

ESTABILIDADE TÉRMICA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS À TERMODEGRADAÇÃO

EZEQUIEL GALLIO¹; MÁRIO ANTÔNIO PINTO DA SILVA JÚNIOR²;
ANTONILDES TEIXEIRA MENDES NETO²; NIDRIA DIAS CRUZ²; LAÍSE
GUERREIRO²; DARCI ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – egeng.florestal@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – mariosilva.eng@gmail.com; antonildesteixeira@gmail.com;
nidria_cruz@hotmail.com; laiseguerreiro.efl@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a madeira torna-se uma alternativa viável para suprir a demanda da sociedade, pois se trata de um material com ampla versatilidade acerca de possíveis utilizações. Segundo PAES et al. (2012), trata-se de um material amplamente utilizado para fins energéticos, principalmente por se tratar de um material combustível, e com bom poder calorífico. Contudo, para se empregar a madeira de maneira correta, fazem-se necessários estudos com o intuito de determinar suas características tecnológicas (ARAÚJO et al., 2016).

BIANCHI et al. (2010) argumentaram que o conhecimento adquirido por meio de estudos que abordem a estabilidade térmica de madeira, tornam-se fundamentais para a obtenção de compósitos polímero/madeira, uma vez que a cinética de degradação influencia diretamente na seleção do material a ser utilizado como reforço de materiais poliméricos. SILVA et al. (2007) ressaltaram que por meio da curva do termograma obtido pela termogravimetria (TG), é possível observar a estabilidade térmica da madeira por meio da decomposição dos compostos orgânicos, inorgânicos e substâncias poliméricas.

Em um processo de pirólise (termodegradação) ocorre a decomposição da celulose, hemicelulose e lignina, além da perda de água, por parte da madeira (CARNEIRO et al., 2013; PEREIRA et al., 2013). Uma vez que esses são os constituintes principais da madeira, sua degradação acarreta alterações nas demais propriedades tecnológicas das madeiras. VIDAURRE et al. (2012) destacaram que a análise termogravimétrica permite observar em quais faixas de temperatura é que ocorre a degradação dos constituintes químicos da madeira.

Nesse contexto, fazem-se necessárias pesquisas que visem analisar a estabilidade térmica dos componentes principais e acidentais das madeiras, definidos pela celulose, hemicelulose e lignina, e pelos extrativos e cinzas, respectivamente. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a estabilidade térmica dos componentes principais de quatro espécies florestais em diferentes temperaturas, submetidas à degradação térmica.

2. METODOLOGIA

Nos Laboratórios de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, pertencentes ao curso de Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Federal de Pelotas, foram confeccionados corpos de prova cúbicos de 30mm x 30mm x 30mm (planos tangencial, radial e longitudinal, respectivamente) das espécies *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Carya illinoensis* (nogueira-pecã), *Platanus x acerifolia* (plátano) e *Hovenia dulcis* (uva do japão). Essa madeira foi

cedida por uma empresa parceira, localizada no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul.

Esses corpos de prova, após dimensionados, ficaram acondicionados em câmara climatizada (ajustada com 20°C de temperatura e 65% de umidade) até a obtenção de massa constante, e consequente equilíbrio higroscópico de 12% de umidade. Posteriormente a estabilização, os corpos de prova foram moídos em moinho de facas tipo Willey, passando o material resultante por um conjunto de peneiras sobrepostas com malhas de 40 e 60 mesh, utilizando-se o pó retido na malha de 60 mesh.

Já a análise termogravimétrica (TGA) foi realizada por meio da utilização de um equipamento Netzsch, modelo TG 209F1, localizado no Laboratório de Física, Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão. Os parâmetros adotados para a realização da análise foram: temperatura inicial de 25°C, temperatura final de 650°C, taxa de aquecimento de 10°C/minuto, em atmosfera inerte sob fluxo de gás nitrogênio (vazão de 50mL/minuto).

Os resultados relacionando a perda de massa em função das diferentes faixas de temperatura de cada espécie foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e teste F, e posteriormente, efetuou-se a comparação múltipla de médias por meio do teste LSD Fisher, considerando uma probabilidade de erro de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostradas as curvas de perda de massa (A) e as derivadas de 1ª ordem (B) das quatro espécies madeireiras estudadas. Verifica-se que a espécie *Luehea divaricata* apresentou a maior perda de massa, principalmente nas regiões de perda de umidade, até aproximadamente 100°C, e de degradação da celulose e lignina, próximo aos 350°C.

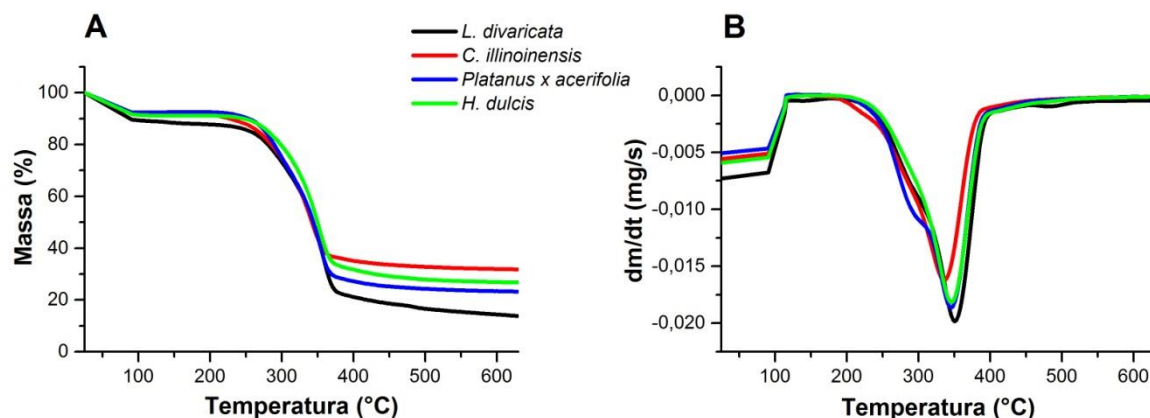


Figura 1 – Curvas TGA e DTG para as quatro florestais termodegradadas.

A faixa de temperatura compreendida entre a temperatura ambiente e 150°C corresponde à remoção da água adsorvida na parede da madeira, enquanto a despolimerização da celulose e início da degradação da lignina ocorre entre 240°C e 400°C (RIEGEL et al., 2008), semelhante ao observado no presente estudo.

Assim, na Tabela 1 é possível verificar a quantidade de perda de massa em diferentes faixas de temperaturas analisadas. Verifica-se que a maior taxa de perda de massa ficou restrita na região compreendida 300 – 350°C, aonde a mesma não apresentou diferenças significativas entre as diferentes espécies. Até

aproximadamente 200°C, a espécie *Platanus x acerifolia* apresentou maior estabilidade térmica frente as demais, sendo que acima dessa faixa de temperatura, a espécie *Carya Illioinensis* demonstrou ser mais estável termicamente.

Tabela 1 – Relação entre a perda de massa (%) ocorrida nas diferentes faixas de temperatura (°C) das quatro espécies florestais estudadas.

Temperatura	<i>L. divaricata</i>	<i>C. illioinensis</i>	<i>Platanus x acerifolia</i>	<i>H. dulcis</i>	F
25 - 100	10,60 d	8,23 b	7,57 a	8,54 c	1.842,68 *
100 - 150	1,02 d	0,06 b	0,00 a	0,24 c	645,63 *
150 - 200	0,62 c	0,33 b	0,02 a	0,03 a	190,04 *
200 - 250	2,08 b	3,56 c	2,14 b	1,43 a	35,81 *
250 - 300	12,56 b	13,27 b	15,60 c	10,43 a	15,63 *
300 - 350	29,17 a	31,01 a	31,03 a	30,05 a	0,94 ^{ns}
350 - 400	22,79 c	8,39 a	16,53 b	17,56 b	15,81 *
400 - 450	2,63 c	1,59 a	2,06 b	2,60 c	85,64 *
450 - 500	1,96 d	0,78 a	0,89 b	1,23 c	340,72 *
500 - 550	1,23 d	0,49 a	0,54 b	0,59 c	1.174,69 *
550 - 630	0,78 b	0,23 a	0,23 a	0,28 a	12,18 *
Massa Residual	14,56 d	32,06 a	23,39 c	27,02 b	16.814,13 *

Em que: médias seguidas por mesma letra, nas linhas, não apresentam diferenças significativas conforme o teste LSD Fisher, com probabilidade de erro de 5%. * - significativo pelo teste F ($p < 0,05$); ^{ns} - não significativo pelo teste F ($p > 0,05$);

GARCIA et al. (2016) complementaram que a perda de massa recorrente de processo de termodegradação até uma faixa de temperatura de 250°C, pode ser atribuído a evaporação que ocorre com a água do material e dos materiais voláteis.

Conforme MOHAN et al. (2006), materiais lignocelulosicos são caracterizados pela presença de diferentes perfis de termodegradação dos seus componentes químicos, sendo que a celulose apresenta maior estabilidade térmica em relação à lignina e as hemiceluloses. Logo, a composição química encontra-se diretamente relacionada à estabilidade térmica da madeira, seja pela quantidade dos componentes químicos principais, bem como a composição dos extrativos e teor de materiais inorgânicos.

4. CONCLUSÕES

A madeira com maior estabilidade térmica foi a *Carya illioinensis*, a qual apresentou a menor perda de massa, enquanto a *Luehea divaricata* mostrou-se menos estável termicamente. Já a maior taxa de degradação foi observada na faixa de temperatura compreendida entre 300 e 350°C, estando ligada principalmente à decomposição da celulose.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, B. H. P.; SOUZA, M. A. R.; NASCIMENTO, H. E. M.; ZANUNCIO, A. J. V.; RODRIGUES, D. M. S.; GUEDES, M. C. Propriedades físicas da madeira de *Calycophyllum spruceanum* Benth. em função do diâmetro e da posição (base e topo) no fuste. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 759-768, 2016.

BIANCHI, O.; DAL CASTEL, C.; OLIVEIRA, R. V. B.; BERTUOLI, P. T.; HILLIG, E. Avaliação da degradação não-isotérmica de madeira através de termogravimetria-TGA. **Polímeros**, v. 20, n. especial, p. 395-400, 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; PIMENTA, A. S.; PINTO, E. M.; ALVES, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 6, p. 1153-1163, 2013.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Decomposição térmica de pellets de madeira por TGA. **Holos**, v. 1, ano 32, p. 327-339, 2016.

MOHAN, D.; PITTMAN, C. U.; STEELE, P. H. Pyrolysis of wood / biomass for bio-oil: a critical review. **Energy Fuels**, v. 20, n. 3, p. 848-849, 2006.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; SANTOS, H. C. M. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2012.

PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A.; OLIVEIRA, A. C. Estudo da degradação térmica da madeira de *Eucalyptus* através de termogravimetria e calorimetria. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 567-576, 2013.

RIEGEL, I.; MOURA, A. B. D.; MORISSO, F. D. P.; MELLO, F. S. Análise termogravimétrica da pirólise da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) cultivada no Rio Grande do Sul, Brasil. **Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 533-543, 2008.

SILVA, E. C.; PAOLA, M. V. R. V.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada à cosmetologia. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 3, p. 347-356, 2007.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.