

Avaliação da temperatura final da pirólise sobre a composição imediata de resíduos de *Cocos nucifera*

Maiara Sanches Tetti¹, Elias Costa de Souza*², Emanuelle Cristina Barbosa³, Regina Maria Gomes²,
Ananias Francisco Dias Júnior⁴, José Otávio Brito²

¹Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba; ²Laboratório de Química, Celulose e Energia / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo; ³Faculdade de Tecnologia Piracicaba; ⁴Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais / Universidade Federal do Espírito Santo. *eliasrem@usp.br

Resumo: O Brasil é o quinto maior produtor de cocos no mundo, o setor de processamento gera uma quantidade significativa de resíduos, visto que a parte do coco que possui maior valor agregado é a interna. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química imediata da casca de *Cocos nucifera* sob duas temperaturas finais da pirólise. Foram carbonizadas cascas de coco sob duas diferentes taxas de aquecimento e, em seguida, foi realizada a análise. Foi possível concluir que o processo de carbonização diminui o teor de materiais voláteis e eleva o teor de carbono fixo do resíduo de *Cocos nucifera*, o que contribui positivamente para a inserção de novas possibilidades de uso energético, entretanto, o alto teor de cinzas é um fator que deve ser melhor estudado, pois pode impedir a utilização deste carvão em setores específicos. Foi observado, também, que a temperatura final de carbonização influencia significativamente a composição química imediata do carvão de *Cocos nucifera*.

Palavras-chave: Casca de coco, Biomassa e bioenergia, Reaproveitamento de resíduos.

Evaluation of the final pyrolysis temperature on the immediate composition of *Cocos nucifera* residues

Abstract: Brazil is the fifth largest producer of coconuts in the world, the processing sector generates a significant amount of residues, since the part of the coconut that has greater added value is the internal part. In this way, the aim of this work was to evaluate the immediate chemical composition of the bark of *Cocos nucifera* under two final pyrolysis temperatures. Coconut shells were carbonized under two different heating rates and then the analysis was performed. It was possible to conclude that the carbonization process decreases the content of volatile materials and raises the fixed carbon content of the residue of *Cocos nucifera*, which contributes positively to the insertion of new possibilities of energy use, however, the high ash content is a factor that should be better studied because it can prevent the use of this coal in specific sectors. It was also observed that the final carbonization temperature significantly influences the immediate chemical composition of *Cocos nucifera* charcoal.

Keywords: Coconut shell, Biomass and bioenergy, Reuse of waste.

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera*) é uma monocotiledônea considerada uma das espécies de palmeiras tropicais mais importantes para a utilização humana, possibilitando a produção de mais de 100 diferentes bioprodutos (Sobral et al., 2019; Léo et al., 2019). O Brasil é o quinto maior produtor de cocos no mundo, ficando atrás apenas da Indonésia, Filipinas, Índia e do Sri Lanka (FAO, 2017). Segundo dados do IBGE (2017), a Bahia é o estado que lidera a produção de *Cocos*

nucifera no Brasil, nos últimos anos, seguido por Sergipe, Ceará e Pernambuco. De acordo com os últimos dados publicados, a produção de coco, no estado da Bahia corresponde a 22% do total produzido no país, isso representou, no respectivo ano, mais de 350 toneladas do produto (IBGE, 2017). Apenas uma parte do coco é aproveitada e outra parte, a casca, é tratada como resíduo, e este material pode ser aproveitado das mais diversas formas (PIMENTA et al., 2015).

O aproveitamento de resíduos visa agregar valor a um subproduto de determinado setor, no caso da produção do coco, novas soluções são propostas a fim de utilizar energeticamente este material, promovendo uma destinação adequada, sugerindo possíveis soluções para a problemática do descarte e gerando rendimento financeiro ao produtor que antes não obtinha ganhos oriundos deste subproduto. Entre as rotas de valorização, as transformações termoquímicas merecem destaque, principalmente a carbonização pela possibilidade de ser realizada de maneira simplificada, por ser uma tecnologia de fácil acesso e por possibilitar a obtenção de múltiplos produtos (Santos e Ferreira, 2018). A hipótese testada é a de que o processo de carbonização contribui para o aumento do teor de carbono fixo e cinzas e a diminuição do teor de materiais voláteis.

A carbonização é um processo de degradação parcial do material, através de tratamento térmico, que visa melhorar a qualidade energética de biomassas, proporcionando uma diminuição no teor de materiais voláteis e no teor de cinzas, bem como um aumento no teor de carbono fixo, que são os principais parâmetros químicos avaliados para qualificar este combustível (Brito, 1990; Oliveira et al., 2010; Lazaretti, 2015). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química imediata da casca de *Cocos nucifera* sob duas temperaturas finais da pirólise, a fim de compreender os benefícios, do ponto de vista energético, deste processo no reaproveitamento deste subproduto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

O material utilizado para este estudo foi obtido a partir de um plantio de *Cocos nucifera* de uma empresa localizada na região litorânea da Bahia. Foram coletadas as cascas de 40 cocos verdes. Após coletado, o material foi embalado e transportado para o para o Laboratório de Química Celulose e Energia da Universidade de São Paulo (LQCE/ESALQ/USP), onde foram realizadas as análises posteriores.

2.2 Preparo das amostras

Para a realização da análise imediata do material *in natura*, foram utilizadas 20 unidades. Para o processo de carbonização foram utilizadas 20 unidades de coco, cortadas em quatro partes iguais, onde metade do material foi levado à estufa de circulação de ar com temperatura igual a 103 °C, durante 24 h e a outra metade do material foi seco ao ar livre.

2.3 Processo de carbonização

As carbonizações foram realizadas em um forno do tipo mufla, com um sistema de condensação e recuperação de gases acoplado. Foram realizadas três carbonizações utilizando, aproximadamente, 300 g do material para cada carbonização, o material, sem processamento mecânico, foi inserido em um cilindro metálico. Para as carbonizações, os materiais secos em estufa e secos ao ar livre foram carbonizados juntos, visto que os resultados da análise imediata dos dois materiais não apresentaram diferença significativa. Foram utilizadas duas temperaturas finais (450 e 550 °C) com uma duração total de 4 h, resultando em duas diferentes taxas de aquecimento (1,87 e 2,29 °C.min⁻¹), visto que a taxa de aquecimento é a razão entre a temperatura final e o total de minutos da pirólise.

2.4 Análise imediata

Foi realizada a análise imediata do material seco em estufa e seco ao ar livre, separadamente. O material *in natura* e o material carbonizado foram moídos e peneirados, foi coletada a fração que passou pela peneira de 40 *mesh* e ficou retido na peneira de 60 *mesh*. Os procedimentos realizados foram baseados na norma ASTM D-1762-84 (ASTM, 2013) “Chemical Analysis of Wood Charcoal”, para a determinação dos teores de materiais voláteis, de cinza e de carbono fixo.

2.5 Análise dos dados

Inicialmente foi realizado o teste de normalidade (Shapiro Wilk) e, em seguida, foi realizada a análise de variância, quando diferiam entre si, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Foram comparadas as médias dos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo dos materiais secos em estufa e secos ao ar livre e também da composição do material após carbonizado.

3. RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os dados da análise imediata dos resíduos secos em estufa e ao ar livre e os dados do material carbonizado nas duas diferentes temperaturas.

Tabela 1 – Resultados da análise imediata dos resíduos de Cocos nucifera antes e depois da carbonização

	MV (%)	CZ (%)	CF (%)
Seco em estufa	72,22 a	4,91 c	23,87 c
Seco ao ar livre	72,70 a	4,83 c	22,47 c
Carbonizado (450 °C)	32,20 b	10,36 a	57,44 b
Carbonizado (550 °C)	19,73 c	8,82 b	71,45 a

Em que: MV= Teor de materiais voláteis; CZ= Teor de cinzas; CF= Teor de carbono fixo. Médias acompanhadas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da Tabela 1, quando comparados, os dois métodos de secagem não diferiram significativamente na composição química imediata do resíduo *in natura*. O teor de carbono fixo encontrado no material *in natura* foi baixo, visto que a maior parte de sua massa é constituída de celulose e hemicelulose (Corradini et al., 2009), que possuem alto teor de compostos voláteis, o que justifica o resultado encontrado neste trabalho.

Padilla et al. (2018), encontraram resultados semelhantes ao realizar a análise imediata da casca de *Cocos nucifera, in natura*, com o teor de materiais voláteis médio igual a 75,48%, valores superiores aos valores máximos encontrados neste trabalho (72,70%). O máximo teor de carbono fixo encontrado neste trabalho para o resíduo *in natura* (23,87%) foi superior aos valores obtidos por Padilla et al., (2018), que encontraram uma média de 21,61%, assim como o máximo teor de cinzas encontrado neste trabalho (4,91%) foi superior aos valores encontrados no trabalho citado (2,90%).

O teor de materiais voláteis do material *in natura* encontrado neste trabalho foram inferiores aos valores encontrados por Rout et al. (2016) e Agrizzi (2017), 85,6 e 84,11% respectivamente, já as médias dos teores de carbono fixo e de cinzas encontradas neste trabalho foram superiores aos trabalhos citados anteriormente, 11,2 e 13,9% para carbono fixo e 3,2 e 1,99% para cinzas, respectivamente.

Após a carbonização, houve mudança significativa na composição imediata do material. Os teores (MV, CZ e CF) do material carbonizado diferiram estatisticamente dos teores do material *in*



natura, e, quando comparados em relação às duas diferentes taxas de aquecimento, com duas temperaturas finais, o material também apresentou diferença estatística, como mostrado na Tabela 1. Os valores máximos do teor de carbono fixo encontrados neste trabalho foram observados nos resíduos carbonizados com temperatura final igual a 550 °C. Nestas condições de carbonização também foram observados os menores valores do teor de materiais voláteis. Padilla et al. (2018) observaram que os valores de materiais voláteis do carvão obtido a partir da casca do *Cocos nucifera* diminuíram com o aumento da temperatura final de carbonização, partindo de 37,95% para a temperatura de 300 °C para 14,94% para a temperatura final de 500 °C, conseqüentemente, o teor de carbono fixo aumentou de 56,42% para 79,39% para as mesmas temperaturas. O mesmo padrão foi observado neste trabalho.

Brito e Barrichelo (1982) afirmaram que o alto teor de carbono fixo é um dos fatores observados em combustíveis que possuem uma queima lenta, logo, o alto teor de carbono fixo é uma característica desejável na escolha de um combustível, assim como o baixo teor de materiais voláteis, que implica na menor liberação de compostos durante a queima do combustível e um baixo teor de cinzas.

5. CONCLUSÕES

O processo de carbonização diminui o teor de materiais voláteis e aumenta o teor de carbono fixo do resíduo de *Cocos nucifera*, o que contribui positivamente para seu reaproveitamento energético. Entretanto, o alto teor de cinzas é um fator que deve ser melhor estudado, pois pode impedir a utilização deste carvão em setores específicos. Foi observado, também, que a temperatura final de carbonização influencia significativamente a composição química imediata do carvão de *Cocos nucifera*.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ) pelos recursos cedidos para a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

Agrizzi T. PIRÓLISE DA CASCA DE COCO: ESTUDO DA CINÉTICA DE VOLATILIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS [dissertação]. São Mateus: Universidade Federal do Espírito Santo; 2017.

American Society for Testing and Materials. ASTM D-1762-64, Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.

Brito JO, Barrichelo LEG. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF 1978, (16): 63-70.

Brito JO. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. USP/ESALQ. – Documentos Florestais: Piracicaba (9): 1-19, 1990.

Corradini E, Rosa MF, Macedo BP, Paladin PD, Mattoso LHC. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, v.31, n.3, p. 837-846, Sept. 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT. Culturas ano 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 2 jun. 2019.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 1 jun. 2019.

Lazaretti DS. A energia da floresta, Revista Opiniões, 2015, Ribeirão Preto-SP, p. 5.

Lédo AS, Passos EEM, Fontes HR, Ferreira JMS, Talamini V, Vendrame WA. Advances in Coconut palm propagation. Rev. Bras. Frutic., 2019, Jaboticabal, v. 41, n. 2, e-159.

Oliveira AC, Carneiro ACO, Vital BR, Almeida W, Pereira BLC, Cardoso MT. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. Scientia Forestalis, 2010, v. 38, n. 87, p. 431-439.

Padilla ERD, Belini GB, Nakashima GT, Waldman WR, Yamaji FM. Potencial Energético da Casca de Coco (Cocos nucifera L.) para Uso na Produção de Carvão Vegetal por Pirólise. Rev. Virtual de Química, 2018, v. 10, n. 2.

Pimenta AS, Santos RC, Carneiro ACO, Castro, RVO. Utilização de resíduos de coco (cocos nucifera) carbonizado para a produção de briquetes. Ciência Florestal, [S.l.], 2015, v. 25, n. 1, p. 137-144.

Rout T, Pradhan D, Singh RK, Kumari N. Exhaustive study of products obtained from coconut shell pyrolysis. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2016, v. 4, n. 3, p. 3696- 3705.

Santos ADL, Ferreira WA. Carbonização de resíduos sólidos urbanos: alternativa energética e questões relacionadas à saúde. Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research, Vol.25,n.2,pp.81-85 2018.

Sobral KMB, Queiroz MA, Lima Neto IS, Oliveira RS, Ramos SRR. IS THERE GENETIC VARIABILITY IN DWARF COCONUT ACCESSIONS PRESERVED IN BRAZIL? Rev. Caatinga, Mossoró, 2019, v. 32, n. 1, p. 52-61.