

ELABORAÇÃO DE PROGRAMA DE SECAGEM PARA MADEIRAS DE CLONES DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* spp

Celso Gonçalves Barbosa¹, José Tarcísio Lima², Sebastião Carlos da Silva Rosado², Paulo Fernando Trugilho²

(recebido: 11 de junho de 2003; aceito: 10 de janeiro de 2005)

RESUMO: A elaboração de programas de secagem adequados é fundamental para a obtenção de madeiras secas com boa qualidade em estufa convencional. Madeiras de *Eucalyptus* são particularmente difíceis de secar e por isso é desejável que os programas de secagem sejam cuidadosamente desenvolvidos. Os objetivos deste trabalho foram elaborar um programa de secagem para madeiras de dez clones de híbridos de *Eucalyptus* e verificar a susceptibilidade dessas madeiras a defeitos pós-secagem. Para atingir estes objetivos, foi utilizada a metodologia de secagem drástica a 100°C, que consiste associar a intensidade de defeitos, tempo e velocidade de secagem de pequenas amostras de madeiras, ao comportamento de tábuas na secagem convencional. De acordo com os resultados obtidos, foi possível desenvolver um programa de secagem comum às madeiras dos dez clones estudados. Esse programa é baseado numa temperatura inicial igual a 40°C, temperatura final igual a 66°C e potencial de secagem igual a 2,2. O tempo de secagem pode ser reduzido se os clones forem agrupados, segundo suas velocidade de secagem. De forma geral, os clones apresentaram baixa susceptibilidade a rachaduras e alta susceptibilidade ao colapso.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, madeira, programa de secagem.

ELABORATION OF A DRYING SCHEDULE FOR *Eucalyptus* spp HYBRIDS CLONES WOODS

ABSTRACT: The elaboration of adequate drying schedules is essential to produce high quality conventional kiln dried lumber. *Eucalyptus* woods are particularly difficult to dry, and, for this reason, it is desirable that the drying schedule be carefully developed. The objectives of this work were to elaborate a drying schedule for woods of ten *Eucalyptus* hybrids clones and to verify the propensity of these woods to post drying defects. For this purpose, it was applied the methodology of drastic drying at 100°C, which associates intensity of defects, time and rate of drying, presented by small wood samples, with the behaviour to be presented by lumber after the conventional drying. The results allowed developing a drying schedule common to the ten clone lumbers. This program is based on an initial temperature of 40°C, final temperature of 66°C and drying potential equal to 2.2. The drying time can be reduced, if the clones were grouped in accordance to their drying rate. The clones presented low propensity to split and high propensity to collapse.

Key words: *Eucalyptus*, wood, drying, schedule.

1 INTRODUÇÃO

A secagem é uma fase de grande importância nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria das características de trabalhabilidade e redução tanto da movimentação dimensional como da possibilidade de ataque por fungos e insetos. Além disso, quando o processo é realizado em secadores e conduzido de maneira adequada, obtém-se considerável redução do tempo de secagem e maior controle sobre os defeitos (ANDRADE et al., 2001).

A secagem é a operação intermediária que contribui para agregar valores aos produtos

manufaturados da madeira e é também uma fase de alto custo na indústria de transformação (JANKOWSKY, 2000). Essas são as principais razões para a constante busca de maior qualidade na madeira pós-secagem, em que a utilização de um programa de secagem adequado é fundamental.

Segundo Oliveira (1981), o programa de secagem é uma seqüência de interferências ou ações que são realizadas durante a secagem por meio dos controles da temperatura e da umidade relativa. O programa de secagem é elaborado experimentalmente, sendo seus objetivos a secagem rápida da madeira e a garantia de qualidade do material ao final da secagem.

¹ Engenheiro Florestal – FACIMED – Cacoal, RO – 78976-025 – celso.g.b@bol.com.br

² Professor, Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – Lavras, MG – 37.200.000.

A madeira de *Eucalyptus* é conhecida, de forma geral, como de difícil secagem (SIMPSON, 1996; MARTINS et al., 2001 e SANTOS, 2002), devido à sua estrutura anatômica desfavorável ao fluxo de líquidos. Neste sentido, surgem defeitos de secagem, como rachaduras, empenamento, dentre outros.

A indicação de programas para madeiras pouco conhecidas e os posteriores ajustes destes programas usualmente seguem o método de tentativa e erro. Esta metodologia é lenta e os programas já existentes podem não ser indicados para novas espécies (JANKOWSKY et al., 2002).

Um programa de secagem não atende às necessidades de todas as espécies de madeira (BRANDÃO, 1989), sendo necessária a elaboração de programas (específicos) para uma espécie ou grupo de espécies com características semelhantes durante o processo de secagem.

A dificuldade de elaboração de programas de secagem para madeiras tem forçado muitos pesquisadores a buscarem definir uma metodologia para atender a esse fim.

Simpson (1996), elaborando programas de secagem para espécies de madeiras tropicais e temperadas, estabeleceu as seguintes etapas para definir uma metodologia para elaboração de programa de secagem: estimar a temperatura inicial de bulbo seco, estimar a depressão inicial de bulbo úmido, estimar o teor de umidade para primeira mudança de depressão de bulbo úmido, estabelecer um método para aumentar a temperatura do bulbo seco, estabelecer um método para aumentar a depressão do bulbo úmido, elaborar o programa de secagem estimado e, então, aplicar o programa para uma espécie sem programa conhecido.

Martins et al. (2001) elaboraram programas de secagem submetendo amostras (2,5 x 50,0 x 14,0 cm) de madeira de eucalipto a três níveis de temperatura (80°C, 60°C e 45°C) e avaliando diariamente o tempo de duração e os defeitos ocorridos durante a secagem. Por meio deste método foi possível identificar qual a melhor temperatura de secagem e, posteriormente, elaborar programas de secagem relacionando cada nível de temperatura com os defeitos apresentados.

Simpson (1996) testou a viabilidade de elaborar programas de secagem por meio da relação da temperatura inicial de bulbo seco e da depressão inicial de bulbo úmido, com a densidade. Usando o método de quadrados mínimos, o autor estimou sistematicamente o aumento da temperatura de bulbo seco e da depressão do bulbo úmido pela relação dos dados coletados na literatura sobre densidade da madeira e sobre programas de secagem. Foram então estimados programas para 3.237 espécies da África, Ásia, Oceania e América Latina. A metodologia representa um bom indicativo para a seleção de programas, para aquelas espécies que não têm um programa conhecido, porém, alguns desvios apresentados podem comprometer a metodologia para a elaboração de programas de secagem.

Brandão (1989), baseando-se no trabalho de Terazawa, testou a viabilidade da utilização de uma metodologia que relacionava, em pequenas amostras de madeira (2,50 x 5,0 x 10,0 cm), as ocorrências de diferentes graus de rachaduras e colapsos decorrentes de uma secagem a 100°C com a temperatura inicial, temperatura final e potencial de secagem de programas encontrados na literatura para diferentes tipos de madeira. O autor concluiu que a metodologia empregada era eficiente para prever o comportamento de uma dada madeira, quando submetida a um processo de secagem convencional. Também concluiu que a taxa de secagem e a rachadura de topo foram as variáveis de maior importância para a elaboração dos programas de secagem.

Ciniglio (1998) utilizou uma metodologia semelhante à de Brandão (1989), em que, por meio de equações que relacionam os defeitos da madeira com os parâmetros de um programa de secagem, estimou a temperatura inicial, a temperatura final e o potencial de secagem para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Esta metodologia foi testada também por Andrade (2000) para *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Cordia goeldiana*, *Ocotea porosa*, *Mezilaurus itauba*, *Hymenaea sp*, *Maartiodendron sp*, *Aspidosperma sp*, *Balfourodendron riedelianum*, *Pinus caribaea*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Couratari sp*. Santos (2002) também testou a metodologia para *Eucalyptus*

grandis. Estes autores concluíram que esta metodologia é eficiente para estimar parâmetros para elaboração de programas de secagem. A grande vantagem da metodologia apresentada por Ciniglio (1998) é a obtenção de um programa de secagem em um curto intervalo de tempo (aproximadamente 18 horas, dependendo da espécie), quando comparada com as outras metodologias, e ainda fornece uma noção do comportamento da madeira durante o processo de secagem.

Mesmo com a elaboração de um programa de secagem adequado, a secagem da madeira de *Eucalyptus* requer um cuidado especial, como pré-secagem (SANTOS, 2002) e pré-vaporização inicial para melhorar a permeabilidade (SEVERO, 2000), por ser uma madeira susceptível a defeitos como rachaduras, colapso e empenamentos. Normalmente, recomenda-se também secar a madeira de *Eucalyptus* a temperaturas relativamente baixas (40°C).

Os objetivos deste trabalho foram elaborar um programa de secagem para madeiras de dez clones de híbridos naturais de *Eucalyptus* e verificar a susceptibilidade dessas madeiras a defeitos pós-secagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados 10 clones de *Eucalyptus* spp (híbridos naturais), apresentados na Tabela 1. Estes clones provêm de um sistema agroflorestral, plantado em fazendas da Companhia

Mineira de Metais (CMM-AGRO), localizadas nos municípios de Paracatu e de Vazante, região noroeste de Minas Gerais.

A determinação do programa de secagem teve como base teórica a metodologia utilizada por Ciniglio (1998). A hipótese fundamental é a de que pequenas amostras de madeiras, quando submetidas a secagens drásticas, apresentarão comportamentos similares aos que possivelmente ocorrerão na secagem convencional, possibilitando assim, selecionar programas de secagem de forma confiável e rápida.

Foram utilizadas três tábuas recém-cortadas de toras verdes de cada um dos clones estudados. As dimensões das tábuas foram de 280 x 15 x 2,5 cm (comprimento, largura e espessura). Após serragem e aplainamento de cada tábua na sua parte central, foram retirados 12 corpos-de-prova por clone para secagem e elaboração do programa de secagem. Destes, quatro corpos-de-prova foram destinados para a determinação do teor de umidade inicial (C), quatro para a determinação da densidade básica (B) e quatro para ensaios na estufa (A), conforme esquema da Figura 1.

As umidades iniciais e finais das amostras foram determinadas empregando-se o método gravimétrico e a determinação da densidade básica foi feita pelo método de imersão em água em balança hidrostática.

Tabela 1 – Relação dos clones utilizados.

Table – List of the utilized clones.

Clone	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Local
58	7,5	10x4	Fazenda Riacho
62	7,5	6x4	Fazenda Bom Sucesso
44	7,5	6x4	Fazenda Bom Sucesso
280	7,5	10x4	Fazenda Riacho
299	7,5	10x4	Fazenda Riacho
66	8,5	10x4	Fazenda Riacho
36	8,5	10x4	Fazenda Riacho
41	8,5	10x4	Fazenda Riacho
02	10,5	6x4	Fazenda Bom Sucesso
07	10,5	6x4	Fazenda Riacho

No ensaio para a determinação do programa, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de laboratório a 100°C, sem sistema de circulação forçada de ar. Durante a secagem drástica, a evolução da rachadura de topo foi acompanhada periodicamente (de 2 em 2 horas) por meio da medição da abertura com auxílio de uma lâmina calibradora e o comprimento através

de um paquímetro digital (considerando-se sempre a maior intensidade de ocorrência). Com a mesma periodicidade, determinou-se a perda de massa até as amostras atingirem 5% de umidade. Em seguida, as amostras foram cortadas transversalmente para a determinação do colapso (Figura 2 e equação 1) e da rachadura interna.

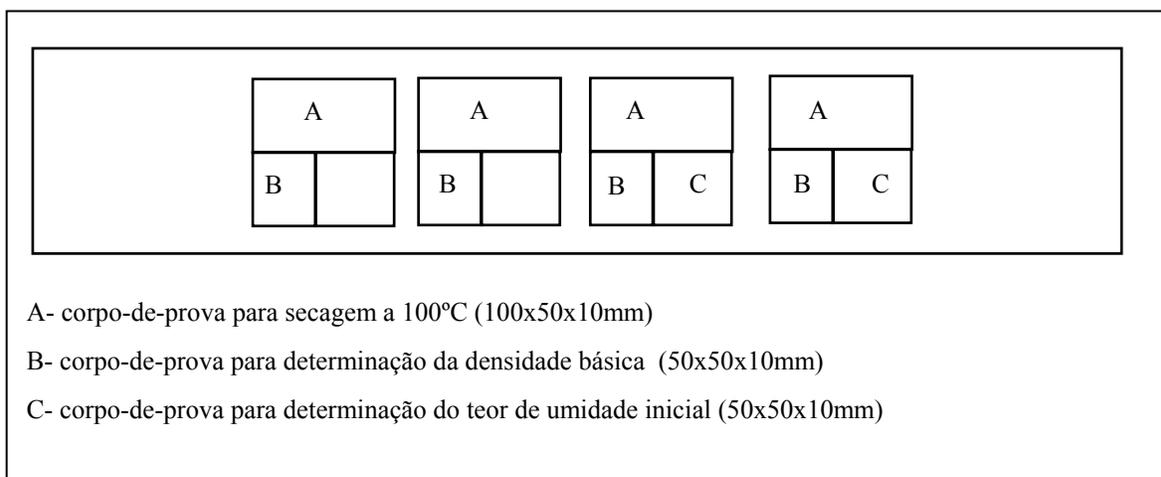


Figura 1 – Esquema de retirada dos corpos de prova de uma tábua para secagem em estufa a 100°C.

Figure – Cutoff scheme of samples of a board to kiln drying at 100°C.

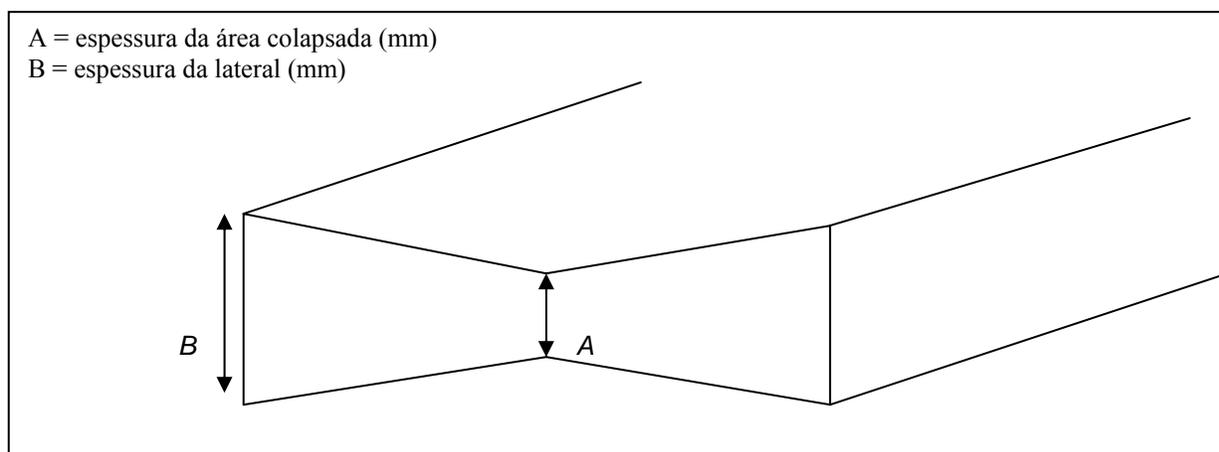


Figura 2 – Esquema da medição de colapso.

Figure 2 – Scheme for collapse measurement.

$$\Delta e = A - B \quad (1)$$

em que:

Δe = variação da espessura (mm)

A = espessura com contração normal (mm)

B = espessura com contração irregular, deformada (mm)

Os valores de rachadura de topo, colapso e rachadura interna foram transformados em escores, de acordo com os critérios da Tabela 2. Os valores de perda de água foram utilizados para o cálculo da velocidade de secagem (expressões 2, 3 e 4). Com base nesses valores foram calculadas as variáveis do ensaio a 100°C (Tabela 3), necessárias para o cálculo dos parâmetros do programa de secagem (equações 5, 6 e 7).

a) Velocidade de secagem até 5% de umidade.

$$V_1 = \frac{m_u - m_5}{T_1 * 100} \quad (2)$$

em que:

V_1 = velocidade de secagem da umidade inicial até 5% ($g/cm^2 \cdot h$);

m_u = massa da amostra à umidade inicial (g);

m_5 = massa da amostra a 5% de umidade (g);

T_1 = tempo de secagem da umidade inicial até 5% (h);

100 = área superficial da amostra (cm^2).

b) Velocidade de secagem até 30% de umidade

$$V_2 = \frac{m_u - m_{30}}{T_2 * 100} \quad (3)$$

em que:

V_2 = velocidade de secagem da umidade inicial até 30% ($g/cm^2 \cdot h$);

m_{30} = massa da amostra a 30% de umidade (g);

T_2 = tempo de secagem da umidade inicial até 30% (h);

c) Velocidade de secagem de 30 a 5% de umidade.

$$V_3 = \frac{m_{30} - m_5}{T_3 * 100} \quad (4)$$

em que:

V_3 = velocidade de secagem de 30% a 5% de umidade ($g/cm^2 \cdot h$);

m_5 = massa da amostra a 5% de umidade (g);

T_3 = tempo de secagem de 30% a 5% de umidade (h);

Equações para determinação dos parâmetros do programa de secagem (CINIGLIO, 1998):

$$TI = 27,9049 + 0,7881 T_2 + 419,0254 V_1 + 1,9483 R_1 \quad (5)$$

$$TF = 49,2292 + 1,1834 T_2 + 273,8685 V_2 + 1,0754 R_1 \quad (6)$$

$$PS = 1,4586 - 30,4418 V_3 + 42,9653 V_1 + 0,1424 R_3 \quad (7)$$

Onde:

TI = Temperatura inicial (°C);

TF = Temperatura final (°C);

PS = Potencial de secagem.

Com base nos parâmetros encontrados, os programas de secagem foram elaborados com o auxílio de cartas psicrométricas.

Tabela 2 – Escore atribuído às magnitudes das rachaduras de topo e do colapso (CINIGLIO, 1998).

Table 2 – *Attributed score to the end split and collapse dimensions (CINIGLIO, 1998).*

Escore	Rachadura de topo	Rachadura interna	Colapso
1	Ausente	Ausente	Ausente
2	CR < 5,0 e LR < 0,5	CR < 2,5 e LR < 0,5	e < 0,25
3	CR > 5,0 e LR < 0,5	CR > 2,5 e LR < 0,5	0,25 > e < 0,5
4	CR < 5,0 e 0,5 < LR < 1,0	CR > 2,5 e LR > 1,0	5,0 < e < 0,5 < 1,0
5	CR > 5,0 e 0,5 < LR < 1,0	-	e > 1,0
6	CR > 5,0 e LR > 1,0	-	-

Onde: CR = comprimento da rachadura (mm); e = espessura da amostra (mm); LR = largura da rachadura (mm).

Tabela 3 – Variáveis do ensaio a 100°C (CINIGLIO, 1998).**Table 3** – Variable of the test at 100°C (CINIGLIO, 1998).

Variável	Descrição	Faixa de umidade	Unidade
Ui	Umidade inicial	Verde	%
T1	Tempo de secagem	Ui a 5%	h
T2	Tempo de secagem	Ui a 30%	h
T3	Tempo de secagem	30% a 5%	h
V1	Velocidade de secagem	Ui a 5%	g/cm ² .h
V2	Velocidade de secagem	Ui a 30%	g/cm ² .h
V3	Velocidade de secagem	30% a 5%	g/cm ² .h
R1	Rachaduras de topo	Ui a 5%	* escore
R2	Rachaduras de topo	Ui a 30%	* escore
R3	Rachaduras de topo	30% a 5%	* escore
C	Intensidade de colapso	Ui a 5%	* escore

* avaliado por escore conforme Tabela 2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os procedimentos empregados visaram a elaboração de programas conservadores, isto é, com menores potenciais de secagem e condições mais suaves. A Tabela 4 relaciona os valores médios de umidade inicial, densidade básica e variáveis utilizadas para determinar os parâmetros do programa de secagem (Tabela 5).

De forma geral, os parâmetros determinados (Tabela 5) mostraram-se coerentes com os encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*, como mostra a Tabela 6. Os valores médios encontrados para a madeira dos clones aqui estudados resultaram em temperatura inicial (42,98°C), temperatura final (66,8°C) e potencial de secagem (2,20) ligeiramente superiores àqueles encontrados para *Eucalyptus grandis* (CINIGLIO, 1998; ANDRADE, 2000; e SANTOS, 2002), para *Eucalyptus tereticornis* (ANDRADE, 2000) e para *Eucalyptus urophylla* (CINIGLIO, 1998).

Como pode-se observar na Tabela 5, os clones apresentaram valores dos parâmetros próximos entre si e também comportamentos semelhantes nas rachaduras de topo e nas rachaduras internas. Isso permite a adoção de um programa único, o que também foi adotado por Andrade (2000) para diferentes espécies. Entretanto, observa-se comportamento diferente

entre clones para os valores das velocidades de secagem da umidade inicial até a umidade de 5% (V1).

Baseando-se no princípio de que madeiras, para serem secas juntas, devem ter o mesmo comportamento quanto à velocidade de secagem e à propensão aos defeitos, tomou-se como base a velocidade de secagem da umidade inicial até 5% (V1) para reunir os clones em três grupos de secagem (Tabela 5). Destes, o grupo 1, constituído pelos clones 7, 36, 58 e 280, é o de maior dificuldade de secagem. O grupo 2, de dificuldade intermediária, é constituído dos clones 299, 44-94, 62, 2, 62. O grupo 3, de menor dificuldade de secagem, é formado pelos clones 41 e 66.

Embora diferentes clones estejam juntos no mesmo grupo de secagem, não significa que suas madeiras apresentarão exatamente o mesmo comportamento durante o processo de secagem. A título de exemplo, a possível diferença de comportamento entre os clones de um mesmo grupo pode ser calculada para as madeiras do clone 7 e do clone 36, que apresentam umidades iniciais aproximadas e velocidades de secagem de água capilar de 0,0231 e 0,037 g/cm².h, respectivamente. Se for considerada uma simulação, assim como feito por Andrade (2000),

Tabela 4 – Valores médios do teor de umidade inicial, densidade básica e variáveis do ensaio a 100 °C por clone.**Table 4** – Average values of the initial moisture content, basic density and test variables at 100°C per clone.

Clone	Db G/cm ³	Ui (%)	T1 (h)	T2 (h)	T3 (h)	V1 (g/cm ² .h)	V2 (g/cm ² .h)	V3 (g/cm ² .h)	R1 (Un.)	R2 (Un.)	R3 (Un.)	Ri (Un.)	Colapso (Un.)
7	0,54	91,6	19,60	7,51	12,09	0,0120	0,0231	0,0059	1,41	1,41	1,41	1,08	5,00
58	0,46	109,7	16,43	6,73	9,70	0,0160	0,0285	0,0070	1,17	1,17	1,17	1,00	4,50
36	0,49	90,1	15,25	5,66	9,58	0,0160	0,0303	0,0075	2,00	2,00	2,00	1,00	4,00
280	0,46	118,0	16,04	7,37	8,67	0,0166	0,0281	0,0068	1,17	1,17	1,17	1,00	5,00
299	0,54	100,7	14,95	6,12	8,82	0,0181	0,0323	0,0081	1,00	1,00	1,00	1,00	1,67
44	0,48	111,0	14,93	6,52	8,42	0,0186	0,0319	0,0079	1,00	1,00	1,00	1,17	3,25
2	0,50	111,3	13,21	5,69	7,52	0,0204	0,0354	0,0085	1,67	1,83	1,67	1,50	4,91
62	0,49	110,1	12,73	5,61	7,12	0,0210	0,0362	0,009	1,17	1,17	1,17	1,17	4,75
41	0,57	95,3	11,52	4,46	7,06	0,0226	0,0427	0,0104	1,25	1,17	1,17	1,08	3,17
66	0,50	112,7	10,54	4,32	6,22	0,0258	0,0481	0,0101	1,25	1,33	1,25	1,75	4,42
Média	0,55	102,4	14,31	5,82	8,48	0,0187	0,0337	0,0082	1,36	1,36	1,35	1,16	4,04

V1 = Velocidade de secagem da Ui até 5%

V2 = Velocidade de secagem da Ui até 30%

V3 = Velocidade de secagem de 30% até 5%

Ui = Umidade inicial

R1 = Rachadura de topo da Ui até 5%

R2 = Rachadura de topo da Ui até 30%

R3 = Rachadura de topo de 30% até 5%

Db = Densidade básica

T1 = Tempo de secagem da Ui até 5%

T2 = Tempo de secagem da Ui até 30%

T3 = Tempo de secagem de 30% até 5%

Un. = escore

Tabela 5 – Parâmetros dos programas de secagem obtidos a partir do ensaio a 100°C.**Table 5** – Parameters of the drying schedule obtained from the test at 100°C.

Grupo	Clone	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Potencial de secagem (°C)
1	7	41,81	65,98	2,02
	58	42,37	66,26	2,12
	36	42,96	66,39	2,20
	280	42,93	66,90	2,13
2	299	42,27	66,40	2,13
	44	42,77	66,76	2,16
	2	44,53	67,47	3,32
	62	43,41	67,05	2,25
3	41	43,15	67,56	2,28
	66	44,74	68,86	2,44
Média		42,98	66,80	2,20

Tabela 6 – Parâmetros de secagem encontrados na literatura para a madeira de *Eucalyptus*, conforme método de Ciniglio (1998).**Table 6** – Parameters of drying found in the literature for *Eucalyptus* wood according to Ciniglio's method (1998).

Espécie	Parâmetros			Fonte
	T°C inicial	T°C final	Potencial de secagem	
<i>Eucalyptus grandis</i>	41,7	65,7	2,17	Andrade (2000)
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	39,0	62,7	2,01	Andrade (2000)
<i>Eucalyptus grandis</i>	40,0	65,0	2,00	Santos (2002)
<i>Eucalyptus grandis</i>	40,5	64,9	2,10	Ciniglio (1998)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	40,3	65,5	2,11	Ciniglio (1998)

na secagem de tábuas com 250 x 10 x 2,8 cm, a massa de água removida em 1 m³ de madeira seria de 18,48 kg/h, no caso do clone 7 e 26,96 kg/h para o clone 36, correspondendo a uma diferença de 8,48 kg/h na taxa de secagem entre eles. Neste caso, a secagem deve ser controlada pela madeira do clone 7, que apresenta uma secagem mais lenta.

Os clones apresentaram comportamentos semelhantes quanto às rachaduras e aos colapsos, podendo ser classificados como de baixa susceptibilidade a rachaduras e de alta susceptibilidade ao colapso (Tabela 4). Mesmo assim, os clones 299 e 44-94 destacaram-se pela ausência de rachaduras, indicando que provavelmente poderão ser submetidos à secagem em condições mais severas que as sugeridas pelos parâmetros encontrados.

A densidade básica dos clones variou de 0,460 g/cm³ (clones 58 e 280) a 0,570 g/cm³ (clone 41), com um valor médio de 0,550 g/cm³ (Tabela 4). Esta média é superior à encontrada por Cruz (2000) e por Xavier (2001), que encontraram valores de 0,505 g/cm³ e 0,495 g/cm³, respectivamente, em clones de híbridos de *Eucalyptus* coletados no mesmo local do presente trabalho.

Como é observado na Tabela 4, a densidade básica não representa o único fator a ser considerado para indicação de programas de secagem, confirmando o resultado encontrado

por Andrade (2000). A densidade, individualmente, não explica as variações de velocidade de secagem e a ocorrência de defeitos durante a secagem. Isto pode ser verificado, por exemplo, pelos comportamentos dos clones 7 e 299 (Tabela 4) que são de mesma densidade básica (0,54 g/cm³) e estão em grupos de secagem diferentes. Enquanto o clone 7 apresenta baixa velocidade de secagem e alta incidência de defeitos, o clone 299 apresenta maior velocidade de secagem e baixa incidência de defeitos.

É importante ressaltar que o ideal seria a secagem dos clones separadamente, não se esquecendo de que a secagem conjunta de diferentes clones, mesmo sendo do mesmo grupo, deve ser controlada em função do clone que apresenta maior tendência a defeitos e menor velocidade de secagem.

A partir dos resultados obtidos (Tabelas 5 e 6) e de cartas psicrométricas foi possível sugerir um programa de secagem para tábuas de até 28 mm de espessura (Tabela 7), sendo que, para espessuras maiores, é recomendável a adoção de programas mais suaves (ANDRADE et al., 2001).

A aplicação do programa de secagem apresentado na Tabela 7, para as madeiras dos 10 clones, em condições reais de secagem em estufa convencional, possibilitará a análise conclusiva da eficiência deste programa.

Tabela 7 – Programa de secagem elaborado para as tábuas dos clones de *Eucalyptus* com até 28 mm de espessura.

Table 7 – *Drying schedule elaborated for up to 28 mm thick lumber of Eucalyptus clones.*

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TU (°C)	UR (%)	UE (%)	Potencial de secagem
Aquecimento	40	39	94	22,0	-
U > 35	40	38	85	17,0	2,00
30	40	35	75	13,6	2,20
25	48	42	70	11,5	2,17
20	56	47	62	9,5	2,10
15	60	46	44	6,5	2,30
14	66	50	43	6,0	2,30
Uniformização	66	60	74	11,5	
Condicionamento	66	62	82	13,5	

TS = Temperatura de bulbo seco, TU = Temperatura de bulbo úmido, UR = Umidade relativa do ar, UE = Umidade de equilíbrio, U = umidade.

4 CONCLUSÕES

Foi possível o desenvolvimento de um programa de secagem comum às madeiras dos dez clones de *Eucalyptus* estudados. Esse programa é baseado numa temperatura inicial igual a 40°C, temperatura final igual a 66°C e potencial de secagem igual a 2,2.

O tempo de secagem pode ser reduzido, se os clones forem separados em grupos, segundo suas velocidades de secagem.

Os clones apresentaram baixa susceptibilidade a rachaduras e alta susceptibilidade ao colapso.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq pelo financiamento do projeto e pela concessão de bolsa de mestrado ao autor. Também agradecem à CMM-Agro pela cessão de material e apoio logístico para a coleta de dados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. **Indicação de programas para secagem convencional de madeira**. 2000. 51 p. Dissertação (Mestrado em tecnologia da madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A. Gupamento de madeiras para secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 89-99, jun. 2001.

BRANDÃO, A. de O. **Determinação de metodologia para a identificação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100 p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla***. 1998. 73 p. Dissertação (Mestrado em tecnologia da madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRUZ, C. R. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira**. 2000. 64 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JANKOWSKY, I. P. **Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada**. Piracicaba: Instituto de pesquisa e estudos florestais, 2000. p.13. (Circular Técnica, n. 191).

JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A.; ANDRADE, A. Estudo identifica necessidade de programas de secagem. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 11., n. 66, p. 42-47, out. 2002.

MARTINS, V. A.; GOUVEIA, F. N.; MARTINEZ, S. Secagem convencional de madeira de eucalipto parte I : *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, *E. grandis* Hil Ex Maiden e *E. pilularis* Sm. **Brasil Florestal**, Piracicaba, 70, p. 42-47, jul. 2001.

OLIVEIRA, L. C. S. **Perguntas e respostas em secagem de madeiras**. São Paulo: IPT, 1981. 36 p.

SANTOS, G. R. V. dos. **Otimização da Secagem da Madeira de *Eucalyptus grandis* (Hillex Maiden)**. 2002. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEVERO, E. T. D. **Qualidade da secagem da madeira de *Eucalyptus dunnii***. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 109-124, jun. 2000.

SIMPSON, W. T. **Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: tropical and temperate hardwoods**. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1996. 55 p.

XAVIER, G. K. **Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliada por marcadores moleculares RAPD, e variações nas propriedades da madeira**. 2001. 107 p. Dissertação (Mestrado em produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

