

## INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS HIDROTÉRMICOS NA RESILIÊNCIA E FRAGILIDADE DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS

**EZEQUIEL GALLIO<sup>1</sup>; MATHEUS LEMOS DE PERES<sup>2</sup>; DARCI ALBERTO GATTO<sup>2</sup>; DÉBORA DUARTE RIBES<sup>2</sup>; RAFAEL BELTRAME<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – egeng.florestal@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – matheusldeperes@gmail.com; darcigatto@yahoo.com.br; deboraribes@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – beltrame.rafael@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

A indústria moveleira é uma importante consumidora de madeira, como principal fonte de matéria-prima no Brasil. Dentre os diversos tipos de móveis disponíveis no mercado moveleiro nacional, os móveis vergados chamam atenção pela sua estética. A técnica de vergamento de madeira maciça para o confecção de móveis foi desenvolvida por Michael Thonet, em meados de 1800 na Áustria, sendo então implementada no Brasil por João Gerdau (GATTO, 2006). O mesmo autor ainda cita que para o vergamento de madeira, é necessário levar em consideração a espécie e a qualidade da madeira, bem como a plasticização ou pré-tratamento, o raio de curvatura das peças e a metodologia durante o processo.

Segundo PERES et al. (2013), a eficiência da técnica de vergamento da madeira está diretamente relacionada ao controle dos parâmetros que conferem a qualidade do produto e são provenientes da condução dos processos de pré-tratamentos. Dentre os diversos tipos de pré-tratamentos, os hidrotérmicos ganham destaque, sendo que MAICHE; HUBER (2010) e RUIZ et al. (2013) destacam a utilização de água a temperaturas superiores a 150°C. É de fundamental relevância ressaltar que além do cozimento, existem outros tratamentos hidrotérmicos como a vaporização e a utilização de radiação micro-ondas.

Com a aplicação desses pré-tratamentos é possível obter a plasticização da madeira, possibilitando assim, segundo GATTO et al. (2008), um ganho na flexibilidade da madeira, aumentando a capacidade de alongamento (lado correspondente a tração) e contração (lado correspondente a compressão) das peças de madeira sólida. Por consequência do pré-tratamento, a madeira pode sofrer alterações na composição química pelo deslocamento de extrativos (OLIVEIRA et al., 2003), possibilitando a alteração de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a fragilidade e a resiliência mecânica de três espécies florestais (*Luehea divaricata*, *Carya illinoinensis* e *Platanus x acerifolia*) após a exposição a três pré-tratamentos hidrotérmicos, sendo eles o cozimento, a vaporização e a radiação por micro-ondas.

### 2. METODOLOGIA

A partir de lotes de madeira das espécies *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Carya illinoinensis* (nogueira-pecã), e *Platanus x acerifolia* (plátano) foram confeccionados os corpos de prova com dimensões de 1 x 1 x 20cm (radial, tangencial e longitudinal respectivamente), seguindo a normatização ASTM D143-

94 que rege os dentre outros, os ensaios de flexão estática. Utilizou-se 15 corpos de provas, divididos igualmente em quatro tratamentos (Controle = T0; Cozimento = T1; Vaporização = T2 e Micro-ondas = T3).

Os corpos de prova destinados aos tratamentos de cozimento e vaporização, foram previamente acondicionados em câmara climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa do ar para atingirem a umidade de equilíbrio, enquanto os destinados ao tratamento com radiação de micro-ondas foram postos em reservatório com água até que atingissem teor de umidade saturado.

Com os corpos de prova já estabilizados (T1 e T2) ou totalmente saturados em água (T3), procedeu-se com os tratamentos. O cozimento foi realizado em um tanque com a água em ebulição (100°) à pressão atmosférica (1 atm.) com o auxílio de um “mergulhão”. Para a vaporização, utilizou-se uma caixa plástica com orifícios para a entrada e saída dos corpos de prova, entrada de vapor d’água, escoamento da água condensada e comunicação com entre os ambientes interno e externo a fim de possibilitar a manutenção da pressão atmosférica. No tratamento com micro-ondas, os corpos de prova encharcados de água foram postos em um forno laboratorial.

Após os tratamentos hidrotérmicos, realizou-se o ensaio de flexão estática nos corpos de prova com auxílio da máquina universal de ensaios EMIC (capacidade de carga de 300kN) e com velocidade do ensaio de 0,52 mm/min conforme a normatização. Através do software do equipamento, obtiveram-se os gráficos de tensão deformação (Figura 1). Com o auxílio dos gráficos, determinou-se os parâmetros de interesse junto as equações da Tabela 1, sendo possível assim a obtenção da fragilidade e módulo de resiliência das espécies.

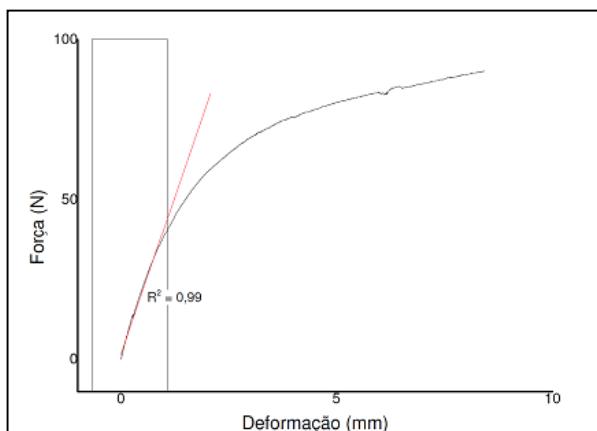


Figura 1 – Gráfico tensão x deformação de um ensaio de flexão estática.

Tabela 1 – Determinação das propriedades mecânicas.

Parâmetro	Equação	Caracterização dos elementos da equação
<b>Módulo de Resiliência</b>	$Ur = \int_0^{\varepsilon_e} \sigma e \, d\varepsilon$	$Ur$ = módulo de resiliência; $\varepsilon_e$ = deformação no limite de escoamento; $\sigma e$ = tensão no limite de escoamento;
<b>Módulo de Fragilidade</b>	$F (\%) = \frac{A_e}{A_{Total}} \times 100$	$F$ = fragilidade (%); $A_e$ = área abaixo da curva até o limite de proporcionalidade do gráfico; $A_{Total}$ = área total do gráfico;

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a Tabela 2 verifica-se a distinção entre os valores médios para o parâmetro mecânico fragilidade, dos demais tratamentos em relação ao controle, excetuando-se a espécie *Carya illinoiensis* (nogueira pecã), a qual difere estatisticamente dos tratamentos de cozimento e micro-ondas. Gatto et al. (2008) encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, constatando que a madeira de nogueira pecã apresentou-se pouco susceptível aos tratamentos de plasticização.

O tratamento controle dessa espécie apresentou um valor percentual de fragilidade inferior às demais possibilitando assim inferir que a nogueira pecã apresenta elevada qualidade para o vergamento, uma vez que é capaz de absorver grande quantidade de energia até que ocorra o rompimento ou surgimento de defeitos.

Tabela 2 – Médias da fragilidade dos tratamentos com o grupo controle.

Tratamentos	Espécies			Valor F
	<i>Luehea divaricata</i>	<i>Carya illinoiensis</i>	<i>Platanus x acerifolia</i>	
Controle (T0)	12,44 Bb	3,59 Ab	10,0 Bb	20,67
Cozimento (T1)	1,5 Aa	2,72 Ba	1,3 Aa	13,73
Vaporização (T2)	2,74 Ba	3,6 Cb	1,8 Aa	11,65
Micro-ondas (T3)	1,96 Aba	2,21Ba	1,52 Aa	2,79
Valor F	49,6	5,87	92,63	

Em que: Médias com letras iguais, minúsculas verticalmente e maiúsculas horizontalmente, não apresentam diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste de LSD-Fisher, em 5% de probabilidade de erro; ns = não significativa.

Quanto as outras duas espécies nota-se que os tratamentos diminuíram a fragilidade destas, aumentando assim sua capacidade em absorver energia até o seu rompimento. É de fundamental relevância ressaltar que a deformação plástica é irreversível, pois após a remoção da força atuante, a peça não retorna ao seu estado original, adquirindo uma nova forma. Ademais, os tratamentos hidrotérmicos apresentaram resultados satisfatórios, pois diminuíram consideravelmente o parâmetro de fragilidade de todas as espécies.

Conforme CALLISTER; RETHWISCH (2010), a capacidade de um material sofrer deformação elástica enquanto aplicada uma carga e retornar ao seu estado original sem deformação residual caracteriza a resiliência. Desta maneira na Tabela 3, verifica-se a diminuição significativa do módulo de resiliência das espécies tratadas em relação as amostras controle. Interpretando o módulo, verifica-se que quanto menor for seu valor, mais rápido ocorre à transição do regime elástico para o plástico, sendo que quanto menos resiliente o material, maior é sua deformação plasticamente.

Tabela 3 – Médias do  $U_r$  em função dos tratamentos e espécies.

Tratamentos	Espécies			Valor F
	<i>Luehea divaricata</i>	<i>Carya illinoiensis</i>	<i>Platanus x acerifolia</i>	
Controle (T0)	16,6 Bb	9,31 Ab	16,01 Bb	22,28
Cozimento (T1)	0,35 Aa	0,90 Ba	0,32 Aa	23,96
Vaporização (T2)	1,15 Aa	1,03 Aa	1,16 Aa	0,26 <sup>ns</sup>
Micro-ondas (T3)	0,66 Ba	0,55 Aba	0,40 Aa	5,97
Valor F	211,62	284	424,61	

Em que: Médias com letras iguais, minúsculas verticalmente e maiúsculas horizontalmente, não apresentam diferença estatisticamente significativa de acordo com o teste de LSD-Fisher, em 5% de probabilidade de erro; ns = não significativa.

Isso demonstra uma maior possibilidade da madeira sofrer a plasticização e consequentemente, realizar a conformação das peças. Levando em consideração os valores médios de  $U_r$ , constata-se que a vaporização não demonstrou diferença significativa entre as espécies, porém se comparado o controle com os demais tratamentos, constata-se que a diferença é sim significativa, mas que a vaporização foi a que menos reduziu o módulo de resiliência. Já a madeira de nogueira acabou por apresentar a mais elevada plasticidade natural, devido ao seu menor valor de módulo de resiliência.

#### 4. CONCLUSÕES

É possível concluir que a espécie nogueira pecã apresenta a menor interferência pelos tratamentos hidrotérmicos, apresentando elevada plasticidade natural, sendo recomendada para o vergamento devido a suas propriedades intrínsecas. Constatou-se também que os tratamentos hidrotérmicos apresentaram um acréscimo na qualidade da madeira para o vergamento, melhorando as propriedades relacionadas à fragilidade e ao módulo de resiliência.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standards methods of testing small clear specimens of timber:** ASTM D143-94. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia, 1997.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials Science and Engineering: An Introduction, Eighth Edition Binder Ready Version**. John Wiley & Sons, 2010. ISBN 9780470556733. Acessado em: 25/06/2015. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=jUI4QAAACAAJ>>.

GATTO, Darci Alberto. **Características tecnológicas do vergamento das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoinensis* e *Platanus x acerifolia* como subsídios para o manejo florestal**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

GATTO, Darci Alberto; HASELEIN, Clovis Roberto; SANTINI, Elio José; MARCHIORI, José Newton Cardoso; DURLO, Miguel Antão; CALEGARI, Leandro; STANGERLIN, Diego Martins. Características tecnológicas das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoinensis* e *Platanus x acerifolia* quando submetidas ao vergamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.1, p.121-131, 2008.

MAICHE, Rodolfo; HUBER, Charles. Desenvolvimento da produção e pesquisa de bioetanol nos Estados Unidos: um enfoque nas rotas bioquímicas. **Revista Thema**, Pelotas, v.7, n.2, p.1-19, 2010.

OLIVEIRA, Leonardo da Silva; SANTINI, Elio José; HASELEIN, Clovis Roberto. Efeitos de pré-tratamentos de água quente e congelamento na taxa de secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.10, n.2, p.11-18, 2003.

PERES, Matheus Lemos de; GATTO, Darci Alberto; DELUCIS, Rafael de Avila; BELTRAME, Rafael. Vergamento de madeira sólida: qualidade de processo e matéria-prima. **Nativa**, Sinop, v.1, n.1, p.56-61, 2013.

RUIZ, Héctor A.; ROMANI, Aloia; MICHELIN, Michele; TEIXEIRA, José A. A importância dos pré-tratamentos no conceito das biorrefinarias. **Boletim: Sociedade Portuguesa de Biotecnologia**, s.2, n.3, p.3-6, 2013. Acessado em 23/06/2015. Disponível em: <<http://www.spbt.pt/boletim.aspx>>.