

Qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.)
K.D. Hill & L.A.S. Johnson submetida ao processo de termorretificaçãoWood technological quality of *Corymbia citriodora* (Hook.)
K.D. Hill & L.A.S. Johnson submitted to heat treatment processPablo Vieira Dos Santos¹, Marcelly Alves Da Silva¹, Ananias Francisco Dias Júnior²,
Alexandre Monteiro de Carvalho³ e Alexandre Miguel do Nascimento³

Resumo

O objetivo do presente estudo foi analisar a qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson após o processo de termorretificação, a partir da determinação das suas propriedades físicas, de ensaios de usinagem (trabalhabilidade), e de colorimetria. A termorretificação foi realizada em um forno mufla elétrico, sob as temperaturas de 160°C, 180°C e 200°C, representando três tratamentos, além do tratamento controle (sem termorretificação). Os ensaios das propriedades físicas foram realizados segundo os procedimentos descritos no documento normativo NBR 7190 (ABNT, 1990) e os testes de usinagem e trabalhabilidade obedeceram a norma ASTM (1994). As análises colorimétricas foram realizadas através do sistema CIE-L*a*b* c utilizando-se um espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta. Os resultados mostraram que a termorretificação diminuiu a densidade aparente e o teor de equilíbrio higroscópico dos corpos-de-prova. Nos testes de usinagem, de forma geral, foram observadas melhorias no desempenho das peças avaliadas, porém para o teste de fendilhamento por pregos notou-se que a termorretificação influenciou diretamente na resistência mecânica da madeira, obtendo-se 100% de “não aceitação de inserção por pregos” nos tratamentos que utilizaram este processo. A termorretificação causou alteração na cor original da madeira, levando a um escurecimento dos corpos-de-prova avaliados, sendo a alteração de cor mais acentuada verificada no tratamento que utilizou a temperatura de 200°C.

Palavras-chave: colorimetria, estabilidade dimensional, sistema CIE-L*a*b*, tratamento da madeira

Abstract

This study had the objective of analyzing the wood technological quality of *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson after the heat treatment process for its physical properties, machining tests and colorimetric tests. The heat treatment process was performed in an electric muffle oven at temperatures of 160 °C, 180 °C and 200 °C, totalizing tree treatments and also the control treatment (without heat treatment). The physical property tests were performed according to standards NBR 7190 (ABNT, 1990) and machining test with ASTM D 1666-87 - 1994. Colorimetric analyzes were performed using the CIE-L * a * b * with the support of portable spectrophotometer CM 2600d Konica Minolta. Results showed that the heat treatment decreased the apparent density and the equilibrium moisture content of samples. For the machinability tests, generally we observed an improvement in performance of analyzed samples, but for the test of nail insertion it was found that heat treatment directly influenced the mechanical strength of the wood, getting 100% of “non-acceptance for nail insertion” in treatments subjected to this process. Heat treatment caused a change in the original wood color, resulting in a darkening of wood, being more accentuated at 200°C.

Keywords: Colorimetry, dimensional stability, CIE-L * a * b *, treatment of wood.

INTRODUÇÃO

Uma das espécies florestais mais utilizadas no Brasil é a *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson, antes classificada como *Eucalyptus citriodora* Hook. A sua larga utilização se deve ao fato

¹Mestrando em Ciências ambientais e florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Instituto de Florestas. BR-465, km07 - 3890000 - Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: pabloufrjr@hotmail.com; marcelluyufrjr@hotmail.com.

²Doutorando em Recursos Florestais. USP - Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Av Pádua Dias, 11 - 13418900 - Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: ananiasjunior@gmail.com.

³Professor Associado do Departamento de Produtos Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Instituto de Florestas. BR-465, km07 - 3890000 - Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: amcarvalho.ufrjr@gmail.com; alexmnasci@gmail.com.

de apresentar madeira resistente ao apodrecimento e boas características de aplainamento, lixamento, furação e acabamento. Pode ser indicada para plantios visando usos múltiplos, construções, estruturas diversas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão (BOLLAND et al., 1994; IPEF, 2013).

Na prática, a *Corymbia citriodora* ainda é tratada vulgarmente como eucalipto, nome que agrupa uma série de outras espécies com bom potencial de uso como madeira serrada, pertencentes ao gênero *Eucalyptus* e que apresenta a tendência de crescimento em seu uso, com maior viabilidade em processos industriais e novas utilizações como produtos diversos de madeira.

O conhecimento das propriedades da madeira associado ao domínio de sua trabalhabilidade, contribuem decisivamente para o melhor aproveitamento desse importante recurso natural. Aspectos como as características silviculturais de uma espécie e as propriedades tecnológicas da sua madeira permitem a determinação do seu potencial para usos específicos.

Quando a madeira é destinada à confecção de móveis, assoalhos, esquadrias e outros produtos que demandam alta qualidade da superfície, a usinagem bem executada melhora significamente o seu desempenho em processos de acabamento superficial. A correta trabalhabilidade da madeira requer o conhecimento das suas propriedades, dos parâmetros de usinagem e das suas interações (SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2009).

No mercado madeireiro, cada vez mais, são utilizadas madeiras de eucalipto para fins considerados “nobres”, o que estimula o avanço dos estudos científicos, visando contribuir para a elaboração e utilização de novos processos que possam melhorar a qualidade e o uso da madeira, sendo a termorreificação um deles.

A termorreificação pode ocasionar algumas mudanças nas propriedades da madeira, como o aumento da estabilidade dimensional, o aumento da resistência ao ataque de organismos xilófagos, a diminuição da higroscopicidade e a alteração da cor original da madeira, tornando-a mais escura, o que pode agregar maior valor ao produto final através da criação de novos padrões de cor (KAMDEM et al., 2002).

Um dos sistemas mais utilizados no mundo para avaliação colorimétrica, o CIELAB, consegue emitir a cor através de cálculos e da integração entre variáveis que representam a luminosidade (L^*), a qual varia de zero (preto) a 100 (branco), abrangendo a variação de cor de vermelho-verde, ou matiz vermelho (a^*) e a variação de azul-amarelo, ou matiz amarelo (b^*) (PINCELLI et al., 2012).

Tendo em vista o produto ou uso final, a determinação da cor se destaca como um fator adicional e importante para a caracterização da qualidade da madeira, pois influencia diretamente no aspecto visual e, conseqüentemente, na sua comercialização (MOYA; MARIN, 2011).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento tecnológico da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson após o processo de termorreificação, por meio da avaliação de propriedades físicas e da realização de ensaios de usinagem e colorimetria.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas cinco árvores de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson com, aproximadamente, 60 anos de idade, obtidas no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no município de Seropédica, RJ. Após o traçamento, cinco toras com cerca de dois metros de comprimento a partir da base (uma tora por árvore), foram encaminhadas para o Laboratório de Processamento de Madeira (LPM\DPF\UFRRJ). No referido laboratório foram confeccionados 40 corpos-de-prova de 30cm x 12,5cm x 2,5cm (comprimento x largura x espessura) para os ensaios de usinagem e colorimetria e 40 corpos-de-prova de 5cm x 3cm x 2 cm para a avaliação das propriedades físicas da madeira.

Com objetivo de se evitar o efeito da co-variável densidade, foi realizado um teste de comparação entre as médias das densidades aparentes, antes dos corpos-de-prova serem termorreificados. Esta análise prévia foi realizada ao nível de 5% de significância, pelo teste F, sendo que foi constatada sua significância. Constatou-se, portanto, que a densidade da madeira não iria interferir nos resultados posteriores.

A termorreificação foi realizada em um forno mufla elétrico, sob as temperaturas de 160, 180 e 200°C, e período de tempo de 1 hora e 30 minutos. Os corpos-de-prova foram retirados da mufla após o seu resfriamento atingir até a temperatura de, aproximadamente, 25°C, como mostra a Figura 1.

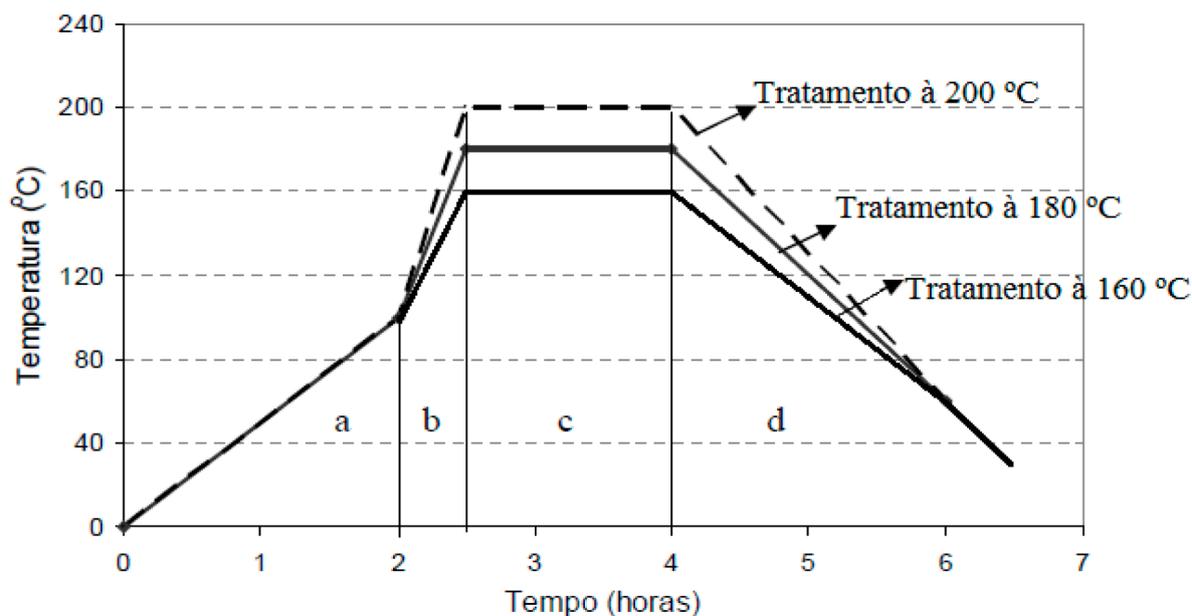


Figura 1. Programa de temperatura versus tempo dos tratamentos termorretificadores aplicados aos corpos-de-prova da madeira de *Corymbia citriodora*. (Onde, a = aquecimento até 100°C; b = aumento da temperatura de 100°C até a temperatura desejada de termorretificação; c = tratamento de termorretificação; d= resfriamento).

Figure 1. Temperature versus time of heat treatment program applied to wood samples of *Corymbia citriodora*. (Where, a = heating to 100°C; b = temperature increase of 100 °C until the desired heat treatment temperature; c = heat treatment; d = cooling).

Para efeito de comparação foram avaliados corpos-de-prova que serviram como tratamento controle, resultando em quatro tratamentos com 10 repetições cada um.

As propriedades físicas foram determinadas com base no Anexo B do documento normativo ABNT (1997), determinando-se o teor de equilíbrio higroscópico (TEH) e a densidade aparente dos corpos-de-prova dentro dos tratamentos.

Os testes de usinagem seguiram os procedimentos descritos na norma americana ASTM (1994). Foram realizados testes de aplainamento, lixamento, furação (furação para cavilha e para dobradiça), rasgamento e fendilhamento por pregos.

No teste de aplainamento foi utilizada uma plaina desempenadeira de duas facas com rotação de 3600 rpm, espessura de corte de 3 mm e o ângulo de ataque de 30°. Nesta operação, os corpos-de-prova foram analisados em relação à presença de defeitos nas superfícies das peças, em sentido concordante (AB) e discordante (BA) em relação à grã, ou sentido de crescimento vertical do fuste da árvore (Figura 2).

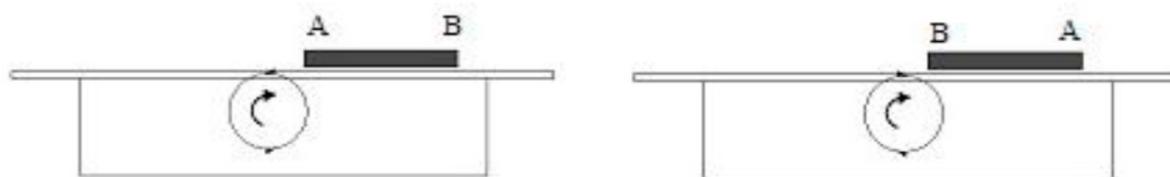


Figura 2. Esquema dos processos de aplainamento em oposição e concordância. (Fonte: CARVALHO et al., 2010).

Figure 2. Scheme of planing processes in opposition and agreement. (Source: CARVALHO et al., 2010).

Para os ensaios de lixamento foi utilizada uma lixadeira de cinta, com lixa de 2000 x 150 mm (perímetro) e de granulometria da lixa (grão) de 120. A face lixada por meio de pressão manual foi a mesma utilizada no teste da plaina, sendo que o processo de lixamento se deu durante um período de 60 segundos, analisando-se defeitos como riscamento de superfície e grã felpuda.

Para o teste de furação para cavilha (Fc) foi utilizada uma furadeira vertical de bancada, montada com brocas helicoidais de aço de 6, 8 e 12 mm de diâmetro sucessivamente, sendo realizadas duas perfurações por broca em cada corpo de prova. Os furos foram feitos com distância de 25 mm entre si e 25mm das menores laterais dos corpos-de-prova (cortes transversais). Já no teste de furação para

dobradiça (Fd) a mesma furadeira foi equipada com uma broca chata de 26mm. Com esta broca foram realizados dois furos em cada corpo de prova, sendo um passante e outro não passante, sendo avaliada a presença de esmagamento de grã, presença de grã felpuda e/ou arrancamento de cavacos.

No teste de rasgamento, foi utilizada uma furadeira horizontal da marca Raimann, equipada com fresa de rasgo de 8 mm e corte à direita, avaliando-se posteriormente a presença de defeitos como grã levantada, arrancada e felpuda. No teste de fendilhamento por pregos foram utilizados os pregos 15x15 (nome comercial) com 35 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Os pregos foram transpassados em uma das extremidades de cada amostra, a 10 mm de suas bordas transversais, com um espaçamento de 20mm entre si, empregando-se um martelo de 425g. Nesse ensaio foi avaliado o surgimento de trincas ou rachaduras, o que levou a classificação dos corpos-de-prova em: "corpos-de-prova que aceita pregos" (sem trincas, ou com trincas de dimensões insignificantes) e "corpos-de-prova que não aceitam pregos" (com trincas relevantes). Os detalhes dos ensaios realizados podem ser observados na Figura 3.

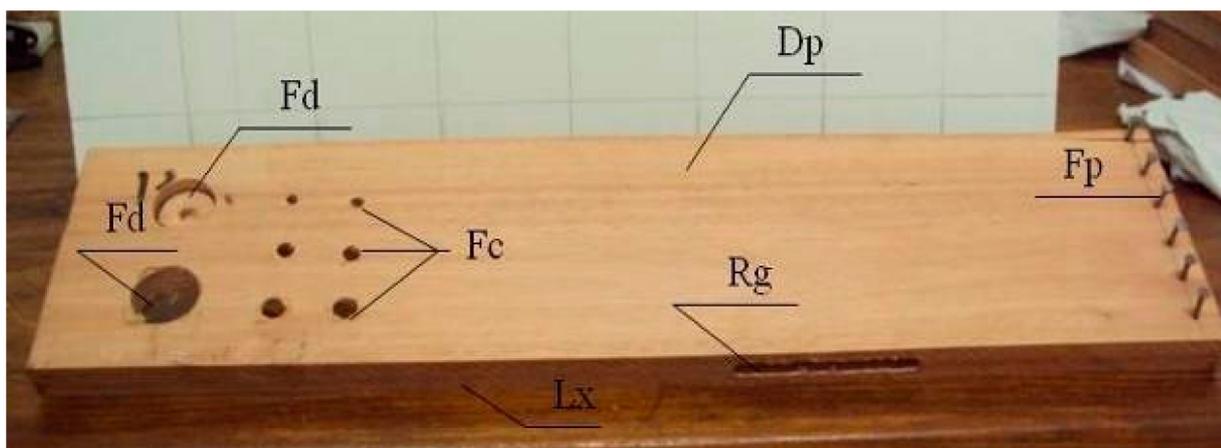


Figura 3. Corpo-de-prova dos ensaios de usinagem. Dp = desempenho; Fd = furação para dobradiça; Fc = furação para cavilha; Rg = rasgo; Fp = fendilhamento por pregos; Lx = lixamento. (Fonte: DIAS JÚNIOR. et al., 2013).

Figure 3. Samples of the machinability tests. Dp = planing; Fd = boring for hinge; Fc = boring for peg; Rg = tear; Fp = nail insertion; Lx = sanding. (Source: DIAS JÚNIOR et al.,2013).

Após os ensaios, foi realizada a qualificação visual dos corpos-de-prova, com a atribuição de notas que variaram de 1 a 5, relacionadas à detecção dos defeitos preestabelecidos (Tabela 1).

Tabela 1. Notas aplicadas nas avaliações dos corpos-de-prova nos ensaios de usinagem.

Table 1. Grades applied to the sample evaluations of machinability tests.

Nota	Classificação	Defeitos
1	Excelente	Ausência de defeitos
2	Bom	Presença de menos de 50% de defeitos
3	Regular	Presença de 50% de defeitos
4	Ruim	Presença de mais de 50% de defeitos
5	Muito Ruim	Presença de 100% de defeitos

Fonte: ASTM (1994).

As análises colorimétricas foram realizadas por meio de um espectrofotômetro portátil CM-2600d, versão 1.41, da Konica Minolta. O equipamento propiciou a realização de medições de cor através do contato direto entre a superfície e seu sensor, sendo realizadas aferições em pontos pré-determinados. Para cada amostra foram determinadas as variáveis L^* , a^* e b^* , somente em um dos lados, sendo feitas cinco observações por amostra, totalizando 200 medições.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do programa Statistica 10. Os valores encontrados para as variáveis L^* , a^* e b^* foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variâncias. Quando foram detectadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias ao nível de 5% de significância.

Os resultados obtidos nos ensaios de usinagem foram avaliados pela frequência das notas dadas aos diferentes corpos-de-prova nos diferentes testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos para as propriedades físicas da madeira de *Corymbia citriodora*, dentro dos tratamentos, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para propriedades físicas, obtidos nos diferentes tratamentos.

Table 2. Mean figures for physical properties obtained in the different treatments.

Tratamento	TEH (%)	Dap (g/cm ³)
Controle	12% (8,79)	1,02 (3,10)
160°C	11% (2,72)	0,96 (4,25)
180°C	10% (3,12)	0,94 (3,92)
200°C	9% (8,41)	0,91 (5,35)

Onde: TEH: Teor de equilíbrio higroscópico da madeira em %; Dap: Densidade aparente em g/cm³. Valores em parênteses correspondem aos coeficientes de variação.

Dentro dos respectivos tratamentos, as madeiras que foram submetidas à termorretificação apresentaram menores teores de equilíbrio higroscópico, após o acondicionamento dos corpos-de-prova por três semanas em uma câmara de climatização, mantida a 20°C e 65% de umidade relativa. Quando comparadas com o tratamento controle, apresentaram uma redução média de 8,33%; 16,66% e 25,00% após os tratamentos de 160°C, 180°C e 200°C, respectivamente.

Como afirmam alguns autores (REPELLIN; GUYONNET, 2005; TJEERDSMA; MILITZ, 2005; KOCAEFE, 2008), tal fato relaciona-se à capacidade da termorretificação de ocasionar a ruptura dos grupos acetilas das hemiceluloses e a degradação das hexoses, proporcionando a formação de ácidos carbônicos, principalmente dos ácidos acético e fórmico, que catalisam as reações de desacetilação dos carboidratos. Com a ruptura das unidades de pentoses e hexoses dos açúcares monoméricos, formam-se respectivamente, os aldeídos furfural e hidroximetilfurfural. Em seguida, ocorre a ruptura de algumas ligações da lignina resultando no aumento da concentração de grupos fenólicos, que reagem com os grupos aldeídicos (monômeros de furfural e de hidroximetilfurfural) formando um complexo polimérico modificado. Essas reações promovem uma reticulação entre a lignina e os polímeros resultantes da degradação térmica e conseqüentemente reduzem a higroscopicidade das hemiceluloses, melhorando a estabilidade dimensional da madeira e alterando o seu teor de equilíbrio higroscópico.

A termorretificação provocou uma redução na densidade aparente da madeira, entre os tratamentos. Reduções médias de 5,8%; 7,84% e 10,78% foram observadas após as termorretificações a 160°C, 180°C e 200°C, respectivamente, evidenciando uma correlação direta entre a densidade aparente da madeira e a temperatura de termorretificação. Resultados semelhantes foram encontrados por Nunes (2012) e Brito et al. (2006), que observaram que a densidade da madeira termorretificada tende a diminuir quando comparada com a densidade da madeira não termorretificada. Segundo tais autores, isto pode estar relacionado ao processo de decomposição térmica de parte da lignina, em função do rompimento de algumas das suas ligações químicas, à eliminação de água resultante principalmente da degradação das hidroxilas presentes na madeira e à volatilização dos extrativos.

No teste de aplainamento, as madeiras termorretificadas apresentaram desempenho satisfatório, tanto no sentido concordante quanto discordante em relação às fibras. O tratamento correspondente à termorretificação sob 200°C foi o que recebeu as melhores notas no sentido concordante, com uma média percentual de 60% de notas 1 (excelentes). No sentido discordante, o tratamento correspondente à termorretificação sob 160°C foi o que apresentou os melhores resultados, recebendo 50% de notas 2 (bom). Neste teste observou-se a presença do defeito tipo grã arrancada. Nessa mesma direção, Palermo et al. (2013) afirmaram que a termorretificação proporcionou redução da ocorrência de defeitos nas superfícies aplainadas de *Eucalyptus grandis*, visto que quanto maior foi a temperatura de termorretificação maior a qualidade das superfícies aplainadas.

Os melhores resultados de lixamento foram observados nos tratamentos controle e termorretificação à 200°C, que receberam 100% de notas 1 (excelentes). Os demais tratamentos receberam notas entre 1 e 2, notando-se de forma geral bons resultados neste teste.

Como pode ser observado na Tabela 3, para o teste de furação notou-se o aumento das notas excelentes com o aumento da temperatura de termorretificação.

Tabela 3. Valores percentuais médios, referentes ao teste de furação, atribuídos aos respectivos corpos de prova, segundo a norma ASTM 1666-87 (1994).

Table 3. Mean percentages, related to drilling test, of the respective test samples, according to ASTM 1666-87 (1994).

Tratamento	Percentual médio dos corpos-de-prova classificados (%)			
	Excelente	Bom	Regular	Ruim
Controle	12	54	34	0
160°C	22	56	22	0
180°C	36	46	18	0
200°C	38	42	20	0

No teste de rasgamento, o tratamento de 180°C foi o que apresentou as melhores notas, com 80% de notas 1 (excelentes).

Todas as madeiras termorretificadas obtiveram 100% de “não aceitação” no teste de fendilhamento por pregos, enquanto o tratamento controle obteve 70% de “aceitação” neste mesmo ensaio. Isto, além de evidenciar o efeito direto da termorretificação, denota um decréscimo na resistência mecânica da madeira e na ligação entre as fibras. Em pesquisas anteriores (CALONEGO, 2009; GARCIA et al., 2011; AWOYEMI; JONES, 2011), também é relatada a degradação física das paredes celulares, levando a um efeito direto da termorretificação sobre a resistência mecânica, o que pode comprometer a utilização da madeira para fins estruturais.

Os valores médios obtidos para as coordenadas colorimétricas da madeira de *Corymbia citriodora*, para os tratamentos avaliados, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios das coordenadas colorimétricas nos diferentes tratamentos.

Table 4. Means obtained for the colorimetric coordinates in different treatments.

Tratamento	L*	a*	b*
Controle	63,22 a (3,24)	8,45 b (5,93)	22,32 a (6,96)
160°C	58,89 b (4,47)	9,39 a (4,74)	21,05 b (3,98)
180°C	51,64 c (6,95)	9,89 a (9,31)	20,73 b (1,00)
200°C	44,57 d (7,75)	10,01 a (8,58)	19,08 b (9,85)

L*: luminosidade. a*: tonalidade vermelha. b*: tonalidade amarela. Médias com a mesma letra, na coluna, não são estatisticamente diferentes entre si, segundo o teste de Tukey a 5% de significância. Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes de variação.

No tratamento controle, a coordenada L* apresentou um valor médio de 63,22, enquanto que para as madeiras termorretificadas à 160°C, 180°C e 200°C, os valores médios foram 58,89; 51,64 e 44,57; correspondendo a decréscimos de 6,8%; 18,3% e 29,5% na luminosidade, respectivamente.

A coordenada L* da madeira de *Corymbia citriodora*, apresentou redução significativa após a termorretificação, sendo esta redução acentuada com o aumento da temperatura. Isto, possivelmente, esteja relacionado ao fato de que, em temperaturas mais elevadas, ocorre uma aceleração da degradação dos extrativos e hemiceluloses, que tornam a madeira mais escura (ZANUNCIO et al., 2014). Portanto, na presente pesquisa, o decréscimo do valor da coordenada L* após a termorretificação ocasionou o escurecimento da madeira, fato também observado por outros autores, para diferentes espécies (DUBEY et al., 2011; NUNES, 2012).

A termorretificação causou um acréscimo nos valores da coordenada cromática a* (vermelho). O tratamento controle apresentou o valor médio de 8,45; enquanto que as madeiras termorretificadas à 160°C, 180°C e 200°C apresentaram valores médio de 9,39; 9,89 e 10,01; correspondendo a acréscimos de 11,10%; 17,04% e 18,46% na tonalidade vermelha, respectivamente. Esse comportamento também foi constatado nos estudos de Gouveia (2008), num experimento com três espécies da região amazônica, submetidas à termorretificação. Nesse caso, foi observado que os valores da tonalidade vermelha (a*) aumentaram com a temperatura e tempo de exposição para a madeira de *Simarouba amara* (marupá). Similarmente, Ahajji et al. (2009) constataram que a termorretificação ocasionou um aumento significativo na coordenada a*, quando comparada com a madeira não termorretificada de *Picea abies*.

Ao contrário do que ocorreu com a coordenada a*, a termorretificação ocasionou decréscimos nos valores médios da coordenada cromática b* (tonalidade amarela) da madeira. Para esta coordenada, o tratamento controle apresentou valor médio de 22,32; enquanto que para as madeiras termorretificadas às temperaturas de 160°C, 180°C e 200°C, foram observados valores de 21,05;

20,73 e 19,08; correspondendo a decréscimos de 5,68; 7,12 e 14,51% na tonalidade amarela, respectivamente. Esse decréscimo na tonalidade amarela também foi observado por Bekhta e Niemz (2003); Moura e Brito (2011), após a exposição da madeira à temperaturas superiores a 150°C e 160°C, respectivamente. Tal fato, possivelmente, esteja relacionado às alterações térmicas envolvendo a volatilização de compostos que conferem a cor amarela à madeira, provavelmente extrativos.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados observados, pôde-se concluir que a termorreificação provocou decréscimos na densidade aparente e no teor de equilíbrio higroscópico da madeira, tornando-a mais estável sob o ponto de vista dimensional.

Nos testes de aplainamento, furação e rasgamento os melhores resultados foram encontrados para as amostras termorreificadas, o que evidenciou que a termorreificação reduziu a ocorrência de defeitos na madeira.

A termorreificação não influenciou na qualidade das peças de madeira após o lixamento, sendo que em todos os tratamentos foram constatados resultados satisfatórios.

As madeiras termorreificadas não aceitaram bem a inserção de pregos, evidenciando o fato de que a termorreificação influenciou diretamente neste processo de forma negativa.

A termorreificação promoveu além do escurecimento (L^*), variações nas tonalidades de vermelho (a^*) e amarelo (b^*), em relação à cor original da madeira. A tonalidade vermelha (a^*) aumentou à medida que se elevou a temperatura de termorreificação, diferentemente da tonalidade amarela (b^*) que diminuiu com a elevação da temperatura de termorreificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**. Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

AHAJJI, A.; DIOUE, P. N.; ALOUI, F.; ELBAKALI, I.; PERRIN, D.; MERLIN, A.; GEORGE, B. Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. **Wood Science and Technology**, New York, v. 43, n. 1-2, p. 69-83, 2009.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **1666-87**: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials (reapproved 1994). Philadelphia, 1994. p. 226-245.

AWOYEMI, L.; JONES, I. P. Anatomical explanations for the changes in properties of western red cedar (*Thuja plicata*) wood during heat treatment. **Wood Science and Technology**, New York, v. 45, n. 2, p. 261-267, 2011.

BEKHTA, P.; NIEMZ, P. Effect of High Temperature on the Change in Color, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Spruce Wood. **Holzforschung**, Berlin, v. 57, n. 5, p. 539-546, 2003.

BOLLAND, D. J.; BROOKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M. **Forest trees of Australia**. 4.ed. Melbourne: CSIRO, 1994. 703 p.

BRITO, J. O.; GARCIA JR., B.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

CALONEGO, F. W. **Efeito da termorreificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill**. Ex. Maiden. 2009, 149 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da Usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne**, Lavras, v. 16, Suplemento, p. 106-114, 2010.

DIAS JR., A. F.; DOS SANTOS, P. V.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 93-107, mai. 2013.

DUBEY, M. K.; PANG, S.; WALKER, J. Effect of oil heating age on colour and dimensional stability of heat treated *Pinus radiata*. **European Journal of Wood and Wood Products**, Berlin, v. 69, p. 255-262, 2011.

GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M.; LATORRACA, J. V. F.; MATOS, J. L. M.; SANTOS, W. A.; SILVA, R. F. M. Nondestructive evaluation of heat-treated *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden wood using stress wave method. **Wood Science and Technology**, New York, v. 46, n. 1-3, p. 41-52, 2011.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétricas de madeiras tropicais**. 2008. 130 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

IPEF. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. *Corymbia citriodora* Hill & Johnson (*Eucalyptus citriodora* Hook). Disponível em: . Acesso em: 10 ago. 2013.

KAMDEM, D. P.; PIZZI, A.; JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. **Holz Als Roh-Und Werkstoff**, Berlin, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2002.

KOCAEFE, D.; PONCSÁK, S.; DORÉ, G.; YOUNSI, R. Effect of heat treatment on the wettability of white ash and softmaple by water. **Holz Als Roh-Und Werkstoff**, Berlin, v. 66, n. 5, p. 355-361, 2008.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Efeito da termorretificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 69-76, mar. 2011.

MOYA, R.; MARIN, J. D. Grouping of *Tectona grandis* (L.f.) clones using wood color and stiffness. **New Forests**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 329-345, 2011.

NUNES, C. S. **Propriedades tecnológicas e qualidade de adesão de madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus pellita* termorretificadas**. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; MOURA, L. F.; NOLASCO, A. M.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A. Surface roughness of heat treated *Eucalyptus grandis* wood. **Maderas. Ciencia y Tecnología**, Concepción, v. 16, n. 1, p. 3-12, 2013.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; MOURA, L. M.; BRITO, J. O. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus Saligna* and *Pinus caribaea* woods. **Maderas. Ciencia y Tecnología**, Concepción, v.14, n. 2, p. 239-248, 2012.

REPELLIN, V.; GUYONNET, R. Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition. **Holzforchung**, Berlin, v. 59, p. 28-34, 2005.

SILVA, J. R. M.; MARTINS, M.; OLIVEIRA, G. M. V.; BRAGA, P. P. C. Parâmetros de qualidade da usinagem para determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83, 2009.

SILVA, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B.; LIMA, J. T.; BONDUELLE, A. F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 479-487, 2005.

TJEERDSMA, B. F.; MILITZ, H. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. **Holz Als Roh-Und Werkstoff**, Berlin, v. 63, n. 2, p. 102 -111, 2005.

ZANUNCIO, A. J. V.; FARIAS, E. S.; SILVEIRA, T. A. Termorretificação e Colorimetria da Madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 85-90, 2014.

Recebido em 28/01/2015

Aceito para publicação em 04/11/2015