



MODIFICAÇÃO TÉRMICA EM MADEIRAS TROPICAIS

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza¹, Pedro Hurtado de Mendoza Borges², Pedro Hurtado de Mendoza Morais³

¹Professora Doutora do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá-MT, Brasil. E-mail: zairamorais09@gmail.com

²Professor Doutor do curso de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá-MT, Brasil.

³Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá-MT, Brasil.

Recebido em: 15/05/2020 – Aprovado em: 15/06/2020 – Publicado em: 30/06/2020
DOI: 10.18677/EnciBio_2020B34

RESUMO

A modificação térmica é uma técnica utilizada com o intuito de minimizar os efeitos da anisotropia dimensional de materiais lignocelulósicos e de seus derivados, pois promove sensíveis alterações químicas nos compostos da parede celular, o que irá propiciar um material com características diferenciadas em termos de estabilidade dimensional. Além disso, essa técnica também altera as cores das madeiras agregando-lhes valores estéticos. A perda de massa nas madeiras é uma das variáveis mais utilizadas para avaliar o desempenho dessa técnica por ser fácil, barata e precisa. O objetivo da pesquisa foi analisar a perda de massa durante o processo de modificação térmica em espécies nativas tropicais, amplamente comercializadas como madeira serrada. Ao todo foram estudadas 16 espécies arbóreas, escolhidas aleatoriamente em lotes de madeiras serradas apreendidas no estado de Mato Grosso, durante os anos de 2018 e 2019. Para os ensaios de modificação térmica os corpos de prova foram colocados em estufa de circulação forçada, aplicando-se separadamente as temperaturas de 60°C, 80°C, 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C, por um período de três horas. Ao final de cada ensaio os corpos de prova foram pesados para verificação da perda de massa, e suas alterações de cores foram registradas por meio fotográfico. Houve mudança de cor e perda de massa, em todas as espécies, contudo, a temperatura ótima de modificação térmica foi específica, uma vez que cada madeira apresentou um comportamento distinto em relação à perda de massa, alteração de cor e defeitos na forma de fissuras.

PALAVRAS-CHAVE: Calor, defeitos, qualidade.

THERMAL MODIFICATION IN TROPICAL WOODS

ABSTRACT

Thermal modification is a technique used in order to minimize the effects of dimensional anisotropy of lignocellulosic materials and their derivatives, as it promotes sensitive chemical changes in cell wall compounds, which will provide a material with different characteristics in terms of dimensional stability. In addition, this technique also changes the colors of the woods adding aesthetic values. The loss of mass in the wood is one of the most used variables to evaluate the performance of this technique because it is easy, cheap and accurate. The objective of the research

was to analyze the loss of mass during the process of thermal modification in native tropical species, widely commercialized as sawn wood. In all, sixteen tree species were studied, randomly chosen from lots of sawn wood seized in the state of Mato Grosso, during the years 2018 and 2019. For the thermal modification tests, the specimens were placed in a forced circulation oven, applying separately temperatures of 60° C, 80°C, 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, 180°C and 200°C, for a period of three hours. At the end of each test, the specimens were weighed to verify the loss of mass, and their color changes were recorded through photographic means. There was a color change and loss of mass in all species, however, the optimal temperature of thermal modification is specific, since each one presented a different behavior in relation to loss of mass, color change and appearance of defects in fissure.

KEYWORDS: Heat, defects, quality.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material extremamente versátil que vem sendo utilizada pela humanidade desde seus primórdios na terra. Essa preferência pelo uso da madeira para diferentes aplicações, ocorre por causa de suas propriedades tecnológicas que conferem qualidades específicas desejáveis. Entretanto, devido à sua natureza orgânica, algumas propriedades, inerentes a ela, precisam ser melhoradas visando aprimorar o seu uso. Uma das características mais difíceis de ser controlada na madeira é seu caráter higroscópico, que é a capacidade de absorver água do meio externo. Essa absorção de água pela madeira causa um fenômeno conhecido como anisotropia dimensional, que acarreta a instabilidade dimensional do material e conseqüentemente uma série de defeitos (KOLLMANN ; CÔTÉ JÚNIOR, 1968).

De acordo com Modes et al. (2017) uma técnica que tem potencial para ser utilizada com o intuito de minimizar os efeitos da higroscopicidade, e melhorar a estabilidade dimensional das madeiras seria a retificação térmica ou termorreificação. Segundo os autores, essa técnica consiste em submeter peças de madeira a temperaturas entre 120°C e 200°C, faixa entre a secagem à alta temperatura e à temperatura de torrefação, com objetivo de promover sensíveis alterações químicas nos polímeros celulose, hemicelulose e lignina e, assim, obter um material com características diferenciadas, comparativamente à madeira em condições normais.

As madeiras podem se tornar economicamente mais atrativas a partir de um acréscimo em sua estabilidade dimensional, e também em sua durabilidade natural e estética, utilizando-se tratamentos que não afete significativamente suas características tecnológicas. A termorreificação é um bom processo para isso pois ocasiona a diminuição do teor de umidade de equilíbrio e, conseqüentemente, diminui a higroscopicidade das amostras tratadas, proporcionando ganhos significativos no material (DELUCIS et al., 2014).

Freitas et al. (2016) mencionam que o tratamento térmico pode ser uma das soluções para aumentar a qualidade e a competitividade das madeiras tropicais, pois agrega vários benefícios ao produto, como a melhoria da resistência biológica, da estabilidade dimensional, além de aumentar a resistência à radiação ultravioleta.

Pratiwi et al. (2019) argumentam que o tratamento térmico é um método ecológico que deveria ser mais valorizado pelos pesquisadores, para melhorar as propriedades das madeiras. Além do apelo ambiental o processo também traz a vantagem de aumentar a resistência à biodeterioração da madeira sem a impregnação ou utilização de nenhum produto químico biocida. Esses produtos têm

sido utilizados tanto em ambientes externos quanto internos (BATISTA, 2019). Griebeler et al. (2018) corroboram com essa ideia, acrescentando que além dos ganhos em qualidade da madeira, a modificação térmica pode levar à uniformidade da cor na superfície e ao aprimoramento do produto final.

Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa foi analisar a perda de massa durante o processo de modificação térmica em espécies nativas tropicais, amplamente comercializadas como madeira serrada dentro e fora do estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do material foi feita aleatoriamente em lotes de madeiras serradas apreendidas no estado de Mato Grosso durante os anos de 2018 e 2019. As madeiras estavam no depósito unificado da Secretaria Estadual de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA/MT), coordenadas geográficas 15°39'40.1"S 55°58'26.9"W. Ao todo foram selecionadas 16 espécies de folhosas, cuja identificação foi realizada, previamente, pelos peritos dos órgãos estaduais de controle ambiental (Quadro 1).

QUADRO 1. Identificação botânica das espécies utilizadas no estudo.

Nome Comum	Família	Ordem	Gênero	Espécie
Angelim amargoso	Fabaceae	Fabales	<i>Vatairea</i> sp.	---
Angelim pedra	Fabaceae	Fabales	<i>Hymenolobium</i> sp.	---
Cambará	Vochysiaceae	Myrtales	<i>Qualea</i> sp.	---
Caroba	Bignoniaceae	Lamiales	<i>Jacaranda</i> sp.	<i>Jacaranda copaia</i>
Castanha jarana	Lecythidaceae	Ericales	<i>Lecythis</i> sp.	---
Cedrinho	Vochysiaceae	Myrtales	<i>Erismia</i> sp.	<i>Erismia uncinatum</i>
Cupiúba	Goupiaceae	Malpighiales	<i>Goupia</i> sp.	<i>Goupia glabra</i>
Garapeira	Fabaceae	Fabales	<i>Apuleia</i> sp.	---
Ipê	Bignoniaceae	Lamiales	<i>Tabebuia</i> sp.	---
Itaúba	Lauraceae	Laurales	<i>Mezilaurus</i> sp.	<i>Mezilaurus itauba</i>
Jequitibá	Lecythidaceae	Ericales	<i>Cariniana</i> sp.	---
Muiracatiara	Anacardiaceae	Sapindales	<i>Astronium</i> sp.	---
Roxinho	Fabaceae	Fabales	<i>Peltogyne</i> sp.	---
Tachi	Fabaceae	Fabales	<i>Tachigali</i> sp.	---
Tuari	Lecythidaceae	Ericales	<i>Couratari</i> sp.	---
Ucuubarana	Myristicaceae	Magnoliales	<i>Iryanthera</i> sp.	---

Fonte: INDEA/MT (2019)

Em cada lote de espécie escolhida, separou-se uma pilha de madeira serrada, e da região central dessa pilha retirou-se uma tábua, em bom estado de conservação. Em seguida, as tábuas foram seccionadas em cinco peças de 30 cm denominadas de amostras, que por sua vez foram desdobradas em corpos de prova com dimensões de 8,0 cm x 2,0 cm x 25,0 cm (largura, espessura e comprimento respectivamente) totalizando 80 corpos de prova. O teor médio de umidade das amostras era de 10% a 12%.

Para os ensaios de modificação térmica os corpos de prova foram colocados em estufa de circulação forçada, aplicando-se separadamente as temperaturas de 60°C, 80°C, 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, 180°C e 200°C, por um período de três horas. Ao final de cada ensaio os corpos de prova foram resfriados em dessecadores e pesados, para verificação da perda de massa. Logo em seguida, eles tiveram suas alterações de cores registradas por meio fotográfico. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco

repetições. O processamento dos dados e a elaboração das tabelas foram realizados com o auxílio da planilha Excel. Para os experimentos que atenderam as pressuposições da análise de variância, procedeu-se a ANOVA seguida do teste de Scott-Knott a 5% de significância para comparação de médias, utilizando-se o programa estatístico R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aspectos visuais das alterações de cores das madeiras, ao longo do processo de modificação térmica, encontram-se na Figura 1.

FIGURA 1. Alterações nas cores das madeiras em função das temperaturas de modificação térmica.



Fonte: Autores (2020)

Independente da espécie, à medida que se aumentou a temperatura a alternância de cores foi verificada visivelmente em todas as madeiras ocorrendo uma tendência ao escurecimento. Entretanto, a madeira de Tauari não suportou o tratamento final de 200°C e todas suas amostras, nessa temperatura, entraram em

combustão parcial. Também foi verificado a olho nu, que todas as espécies apresentaram o defeito de rachaduras, a partir da temperatura de 120°C, exceto a madeira de Caroba e Ucuubarana, as quais se comportaram estáveis até o fim do ensaio.

Araújo et al. (2012) estudando o processo de modificação térmica em madeiras de eucaliptos, verificaram que não houve defeitos de empenamento nem torcimento, contudo, foi notada a presença de pequenas fissuras quando as amostras foram submetidas ao método da prensa em temperaturas de 200°C e 220 °C. Os mesmos autores relataram também, que nessas mesmas condições, as cores (ou tons de cores) das madeiras, foram diferenciadas sendo algumas em menor e outras em maior intensidade.

Sousa et al. (2019) ao analisarem as cores naturais de 10 madeiras de espécies tropicais da Amazônia utilizando colorímetro, as classificaram em seis grupos de cores no qual as madeiras de amarelão (*Apuleia leiocarpa*), angelim-pedra (*Hymenolobium modestum*) e angico (*Anadenanthera columbrina*) pertenciam ao grupo amarelo claro, goiabão (*Pouteria pachycarpa*) foi classificado como verde oliva brilhante, sucupira (*Bowdichia nitida*) como marrom avermelhado, itaúba (*Mezilaurus itauba*) e muiracatiara (*Astronium leiconte*) ficaram no grupo denominado marrom oliva, cumaru (*Dipteryx odorata*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*) foram agrupados como amarelo oliva e o marupá (*Simarouba amara*), ficou no grupo amarelo acinzentado. Esses autores também mencionaram que a variabilidade da cor da madeira das espécies arbóreas amazônicas influencia a densidade básica e o seu emprego industrial, sendo um subsídio importante para o uso racional das espécies.

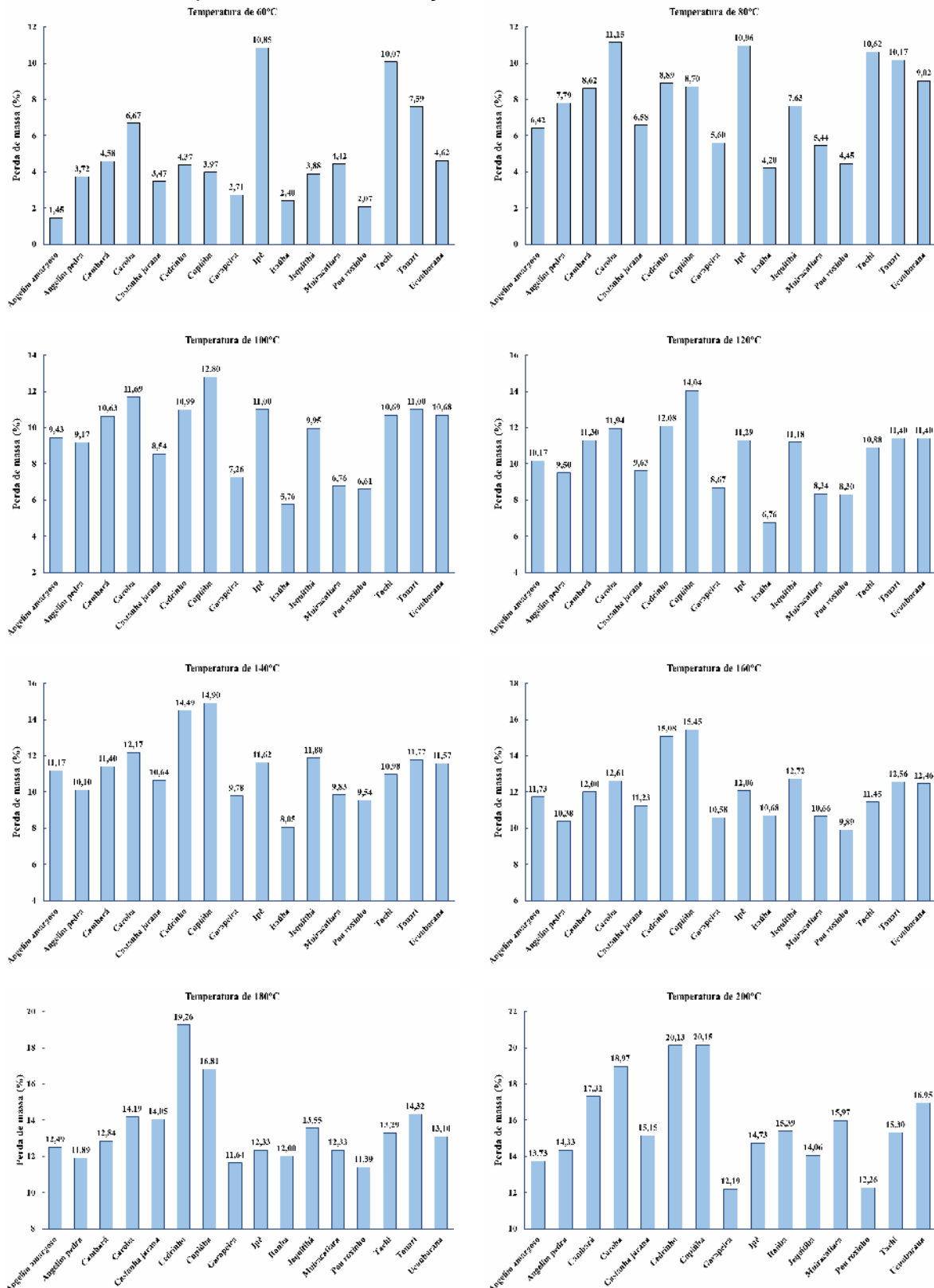
Na Tabela 1 apresenta-se os valores médios da perda de massa percentual e o teste Scott-Knott (5% de significância), que foi aplicado para a avaliação das médias.

TABELA 1. Valores médios percentuais das perdas de massa para as espécies estudadas e resultado do teste Scott-Knott.

Nome Comum	Nome Científico	Perdas de massa (%)							
		60°C	80°C	100°C	120°C	140°C	160°C	180°C	200°C
Angelim amargoso	<i>Vatairea</i> sp.	1,45 ^d	6,42 ^d	9,43 ^d	10,17 ^c	11,17 ^c	11,73 ^c	12,49 ^d	13,73 ^d
Angelim pedra	<i>Hymenolobium</i> sp.	3,72 ^c	7,79 ^c	9,17 ^d	9,50 ^d	10,10 ^d	10,38 ^d	11,89 ^d	14,33 ^c
Cambará	<i>Qualea</i> sp.	4,58 ^c	8,62 ^b	10,63 ^c	11,30 ^b	11,40 ^b	12,00 ^c	12,84 ^d	17,31 ^b
Caroba	<i>Jacaranda copaia</i>	6,67 ^b	11,15 ^a	11,69 ^b	11,94 ^b	12,17 ^b	12,61 ^b	14,19 ^c	18,97 ^b
Castanha jarana	<i>Lecythis</i> sp.	3,47 ^c	6,58 ^d	8,54 ^e	9,63 ^d	10,64 ^c	11,23 ^d	14,05 ^c	15,15 ^c
Cedrinho	<i>Erisma uncinatum</i>	4,37 ^c	8,89 ^b	10,99 ^c	12,08 ^b	14,49 ^a	15,08 ^a	19,26 ^a	20,13 ^a
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	3,97 ^c	8,70 ^b	12,80 ^a	14,04 ^a	14,90 ^a	15,45 ^a	16,81 ^b	20,15 ^a
Garapeira	<i>Apuleia</i> sp.	2,71 ^d	5,60 ^d	7,26 ^f	8,67 ^e	9,78 ^d	10,58 ^d	11,64 ^d	12,19 ^d
Ipê	<i>Tabebuia</i> sp.	10,85 ^a	10,96 ^a	11,00 ^c	11,29 ^b	11,62 ^b	12,06 ^c	12,33 ^d	14,73 ^c
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>	2,40 ^d	4,20 ^e	5,76 ^g	6,76 ^f	8,05 ^e	10,68 ^d	12,00 ^d	15,39 ^c
Jequitibá	<i>Cariniana</i> sp.	3,88 ^c	7,63 ^c	9,95 ^d	11,18 ^b	11,88 ^b	12,72 ^b	13,55 ^c	14,06 ^c
Muiracatiara	<i>Astronium</i> sp.	4,42 ^c	5,44 ^d	6,76 ^f	8,34 ^e	9,83 ^d	10,66 ^d	12,33 ^d	15,97 ^c
Roxinho	<i>Peltogyne</i> sp.	2,07 ^d	4,45 ^e	6,61 ^f	8,30 ^e	9,54 ^d	9,89 ^d	11,39 ^d	12,26 ^d
Tachi	<i>Tachigali</i> sp.	10,07 ^a	10,62 ^a	10,69 ^c	10,88 ^c	10,98 ^c	11,45 ^c	13,29 ^c	15,30 ^c
Tauari	<i>Couratari</i> sp.	7,59 ^b	10,17 ^a	11,00 ^c	11,40 ^b	11,77 ^b	12,56 ^b	14,32 ^c	-
Ucuubarana	<i>Iryanthera</i> sp.	4,62 ^c	9,02 ^b	10,68 ^c	11,40 ^b	11,57 ^b	12,46 ^b	13,10 ^c	16,95 ^b

Na Figura 2 apresenta-se os valores das perdas de massa para cada espécie em função das temperaturas individuais utilizadas para o ensaio de modificação térmica.

FIGURA 2. Porcentagem de perda de massa para cada espécie em função da temperatura de modificação térmica.



Fonte: Autores (2020)

De forma geral a análise da modificação térmica mostrou que houve perda de massa, nas 16 espécies estudadas, independente da temperatura. Todas as espécies foram perdendo massa de forma gradual à medida que se elevava a temperatura. Contudo, as maiores perdas de massas ocorreram entre as temperaturas de 60°C e 80°C, com uma leve queda a 100°C. Entre as temperaturas de 120°C a 160°C a perda de massa manteve-se praticamente estável, voltando a aumentar entre 180°C e 200°C.

Para a temperatura inicial (60°C) as madeiras que apresentaram os maiores valores médios de perda de massa foram o Ipê (10,85%) e o Tachi (10,07%), inclusive mostrando uma constância de perda de peso ao longo de todo o ensaio. Já para a temperatura final (200°C) os maiores valores de perda de massa foram verificados para as espécies Cupiúba (20,15%), Cedrinho (20,13%) e Caroba (18,97%). Tanto na temperatura inicial de 60°C como na temperatura final de 200°C as espécies que apresentaram os menores percentuais médios de perda de peso foram o Angelim amargoso, Garapeira e Roxinho.

Segundo Czajkowski et al. (2020) a madeira quando submetida a um tratamento térmico, no início perde rapidamente massa devido à degradação de seus principais constituintes químicos estruturais como a celulose, hemicelulose (polioses) e lignina, vem como a volatilização de alguns extrativos. Essa perda de massa também pode estar relacionada à diminuição da água higroscópica no interior da madeira, especificamente nas paredes celulares da mesma.

Conforme Shukla (2019), a perda inicial de massa sofrida pelas madeiras tratadas termicamente pode estar relacionada à pirólise leve e/ou deterioração dos polímeros da parede da célula, especialmente as hemiceluloses (polioses), que são compostos químicos estruturais com menores pesos moleculares e portanto, menos estáveis.

Esteves e Pereira (2009) estudando a madeira de *Pinus* sp encontraram resultados de perda de massa de 0,3% para a temperatura de 170°C e de 3% para 200°C, que são inferiores aos encontrados neste estudo. Poubel et al. (2015) analisando o comportamento da madeira de *Pinus* sp quando aquecida nas temperaturas de 200°C e 220°C, por duas horas, verificaram perdas de massa de 9,94% e 21,03% para as temperaturas analisadas.

Okon e Udoakpan (2019) ao analisarem o efeito do tratamento térmico com óleo de silicone na madeira de Chinese pine (*Pinus massoniana* L.), concluíram que o processo alterou a composição química da madeira. O conteúdo de polissacarídeos e cinzas diminuíram, enquanto que o conteúdo de lignina e extrativos aumentaram. Houve também alterações nas estruturas químicas da madeira e maior estabilidade térmica, pois o tratamento aumentou a fração de celulose cristalina e essa estrutura não foi danificada. A absorção também foi alterada, deixando a madeira mais hidrofóbica.

Segundo Pratiwi et al. (2019), a diferença nos valores de perda de massa encontrados nas pesquisas com modificação térmica em madeiras, pode ser explicada pelos diferentes métodos de tratamentos térmicos utilizados, pelas combinações entre temperatura e tempo, além do tipo de espécie madeireira estudada.

CONCLUSÕES

Após os tratamentos térmicos houve perda de massa para todas as madeiras estudadas. Contudo, cada uma apresentou um comportamento diferenciado. A maior perda de massa ocorreu para a Cupiúba e a menor perda foi para a

Garapeira. Além da perda de massa, alterações de cores e defeitos na forma de fissuras, também foram visualizados nas espécies.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. O.; VITAL, B. R.; MENDOZA, Z. M. S. H.; VIEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. C. O. Propriedades de madeiras termorretificadas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus* sp. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012. ISSN: 1413-9324 Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr95/cap03.pdf>
Acesso em: 12/03/2020

BATISTA, D. C. Retificação térmica, termorretificação, tratamento térmico, tratamento com calor ou modificação térmica? **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 463-480, jan./mar., 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22577/pdf>
DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509822577>, Acesso em: 10/12/2019

CZAJKOWSKI Ł.; OLEK, W.; WERES, J. Effects of heat treatment on thermal properties of European beech wood. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 78, p.301-312, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-020-01525-w>, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01525-w>
Acesso em:29/03/2020

DELUCIS, R. A.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G.; MISSIO, A. L.; SCHNEID, E. Propriedades Físicas da madeira termorretificada de quatro folhosas. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n.1, p. 99-107, 2014. Disponível em: <https://www.floram.org/ed/588e21ebe710ab87018b458c> DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.008>
Acesso em: 09/12/2019

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, Raleigh, v. 1, n. 4, p. 370-404, 2009. Disponível em: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/issues/vol4-issue1/page/3/> DOI: 10.15376/biores.3.1.142-154
Acesso em: 19/12/2019

FREITAS, A. S.; CONÇALEZ, J.C.; DEL MENEZZI, C. H. Tratamento termomecânico e seus efeitos nas propriedades da *Simarouba amara* (Aubl.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 565-572, 2016. Disponível em: <https://www.floram.org/article/doi/10.1590/2179-8087.144115> DOI: 10.1590/2179-8087.144115 Acesso em: 09/12/2019

GRIEBELER, C. G. O.; MATOS, J. L. M.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; BATISTA, D. C.; RODRÍGUEZ, C. I. Colour responses of *Eucalyptus grandis* wood to the brazilian process of thermal modification. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 20, n. 4, p. 661 - 670, 2018. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/3231/3158> DOI: 10.4067/S0718-221X2018005041201 Acesso em: 10/12/2019

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JUNIOR, W. A. **Principles of wood science and**

technology: solid wood. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000049&pid=S0104-7760201000030000500010&lng=pt Acesso em: 06/04/20

MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R. Efeito da termorreificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 291-302, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/26467> DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509826467> Acesso em: 09/12/2019

OKON, K. E.; UDOAKPAN, U. I. Physicochemical properties of *Pinus massoniana* wood subjected to silicone oil heat treatment. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 21, n. 4, p. 531 - 544, 2019. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/3704/3578> DOI: 10.4067/S0718-221X2019005000409 Acesso em: 29/03/2020

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; SANTOS, W. A., LELIS, R. C. C.; VIEIRA, L. A. A. Physical and colorimetric analysis of heat treated Pine wood. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 511-521, 2015. ISSN: 1413-9324 Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=02&Number=107&p=s> Acesso em: 10/12/2019

PRATIWI, L. A.; DARMAWAN, W.; PRIADI, T.; BÉATRICE GEORGE, MERLIN, A.; GÉRARDIN, C.; DUMARÇAY, S.; GÉRARDIN, P. Characterization of thermally modified short and long rotation teaks and the effects on coatings performance. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 21, n. 2, p. 209 - 222, 2019. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/3384/3433> DOI: 10.4067/S0718-221X2019005000208 Acesso em: 10/12/2019

SHUKLA, S. R. Evaluation of dimensional stability, surface roughness, colour, flexural properties and decay resistance of thermally modified *Acacia auriculiformis*. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 21, n. 4, p. 433 - 446, 2019. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/3639/3545> DOI: 10.4067/S0718-221X2019005000401 Acesso em: 11/03/2020

SOUSA, W.C. S.; BARBOSA, L. J.; SOARES, A. A. V.; GOULART, S. L.; PROTÁSIO T. P. Wood colorimetry for the characterization of Amazonian tree species: a subsidy for a more efficient classification. **Cerne**, v. 25, n. 4, p.451-462, 2019. Disponível em: <http://www.cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/2202/1161> DOI: 10.1590/01047760201925042650 Acesso em: 29/03/2020