



EIXO TEMÁTICO: Eixo 4 - Tecnologia Socioambiental e Biodiversidade.

ESTUDO DA VIABILIDADE ENERGÉTICA DA PIRÓLISE DO COCO RESIDUAL

Alberto Jorge SILVEIRA¹, Carlos André ALMEIDA², Karina SALOMON³, Karla BARCELLOS⁴

¹ Mestre em Energia da Biomassa, UFAL; ² Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento, UFAL; ³ Professora/Orientadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, UFAL; ⁴ Professora/Orientadora do Departamento de Engenharia Química, UFAL.
alberto@qualitex.com.br

RESUMO: Os resíduos sólidos urbanos representam considerado volume nos centros urbanos. Se não coletados e tratados, representam riscos ao meio ambiente e à saúde da população. Técnicas de pirólise permitem aproveitamento energético formando produtos na fase líquida, sólida e gasosa. O presente trabalho tem o intuito de analisar a viabilidade energética da pirólise do coco residual a partir do poder calorífico superior (PCS) dos produtos formados, com relação a duas temperaturas distintas. Os resultados demonstraram que maiores temperaturas na maioria das amostras ocasionou maiores PCS, resultados de biocarvão e bioóleo não foram tão distantes quanto os encontrados no biogás.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Saneamento. Energia renovável.



INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são descartados em expressiva quantidade no Brasil, dentre eles existe os agrícolas como o coco. Convencionalmente estes resíduos são descartadas em lixões ou são queimados, sendo estimado que cerca de 7 milhões de toneladas de casca por ano são geradas em cidades litorâneas sendo uma problemática local (PAZ et al., 2017). O Brasil é um grande produtor de coco, com cerca de 280 mil hectares, possui mais de 2 bilhões de frutos (IBGE, 2017). Com isso medidas de reutilização são necessárias, visto o elevado volume descartados nos aterros sanitários.

Pesquisas atuais se debruçam sobre a reutilização do coco, como por exemplo agregado na composição de concreto (KUMAR et al., 2019; PENNARASI et al., 2019). Diversos estudos o colocam como potencial produtor de biodiesel com resultados satisfatórios do ponto de vista energético (TRUSHARI et al., 2019; YUSUFF; OWOLABI, 2019; SULAIMAN ET AL., 2013).

O teor de lignina da casca do coco representa cerca de 37% e o de celulose 34% de sua composição, com isso o coloca como potencial produtor de energia (SINSINWAR et al., 2018). Ao decorrer da degradação térmica da biomassa a lignina possui um maior rendimento na fase sólida na forma de carvão em rendimento médio de cerca de 43,5% (RAVEENDRAN et al., 1996). Processos de modelagem para produção de energia de componentes do coco residual por meio da pirólise foram estudados (ALI et al., 2017). A pirólise pode formar três produtos a partir da matéria prima, sendo ele sólido, líquido ou gasoso, a partir de processos térmicos.

Esta pesquisa por meio da pirólise de componentes do coco residual (mesocarpo e endocarpo) quantificou o rendimento energético das frações de bioóleo, biocarvão e biogás em relação ao poder calorífico superior (PCS) destes produtos.

MATERIAIS E MÉTODO

O coco foi coletado de um terreno com resíduo urbano na cidade de Maceió/AL, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Local de coleta das amostras de coco.

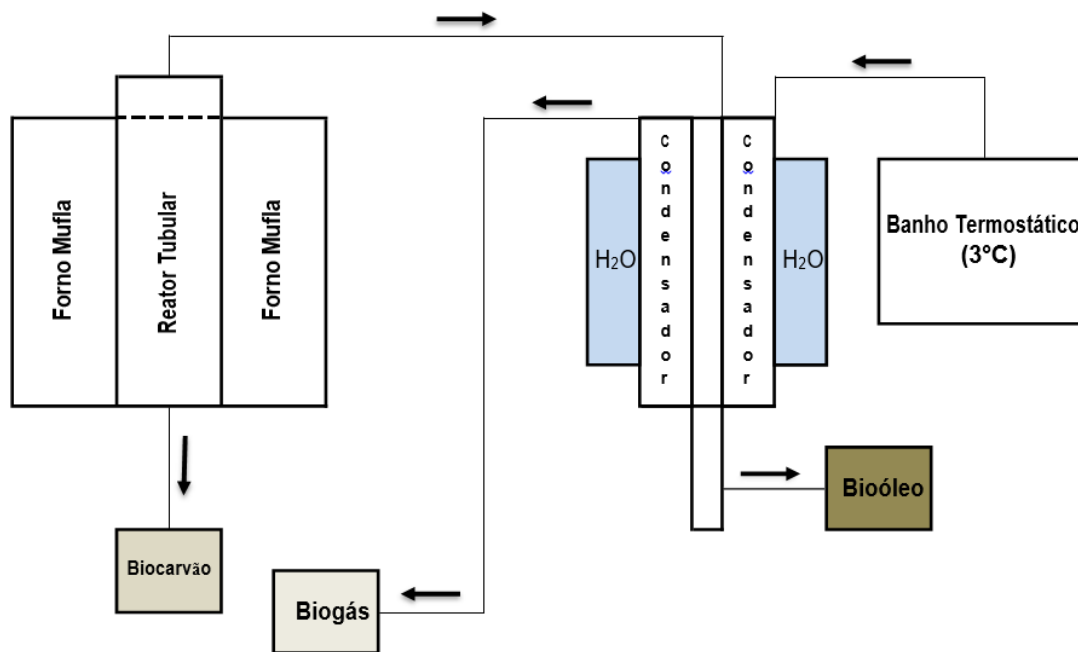


Fonte: Autor, 2020.

A parte experimental da pesquisa foi conduzida no laboratório da Qualitex Engenharia, localizado na cidade de Maceió/AL, e no Laboratório de Sistemas de Separação e Otimização de Processos da Universidade Federal de Alagoas, também localizado na cidade de Maceió/AL.

Para realização do processo de pirólise seguiu-se procedimentos e condições de Bridgwater (2004) à uma taxa de aquecimento de 50°C/min, em duas temperaturas distintas (400°C e 600°C), com um tempo de residência de 120 minutos, as partículas do material foram entre 30 e 40 mm, estes parâmetros podem interferir no rendimento do material em um processo de pirólise. O rendimento é quanto efetivamente de cada produto (carvão, óleo ou gás) se obteve a partir da pirólise. Foram realizados três banhos de resfriamento à 3°C. O esquema está ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Processo pirólise para produção de biocarvão, bioóleo e biogás.



Fonte: Autor, 2020.

Para realização das análises de PCS, seguiu-se as recomendações da norma ASTM D407-44 (1976), por meio de uma bomba calorimétrica IKA C-200.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao decorrer do presente trabalho, seguiu-se a metodologia expressa no tópico anterior. O rendimento expresso na Figura 3 demonstra o quanto de cada material foi produzido, posteriormente foi determinado o Poder Calorífico Superior (PCS) das amostras, e as possíveis interferências de temperaturas no processo de pirólise do mesocarpo e endocarpo.

Figura 3. Rendimento do processo de pirólise do Mesocarpo e Endocarpo à 400°C e 600°C.

Temperatura (°C)	Variáveis	Rendimento (%)					
		Mesocarpo			Endocarpo		
		Bioóleo	Biocarvão	Biogás	Bioóleo	Biocarvão	Biogás
400	Média	28,17	44,67	27,16	49,07	32,88	18,06
	Desvio padrão	7,57	7,86	0,30	2,23	5,20	2,98
	Erro Padrão	5,35	5,56	0,21	1,58	3,68	2,10
600	Média	33,37	33,61	33,03	56,38	26,74	16,89
	Desvio padrão	2,60	1,05	1,55	2,29	0,04	2,33
	Erro Padrão	1,84	0,74	1,10	1,62	0,03	1,65

Fonte: Autor, 2020.

Os resultados expressos na Figura 3, estão dentro do esperado por Andrade et al. (2004), no qual relata que resultados com maiores rendimentos do biocarvão proporciona menores rendimentos de biogases condensáveis. Bridgwater (2004) encontrou valores próximos de rendimento à temperatura de 400 à 450°C aqui descritos, entre 30 à 35% considerando granulometria grande.

As Figuras 4 e 5, ilustram o PCS do Mesocarpo e Endocarpo, respectivamente, do coco residual.

Figura 4. Resultados do PCS do biocarvão, bioóleo e biogás do Mesocarpo do coco.

PCS (MJ/kg) do Mesocarpo			
Temperatura (°C)	Biocarvão		
	Bioóleo	Biocarvão	Biogás
400	24,3	26,59	0,55
600	26,03	27,02	0,65

Fonte: Autor, 2020.



Figura 5. Resultados do PCS do biocarvão, bioóleo e biogás do Endocarpo do COCO.

PCS (MJ/kg) do Endocarpo			
Temperatura (°C)	Bioóleo	Biocarvão	Biogás
400	27,47	31,06	0,78
600	27,39	32,4	0,83

Fonte: Autor, 2020.

A partir das Figuras 4 e 5, é possível perceber que o aumento da temperatura resultou num acréscimo de 3,22% no PCS das amostras, somente a amostra de bioóleo do endocarpo não aumentou o PCS com a temperatura.

Os resultados de bioóleo produzido pelo endocarpo são compatíveis com valor encontrado da pirólise de RSU (28 MJ/kg) de uma estação de tratamento de resíduos em Leicester, UK (YANG et al., 2018). Se tratando da pirólise do coco os resultados do bioóleo são superiores aos 17 MJ/kg encontrados por Bridgwater et al. (2007). Referente ao biocarvão os resultados também são superiores aos valores máximos encontrados em sua pesquisa por Padilla et al. (2018). O PCS do biocarvão ainda é superior a briquetes produzidos com resíduos sólidos industriais que encontraram em média valores de 21,32 MJ/Kg (AVELAR et al., 2016).

Ao se fazer uma análise geral dos resultados encontrados, percebe-se que o melhor rendimento foi do bioóleo do endocarpo à uma temperatura de 600°C, porém verifica-se que o maior valor de PCS, foi o obtido do biocarvão do endocarpo à 600°C. Estes resultados abrem espaço para discussão que embora o bioóleo possua o melhor rendimento, o biocarvão proporciona maiores ganhos energéticos. Além disso, a temperatura de 600°C nas presentes condições do trabalho, foram mais significativas tanto em rendimento como no poder calorífico superior.



CONCLUSÕES

A reutilização de resíduos para produção de combustíveis são alternativas promissoras para substituição de fontes fósseis.

O presente trabalho encontrou resultados satisfatórios de produção de energia, compatível com outras fontes da literatura. Os resultados demonstram que maiores temperaturas ocasionaram em todos os produtos um acréscimo de PCS, assim como o endocarpo apresentou maiores valores em relação ao mesocarpo. Percebemos também valores próximos do bioóleo e biocarvão, estes muito distantes do biogás produzido.

Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se averiguar maiores temperaturas do que as utilizadas no presente trabalho, uma análise de cinzas do carvão para aplicações ainda desconhecidas, a aplicação prática dos combustíveis podem ser analisados em questão de eficiência.

Ao final do estudo conseguiu-se produzir combustíveis de resíduos do coco, aproveitando seus produtos em fase sólida, líquida e gasosa, sendo o biocarvão e o bioóleo competitivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, I., BAHATHAM, H., NAEBULHARAM, R. A comprehensive kinetics study of coconut shell waste pyrolysis. **Bioresource Technology**, v.235, p. 1-11, 2017.
- ANDRADE, A. M.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. C.; OLIVEIRA, L. B.; VIDAURRE, G. P.; ROCHA, J. D. S. Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera Linn*) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, v.28, n.5, p.707-714, 2004.
- ASTM D407-44, **Definitions of Terms Relating to Gross Calorific Value and Net Calorific Value of Solid and Liquid Fuels**, 1976.
- AVELAR, N.V., REZENDE, A.A.P., CARNEIRO, A.C.O., SILVA, C.M. Evaluation of briquettes made from textile industry solid waste. **Renewable Energy**, v.91, p. 417-424, feb. 2016.
- BRIDGWATER, A. V. Biomass fast pyrolysis. **Thermal Science**, v.8, p. 21-49, 2004.
- BRIDGWATER, A.V. "**Biomass Pyrolysis - an overview prepared by Task 34**" In: TUSTIN, J., IEA Bioenergy Annual Report, 2007.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA**. Disponível em:
<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2017/lspa_201701.pdf>
- KUMAR, V.R.P., GUNASEKARAN, K., SHYAMALA, T. Characterization study on coconut shell concrete with partial replacement of cement by GGBS. **Journal of Building Engineering**, v.26, nov. 2019.
- PADILLA, E. R. D., BELINI, G. B., NAKASHIMA, G. T., WALDMAN, W. R., YAMAJI, F. M. Potencial Energético da Casca de Coco (*Cocos nucifera L.*) para Uso na Produção de Carvão Vegetal por Pirólise. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 2, abr. 2018.
- PAZ, E. C. S.; PEDROZA, M. M.; OLIVEIRA, L. R. A.; PAZ, R. R. S. Alternativa de exploração sustentável dos resíduos do coco verde para a produção de energia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.2, p.318-345, 2017.
- PENARASI, G., SOUMYA, S., GUNASEKARAN, K. Study for the relevance of coconut shell aggregate concrete paver blocks. **Materials Today: Proceedings**, v.14, p.368-378, 2019.



- RAVEENDRAN, K.; GANESH, A.; KHILAR, K. C. Pyrolysis characteristics of biomass and biomass components. **Fuel**, v.75, n.8, p.987-998, jun. 1996.
- SINSINWAR, S., SARKAR, M.K., SURIYA, K.R., NITHYANAND, P., VADIVEL, V. Use of agricultural waste (coconut shell) for the synthesis of silver nanoparticles and evaluation of their antibacterial activity against selected human pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v.124, p. 30-37, nov. 2018.
- SULAIMAN, S., AZIZ, A.R.A., AROUA, M.K. Reactive extraction of solid coconut waste to produce biodiesel. **Journal of the Taiwan Intitute of Chemical Engineers**, v.44, p. 233-238, mar. 2013.
- THUSHARI, I., BABEL, S., SMART, C. Biodiesel production in an autoclave reactor using waste palm oil and coconut coir husk derived catalyst. **Renewable Energy**, v.134, p. 125-134, apr. 2019.
- YANG, Y., ZHANG, Y., OMAIREY, E., CAI, J., GU, F., BRIDGWATER, A.V. Intermediate pyrolysis of organic fraction of municipal solid waste and rheological study of the pyrolysis oil for potential use as bio-bitumen. **Journal of Cleaner Production**, v.187, p.390-399, marc. 2018.
- YUSUFF, A.S., OLABI, J.O. Synthesis and characterization of alumina supported coconut chaff catalyst for biodiesel production from waste frying oil. **South African Journal of Chemical Engineering**, v.30, p.42-49, oct. 2019.