

AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA DE ESPÉCIES DE BAMBU POR TERMOGRAVIMETRIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020259-268>



Rafaela Faber de Campos¹
Pedro Henrique Weirich Neto²
Sandra Regina Masetto Antunes³
Maria Elena Payret Arrúa⁴

RESUMO

A biomassa sempre foi uma das fontes de energia mais utilizadas pelo homem, e como consequência, principalmente, dos problemas enfrentados pelo uso de combustíveis fósseis assume, novamente, grande importância. Vários tipos de biomassa podem ser citados, como por exemplo, a madeira de árvores, entretanto nem sempre é a mais adequada para geração de energia. O bambu entre outras plantas apresenta estrutura ímpar e, se destaca pela produtividade, podendo-se tornar uma alternativa sustentável para a geração de energia. Neste trabalho foi investigada a estabilidade térmica, conseqüentemente, a degradação térmica de quatro espécies de bambu in natura e na forma de carvão utilizando a termogravimetria (TGA). As espécies avaliadas foram *Phyllostachys aurea* A. C. Rivière (bambu dourado), *Chusquea gracilis* McClure & Smith (criciúma), *Chusquea mimosa* McClure & Smith (caratuva) e *Merostachys multiramea* Hackel (taquara lixa), presentes no centro-sul do estado do Paraná - Brasil. A análise dos resultados de termogravimetria indica que a decomposição destas espécies de bambu ocorre em 3 etapas. Estas etapas são associadas a perda de umidade (primeira), decomposição da hemicelulose e celulose (segunda) e decomposição da lignina (terceira). As espécies se diferenciam na temperatura de velocidade máxima de decomposição devido, provavelmente, às suas distintas composições.

Palavras-chave: Bioenergia. Degradação térmica. Biomassa.

¹ Mestre em Bioenergia. Universidade Estadual de Ponta Grossa. rafaelafaber@gmail.com

² Doutor em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Ponta Grossa. lama1@uepg.br

³ Doutora em Química. Universidade Estadual de Ponta Grossa. sandreg@uepg.br

⁴ Doutora em Química. Universidade Estadual de Ponta Grossa. elenapayret@uepg.br

EVALUATION OF THERMAL DECOMPOSITION OF BAMBOO SPECIES BY THERMOGRAVIMETRY

ABSTRACT

Biomass has been one of the most widely used sources of energy by the humankind, and as one of the main consequences of the problems faced by the use of fossil fuels, it has once again assumed great importance. Several types of biomass can be cited, such as the wood of trees, but this is not always the most suitable for power generation. Bamboo among other plants has the same structure and outstands for its productivity, presenting potential to become a sustainable alternative for power generation. In this paper, the thermal stability was investigated, consequently, the thermal degradation of four bamboo species in natura and in charcoal form using thermogravimetry (TGA). *Phyllostachys aurea* A. C. Rivière (golden bamboo), *Chusquea gracilis* McClure & Smith (criciuma), *Chusquea mimosa* McClure & Smith (caratuva) and *Merostachys multiramea* Hackel (taquara lixa) were found in the Center-South of the Parana State - Brazil. An analysis of the thermogravimetry results indicates that the decomposition of these bamboo species occurs in 3 steps. These steps are related to moisture loss (first), hemicellulose and cellulose decomposition (second) and lignin decomposition (third). The species under study differed in maximum decomposition rate temperature probably due to their distinct compositions.

Key words: Bioenergy. Thermal degradation. Biomass.



1 INTRODUÇÃO

A bioenergia é a maior fonte de energia renovável globalmente utilizada, com 14% dos 18% de energias renováveis. Dentro da biomassa a madeira representa 68% do fornecimento de energia primária, seguido do carvão vegetal com 10%. Mais de 2,6 bilhões de pessoas são diretamente dependentes da energia da biomassa (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

Em função da presença de tecido lenhoso em sua estrutura fisiológica, o Bambuseae Kunth ex Dumort. (Bambusoideae) possui potencial energético (FAO, 2007). Botanicamente não é uma árvore, isso leva a omissões nas discussões sobre florestas, porém como bioenergia já é reconhecido em muitos países (INBAR, 2014). O Brasil possui 34 gêneros e 232 espécies de bambus nativos (174 espécies endêmicas), sendo 16 gêneros do tipo herbáceo e 18 gêneros do tipo lenhoso (AZZINI; BERALDO, 2001). Alguns lenhosos são conhecidos popularmente como taquara,

taboca, jativoca, taquaruçu ou taboca-açu (AZZINI; BERALDO, 2001) Foram registradas 34 nomenclaturas em tupi-guarani (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2007).

Assim como na madeira de árvores, os principais constituintes químicos presente nos colmos de bambu são os carboidratos, como a celulose, hemicelulose, lignina e, em menores quantidades resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos (LIESE, 1985, 1998; BERALDO et al., 2001).

A China e a Índia são os maiores produtores de bambu, anualmente estima-se que sejam processados mais de 5 milhões de toneladas de bambu em cada país (KLEIN, 2015). A União Europeia (UE), Estados Unidos da América (EUA) e o Japão, em conjunto, consumiram mais de 56% das commodities de bambu e rattan do mercado global (BENTON et al., 2011).

Teoricamente o bambu já tem importância reconhecida no Brasil. Em 2011, foi decretada a Lei Nacional 12.484/2011 que institui a Política Nacional de Incentivo ao manejo sustentado e ao cultivo do bambu (PNMCB) (BRASIL, 2011).

O bambu tem como grande potencial a sua produtividade (MOGNON et al., 2014; SANQUETTA et al., 2015). No Brasil, se reconhece a alta produtividade de biomassa de bambu, porém na prática ainda possui baixo reconhecimento quanto ao seu potencial de utilização (GUARNETTI; COELHO, 2014).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi a avaliação da decomposição térmica, por termogravimetria (TG e DTG), de três espécies nativas de bambu (*Chusquea gracilis* McClure & Smith, *Chusquea mimosa* McClure & Smith e *Merostachys multiramea*), e uma exótica (*Phyllostachys aurea*).

A termogravimetria (TG) é uma das técnicas mais utilizada para investigar e comparar os eventos térmicos que ocorrem durante o processo de decomposição de biomassa, estabilidade térmica e quantidade de massa residual (SANTOS et al., 2012).

2 METODOLOGIA

COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta de bambu foi realizada no município de São Mateus do Sul, Paraná, Brasil. Este município possui relevo ondulado e suave ondulado cortado por planícies aluviais (FLORES; GARRASTAZU, 2010). A classificação climática, de Köppen, é Cfb, subtropical com chuvas distribuídas durante o ano, verões amenos e geadas

frequentes no inverno (CAVIGLIONE et al., 2000). O município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu e possui a Floresta Ombrófila Mista como vegetação original (MAACK, 1968).

Coletaram-se fragmentos do colmo, folhas e raízes para comparação com exsicatas do Herbário da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), do Herbário Municipal do Jardim Botânico de Curitiba e em Herbários virtuais (Herbário Virtual Re flora; Herbário Virtual Austral Americano; Herbário Virtual da Flora e dos Fungos).

Foram coletadas três espécies nativas; *Chusquea gracilis* McClure & Smith, *Chusquea mimosa* McClure & Smith e *Merostachys multiramea*, e uma exótica *Phyllostachys aurea*.

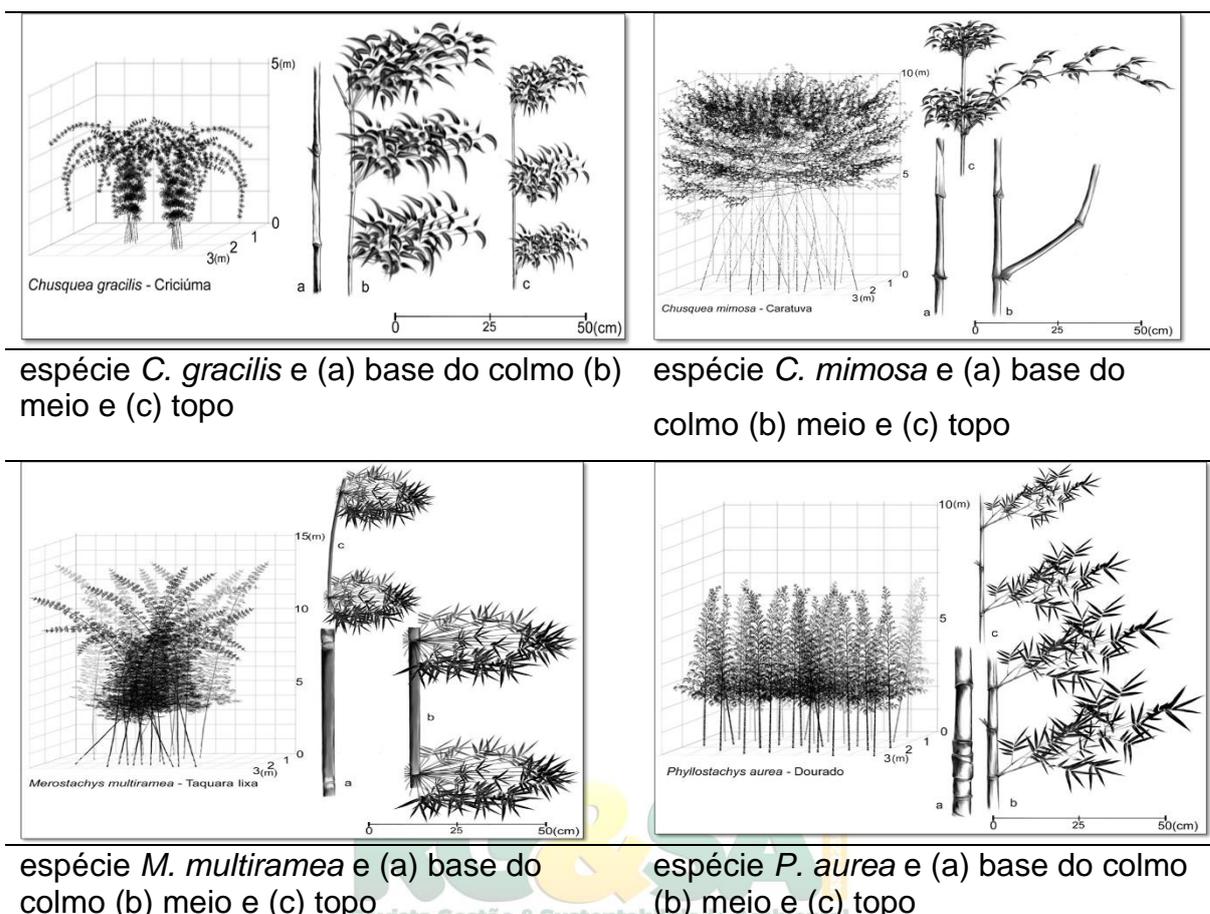
A espécie nativa *Chusquea gracilis* é conhecida popularmente como criciúma, cará-de-vara, bengala (Figura 1). A coleta foi realizada nas coordenadas 562296 m e 7133663 m; em altitude de 787 metros, quadricula 22J. A amostra possuía 7,2 m de comprimento e 28 nós. Foram utilizados 8 nós da base. Esta espécie foi coletada durante o florescimento.

A espécie nativa *Chusquea mimosa* é conhecida popularmente como caratuva, cará-mimoso, cará-de-vara, cará-de-caniço, cará-de-bengala e carafá (Figura 1). A coleta foi realizada nas coordenadas 570944 m; 7148482 m, altitude de 782m, quadricula 22J. A amostra possuía 11 m de comprimento e 45 nós, sendo utilizado os 13 nós da base para as análises.

A terceira espécie nativa coletada foi *Merostachys multiramea*. Esta é conhecida popularmente como taquara, taquara lixa, taquara mansa, taquara poca e taquaricé (Figura 1). A coleta foi realizada nas coordenadas 556210 m; 7133972 m, altitude de 816 metros, quadricula 22J. A amostra utilizada possuía 13,9 m de comprimento e 37 nós, sendo utilizado os 16 nós da base para as análises.

A espécie exótica *Phyllostachys aurea*, conhecida popularmente como bambu dourado, bambuzinho amarelo e bambuzinho chinês (Figura 1). Tal espécie é considerada planta invasora pelos produtores rurais da região. Esta foi coletada nas coordenadas 564835 m; 7143693 m e altitude de 804 metros. A amostra possuía 7,3 m de altura e 51 nós ao longo de seu colmo, sendo utilizado os 15 nós da base para as análises.

Figura 1: Representação gráfica das espécies utilizadas.



Desenhos: Gilson Yugo Ueno Funaki.

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA

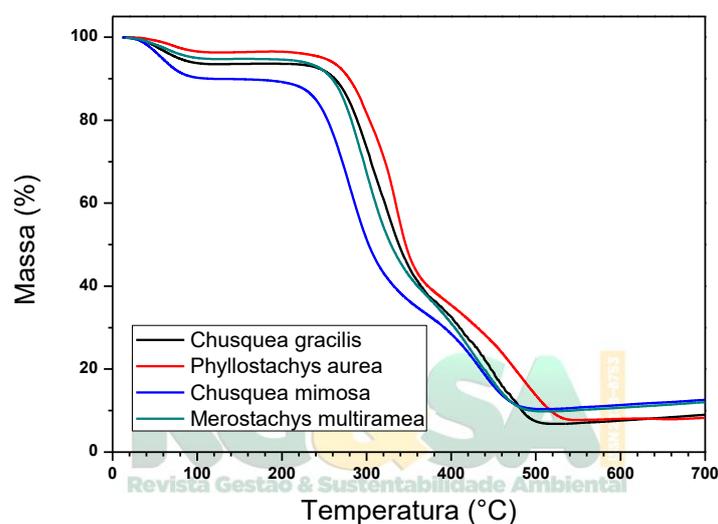
Para a realizar a caracterização térmica as amostras coletadas foram secas em estufa com circulação de ar. Posteriormente, foram trituradas em moinho de facas, marca Tecnal, e passadas em peneiras de diâmetro de 0,42 mm, para permitir a combustão homogênea do material, conforme NBR 14660 (ABNT, 2004).

O comportamento térmico das amostras de bambu foi analisado pela técnica de análise termogravimétrica (TG). Foi utilizado um equipamento da marca Shimadzu, modelo TGA-50. As análises foram realizadas em cadinho de α -alumina, fluxo de ar sintético de 15 mL min⁻¹, taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹, intervalo de temperatura de 30°C a 650 °C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

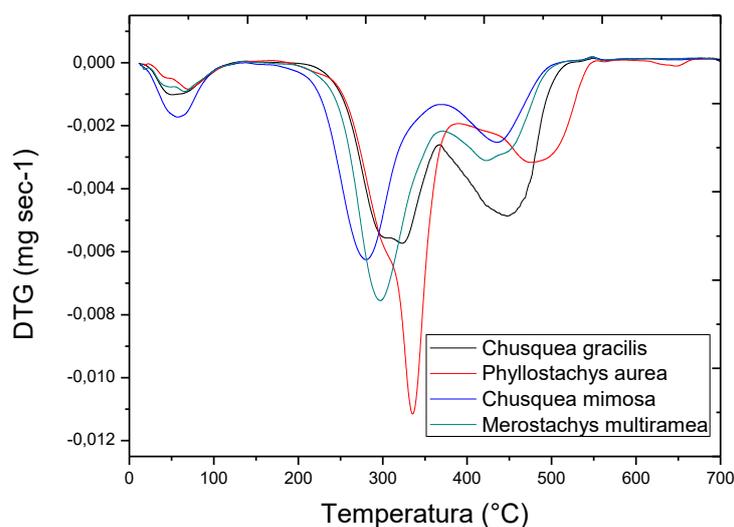
A termogravimetria gerou informações sobre a degradação das amostras das espécies de bambu. Nas Figuras 2 e 3 são mostradas as curvas TG e DTG, respectivamente, para as diferentes espécies estudadas. Pode-se observar a presença de três etapas de perda de massa, comportamento típico de decomposição térmica de materiais lignocelulósicos.

Figura 2: Curvas de TG para as quatro espécies de bambu.



Fonte: A autora.

Figura 3: Curvas de DTG para as quatro espécies de bambu.



Fonte: A autora.

A primeira etapa visualizada nas curvas de TG de perda de massa (Figura 2) está relacionada à perda umidade e ocorre às temperaturas inferiores a 160 °C (Tabela 1).

O intervalo de temperatura, referente à segunda etapa de degradação, é diferente para cada espécie (Tabela 2). Isto se deve, provavelmente, à perda de celulose, hemicelulose e parte da lignina (LIU et al., 2013), com perda de massa superior a 50%. A terceira etapa, segundo Yang et al. (2007), é consequência da degradação da lignina. A lignina possui uma estrutura mais complexa, do que a celulose e hemicelulose, e apresenta compostos aromáticos. Portanto, a sua decomposição térmica ocorre em temperaturas mais elevadas, superiores a 400 °C, Figura 2 e Tabela 3.

Na Figura 3 e Tabelas 1 a 3 nota-se que a espécie *P. aurea* apresenta temperaturas máximas de decomposição maiores dos que as outras espécies estudadas, com exceção da primeira etapa, onde a *M. multiramea* é a que apresenta maior temperatura.

Pela análise dos resultados mostrados, nas tabelas 1 a 3, verifica-se que as espécies de bambu apresentam diferentes intervalos de temperatura e de temperatura de velocidade máxima de decomposição, isto se deve, principalmente, às variações nas percentagens de composição de hemicelulose, celulose e lignina.

Tabela 1 – Primeira etapa da perda de massa das diferentes espécies de bambu.

Espécies de bambu	T _i (°C)	T _f (°C)	T _m (°C)	Perda de massa (%)
<i>M. multiramea</i>	25	151	64,02	5,22
<i>C. gracilis</i>	25	149	52,00	6,43
<i>P. aurea</i>	25	150	56,01	3,60
<i>C. mimosa</i>	25	154	56,0	10,12
<i>P. heterocycla</i> *	25	157	-----	2,08
<i>P. pubescens</i> *	25	157	-----	1,56

Ti = Temperatura inicial; Tf = Temperatura final; Tm = Temperatura de velocidade máxima de decomposição *(LIU et al., 2013)

Tabela 2 – Segunda etapa da perda de massa das diferentes espécies de bambu.

Espécies de bambu	T _i (°C)	T _f (°C)	T _m (°C)	Perda de massa (%)
<i>M. multiramea</i>	151	372	297,23	57,25
<i>C. gracilis</i>	149	366	323,10	54,16
<i>P. aurea</i>	150	390	334,01	62,52
<i>C. mimosa</i>	154	368	280,42	56,15
<i>P. heterocycla</i> *	157	347	----	64,63
<i>P. pubescens</i> *	157	377	----	68,70

Ti = Temperatura inicial; Tf = Temperatura final; Tm = Temperatura de velocidade máxima de decomposição *(LIU et al., 2013)

Tabela 3 – Terceira etapa da perda de massa das diferentes espécies de bambu.

Espécies de bambu	T _i (°C)	T _f (°C)	T _m (°C)	Perda de massa (%)
<i>M. multiramea</i>	372	511	424,01	9,82
<i>C. gracilis</i>	366	522	456,73	6,8
<i>P. aurea</i>	390	547	476,70	7,74
<i>C. mimosa</i>	368	509	449,80	10,37
<i>P. heterocycla</i> *	347	657	----	8,11
<i>P. pubescens</i> *	377	657	----	9,59

Ti = Temperatura inicial; Tf = Temperatura final; Tm = Temperatura de velocidade máxima de decomposição *(LIU et al., 2013)

Comparando-se os resultados com a literatura referentes às espécies *P. heterocycla* e *P. pubescens* nota-se que também apresentam 3 etapas de decomposição com intervalos de temperatura aproximadamente de 25 °C a 160 °C (perda de umidade), 155 °C a 380 °C (decomposição, principalmente, de celulose e hemicelulose) e 345°C a 660°C (decomposição da lignina) (LIU et al., 2013).

Nas espécies *M. multiramea*, *C. gracilis* e *P. aurea*, a maior perda de massa ocorre entre 300 e 400 °C, e se comportando de maneira semelhante nas demais faixas de temperatura, o que não ocorre na espécie *C. mimosa* que ocorre maior perda entre 200 e 300 °C, e a perda de umidade no início do processo é maior, quando comparada as outras espécies.

Todas as amostras estudadas apresentaram massa residual, carbono residual. As espécies *C. mimosa* e *M. multiramea* foram as que apresentaram maiores valores, em torno de 12 %, entretanto, a *C. gracilis* e *P. aurea* valores de cerca 8 %.

4 CONCLUSÕES

As espécies de bambu utilizadas neste trabalho possuem características de decomposição térmica semelhantes, porém com diferentes temperaturas de velocidade máxima de decomposição. Com os resultados obtidos por TG e DTG foi possível distinguir as duas etapas de degradação, da hemicelulose e celulose, e da lignina residual, além da etapa inicial de perda de umidade. Todas as espécies apresentaram uma percentagem de carbono residual, entretanto, a espécie *P. aurea* é a que apresenta melhor resultado do ponto de vista da queima de biomassa para produção de energia.

REFERÊNCIAS

- BENTON, A.; CRONIN, T.; JONKHART, J.; JUNQI, W. MARKET. **Potential of Bamboo and Rattan Products, Working Paper 63, International Network Bamboo and Rattan, 2011.** Disponível em: <<http://www.inbar.int/wp-content/uploads/downloads/2015/02/INBAR-Working-paper-63.pdf00.pdf>> Acesso em: jan. 2017.
- BRASIL. Lei Nacional nº 12.484, de 8 de setembro de 2011. Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu (PNMCB). **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, 2011.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000.CD
- FAO. **World bamboo resources** - A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Rome: FAO, 2007. 73p.
- GUARNETTI, R. L.; COELHO, S. T. Cogeração de eletricidade utilizando bambu no Brasil: aspectos técnicos, econômicos e ambientais. **Jornal Biomassa BR**, v. 3, n. 014, p. 3-8, 2014.
- HERBÁRIO VIRTUAL AUSTRAL AMERICANO. Disponível em: <<https://herbariovaa.org/>>. Acesso em set. 2015.
- HERBÁRIO VIRTUAL DA FLORA E DOS FUNGOS. Disponível em: <<http://inct.florabrasil.net/>>. Acesso em set. 2015.
- HERBÁRIO VIRTUAL REFLORA. Disponível em <<http://reflora.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2015.

INBAR. International Network Bamboo and Rattan. **Annual Report 2014**. From research to development. Overview of new strategic approaches and results. Disponível em:

<<http://www.inbar.int/sites/default/files/2014%20Annual%20report%20web%20version.pdf>> Acesso em: nov. 2016.

KLEIN, H. O potencial do bambu - Bambu para toda obra. **Revista O Papel**. Revista mensal de tecnologia em celulose e papel, ano LXXVI, n.4, 2015.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR, 350p., 1968.

MOGNON, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; BARRETO, T. G.; WOJCIECHOWSKI, J. Estimativas de biomassa para plantas de bambu do gênero Guadua. **Revista Ceres**, v. 61, n.6, p. 900-906, 2014.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; ROGLIN, A.; MOGNON, F. Biomassa individual de *Bambusa oldhamii* Munro e *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 151-159, 2015.

WORLD ENERGY COUNCIL - WEC. **World Energy Resources 2016**. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources_FullReport_2016.pdf> Acesso em: jan. 2017.

