

## ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA SOBRE AS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE MADEIRAS USADAS EM PATRIMÔNIOS ARTÍSTICOS E CULTURAIS BRASILEIROS

Lucio C. Severiano <sup>1\*</sup>, Francisco A. R. Lahr <sup>2</sup>, Marcelo A. G. Bardi <sup>3</sup>, Luci D. B. Machado <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), São Paulo, Brasil, [lucioseveriano@usp.br](mailto:lucioseveriano@usp.br)

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil, [frocco@sc.usp.br](mailto:frocco@sc.usp.br)

<sup>3</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), São Paulo, Brasil, [magbardi@ipen.br](mailto:magbardi@ipen.br)

<sup>4</sup> Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), São Paulo, Brasil, [lmachado@ipen.br](mailto:lmachado@ipen.br)

### Resumo

A madeira é considerada um polímero natural de extrema complexidade, composto basicamente por celulose, lignina, hemicelulose e extrativos, e, assim, sujeita a ataques biológicos. O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da radiação gama nas propriedades térmicas das espécies cedro-rosa e imbuia, em diferentes doses (25kGy, 50kGy e 100kGy), para fins de desinfestação/descontaminação. As análises de DSC e TG demonstram que a irradiação não promove alterações nas propriedades físico-químicas da madeira, além de não produzir resíduos tóxicos e/ou radioativos.

**Palavras-chave:** radiação gama, madeira, propriedades térmicas.

### Abstract

Wood is considered a greatly-complex natural polymer, composed primarily of cellulose, lignin, hemicellulose and extractives, and thus susceptible to biological attacks. The objective of this study is to evaluate the effects of gamma radiation on thermal properties of species *Cedrella fissilis* and *Ocotea porosa*, in different doses (25kGy, 50kGy and 100kGy) for the purpose of disinfection / decontamination. DSC and TG analysis show that irradiation process neither promote changes in physical and chemical properties of wood nor produce toxic and/or radioactive wastes.

**Key-words:** gamma radiation, wood, thermal properties.

### 1. INTRODUÇÃO

As madeiras apresentam fortes afirmações e influências da cultura através da confecção de móveis, na escultura de peças de arte e artefatos encontrados em igrejas antigas, tais como imagens, adornos, altares, molduras e outros.

De acordo com Mano [1], a madeira é considerada um composto natural de extrema complexidade, em que os elementos de resistências são representados pelas fibras de celulose, e o material aglutinante, pela lignina.

Sua ultra-estrutura e composição química, bem como suas propriedades físicas e mecânicas variam significativamente entre espécies, entre árvores de uma mesma espécie, e, mesmo entre diferentes partes de uma mesma árvore [2].

A escolha racional das madeiras para fins industriais ou construtivos, só pode ser realizada com o conhecimento preciso das propriedades físicas e mecânicas que as caracterizam.

No Brasil, país em que a variedade e a riqueza das madeiras é realmente grande, os primeiros trabalhos sobre as características mecânicas da madeira só tiveram início no começo do século. Os resultados obtidos na ocasião serviram para estudos das propriedades de algumas espécies florestais. Os elementos assim colhidos, além de estabelecerem limites de resistência peculiares às espécies, permitindo julgar sobre o valor relativo das mesmas [3].

De acordo com Lara [4], é triste constatar que grandes números de nossas construções históricas se acham em estado de decadência simultânea, merecendo cuidados, em todas as regiões do país. Obras do século XVII, XVIII e XIX ultrapassam todas, os limites de autodefesa da madeira, mesmo dos tipos de melhores qualidades. Neste contexto alguns estudiosos sugerem a utilização da radiação gama como alternativa para a desinfestação e descontaminação de obras de arte atacadas por fungos, térmitas entre outros.

Em várias aplicações, o uso da radiação gama com fonte de cobalto 60 pode ser interessante, uma vez que, pode descontaminar e desinfestar espécies de madeiras que sofreram ataques biológicos. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da radiação gama sobre algumas propriedades físicas, térmicas, e mecânicas de madeiras usadas em patrimônio artístico e cultural brasileiro (cedro rosa e imbuia). Tendo em vista, a obtenção de produtos com propriedades e características bem definidas. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados diferentes doses de irradiação (25kGy, 50kGy e 100kGy). Os resultados obtidos permitem observar a influência das diferentes doses de irradiação sobre propriedades das espécies estudadas.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo verificar a resistência das madeiras Cedro rosa (*Cedrella fissilis*) e Imbuia (*Ocotea porosa*) à irradiação com raios gama de fonte de cobalto 60, visando a aplicação deste processo na desinfestação e descontaminação de artefatos do patrimônio artístico e cultural brasileiro.

## 3. MÉTODOS E MATERIAIS

### 3.1. Materiais

- Espécies de madeiras: cedro rosa e imbuia

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Preparação das amostras

Os corpos-de-prova de madeiras foram preparadas de acordo a norma NBR ABNT 7190, anexo B [5]. Em seguida, foram expostos no irradiador de fonte cobalto 60 – fonte panorâmica com atividade de 9000 Ci, localizado no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR / IPEN /CNEN-SP) e submetidas às doses de 25 kGy, 50 kGy e 100 kGy. Estas doses foram escolhidas após considerar que a radiação gama é um tratamento eficaz nos processos de descontaminação e desinfestação de materiais atacados por insetos e cupins. Porém, não evita a recontaminação ou reinfestação por partes destes organismos.

#### 3.2.3. Análise Termogravimétrica (TG/DTG)

Os ensaios de análise térmica para as amostras de madeiras e colas foram realizados utilizando o equipamento TG50 da Shimadzu Co. As condições experimentais para a obtenção das curvas de TG/DTG foram: massa de cerca de 5 mg, razão de aquecimento de 10°C/min., de 25°C a 700°C, em atmosfera dinâmica de ar comprimido seco com vazão de 50 mL/min.

#### 4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

As Fig. 1-6 apresentam os resultados de TG/DTG das duas espécies de madeiras cedro rosa e imbuia não irradiadas e quando submetidas à diferentes doses de irradiação (25 kGy, 50 kGy e 100 kGy). As curvas de variação de massa em função da temperatura permitem a determinação quantitativa dos principais componentes presentes nas amostras.

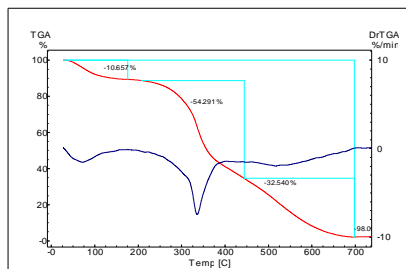


Fig. 1. Curvas TG/DTG amostra Imbuia não irradiada

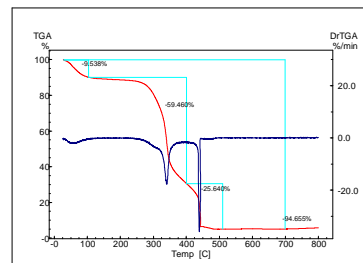


Fig. 4. Curvas TG/DTG amostra cedro rosa não irradiada

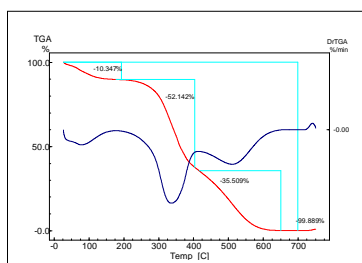


Fig. 2. Curvas TG/DTG amostra Imbuia à 25kGy

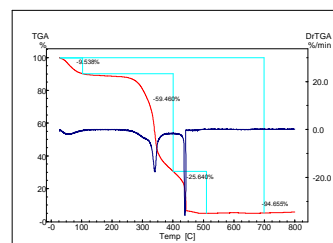


Fig. 5. Curvas TG/DTG amostra cedro rosa irradiada a 25kGy

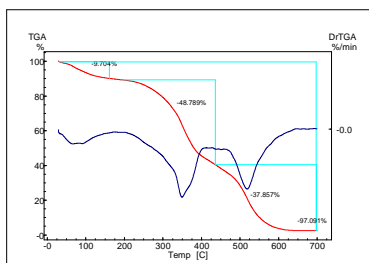


Fig. 3. Curvas TG/DTG da amostra imbuia irradiada a 100kGy

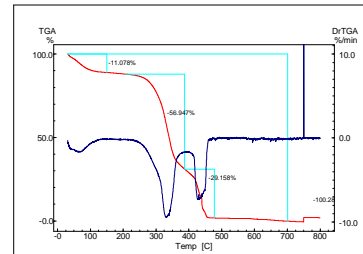


Fig. 6. Curvas TG/DTG amostra cedro rosa irradiada a 100kGy

De acordo com Costa et al. [6], os fenômenos observados durante a decomposição térmica das espécies de madeiras são atribuídos a:

- Evaporação da água: até 140 °C;
- Formação de gases: ocorre entre 200 e 450 °C, com liberação máxima entre 350 e 400°C;
- Formação de pirolenhoso: o pirolenhoso seria formado até cerca de 350°C, passando por um máximo entre 280 e 300°C;
- Formação de alcatrão: a produção de alcatrão ocorre entre 300 e 450°C;
- Liberação de outros gases: acima de 400°C haveria formação de gases, principalmente hidrogênio.

Ainda de acordo com os autores, esse comportamento é atribuído a mecanismos cinéticos de carbonização, onde os fatores tempo e temperatura influem diretamente na transferência de calor através da camada de carvão já

formada, partindo-se da propagação do calor exterior pela superfície da serragem por condução, iniciando o processo de pirólise, seguido do movimento dos gases, por convecção, na direção oposta à transferência de calor, iniciando-se a formação do carvão, sem os componentes voláteis na estrutura.

Ratificando a afirmação citada por Campanella [7], o primeiro estágio de perda massa da ordem de 9 a 12% ocorre até cerca de 150°C e corresponde à eliminação de toda a umidade da amostra. O segundo e terceiro estágios correspondem à degradação térmica oxidativa da celulose e da lignina da amostra de madeira e ocorrem entre 160°C e 400°C. A hemicelulose sofre degradação térmica em temperaturas de 200°C até cerca de 260°C [8]. A degradação térmica da lignina inicia-se em torno de 200°C com as reações de desidratação. Até 300°C ocorre a quebra das ligações  $\alpha$ - $\beta$ -aril-alkil-éter. Por volta desta temperatura, as cadeias laterais alifáticas começam a se separar dos anéis aromáticos. Finalmente, entre 370°C e 400°C, aproximadamente, ocorre a quebra da ligação carbono-carbono entre as unidades estruturais da lignina. A faixa de temperatura em que ocorrem estes eventos depende da atmosfera que envolve a amostra durante o processo de pirólise (ar ou nitrogênio). A massa residual medida em temperaturas mais altas que as discutidas acima correspondem ao resíduo de cinzas.

A observação dos resultados dos ensaios realizados permite concluir que na faixa de dose estudada, não há alterações significativas nas propriedades físicas, mecânicas e térmicas das espécies de madeiras estudadas.

Concluindo-se, a técnica de irradiação com raios gama de fonte de cobalto 60 mostra-se eficiente como uma alternativa para repetidos tratamentos de desinfestação e descontaminação de bens culturais móveis à base de madeiras, especificamente cedro rosa (*Cedrella fisillis*) e imbuia (*Ocotea porosa*) por não causar danos aos materiais na faixa de dose estudada, uma vez que este processo de preservação e conservação não impede a reinfestação do material e que a dose de radiação absorvida é cumulativa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Ms. Marcia Mathias Rizzo e Ms. Danilo Bras dos Santos, pela sugestão das espécies de madeira, ao estagiário Alex Correia dos Santos, por auxiliar nos ensaios de TG, à Ms. Yasko Kodama e ao técnico Paulo de Souza Santos, pela irradiação das amostras, e à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pela concessão da bolsa de Mestrado (proc. n.º 01341.001411/2008-80).

## REFERÊNCIAS

1. MANO, E.B. **Polímeros como materiais de engenharia**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.
2. PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: Mc-Graw-Hill, 1980.
3. LELIS, A.T. et al. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001.
4. LARA, F. M. **Princípios de Entomologia**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1992.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projetos de estruturas e madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
6. COSTA, T. M. S.; MARTINELLI, J. R.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada a estudos de ecoeficiência do bambu para processos de carbonização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 16., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2004.
7. CAMPANELLA, L.; TOMASSETTI, M.; TOMELLINI, R. Thermoanalysis of ancient, fresh and waterlogged woods. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 37, n. 8, p. 1923-1932, 1991.
8. LeVan, S. L. Thermal degradation. In: Schniewind, P. A. (ed). **Concise Encyclopedia of Wood & Wood-based materials**. 1ed. New York: Pergamon Press, 1989. p. 271-273.