






ARTIGO ORIGINAL

A modificação térmica influencia na estabilidade dimensional da madeira de espécies de um sistema agroflorestal

The altered thermal influence on the dimensional stability of wood species from an agroforestry system

Tauana de Souza Mangini¹ , Luana Candaten¹ , Elder Eloy¹ , Rômulo Trevisan¹ ,
Bráulio Otomar Caron¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil

Como citar: Mangini, T. S., Candaten, L., Eloy, E., Trevisan, R., & Caron, B. O. (2023). A modificação térmica influencia na estabilidade dimensional da madeira de espécies de um sistema agroflorestal. *Scientia Forestalis*, 51, e4006. <https://doi.org/10.18671/scifor.v51.19>

Resumo

Devido às características intrínsecas da madeira, a mesma precisa passar por tratamentos para aumentar a sua durabilidade e ampliar as suas possibilidades de uso. Diante disso, a modificação térmica surge como uma alternativa interessante, alterando as propriedades da madeira, reduzindo a susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos e sendo um substituto a preservativos químicos tóxicos. Contudo, tal tratamento proporciona alterações nas propriedades tecnológicas do material. Diante disso, o presente trabalho buscou avaliar a modificação térmica na estabilidade dimensional de espécies de um sistema agroflorestal. Para isso, foram utilizadas três espécies e um híbrido (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) retiradas de um SAF. Os tratamentos térmicos aplicados foram de 120, 150, 180, 210 °C em períodos de 2 e 4 horas. As propriedades de retratibilidade foram avaliadas de acordo com a norma NBR 7190. Os resultados demonstraram que quanto maior a temperatura aplicada, mais estabilidade dimensional foi conferida à madeira e que as variações de contração na direção tangencial são maiores que na direção radial e longitudinal. A modificação térmica alterou a estabilidade dimensional da madeira das espécies e híbrido avaliadas.

Palavras-chave: Propriedade física da madeira; Tratamento térmico; Retratabilidade; Qualidade da madeira; SAF; Madeira nativa.

Abstract

Due to the intrinsic characteristics of wood, it needs to be treated to increase its durability and expand its possible uses. In view of this, thermal modification emerges as an interesting alternative, changing the properties of wood, reducing susceptibility to attack by xylophagous organisms and being a substitute for toxic chemical preservatives. However, such treatment leads to changes in the technological properties of the material. In view of this, the present work sought to evaluate thermal modifications on the dimensional stability of species from an agroforestry system. Three species and one hybrid (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake and *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) from an agroforestry system were used. The heat treatments applied were 120, 150, 180, 210 °C in periods of 2 and 4 hours. Shrinkage properties were evaluated according to the NBR 7190 standard. The results demonstrated that the higher the temperature applied, the more dimensional stability was conferred to the wood and that the shrinkage variations in the tangential direction are greater than in the radial and longitudinal directions. The thermal modification altered the dimensional stability of the wood of the species and hybrid evaluated.

Keywords: Wood physical properties; Thermal treatment; Retractability; Wood quality; SAF; Native wood.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: luana_candaten@outlook.com

Recebido: 4 abril 2023.

Aceito: 1 junho 2023.

Editor: Mauro Valdir Schumacher.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o artigo científico seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

A madeira caracteriza-se por possuir atributos específicos e únicos, destacando-se por ser um material orgânico, heterogêneo, higroscópico, anisotrópico e poroso e, diante disso, possuindo vasta aplicação. Todos os fatores constituintes desta se associam ao comportamento tecnológico da mesma, onde as propriedades físicas interferem diretamente no processo de industrialização e qualidade do produto (Alves et al., 2017; Gallio et al., 2016).

Dentre as propriedades físicas que compõem o lenho, cabe ressaltar a retratibilidade, a qual caracteriza-se pelos movimentos de contração ou inchamento da madeira, quando em contato com a água (Delucis et al., 2013). Juntamente com a variação dimensional, destaca-se o coeficiente anisotrópico, sendo descrito como a relação entre a contração nos planos tangencial e radial da madeira, sendo que, quanto menor a relação existente, menor será a probabilidade de defeitos (Alves et al., 2017).

Com isso, buscando-se melhorias nas características do material e, conseqüentemente, o maior emprego do mesmo, faz-se uso de métodos, dentre esses, o tratamento térmico. Este define-se pela submissão da madeira a temperaturas variando entre 140 a 260 °C, tendo por objetivo ocasionar pequenas modificações químicas nos polímeros de celulose, hemicelulose e lignina, obtendo-se assim, um produto com características diferenciadas comparativamente ao produto em circunstâncias normais, dentre essas, menor higroscopicidade e maior estabilidade dimensional (Jebrane et al., 2018; Poubel et al., 2015).

Sobre os produtos de madeira, ao longo dos anos, novas alternativas de produção vêm sendo empregadas para o suprimento da demanda, dentre essas, a implantação de sistemas agroflorestais (SAF's), os quais são conjuntos diversificados onde ocorre a produção de espécies madeireiras e agrícolas em consórcio (Miccolis et al., 2016). Ainda, os SAF's possuem inúmeros benefícios como, por exemplo, o uso sustentável da terra, vantagens socioeconômicas, elevação da produtividade e da renda, e também, benefícios ambientais, que abrangem a prevenção da erosão do solo e melhora do microclima (Nair, 2013; Torralba et al., 2016).

Diante disso, perante a crescente utilização da madeira em diversos cenários, faz-se necessário a realização de estudos relacionados ao emprego de métodos que visem a melhoria das características constituintes do produto. O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência da modificação térmica na retratibilidade da madeira de espécies e híbrido oriundas de um SAF.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

As madeiras das três espécies florestais e híbrido de eucalipto: *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Angico), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Guapuruvu) e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, foram provenientes de um SAF caracterizado por possuir espaçamento de plantio com 12 m entre linhas e 1,5 m entre plantas na linha.

O experimento está localizado em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria campus de Frederico Westphalen (UFSM/FW), Rio Grande do Sul, sob coordenadas geográficas 27°22" S; 53°25" W, a 480 m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante da região é Cfa, caracterizado como sub-úmido subtemperado, com uma temperatura média anual de 18,8 °C e temperatura média do mês mais frio do 13,3 °C.

Amostragem e avaliação

O processo de amostragem consistiu na derrubada de três árvores representativas com diâmetro médio de cada espécie, as quais possuíam nove anos de idade. Em seguida, houve a retirada de uma tora de dois metros na região do diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30 m do solo e destas foram feitos pranchões centrais para preparação dos corpos de prova. A confecção das amostras consistiu na consideração de parâmetros, dentre esses, orientação anatômica e dimensionamento, sendo que a determinação dos parâmetros físicos ocorreu de acordo com a norma técnica NBR 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997).

O procedimento de modificação térmica consistiu na submissão das amostras em estufa com circulação de ar forçada durante os períodos de 2 e 4 h nas temperaturas de: 120, 150, 180, 210 °C e a testemunha, a qual não foi exposta ao procedimento. Dessa maneira, cada amostra caracterizou-se por possuir dimensões de 2,5 cm x 2,5 cm x 5 cm (largura x espessura x comprimento, respectivamente), sendo que, foram devidamente identificadas de acordo com o tratamento, espécie e repetição, totalizando 12 repetições por tratamento.

Os corpos de prova tiveram o peso e dimensões aferidas em balança de precisão de 0,01 gramas e paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros, respectivamente. Posteriormente, para a completa saturação das fibras, houve a imersão dos corpos de prova em água, obtendo-se assim os valores de pesos e dimensões, ambos saturados para determinação dos valores de inchamento nos diferentes planos.

Após este procedimento, os mesmos foram expostos à secagem ao ar durante 30 dias, e, em seguida, submetidos à secagem em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 103 °C até que atingissem peso constante. Os valores de pesos e dimensões foram novamente aferidos para a realização dos cálculos de contração da madeira das espécies estudadas e dos tratamentos térmicos aplicados, nos planos longitudinal, tangencial e radial. Para a obtenção do coeficiente de anisotropia, houve a consideração apenas dos planos tangencial, radial e tratamentos aplicados.

Delineamento experimental e análise dos dados

Para a montagem e análise estatística dos dados, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, caracterizado por um arranjo fatorial 2x5, com dois tempos de exposição e cinco tratamentos térmicos. Os dados foram submetidos à análise estatística através do *Software "Statistical Analysis System"* (Statistical Analysis System Institute, 2003), em que se procedeu com a análise de variância, teste F, análise de verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk e a heterocedasticidade pelo teste de Bartlett, e teste de médias de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS

Pode-se observar que ocorreu diferença entre os dois tempos e entre os cinco tratamentos térmicos, em relação à retratibilidade da madeira das espécies estudadas. Observou-se que o tratamento térmico alterou significativamente a estabilidade dimensional das quatro espécies florestais avaliadas, sendo que, os resultados mais evidentes foram encontrados nos tratamentos realizados nas temperaturas de 120, 150 e 210 °C durante período de 4 h.

Para a contração radial verificou-se que as espécies *P. dubium* e *P. rigida* apresentaram diferenças significativas em relação ao tempo de exposição somente na temperatura aplicada a 120 °C, assim como o *S. parahyba* para o tratamento de 180 °C, sendo que as amostras expostas durante 4 h apresentaram menores valores do que 2 h (Figura 1). Já para o *E. grandis* x *E. urophylla* não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tempos de exposição.

Quanto a contração tangencial verificou-se resultados satisfatórios durante o ensaio realizado por 4 h nas temperaturas de 150 e 120 °C para as espécies *P. rigida* e *P. dubium*, respectivamente (Figura 1). Em contrapartida, para o *E. grandis* x *E. urophylla* a submissão das amostras durante 2 h a 210 °C, se sobressaiu apresentando os menores valores de contração quando comparado o tratamento executado por 4 h.

Para a contração longitudinal, não foram relatadas diferenças quanto ao tempo de ensaio para a espécie *P. rigida* (Figura 2). Já para *P. dubium* (120 e 210 °C), *E. grandis* x *E. urophylla* (120 e 150 °C) e *S. parahyba* (150 e 180 °C), encontrou-se diferenças entre 2 e 4 h.

Em relação ao inchamento radial, foram relatadas diferenças entre os tempos de exposição para as temperaturas de 210, 120 e 150 °C para as espécies *P. rigida*, *P. dubium* e híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, respectivamente, ressaltando-se que a exposição das amostras das três espécies citadas obtiveram menores valores de inchamento para o ensaio realizado durante o período de 4 h (Figura 3). Da mesma forma, para os inchamentos tangencial e longitudinal, quando observada esta diferença entre os tempos de exposição, os menores valores estiveram presentes no tratamento de 4 h (Figura 3 e 4).

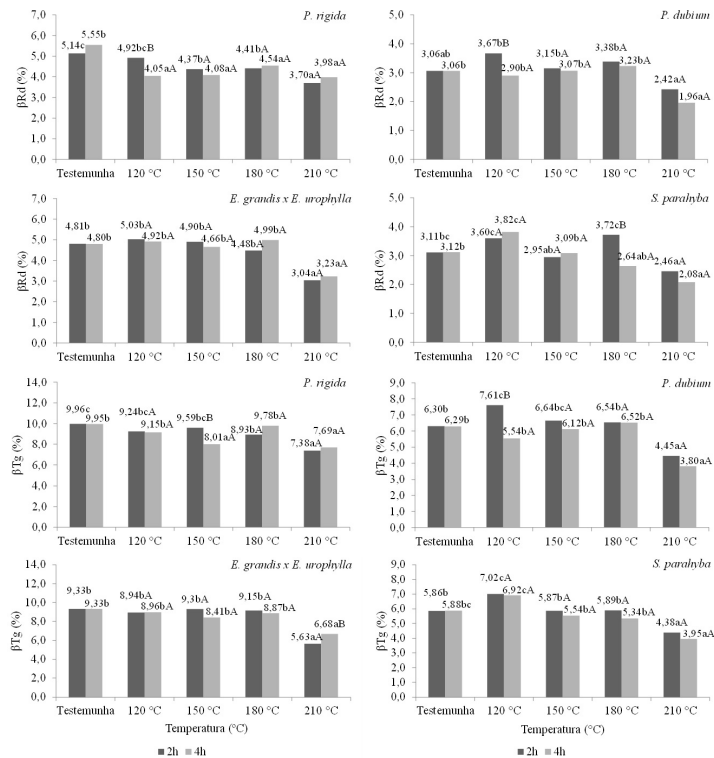


FIGURA 1 - Valores médios de contração radial (BRd) e contração tangencial (BTg) de três espécies e um híbrido submetidas ao tratamento de modificação térmica em diferentes tempos. Em que: Médias seguidas das letras minúsculas comparam os tratamentos de temperatura dentro de cada tempo e as médias seguidas das letras maiúsculas comparam os tratamentos de tempo dentro de cada temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

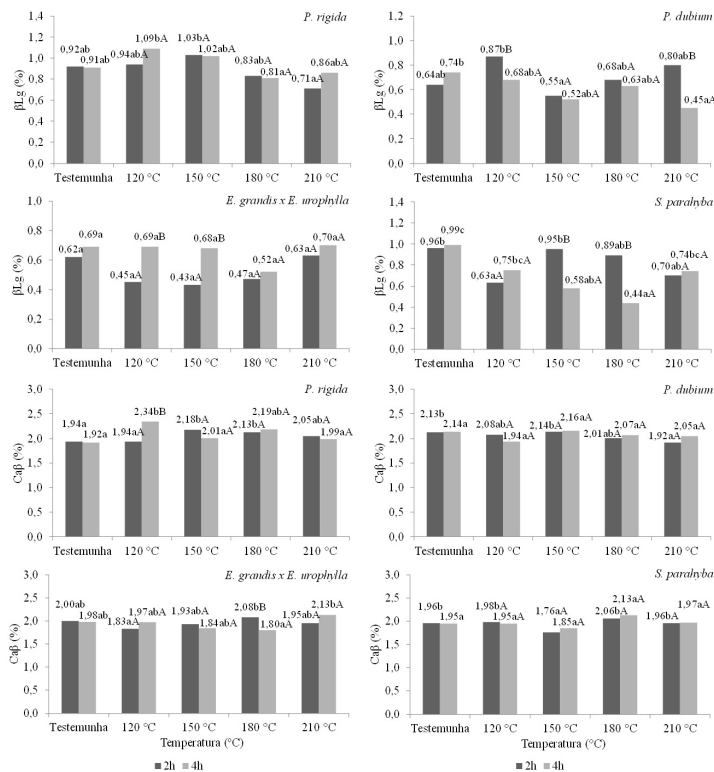


FIGURA 2 - Valores médios de contração longitudinal (BLg) e coeficiente anisotrópico de contração (CaB) de três espécies e um híbrido submetidas ao tratamento de modificação térmica em diferentes tempos. Em que: Médias seguidas das letras minúsculas comparam os tratamentos de temperatura dentro de cada tempo e as médias seguidas das letras maiúsculas comparam os tratamentos de tempo dentro de cada temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

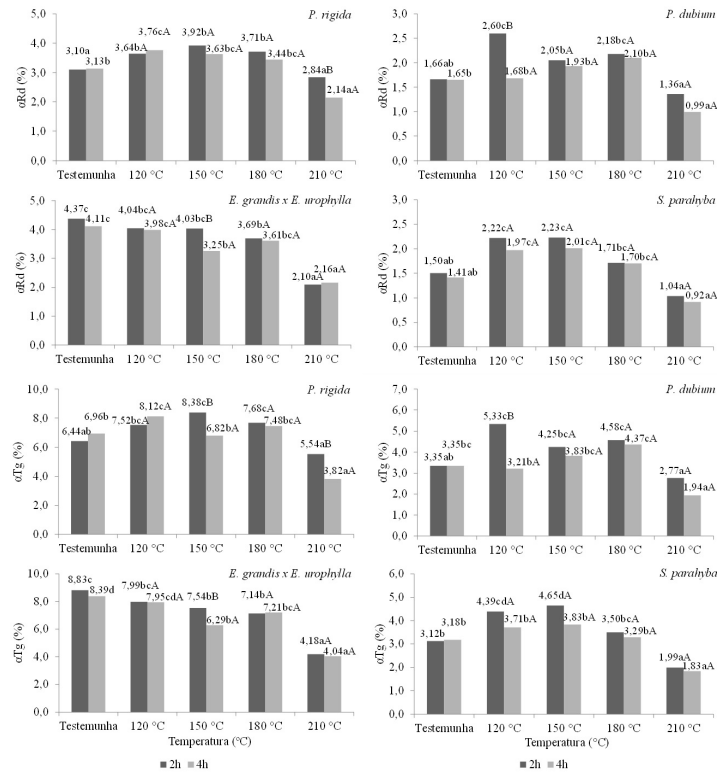


FIGURA 3 - Valores médios de inchamento radial (αR_d) e inchamento tangencial (αT_g) de três e um híbrido espécies submetidas ao tratamento de modificação térmica em diferentes tempos. Em que: Médias seguidas das letras minúsculas comparam os tratamentos de temperatura dentro de cada tempo e as médias seguidas das letras maiúsculas comparam os tratamentos de tempo dentro de cada temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

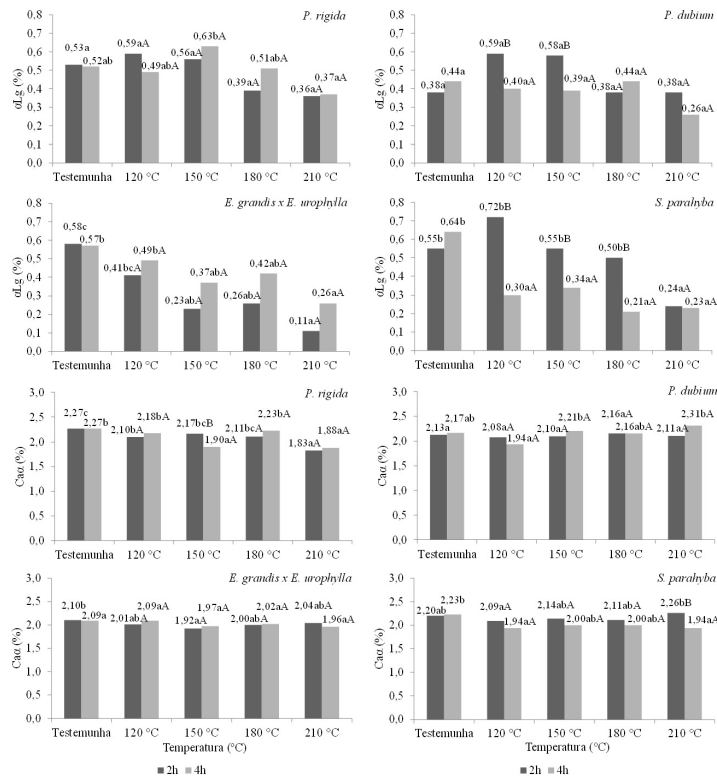


FIGURA 4 - Valores médios de inchamento longitudinal (ΔL_g) e coeficiente anisotrópico de inchamento (C_{aa}) de três espécies e um híbrido submetidas ao tratamento de modificação térmica em diferentes tempos. Em que: Médias seguidas das letras minúsculas comparam os tratamentos de temperatura dentro de cada tempo e as médias seguidas das letras maiúsculas comparam os tratamentos de tempo dentro de cada temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A espécie que apresentou o menor valor tanto para o inchamento radial quanto tangencial foi *S. parahyba* com valor de 0,92 e 1,83%, respectivamente, para o tratamento térmico de 210 °C (Figura 3). Já para o inchamento longitudinal *E. grandis* x *E. urophhylla* se destacou resultando em 0,11% para o mesmo tratamento (Figura 4). Como esses resultados foram provenientes do tratamento realizado a 210 °C, relata-se que quanto maior a temperatura de ensaio melhor será a estabilidade dimensional das amostras.

DISCUSSÃO

Essa redução nos valores da contração se dá pelo fato de o tratamento térmico diminuir as regiões amorfas da parede celular e ainda, degradar as hemiceluloses, reduzindo assim as regiões hidrofílicas das cadeias de microfibrilas de celulose que constituem a parede celular (Sun et al., 2017; Ferreira et al., 2019). Esse fenômeno é almejado, visto que a redução da contração aumenta a estabilidade da madeira e, conseqüentemente, viabiliza a sua utilização.

Concomitantemente com a presente pesquisa, Lobato et al. (2020) estudando a submissão de amostras de madeira da espécie *Pouteria caimito* e *Protium altissimum* durante 1 e 2 h, concluíram que o tratamento com maior tempo de submissão foi o que mais influenciou na propriedade contração. Já, para Takeshita & Jankowsky (2015), trabalhando as madeiras de *Hymenaea* sp. e *Astronium* sp. com as temperaturas de 60, 75 e 90 °C por períodos mais longos de 24, 48, 72 e 96 h concluíram que o tratamento térmico à temperatura de 90 °C foi o mais efetivo, reduzindo a higroscopicidade da madeira, porém verificaram que o tempo não influenciou neste parâmetro.

Quando comparada a testemunha com a temperatura máxima aplicada (210 °C), para todas as direções analisadas, percebe-se diferenças significativas, confirmando que o tratamento térmico resulta em modificações positivas, proporcionando melhores desempenhos das peças (Figura 1 e 2). Da mesma forma, em relação às variações dimensionais nas diferentes direções estruturais, observa-se que os valores de contração na direção tangencial são maiores que na direção radial e longitudinal. Isso ocorre, devido à orientação transversal dos raios e também em função da presença de pontuações areoladas predominantes nas paredes radiais das fibras, causando um desvio das microfibrilas de celulose na camada S2 (Ferreira et al., 2019).

Em geral, para a maioria das espécies foram obtidos para os tratamentos testemunha, 120 e 150 °C os maiores valores médios de inchamento, todos provenientes do ensaio realizado durante 2 h (Figura 3). Da mesma forma que para a contração, os valores de inchamento da testemunha quando comparados com o tratamento a 210 °C diferiram estatisticamente (Figura 2). Os resultados estão em conformidade com os aferidos por Huller et al. (2017), onde os inchamentos da espécie *E. cloeziana* para a testemunha e a temperatura de 210 °C no sentido tangencial, radial e longitudinal variaram, entre 14,79 a 9,52%, entre 8,84 a 6,78% e entre 0,54 a 0,48%, respectivamente.

Alguns trabalhos também mostram a influência do tempo na retratibilidade da madeira, como o realizado por Batista et al. (2011), os quais trataram termicamente a 200 e 230 °C por 1h, 2h e 3h a espécie de *Eucalyptus grandis* e obtiveram como resultado o aumento da estabilidade dimensional, sendo que o ensaio utilizando o maior tempo, apesar de não significativo, foi o que apresentou os menores valores de inchamento.

Assim, observa-se que as diversas temperaturas e tempos estudados, têm mostrado comportamentos diferentes na madeira, e na maioria das vezes, como neste estudo, o tempo de tratamento contribui para a melhoria da estabilidade da madeira. Porém, mesmo havendo diferença significativa entre os tempos de aplicação, verifica-se que ainda a maior diferença ocorre entre as temperaturas, pois estas tendem a proporcionar maiores alterações das propriedades da madeira (Windeisen et al., 2007).

Resultados semelhantes foram relatados por Santos & Silva (2021), em que avaliando a madeira de *Pinus caribaea* com tratamentos nas temperaturas de 160 e 200 °C observaram que a modificação térmica foi eficiente na redução do inchamento, sendo que os valores mais expressivos foram observados nos tratamentos com maiores temperaturas.

Quanto ao coeficiente anisotrópico de contração os valores variaram de 1,80 a 2,34 e para os de inchamento a variação foi de 1,83 a 2,31 (Figura 2 e 4). Esse coeficiente trata-se da relação entre a contração tangencial e a contração radial. O ideal é que a madeira tenha esse coeficiente igual a 1, uma vez que, esse valor representa uma alteração igual de dimensões nos sentidos radial e tangencial, situação considerada ideal e que não ocasiona formações de tensões internas (Faria et al., 2015).

Assim, os fenômenos de inchamento e contração que ocorrem na madeira devido a entrada e saída de água podem causar defeitos nas peças, como rachaduras e fendilhamentos. Desta forma, reduzir a instabilidade dimensional da madeira por meio de tratamentos térmicos, como no presente estudo, melhora a sua qualidade para determinados setores, como construção civil, movelaria, decoração, entre outros (He et al., 2019). A eficiência do aumento da estabilidade dimensional nas amostras das quatro espécies estudadas pode ser explicada pela degradação das hemiceluloses, visto que esse é o componente estrutural mais hidrofílico, e devido a degradação da mesma ocorre a redução dos sítios de sorção, sobretudo das hidroxilas, que se envolvem com as moléculas de água durante as trocas de umidade com o ambiente externo (Kocaeft et al., 2015).

CONCLUSÃO

A modificação térmica altera a estabilidade dimensional da madeira das três espécies e um híbrido avaliadas.

O tratamento térmico modifica de forma positiva a retratibilidade da madeira. Quanto maior a temperatura utilizada melhor será a estabilidade dimensional das amostras.

As variações de contração na direção tangencial são maiores que na direção radial e longitudinal.

Para a maioria das espécies os maiores valores de inchamento são provenientes da testemunha e dos tratamentos de 120 e 150 °C.

REFERÊNCIAS

- Alves, R. C., Oliveira, A. L. C., & Carrasco, E. V. M. (2017). Propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Revista Floresta e Ambiente*, 24, e00015312. Recuperado em 4 de abril de 2023, de <http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-2179-8087015312.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (1997). *ABNT NBR 7190: estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Batista, D. C., Tomaselli, I., & Klitzke, J. R. (2011). Efeito do tempo e da temperatura de modificação térmica na redução do inchamento máximo da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Ciência Florestal*, 21(3), 533-540. <http://dx.doi.org/10.5902/198050983810>.
- Delucis, R. A., Gatto, D. A., Stangerlin, D. M., Gonzalez de Cademartori, P. H., Weinert, L. C., & Avila Vega, R. (2013). Segregação e variação radial das propriedades físicas da madeira juvenil e adulta de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo). *Scientia Forestalis*, 41(100), 549-556.
- Faria, W. S., Resende, D. R., Guimarães, I. L., Protásio, T. P., & Guimarães Junior, J. B. (2015). Avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* tratado e não tratado com preservativo. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 287-293.
- Ferreira, M. S., Melo, R. R., Zaque, L. A., & Stangerlin, D. M. (2019). Propriedades físicas e mecânicas da madeira de angelim-pedra submetida a tratamento térmico. *Tecnológica em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 16(1), 3-7. <http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.20191297>.
- Gallio, E., Santini, E. J., Gatto, D. A., De Souza, J. T., Ravasi, R., De Menezes, W. M., Floss, P. A., & Beltrame, R. (2016). Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Revista Scientia Agraria Paranaensis*, 15(3), 244-250. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n3p244-250>.
- He, Z., Qu, L., Wang, Z., Qian, J., & Yi, Y. (2019). Effects of zinc chloride-silicone oil treatment on wood dimensional stability, chemical components, thermal decomposition and its mechanism. *Scientific Reports*, 9(1), e1601. PMID:30733516. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-38317-5>.
- Huller, L. A. S., Haselein, C. R., Silveira, A. G., Menezes, W. M., Talgatti, M., Souza, J. T., & Santini, E. J. (2017). Modificação térmica e propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(90), 183. <http://dx.doi.org/10.4336/2017.pfb.37.90.1288>.

- Jebrane, M., Pockrandt, M., Cuccui, I., Allegretti, O., Uetimane Junior, E., & Terziev, N. (2018). Comparative study of two softwood species industrially modified by Thermowood® and thermo-vacuum process. *BioResources, Raleigh*, 13(1), 715-728.
- Kocaeefe, D., Huang, X., & Kocaeefe, Y. (2015). Dimensional stabilization of wood. *Current Forestry Reports*, 1(3), 151-161. <http://dx.doi.org/10.1007/s40725-015-0017-5>.
- Lobato, S. C. C., Do Vale, I., Martins de Souza, L., Lima de Abreu, J. L., Costa Ferreira, G., & Bufalino, L. (2020). Densidade básica e estabilidade dimensional de madeiras tropicais modificadas por tratamentos térmicos. *Nativa (Sinop)*, 8(5), 708-714. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10630>.
- Miccolis, A., Peneireiro, F. M., Marques, H. R., Vieira, D. L. M., Arco-Verde, M. F., Hoffmann, M. R., Rehder, T., & Pereira, A. V. B. (2016). *Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF.
- Nair, P. K. R. (2013). Agroforestry: trees in support of sustainable agriculture. In S. A. Elias. *Reference module in Earth systems and environmental sciences* (pp. 1-15). USA: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.05088-0>.
- Poubel, D. S., Garcia, R. A., Santos, W. A., Lelis, R. C. C., & Vieira, L. A. A. (2015). Análises físicas e colorimétricas da madeira de *Pinus* sp. modificada termicamente. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, 43(107), 511-521.
- Santos, V. B., & Silva, G. C. (2021). Efeito da modificação térmica nas propriedades físicas da madeira de *Pinus Caribaea* var. *Hondurensis* Barrett & Golfari. *Caderno de Ciências Agrárias*, 13, 1-7. <http://dx.doi.org/10.35699/2447-6218.2021.26590>.
- Statistical Analysis System Institute - SAS. (2003). *SAS/STAT user's guide: statistics version 6.4* (Vol. 2). Cary, NC: SAS Institute.
- Sun, B., Wang, Z., & Liu, J. (2017). Changes of chemical properties and the water vapour sorption of *Eucalyptus pellita* wood thermally modified in vacuum. *Journal of Wood Science. Pequim*, 63(2), 133-139.
- Takeshita, S., & Jankowsky, I. P. (2015). Redução na movimentação dimensional da madeira de Jatobá (*Hymenaea* sp.) e Muiracatiara (*Astronium* sp.) submetidas a tratamento térmico adicional. *Scientia Forestalis, Piracicaba*, 43(106), 345-352.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta analysis. -. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>.
- Windeisen, E., Strobel, C., & Wegner, G. (2007). Chemecal changes during the production of thermo-treated beech wood. *Wood Science and Technology*, 41(6), 523-536. <http://dx.doi.org/10.1007/s00226-007-0146-5>.

Contribuição dos Autores: EE, TSM, LC, RT: planejamento e execução; TSM, LC: coleta de dados e escrita; EE, RT: análise dos dados; TSM, LC: escrita final; EE, RT, BOC: avaliação final e validação.