
Teor de água (%)	57	55	52	49	47	43	43	40	37	36	33
Sem casca (kg)	30,0	28,0	25,8	24,7	23,7	22,0	22,5	21,3	20,5	20,4	19,9
(%)	(100,0)	(93,4)	(86,0)	(82,4)	(78,9)	(73,4)	(75,0)	(70,9)	(68,4)	(68,1)	(66,4)
Teor de água (%)	52	49	44	42	39	35	36	33	30	30	28

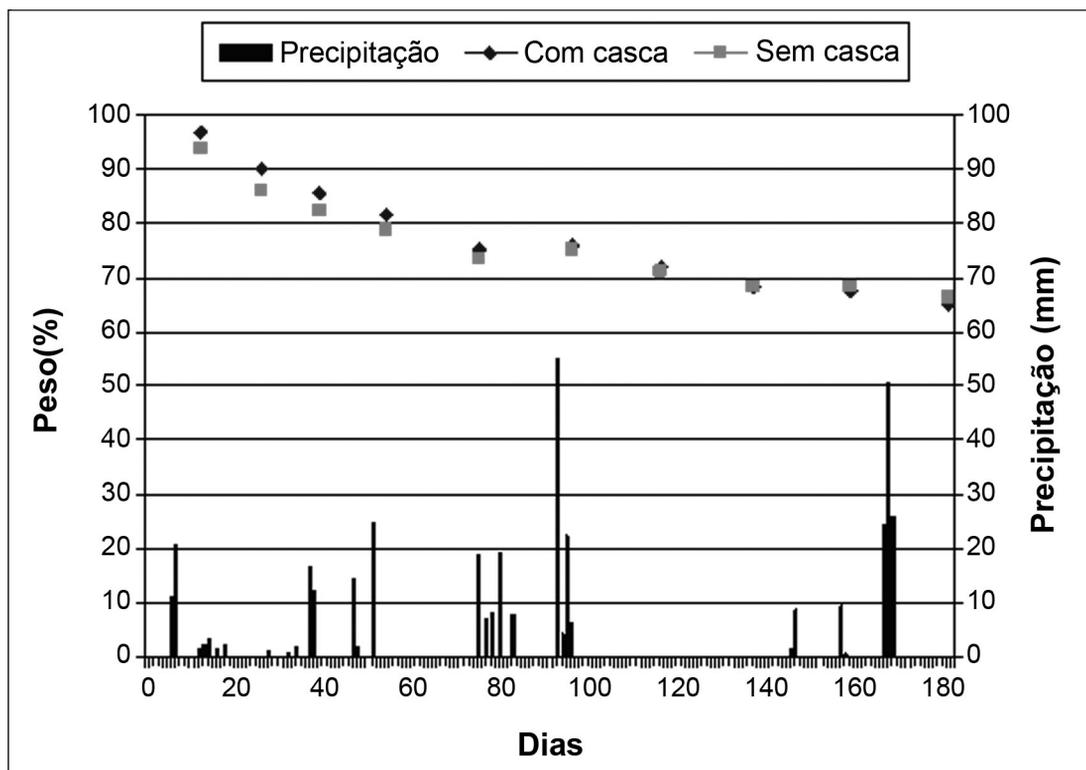


Figura 1

Evolução do processo de secagem, acompanhado através do peso das toras (%), e precipitação (mm) durante o período.

(Wood drying process: log weight (%), and precipitation (mm) during study period)

Segundo Camargo et al. (1988), depois da perda rápida da água livre nas primeiras semanas, a madeira passa a ser mais sensível às variações climáticas do ambiente, sendo necessária maior quantidade de energia para a secagem, pois envolve a retirada da água absorvida nas paredes celulares (Ciniglio, 1998).

Não houve diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) entre as taxas de perda de umidade para as pilhas de madeira com e sem casca,

apesar de uma aparente superioridade para as pilhas sem casca. Também não foram detectadas diferenças na perda de umidade em função da posição da tora na pilha, contrariando os resultados obtidos por Jankowski (1983).

Transporte rodoviário

O transporte rodoviário de madeira foi feito por composições formadas por um cavalo mecânico 4x2 mais semi-reboque de três eixos, tendo sido avaliados 87 ciclos completos. Cada ciclo

compreendia a viagem da fábrica até a fazenda e o retorno à fábrica, totalizando 525 km, com duração média de 19,4 horas. Considerando-se as paradas relativas à carga e descarga, pernoite e problemas técnicos, cada veículo realizava em média duas viagens completas a cada três dias. Essa composição tinha uma capacidade de carga legal de 27,5 t e o seu custo calculado por quilômetro foi de R\$ 1,60, um total de R\$ 840,00 por ciclo completo de transporte.

Considerando-se que as toras descascadas ficavam empilhadas no campo por no mínimo sessenta dias, o teor de água estaria por volta de 35% (Tabela 1), o que resultaria em um transporte efetivo de 17,9 t de madeira seca sem casca e 9,6 t de água. Como a densidade básica da madeira sem casca era de 0,41 Mg m⁻³, as 17,9 t de peso equivaleram a 43,7 m³ de madeira sem casca. O dispêndio de R\$ 840,00 por ciclo de transporte resultou em um gasto de R\$ 46,93 t⁻¹ seca de madeira, ou R \$19,27 m⁻³ sem casca.

A madeira transportada com casca, nas mesmas condições, teria um teor de água próximo de 43% (Tabela 1). Nesse caso, para uma mesma carga de 27,5 t, haveria o transporte de 11,8 t de água, 2,2 t extras em relação ao peso de água da madeira sem casca, ocupando 43% da capacidade legal de carga do veículo. O peso de casca seca transportada por viagem, considerando-se 9,4% de casca em peso, seria de 1,5 t, com mais 14,2 t de madeira seca sem casca completando a carga. Essa carga de madeira com casca, computando-se a densidade básica de 0,39 Mg m⁻³, representaria um volume de 40,2 m³, composto por 34,4 m³ de madeira e 5,8 m³ de casca (14,4%). O custo do transporte seria de R\$ 20,90 por metro cúbico de madeira com casca, ou R\$ 53,50 por tonelada. Excluindo-se a casca dessa análise, o gasto seria de R\$ 24,42 por metro cúbico de madeira exclusivamente para celulose.

Nesse caso, a redução percentual no custo da madeira efetivamente transportada sem casca não confere com o resultado apresentado por Miranda et al. (2002a), haja vista que os autores não consideraram a influência do teor de água na madeira.

Em termos de energia, 1,5 t de casca seca resultou em uma disponibilidade de 24,8 GJ no pátio da fábrica. Com o caminhão, foi consumido 0,476 L de combustível por quilômetro rodado, um total de 250 L de diesel por viagem e 23,9 L correspondentes ao transporte da casca seca. Considerando-se novamente o fator de conversão de 38,1 MJ por litro de óleo diesel, seria gasto 0,9 GJ para transportar 1,5 t de casca até a fábrica.

Balço energético

O balanço energético foi feito considerando-se os resultados de dispêndio energético com o descascamento, no campo ou na fábrica, e o transporte da madeira com casca, finalizando-se com a disponibilidade de energia oriunda da casca, obtida em um hectare de floresta de eucalipto, para queima na caldeira (Tabela 2). Conclui-se que, neste caso, a utilização da casca de eucalipto para queima em caldeira foi favorável energeticamente, pois houve um saldo equivalente a 4.800 litros de óleo diesel por hectare de floresta colhida.

Tabela 2

Balço energético (GJ) resultante dos gastos de energia com o descascamento e transporte de casca de um hectare de plantio de *E. grandis*. (Energetic balance (GJ) resulted of energy consumption with debarking and barks transportation from one hectare of *E. grandis* plantation.

Atividade	Campo GJ.ha ⁻¹	Pátio GJ.ha ⁻¹
Descascamento	5,2	5,2
Transporte	-	7,1
Energia na casca	-	195,2
Saldo para queima	-5,2	182,9

Balço econômico

As duas opções de descascamento aqui estudadas diferenciaram-se pelo local de descascamento, no campo ou pátio da fábrica, e o transporte rodoviário da madeira com ou sem casca. O balanço econômico considerou o custo dessas operações para a entrega na fábrica de um metro cúbico de madeira sem casca para produção de celulose.

De acordo com os dados da Tabela 3, a operação de descascamento da madeira de eucalipto na fábrica é mais barata, mas resultaria em um gasto extra de R\$ 4,52 por m³ de madeira sem casca em virtude do transporte rodoviário da casca.

Tabela 3

Balço econômico da produção de 1 m³ de madeira sem casca, considerando as operações de descascamento de toras de eucalipto, no campo ou pátio da indústria, e o transporte rodoviário. (Economical balance of 1 m³ of wood with no bark, considering wood debarking, in-wood or in the yarding, and truck transportation)

Operação	Sistema de descascamento	
	Campo R\$ m ⁻³	Pátio R\$ m ⁻³
Descasque	2,57	1,94
Transporte	19,27	24,42
Total	21,84	26,36

CONCLUSÕES

A opção de descascamento de toras de eucalipto no pátio da fábrica mostrou-se uma alternativa favorável do ponto de vista energético, apresentando um saldo final equivalente a 4.800 litros de óleo diesel por hectare de floresta de eucalipto.

Contudo, se for considerado unicamente o fornecimento de madeira para produção de celulose, o descascamento no campo mostra-se mais vantajoso economicamente, notadamente em virtude da economia no transporte rodoviário, com uma redução de R\$ 4,52 por m³ de madeira sem casca neste caso.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

FERNANDO SEIXAS é Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: fseixas@esalq.usp.br

SIMONE CAROLINA BAUCH é Engenheira Florestal e Mestre pela Virginia State University - E-mail: sbauch@vt.edu.

EZER DIAS DE OLIVEIRA JÚNIOR é Engenheiro Florestal e Doutor em Silvicultura e Manejo pela ESALQ/USP - E-mail: ezerdias@uol.com.br

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto e à Cia. Ripasa S/A Celulose e Papel pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; MENOCELLI, S.; BENITES, E.P.; DIAS, C.; FOELKEL, C.E.B. Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus grandis* (sic). **Silvicultura**, v.8, n.28, p.749-753, 1982.

CAMARGO, F.R.A.; AMARAL, W.A.N.; PAULINO, A. Secagem de madeira roliça com casca e eficiência de descascamento de toras de *E. grandis* Hill ex Maiden, em função do tempo após o corte e classes de diâmetro. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 21, São Paulo, 1988. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1988. p.43-55

CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla***. Piracicaba, 1998. 88p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo

JANKOWSKI, I.P. Secagem natural de madeira roliça com casca. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA DE BIOMASSA FLORESTAL, São Paulo, 1983. **Relatório final**. São Paulo: IPEF/CESP, 1983. p.80-92

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S.; BIRRO, M.H.B. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa: Editora UFV, 2000. 167p.

MIRANDA, G.M.; SILVA, M.L.; MACHADO, C.C.; LEITE, H.G. Contribuição da casca na composição do custo de transporte da madeira de eucalipto. **Revista árvore**, v.26, n.2, p.145-8, 2002a.

MIRANDA, G.M.; SILVA, M.L.; LEITE, H.G.; MACHADO, C.C. Estimativa do custo de reposição dos nutrientes exportados pela colheita da casca da madeira em povoamentos de eucalipto. **Revista árvore**, v.26, n.2, p.149-154, 2002b.

PAULA NETO, F.; LEITE, H.G.; NUNES, J.R.S.; CAMPOS, J.C.C. Variação da percentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista árvore**, v.16, n.3, p.309-318, 1992.

SEIXAS, F. **Mecanização e exploração florestal: notas de aula**. Piracicaba: LCF-ESALQ, 1998. 125 p.

SEIXAS, F.; MCDONALD, T.P.; STOKES, B.J.; RAPER, R.L. Effect of slash on forwarder soil compaction. In: COFE ANNUAL MEETING, Cashiers, 1995. **Proceedings...** Cashiers, 1995. p.77-86

SESSIONS, J. Cost control in logging and road construction. In: FAO – **Appropriate wood harvesting in plantation forests**. Rome, 1987. p.95-134. (FAO forestry paper, 78)

SILVA, C.F. Casca de *Eucalyptus globulus*: polpação versus queima. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo, 1983. **Anais...** São Paulo: ATBCP, 1983. v.3, p.855-863

VITAL, A.R.T. **Efeito do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto**. Piracicaba, 1996. 106p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

WRONSKI, E.B. Logging trials near Tumut. **Logger**, p.10-14, abr./mai., 1990.