



Análises físicas, químicas e energéticas de cavacos da biomassa residual de *Tectona grandis* e *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Natalia Lais Felizardo Vieira Arruda^{1.1}
Pâmela Bianca de Oliveira^{2.1}
Letícia da Cunha Maldonado^{3.1}
Emanuel Rangel Spadim^{4.1}
Humberto de Jesus Eufrade Junior^{5.1}
Saulo Philipe Sebastião Guerra^{6.1}

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

¹n.arruda@unesp.br; ²pamela.bianca@unesp.br; ³l.maldonado@unesp.br; ⁴emanuel.spadim@unesp.br;
⁵h.eufrade@unesp.br; ⁶saulo.guerra@unesp.br.

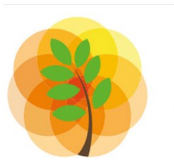
RESUMO: *Espécies como Tectona grandis e Calophyllum brasiliense Cambess são cultivadas no Brasil e além de apresentarem grande potencial madeireiro é possível utilizar os resíduos de colheita destas operações para a geração de energia. Diante da grande geração de resíduos oriundos dos processos de beneficiamento da madeira, este estudo tem por objetivo realizar análises físicas, químicas e energéticas dos cavacos de Guanandi (Calophyllum brasiliense Cambess) e Teca (Tectona grandis), com a finalidade de avaliar o desempenho energético de ambas. Foram realizadas análises físicas, químicas e energéticas das amostras de teca e guanandi, tais como umidade base seca, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico superior. Com os dados obtidos das análises foi realizado o teste de Bartlett, e também o de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Conclui-se que as biomassas possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior. Ademais, nota-se que o teor de cinzas de ambas as espécies apresentou valores baixos, sendo este um indicador de maior geração de energia.*

Palavras-chave: biomassa, poder calorífico superior, energia, resíduos

Introdução

A busca por fontes alternativas de energia limpa e renovável vem resultando no aumento da demanda de biomassa florestal, uma vez que as árvores têm o potencial de capturar e armazenar em sua biomassa o carbono existente na atmosfera (Silva et al., 2015). No contexto atual, ao analisar as energias renováveis no Brasil, podemos identificar várias potencialidades no uso da biomassa. Essas potencialidades vão além das fontes tradicionais e relevantes, como carvão vegetal, lenha e bagaço de cana-de-açúcar. É necessário destacar outras formas de biomassa que possuam alto valor energético e sejam capazes de gerar eletricidade termoelétrica competitiva. O país possui um vasto potencial territorial e uma abundância de matérias-primas que podem ser exploradas como fonte de energia a partir da biomassa (Milles, 2008).

Durante o processo produtivo das florestas plantadas, uma quantidade significativa de resíduos é gerada, podendo ser equivalente a mais da metade de madeira bruta produzida, além de



que em florestas nativas isso pode ser ainda maior (Dias et al., 2012). Nesse contexto, se faz necessário a busca por soluções que busquem utilizar tais resíduos, como por exemplo a geração de energia através destes. O reaproveitamento de resíduos da madeira pode ser utilizado como uma fonte de energia renovável e sustentável, já que suas emissões líquidas de gases de efeito estufa são praticamente compensatórias. Durante a queima, o CO₂ emitido quase se equipara ao consumido pela árvore durante seu crescimento (Garcia, et al., 2022).

As espécies como *Tectona grandis* e *Calophyllum brasiliense* Cambess são cultivadas no Brasil devido apresentarem grande potencial madeireiro, além disso estão na grande geração de resíduos de colheita destas operações que podem ser utilizados como fonte energética. *Tectona grandis*, é originária do sudoeste asiático e possui um alto teor de celulose, hemicelulose e lignina em sua composição. É cultivada em diversos países para obtenção de madeira de ótima qualidade (Behling, 2009). Os plantios comerciais de *Tectona grandis* têm uma importância significativa tanto do ponto de vista econômico, através do fornecimento de madeira para a construção civil, quanto do ponto de vista ecológico, especialmente em relação ao sequestro de CO₂ (Higa et al., 2017). O *Calophyllum brasiliense* Cambess, conhecido popularmente como guanandi, é uma árvore nativa do Brasil que pode ser encontrada desde o Amazonas até Santa Catarina. O guanandi é uma planta com grande potencial para a produção de madeira e é altamente recomendado para o reflorestamento misto de matas ciliares degradadas (Silva et al., 2014).

Diante da geração de resíduos oriundos dos processos de beneficiamento da madeira, este estudo tem por objetivo realizar análises físicas, químicas e energéticas dos cavacos de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) e Teca (*Tectona Grandis*), com a finalidade de avaliar o desempenho energético de ambas.

Material e métodos

Foram realizadas análises físicas, químicas e energéticas das amostras de teca e guanandi, como umidade base seca, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, carbono fixo e poder calorífico superior. Para cada tratamento, foram realizadas três repetições. Os equipamentos utilizados para a realização das análises foram disponibilizados pelo Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia/ Instituto de Pesquisa em Bioenergia (LABB/IPBEN), FCA/UNESP, Botucatu-SP. As normas técnicas dos ensaios laboratoriais estão indicadas na Tabela 1.



Tabela 1. Normas técnicas utilizadas para determinação da qualidade energética dos cavacos.

Propriedade	Sigla	Normas
Umidade base seca	UBS	ASTM E871-82 (2006)
Cinzas	CZ	ASTM D1102-84 (2007)
Materiais voláteis	MV	ASTM E872-82 (2006)
Carbono fixo	CF	ASTM E870-82 (2006)
Poder calorífico superior	PCS	NBR 8633 (ABNT, 1984)

Para a verificação da homogeneidade das variâncias, foi realizado o teste de Bartlett, e para a normalidade, o teste de Shapiro-Wilk. Com intuito de comparar as médias, utilizou-se o teste-t. Todos os testes consideraram um nível de 5% significância

Resultados e discussão

Os resultados obtidos através das análises realizadas permitiram observar que a teca demonstrou valores mais altos para umidade base seca, teor de cinzas, materiais voláteis e poder calorífico superior, enquanto que o guanandi apresentou alto teor de carbono fixo. Esses resultados podem ser úteis para avaliar a viabilidade energética do uso dessas biomassas para geração de energia. Os testes estatísticos permitiram avaliar que todas as análises obtiveram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios das propriedades físico-químicas do cavaco de guanandi e teca

Biomassa	UBS (%)	CZ (%)	MV (%)	CF (%)	PCS (kcal kg ⁻¹)
Guanandi	60,99 (3,32)	2,74 (0,15)	77,71 (2,44)	19,55 (2,59)	4311 (18,25)
Teca	78,64 (2,27)	3,51 (0,36)	84,30 (2,86)	12,19 (3,11)	4526,12 (45,26)
Valor-p	>0,01	0,03	0,04	0,03	>0,01
Teste-t	-7,60	-3,37	-3,04	3,15	-7,64

Em que: UBS - umidade base seca (%); CZ - teor de cinzas (%); MV - teor de materiais voláteis (%); CF - carbono fixo (%); PCS - poder calorífico superior. Valores obtidos pela média de três amostras. Desvio padrão em parênteses.

Diante disso, nota-se que as biomassas de guanandi e teca possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior, se equiparando a trabalhos realizados com espécies de eucalipto. No trabalho realizado por Carneiro et al., (2014), os autores obtiveram valores médios de 4538,07 kcal kg⁻¹ para clones híbridos de eucalipto, enquanto que, Habitzreiter et al., (2020), apresentaram valores médios de 4.503,5 kcal kg⁻¹ para outros clones, se assemelhando aos resultados obtidos no presente estudo. Ademais, a biomassa de guanandi apresenta valores elevados de carbono fixo, sendo esse um parâmetro



importante para avaliar o potencial combustível da biomassa, visto que a interpretação deste permite compreender a velocidade cujo material irá atingir altas temperaturas (Spadim, 2020).

Vale destacar que os resultados do teor de cinzas de ambas as espécies apresentaram valores baixos, quando comparados a resultados obtidos por autores como Neves et al. (2011) e Pereira et al. (2013), nos quais os autores encontraram valores abaixo de 1,0% para espécies de eucalipto estudadas. Portanto, considerando que o eucalipto é uma das espécies que têm mais alto potencial energético, é possível observar o potencial da teca e do guanandi em gerar energia. Na prática, o baixo teor de cinzas apresentado nos resultados procede em menor necessidade de remoção destes resíduos do sistema de queima, portanto garantindo que ocorra menor perda de calor e consequentemente contribua para maior geração de energia.

A viabilidade do uso dessas biomassas como fonte de energia depende de diversos fatores, como a disponibilidade da biomassa, a tecnologia utilizada para a conversão da biomassa em energia, os custos envolvidos no processo, entre outros. No entanto, os resultados apresentados indicam que ambas as biomassas possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, uma vez que apresentam valores significativos de poder calorífico superior, carbono fixo e teor de cinzas.

Conclusão

As biomassas residuais de guanandi e teca possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia, já que apresentam valores significativos de poder calorífico superior. Além disso, o teor de cinzas de ambas as espécies apresentou valores muito baixos, o que na prática consiste em menor necessidade de remoção destes resíduos do sistema de queima, contribuindo para geração de energia limpa e sustentável.

Referências bibliográficas

- BEHLING, M. Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra – MT. 2009. 176p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARNEIRO, A. DE C. O., et al. (2014). Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. Revista Árvore, 38(Rev. Árvore, 2014 38(2)), 375–381.
- DIAS, J. M. C. et al. Produção de briquetes e pellets a partir de resíduos agrícolas agroindustriais e florestais. EMBRAPA – AGROENERGIA. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.
- GARCIA, D. R.; CASTRO, J. A. DE.; BASTOS, P. K. X. Estudo de emissões de gases do efeito estufa com uso de biomassa florestal como combustível para aquecimento de água residencial no Brasil. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–10.
- HABITZREITER, T. L.; ADAMI, P. F.; BRUN, E. J.; BATISTA, V. V.; FERREIRA, M. L.; GIACOMEL, C. L. Poder calorífico e análise econômica do uso total ou parcial da biomassa de eucaliptos. Scientia Agraria Paranaensis, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 282–288, 2020.
- HIGA, R. C. V.; ZANATTA, J. A.; RACHWAL, M. F. G. Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima. In: Oliveira, Y. M. M.; Oliveira, E. B. (ed.). Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto



ambiental. Brasília, DF: Embrapa Florestas, p. 69-112, 2017.

MILLES, T. R. Report for National Renewable Energy Laboratory. In: Steven, H. P.; Stultz, S. C.; Kitto, J. B. The Babcock & Wilcox Company. Barberton. USA, 2008.

NEVES, T.A.; PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA SELVA, V. - Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando a produção de carvão. *esq. flor. bras.*, v.31, n.68, p. 319-330. 2011.

PEREIRA, B. L. C. et al. Estudo da degradação térmica da madeira de *Eucalyptus* através de termogravimetria e calorimetria. *Revista Árvore*, v. 37, n. 3, p. 567-576, 2013.

SILVA, D. A.; MULLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; ELOY, E.; BEHLNG, A.; & COLAÇO, C. M. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(84), 481-485. 2015

SILVA, R. C.; VIEIRA, E. S. N. & PANOBIANCO, M. Técnicas para superação da dormência de sementes de guanandi. *Pesquisa Agro-pecuária Brasileira*, 49: 719-727.2014

SPADIM, E. R. Desenvolvimento de dispositivo automático para determinação do índice de combustão de briquetes. Tese (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Câmpus de Botucatu, p. 69. 2020.

