

Secagem de toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* para uso energéticoDrying logs of *Eucalyptus* and *Corymbia* for energy purposesAntônio José Vinha Zanuncio¹, José Tarcisio Lima², Thiago Campos Monteiro³
Amélia Guimarães Carvalho¹ e Paulo Fernando Trugilho²**Resumo**

A secagem é importante para o melhor aproveitamento das propriedades energéticas da madeira utilizada na produção de carvão vegetal, entretanto os estudos sobre secagem de toras são escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a secagem ao ar livre da madeira dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, a influência da densidade neste processo e o ganho energético ao longo da estocagem. Toretas de um metro de comprimento foram retiradas da base, do meio e do topo dos caules para avaliação da secagem. Um disco de cinco centímetros foi retirado a 1,3 m de altura das árvores para determinação da densidade. As toras foram acondicionadas em local coberto e a secagem avaliada por 94 dias. As toras de menor diâmetro e maior densidade apresentaram umidade inferior após o período de secagem. O poder calorífico líquido aumentou em média 38,35% após 94 dias de estocagem.

Palavras chave: Densidade, madeira, poder calorífico, umidade.

Abstract

Drying is important to improve the energetic properties of wood for charcoal production, but there are few studies for log drying. This work aimed at evaluating the air drying of *Eucalyptus* and *Corymbia* wood, the relationship among density and drying and the energy gain during storage time. Logs were removed from the base, middle and top of the stems to evaluate drying. One disc of 5 cm located in 1.3 m height was removed for determination of density. The logs were stored in a covered area and dried during 94 days. The logs with smaller diameter and higher density showed lower moisture after drying period. The net calorific value increased with storage time.

Keywords: Density, wood, calorific value, moisture.

INTRODUÇÃO

A secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* ao ar livre é o principal método utilizado para retirar água da madeira destinada à produção de carvão vegetal no Brasil, com baixo investimento, mas requerendo maior tempo de secagem que o artificial (ROSSO, 2006).

A água retirada durante a secagem ao ar se divide, principalmente, em água livre ou de capilaridade e água de adesão. A água livre ocupa o lúmen das células e espaços vazios e fica retida por fracas ligações intercelulares (SKAAR, 1972). A madeira se encontra no ponto de saturação das fibras (PSF) quando toda a água livre é removida e todos os sítios de ligação covalente da parede celular estão ocupados. Esse ponto varia entre espécies, mas situa-se entre 20 e 35% de umidade (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

A umidade da madeira varia nos sentidos radial e axial, sendo menor próximo a casca e à altura média de 50% do fuste para espécies do gênero *Eucalyptus* (OLIVEIRA et al., 2005). A densidade, idade, regime silvicultural e estação do ano, também, afetam a umidade da madeira (BRAND et al., 2011; CHAN et al.; 2012).

A umidade aumenta os custos de transporte e afeta as propriedades mecânicas da madeira (KLITZKE, 1998; HASELEIN et al., 2002). Além disso, diminui o rendimento na produção de carvão vegetal, pois parte do material lenhoso é queimado para a retirada da água como vapor (ROUSSET et al., 2011), reduz o poder calorífico líquido da madeira (BRAND et al., 2011) e aumenta a friabilidade do carvão vegetal (CETEC, 1982).

Rezende et al. (2010a), avaliando a secagem de toras de *Eucalyptus urophylla* com diâmetro médio de 17 e 12 cm por 80 dias, encontraram

¹Mestrando em Ciência e Tecnologia da madeira. UFLA – Universidade Federal de Lavras - Departamento de Ciências Florestais. Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras, MG. E-mail: ajvzanuncio@yahoo.com.br; ameliagcarvalho@gmail.com

²Professor Doutor - UFLA – Universidade Federal de Lavras. - Departamento de Ciências Florestais. Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras, MG. E-mail: jtlima@dcf.ufla.br; trugilho@dcf.ufla.br

³Doutorando em Ciência e Tecnologia da madeira. UFLA – Universidade Federal de Lavras - Departamento de Ciências Florestais. Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras, MG. E-mail: tcmforest@yahoo.com

umidade média de 63% e 43% respectivamente. Vital et al. (1985), ao avaliar a secagem de toras de *Eucalyptus* em Viçosa-MG com diâmetro superior a 12cm, encontraram umidade próxima de 55% após 175 dias de secagem ao ar livre e para as toras entre 4,0 e 12,0 cm, a umidade variou de 16% a 27%.

Os estudos que abordam a secagem da madeira roliça e seu ganho energético com a perda de umidade são escassos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a secagem de toras de *Eucalyptus* spp e *Corymbia citriodora* ao ar livre, a relação entre a densidade e secagem da madeira e o ganho energético durante 94 dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Os clones GER 73402, MN 463, PEM 03698, VM 3, VM 4 e VM 5, todos provenientes do *E. urophylla*, o clone VM 1, *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*, um híbrido de *Corymbia citriodora* x *Eucalyptus torelliana* e indivíduos de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata* produzidos via seminal foram selecionados (Tabela 1)

Tabela 1. Materiais genéticos de *Eucalyptus* e *Corymbia* utilizados para avaliação da secagem.

Table 1. Genetic materials of *Eucalyptus* and *Corymbia* used to evaluate drying.

Clone	Idade (meses)	Procedência
GER 73402 *	84	Paraopeba – MG
MN 463 *	84	Paraopeba – MG
PEM 03698 *	96	Paraopeba – MG
VM 1 **	84	Paraopeba – MG
VM 3 *	84	Paraopeba – MG
VM 4 *	84	Paraopeba – MG
VM 5 *	96	Paraopeba – MG
<i>Corymbia citriodora</i>	84	Ipatinga- MG
<i>Eucalyptus paniculata</i>	84	Ipatinga- MG
<i>C. citriodora</i> x <i>E. torelliana</i>	84	Ipatinga- MG

*Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

*Natural hybrid of *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

Três toras, com um metro de comprimento cada, foram retiradas em cada árvore, na base, a 50% e a 100% da altura onde o diâmetro foi de 5 cm para avaliar a secagem destes materiais. Esta amostragem visa contemplar o comportamento de secagem da árvore como um todo. As toras de maior diâmetro apresentaram maiores problemas para secagem, por isso o trabalho focou nelas para determinação da densidade e poder calorífico, assim um disco de 5 cm foi retirado próximo as toras da base para determinação

destas propriedades. A pesagem das toras ocorreu logo após o abate das árvores e traçamento do fuste no campo (Figura 1).

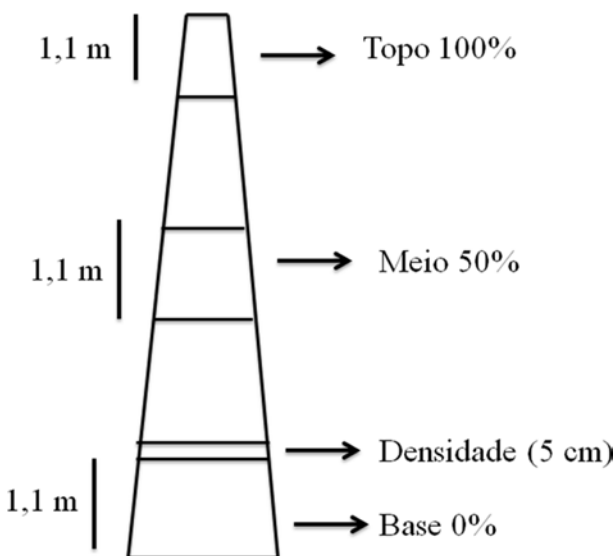


Figura 1. Esquema de retirada das toras das árvores para avaliação da secagem.

Figure 1. Sampling scheme of logs to evaluate drying.

A densidade básica e umidade foram determinadas conforme norma NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003). Um disco com 5,0 cm de espessura foi removido de cada extremidade da tora para determinação da umidade. A umidade média dos discos de cada tora foi utilizada como umidade inicial.

A madeira perde mais água logo após o abate, desse modo o intervalo das pesagens neste período deve ser menor. Com isso, nos primeiros 20 dias, a pesagem ocorreu em dias alternados, em intervalos de quatro dias nos 30 dias seguintes e a cada sete dias durante 44 dias, totalizando 94 dias de secagem.

As toras foram colocadas em local coberto com passagem de ar, sobre suportes de madeira, ficando a 3 cm do solo e agrupadas a uma distância de aproximadamente 15 cm umas com as outras, suas superfícies transversais foram impermeabilizadas com base asfáltica para minimizar a secagem pelas extremidades.

Uma curva de perda de umidade das toras foi feita para cada material genético. O máximo teor de umidade foi calculado conforme equação: $MTU(\%) = ((1,54 - \rho) / (1,54 \times \rho)) \times 100$, em que, MTU = máximo teor de umidade (%) e ρ = densidade básica da madeira (g/cm^3). A taxa de secagem foi calculada conforme fórmula: $Ts = (PU/D)$, em que, Ts = Taxa de secagem (%/dia), PU = perda de umidade com base na massa seca (%), D = período de secagem (dias).

O poder calorífico superior foi calculado conforme NBR 8633 (ABNT, 1984) e o poder calorífico líquido conforme equação: $PCI = PCs - (0.0114 \times PCs \times U (\%))$; em que, PCI= poder calorífico líquido; PCs= poder calorífico superior e U (%)= umidade da madeira na base úmida em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura comercial das árvores de *Eucalyptus* e *Corymbia* variou de 17,8 a 32,2 m; o diâmetro da base entre 15,53 e 20,83 cm, o diâmetro do meio de 12,1 a 14,53 cm e o diâmetro do topo de 4,2 a 6,4 cm (Tabela 2).

A umidade inicial de *Eucalyptus* e *Corymbia* variou de 66,1 a 129,7 % para as toras da base; 63,0 a 129,6 % para as toras do meio e de 66,2 a 160,0% para as toras do topo (Tabela 3). Sete materiais genéticos apresentaram menor umidade inicial na região mediana; seis apresentaram maiores umidades iniciais na base e quatro materiais genéticos no topo. A umidade inicial e sua

distribuição no sentido longitudinal foram compatíveis com os valores de 59,6 a 159 % para espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* (OLIVEIRA et al., 2005; BRAND et al., 2011; MOYA et al., 2012.; REZENDE et al., 2010). Estes valores são influenciados pelo tempo decorrido desde o corte das árvores até a pesagem, além de fatores com presença ou ausência de casca e época do ano. Entretanto, neste trabalho, como as árvores foram cortadas no mesmo período e pesadas logo após o abate, o erro tende a ser minimizado.

A densidade da madeira variou de 0,486 a 0,706 g/cm³ (Tabela 4), com maiores valores para *Corymbia citriodora*, *C. citriodora* x *E.toreliana* e *E. paniculata*. e menores para os materiais MN463 (*E. urophylla*), VM3 (*E. urophylla*) e PEM03698 (*E. urophylla*) (Tabela 4). As densidades apresentaram valores semelhantes aos de *Anadenanthera peregrina* e maiores que os de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e *Toona ciliata*, entre 0,387 e 0,579 g/cm³ (RIBEIRO et al., 2011; SANTANA et al., 2012; SANTOS et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2011).

Tabela 2. Diâmetro das toras e altura comercial das árvores de *Eucalyptus* e *Corymbia* avaliadas
Table 2. Diameter of logs and commercial height of *Eucalyptus* and *Corymbia* trees evaluated

Material	Diâmetro da base (cm)	Diâmetro do meio (cm)	Diâmetro do topo (cm)	Altura das árvores (m)
GER 73402 *	20,8	14,5	4,8	30,2
MN 463 *	17,6	13,0	4,2	30,4
PEM 03698 *	19,9	14,0	4,6	29,4
VM 1 **	18,4	12,2	5,4	23,1
VM 3 *	19,2	14,4	6,0	30,6
VM 4 *	18,5	14,0	4,5	30,9
VM 5 *	20,5	14,6	4,9	32,2
<i>Corymbia citriodora</i>	17,3	13,3	4,3	25,4
<i>Eucalyptus paniculata</i>	15,5	12,1	4,4	17,8
<i>Corymbia citriodora</i> x <i>Eucalyptus toreliana</i>	17,5	13,3	6,4	22,4

*Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

* Natural hybrid of *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

Tabela 3. Umidade inicial das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*
Table 3. Initial moisture of *Eucalyptus* and *Corymbia* logs

Material	Umidade da Base (%)	Umidade do Meio (%)	Umidade do topo (%)
GER 73402 *	100,26	79,16	94,56
MN 463 *	129,70	129,60	129,40
PEM 03698 *	129,45	115,75	160,40
VM 1 **	98,69	93,41	103,67
VM 3 *	109,92	79,16	94,56
VM 4 *	102,41	77,09	82,96
VM 5 *	105,76	93,88	104,63
<i>Corymbia citriodora</i>	73,52	63,02	69,58
<i>Eucalyptus paniculata</i>	66,16	70,56	73,52
<i>Corymbia citriodora</i> x <i>Eucalyptus toreliana</i>	54,67	67,17	66,15

* Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ** *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

* Natural hybrid of *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

Tabela 4. Densidade, máximo teor de umidade, taxa de secagem e umidade final das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*
Table 4. Density, maximum moisture content, drying rate and final moisture content of the *Eucalyptus* and *Corymbia* logs

Material genético	Densidade (g/cm ³)	MTU (%)	Taxa de secagem (%/dia)	Umidade final (%)
GER 73402 *	0,5364	121,48	0,4039	62,28
MN 463 *	0,4863	140,71	0,6386	69,66
PEM 03698 *	0,5041	133,42	0,5660	76,25
VM 1 **	0,5655	111,89	0,4755	53,97
VM 3 *	0,5364	121,48	0,4679	65,93
VM 4 *	0,5524	116,07	0,5409	51,56
VM 5 *	0,5523	116,12	0,4755	61,04
<i>Corymbia citriodora</i>	0,7059	76,72	0,2251	33,50
<i>Eucalyptus paniculata</i>	0,6534	88,12	0,4812	26,27
<i>C. citriodora</i> x <i>E.toreliana</i>	0,6840	81,26	0,4204	26,63

*Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ** *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

* Natural hybrid of *Eucalyptus urophylla*; ** *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

A densidade e a umidade inicial dos discos da base das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* apresentaram correlação negativa com coeficiente de correlação de -0,944 (Figura 2). A umidade inicial das toras diferiu do MTU(%) estimado, mas apresentou coeficiente de correlação de 0,958.

Madeiras com baixa densidade apresentam mais espaços vazios a serem preenchidos por

água, como cavidades celulares e espaços intercelulares, incluindo vasos e canais resiníferos, o que resulta em alta umidade da mesma.

A densidade da madeira e a perda de umidade das toras da base durante 94 dias apresentaram correlação negativa, com coeficiente de correlação de -0,761 e a densidade básica e umidade final das toras apresentou coeficiente de correlação igual a -0,944 (Figura 3).

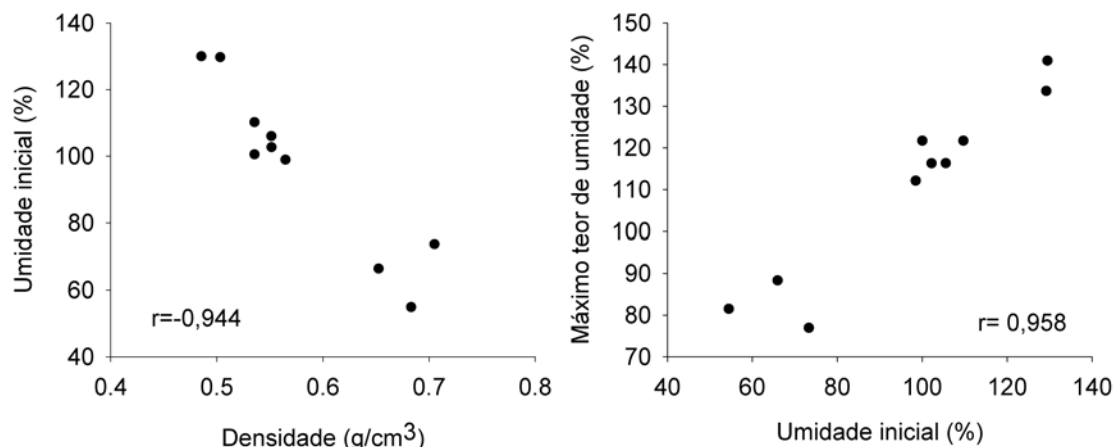


Figura 2. Relação entre a umidade inicial e a densidade das toras da base de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

Figure 2. Relationship between initial moisture content and density of logs from the tree base of *Eucalyptus* and *Corymbia*.

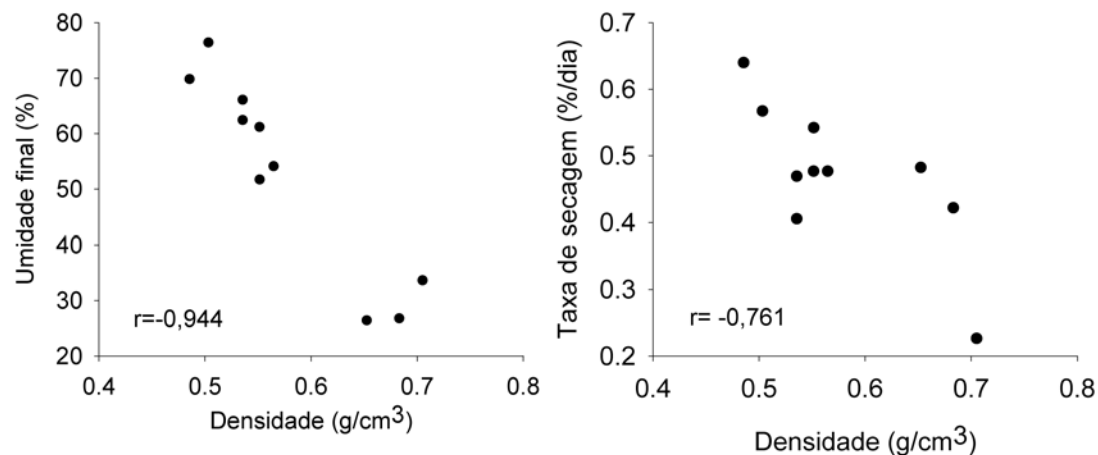


Figura 3. Relação entre a densidade e a perda de umidade em 94 dias e com a umidade final das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* da base.

Figure 3. Relationship between density and moisture loss after 94 days and between density and final moisture content of *Eucalyptus* and *Corymbia* logs.

Toras com baixa densidade apresentam maior taxa de secagem, pois a água livre é mais fácil de ser removida (BERBEROVIC e MILOTA, 2011; MUGABI et al., 2010). Desse modo, uma alta densidade tem a baixa umidade inicial como fator positivo e a baixa taxa de secagem como negativo, comparando estes dois fatores foi constatado que a menor umidade inicial se sobrepõe, com isso, toras com alta densidade apresentaram menor umidade após 94 dias de secagem.

A umidade final de *Eucalyptus* e *Corymbia* variou de 26,26 a 76,24 (%) para as toras da base, de 21,41 a 44,39% para as toras do meio e de 11,37 a 23,17% para as toras do topo (Figura 3). A tora recém abatida possui grande quantidade de água livre, que é mais fácil de ser removida, o que aumentou a taxa de secagem nos primeiros 15 dias, o valor desta taxa tendeu a se estabilizar ao final do período de secagem. Devido a impermeabilização da superfície transversal, a perda

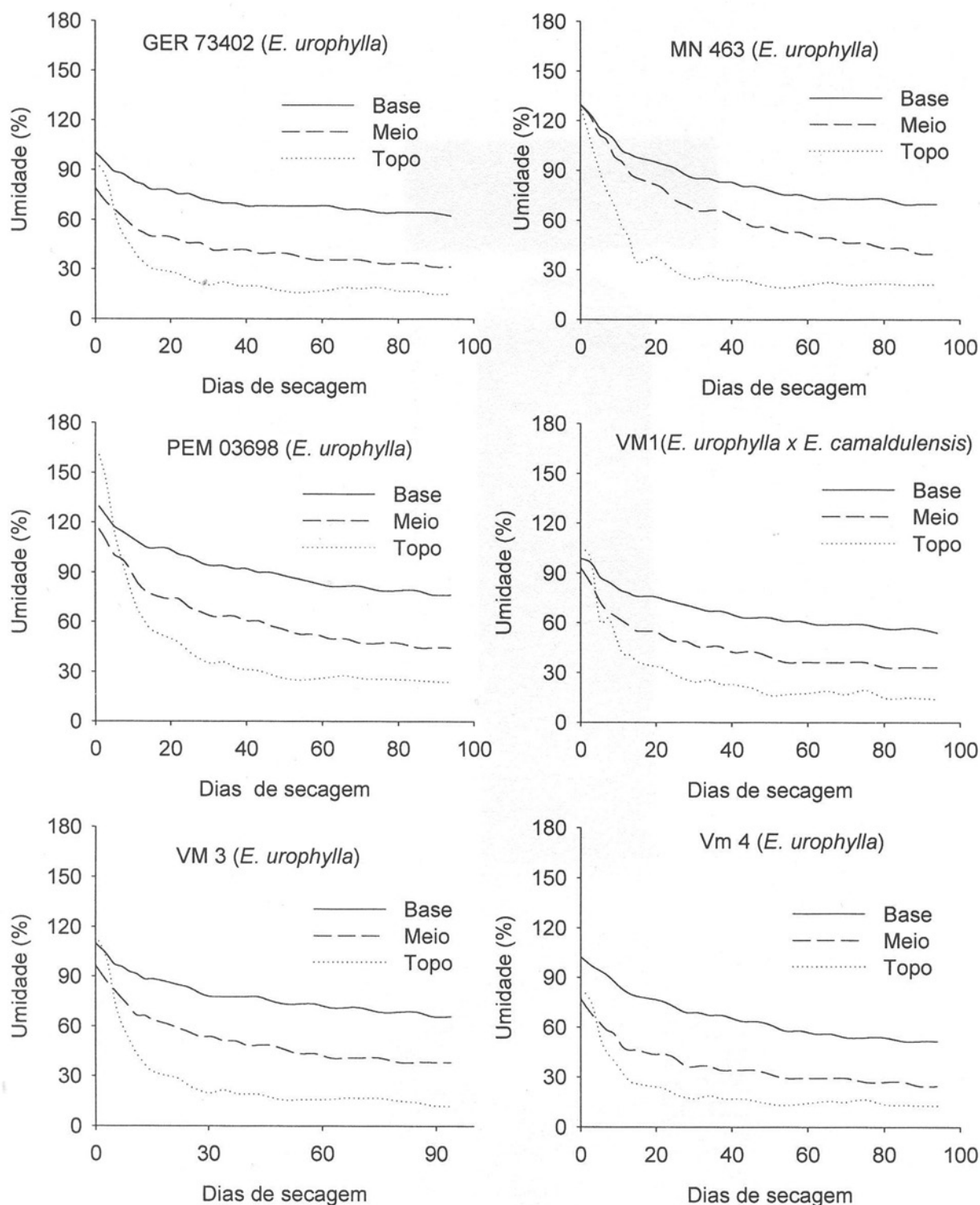


Figura 4. Curva de secagem de *Eucalyptus* e *Corymbia* em função do tempo de secagem.
Figure 4. *Eucalyptus* and *Corymbia* drying curve during drying time.

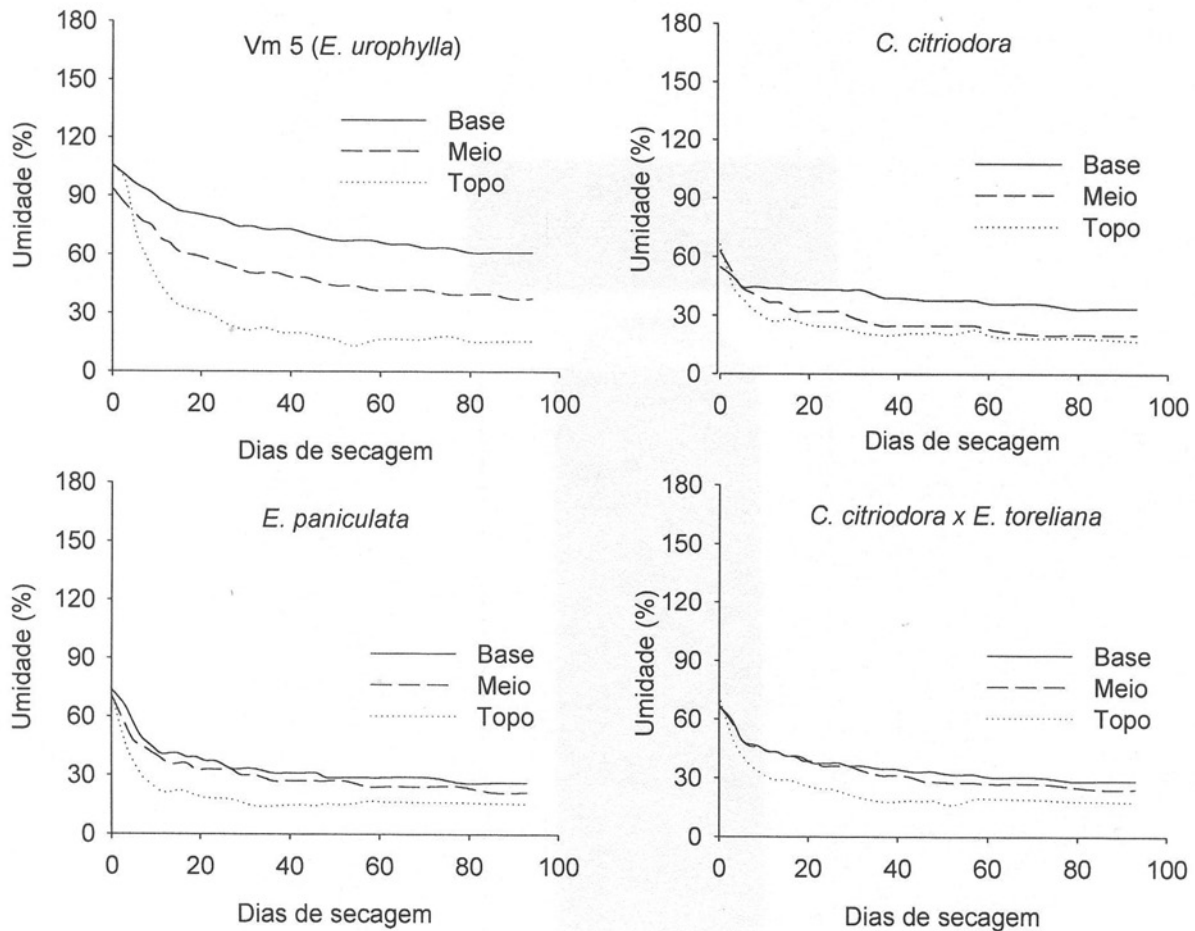


Figura 4 - Continuação. Curva de secagem de *Eucalyptus* e *Corymbia* em função do tempo de secagem.
Figure 4 - Continuation. *Eucalyptus* and *Corymbia* drying curve during drying time.

de água se deu pela superfície rolante, em toras com menor diâmetro, o caminho a ser percorrido pela água foi menor, fazendo com que estas toras apresentassem maior taxa de secagem. Semelhante tendência foi encontrada para toras de *Eucalyptus* (REZENDE et al., 2010), para madeira

serrada de *Cryptomeria japonica* (HERMAWAN et al., 2012) e cavacos de *Betula papyrifera* (BEDANE et al., 2011).

O poder calorífico superior de *Eucalyptus* e *Corymbia* variou de 4.592 a 4.787 cal/g e o poder calorífico líquido de 1689,57 a 2784,06 para as

Tabela 5. Poder calorífico superior e líquido de toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* antes e após o período de 94 dias de secagem.

Table 5. Gross calorific value and net calorific value of *Eucalyptus* and *Corymbia* logs before and after 94 days drying.

Material genético	PCS (cal/g)	PCI da árvore recém-abatida(cal/g)	PCI após 94 dias de secagem(cal/g)
GER 73402 *	4697 A a	2016 C f	2642 B d
MN 463 *	4742 A a	1689 C h	2522 B e
PEM 03698 *	4747 A a	1694 C h	2406 B f
VM 1 **	4787 A a	2076 C d	2874 B c
VM 3 *	4697.5 A a	1893 C g	2569 B e
VM 4 *	4735 A a	2003 C e	2898 B c
VM 5 *	4752 A a	1967 C f	2698 B
<i>C. citriodora</i>	4650 A b	2403 C c	3319 B c
<i>E. paniculata</i>	4592 A c	2507 C b	3502 B b
<i>C. citriodora</i> x <i>E. toreliana</i>	4663 A b	2784 C a	3545 B a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem pelo teste de Scott-Knott e Tukey a 5%, respectivamente. *Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

Average followed by different capital letters represent variation in the line b) Different lower case letters represent variation in column * Natural hybrid of *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*

toras recém abatidas e entre 2406,11 e 3545,11 após o período de secagem. O poder calorífico líquido aumentou em média 38,35% após 94 dias de estocagem. Esse poder calorífico superior foi semelhante aos relatados para os gêneros *Eucalyptus* e *Eschweilera*, entre 4250 e 4758 (VALE et al., 2000; MONTEIRO et al., 2012; MOUTINHO et al.; 2011; SANTOS, 2011).

O poder calorífico líquido das toras recém abatidas dos diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* e *Corymbia* aumentaram após o período de secagem, evidenciando a importância deste processo para a obtenção de madeira com melhores propriedades energéticas. Entretanto, o comportamento da secagem e por consequência o incremento do poder calorífico líquido foram diferentes para os materiais genéticos, evidenciando que os estudos sobre ganho energético através da secagem devem ser feitos para cada material de forma separada para obtenção de resultados mais detalhados.

CONCLUSÃO

Uma maior densidade implicou em menor umidade inicial, taxa de secagem e umidade final da madeira. As toras de menor diâmetro de uma mesma árvore apresentaram maior taxa de secagem devido ao menor caminho a ser percorrido pela água no sentido transversal.

A secagem aumentou o poder energético da madeira, no entanto, entre as toras da base, apenas *C. citriodora*, *E. paniculata* e *C. citriodora* x *E. toreliana* atingiram umidade inferior a 35%, recomendado para uso energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941. Madeira:** Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003, 6 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633. Carvão vegetal:** determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984, 13 p.

BEDANE, A. H.; AFZAL, M. T.; SOKHANSANI, S. Simulation of temperature and moisture changes during storage of woody biomass owing to weather variability. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 35, n. 2, p. 3147-3151, 2011.

BERBEROVIC, A.; MILOTA, M. R. Impact of wood variability on the drying rate at different moisture content levels. *Forest Products Journal*, Madison, v. 61, n. 6, p. 435-442, 2011.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; QUIRINO, W. F.; BRITO, J.; O. Storage as a tool to improve wood fuel quality. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 35, n. 7, p. 2581-2588, 2011.

CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Produção e Utilização de Carvão Vegetal.** Belo Horizonte: CETEC, 1982, 393 p.

CHAN, J. M.; MORENO, C. J.; WALKER, J. C. F.; RAYMND, C. A. Variation in green density and moisture content of radiate pine trees in a humid region of New South Wales. *Australian Forestry*, Melbourne, v. 75, n. 1, p. 31-42, 2012.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E.J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HERMAWAN, A.; FUJIMOTO, N.; SAKAGAMI, H. et al. Effects of high-temperature and low-humidity pretreatment on the drying properties of Sugi boxed-heart timber with black-colored heartwood. *Drying Technology*, Philadelphia, v. 30, n. 1, p.780-786, 2012.

KLITZKE, R. J. **Avaliação do carvão da bracinga (*Mimosa scabrella* bentham) em função da idade, do teor de umidade da madeira e da temperatura final de carbonização.** 1998, 137 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

KOLLMANN, F. F. P., CÔTE, W. A. **Principles of wood science.** I. Solid wood. Berlin: Springer-Verlog, 1968.

MONTEIRO, T. C.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Energia armazenada nos resíduos do desdobro de toras de *Eucalyptus grandis*. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 33-42, 2012.

MOUTINHO, V. H. P; COUTO, A. M.; LIMA, J. T.; AGUIAR, O. J. R.; NOGUEIRA, M. O. G. Energetic characterization of Matá-Matá wood from the brazilian rainforest (*Eschweilera* Mart Ex Dc). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 457-461, 2011.

- MOYA, R.; TENORIO, C.; MEYER, I. Influence of wood anatomy on moisture content, shrinkage and during defects in *Vochysia guatemalensis* Donn Sm. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 249-258, 2012.
- MUGABI, P.; MUGABI, P.; RYPSTRA, T. VERMAAS, H. F.; NEL, D. G. Relationships between drying defect parameters and some growth characteristics in kiln-dried South African grown *Eucalyptus grandis* poles. **European Journal of Wood and Wood Products**, Berlin, v. 68, n. 3, p. 329-340, 2010.
- OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.
- REZENDE, R.N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. E.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras. MG. **Cerne**, Lavras, v.16 (Suplemento), p. 41-47, 2010.
- REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; NAPOLI, A.; ANDRADE, H. B.; FARIA, A. L. R. Air drying of logs from *Eucalyptus urophylla* clone for carbonization use. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 565-572, 2010.
- RIBEIRO, A. O.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; ZIECH, R. Q. S.; MENDES, R. F. Variação da densidade básica da madeira de *Toona ciliata* Roem cultivada em diferentes localidades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 359-366, 2011.
- ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- ROUSSET, P.; FIGUEIREDO, C.; SOUZA, M. D.; QUIRINO, W. Pressure effect on the quality of eucalyptus wood charcoal for the steel industry: A statistical analysis approach. **Fuel Processing Technology**, v. 92, n. 3, p. 1890-1897, 2011.
- SANTANA, W.M.S.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F.; Effect of age and diameter class on the properties of wood from clonal *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2012.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOROS, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.
- SKAAR, C. **Water in wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. 218p
- TEIXEIRA, B. M. R.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; DELLA LUCIA, R. M. Avaliação radial e longitudinal das propriedades mecânicas e da massa específica básica da madeira de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 463-468, 2011.
- VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M.; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.
- VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; VALENTE, O. F. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 10-27, ago. 1985.

Recebido em 30/12/2012
Aceito para publicação em 10/06/2013