



XVII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe

Avaliação metodológica da preparação do biocarvão de cascas de amendoim para tratamento de água

Mikael Barreto de Jesus

Mestrando, PROEC/UFS, Brasil.
mikaelbarreto-58@hotmail.com

Tamires Santos Rosa

Técnica, PROEC/UFS, Brasil.
tamires13@academico.ufs.br

Denise Conceição de Gois Santos Michelin

Professora Doutora, PROEC/UFS, Brasil.
denise_gois@yahoo.com.br

RESUMO

Á água é recurso vital, por isso a necessidade de que seu acesso seja universal e constante. O objetivo deste estudo foi apresentar avaliação metodológica envolvendo os fatores temperatura, tempo e rendimento para o processo de preparação e geração do biocarvão de cascas de amendoim aplicável em tratamento de águas. A biomassa foi obtida do amendoim torrado com cascas. Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliométrica para consolidar e indicar dados experimentais de entrada. Após a fase de descascamento, as cascas foram lavadas, secas em estufa, fracionadas, peneiradas e pirolisadas, resultando em biocarvão. Quanto à fase de pirólise, foram executados cinco testes na mufla, a fim de designar as condições mais adequadas para as variáveis envolvidas. A taxa de aquecimento de 20 °C/min se manteve constante devido às condições específicas do forno. O teor aparente de cinzas também foi averiguado. Tendo como parâmetro o rendimento, foi selecionada a produção de biocarvão à temperatura de 450 °C, com tempo de residência de 25 min. Sob efeito de validação das considerações adotadas para a produção do biocarvão, realizou-se monitoramento da rentabilidade durante o período de seis dias, com quatro amostras diárias. Constatou-se que os valores de rendimento se mantiveram próximos à média, visto que o desvio padrão e a variância apresentaram valores reduzidos, gerando confiabilidade ao sistema. Logo, as cascas de amendoim foram consideradas como potencial para produção de biocarvão a ser aplicado no tratamento de água.

PALAVRAS-CHAVE: Reaproveitamento. Biomassa. Qualidade de água.

1 INTRODUÇÃO

O acesso universal à água, necessária à saúde humana, constitui-se como emergencial, uma vez que o fornecimento do recurso hídrico deve ser efetivo e plenamente assistido, sendo não apenas direito amparado constitucionalmente, mas também realidade prática e salutar para a sociedade brasileira.

Visando a universalização de acesso a água, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2024), figuram-se como apelo global à efetivação da Agenda 2030, cuja finalidade é solucionar os grandes desafios da sociedade, como a total garantia de acesso à saúde de qualidade e bem-estar para todos (ODS nº 3), potabilidade do recurso e saneamento ambiental básico (ODS nº 6), consumo e produção sustentáveis (ODS nº 12).

No que tange à universalização, é apontado como eficaz suporte o tratamento de água alternativo e acessível, analisando as condições de cada localidade, bem como o viés econômico-sustentável. Sendo assim, vem se destacando o reaproveitamento de produtos naturais para tratar água, aplicados como coagulantes/floculantes ou biocarvão.

Esta iniciativa se fundamenta no princípio da economia circular (Herrero; Ibáñez, 2018). O aproveitamento de materiais descartados e a sua aplicação em sistemas de tratamento de água vêm sendo gradativamente estudados.

A casca de amendoim, por exemplo, apresenta-se como potencial biomassa. Quanto à produção mundial, o maior produtor de amendoim é a China, com aproximadamente 18,4 milhões toneladas por ano, enquanto a Índia assume a segunda posição com cerca de 10,2 milhões toneladas por ano. Já o Brasil é enquadrado como a 11ª nação do *ranking* com produtividade em torno de 794 mil toneladas (ATLASBIG, 2023).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), a produção brasileira de amendoim aumentou de 346,8 mil toneladas, na safra 2014/2015, para aproximadamente 746,7 mil toneladas, no período 2021/2022, representando, portanto, acréscimo produtivo de 115%.

O amendoim é muito consumido em todo o planeta, independente da forma: integral, torrado, ingrediente de pastas, produtos de confeitarias, barras nutricionais. É caracterizado como nutricionalmente denso, visto que apresenta alto teor de proteína, carboidrato e óleos de considerável valor nutricional (Davis; Dean, 2016).

Naturalmente, utiliza-se o grão do amendoim, enquanto a casca que o protegia é descartada. As cascas de amendoim representam 20% do peso da colheita (Fermanelli *et al.*, 2020) e possuem vantagens: riqueza em fontes, baixo custo e ecologicamente adequadas (Li *et al.*, 2018). Baixa proporção das cascas de amendoim é devidamente reutilizada como combustível ou alimento, sendo grande parte descartada ou queimada, ocasionando elevado desperdício de recursos naturais (Li *et al.*, 2018; Sohni *et al.*, 2023).

O resíduo de cascas de amendoim está sendo aplicado em diversas finalidades: biocombustível sólido (Perea-Moreno *et al.*, 2018), correção e reparação de solos (Chao *et al.*, 2018; Sathe; Adivarekar; Pandit, 2021), tratamento de águas subterrâneas (An *et al.*, 2021), águas residuais (Mohadesi *et al.*, 2024) e de lodo de esgoto (Chang *et al.*, 2019).

A casca de amendoim tem sido amplamente adotada para o processo de pirólise e produção de biocarvão aplicado em diversas áreas (Silva, 2021). O biocarvão de cascas de amendoim tem despertado interesse devido à elevada capacidade de adsorção (Zhang; Ou, 2013).

Diante disso, o objetivo deste estudo é a avaliação metodológica da temperatura, tempo e rendimento do processo de preparação e formação do biocarvão de cascas de amendoim a ser aplicado em tratamento de águas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O resíduo base deste estudo foi obtido do amendoim torrado com cascas, adquirido comercialmente na cidade de Aracaju, capital de Sergipe. As cascas de amendoim não foram os resíduos de cozimento, tão característico do estado sergipano, visto que, neste processo, tem-se a adição de sal para qualificar o amendoim a ser consumido. Logo não se apresenta como biomassa mais adequada para tratamento água, pois seria necessária a dessalinização das cascas antes da aplicação na metodologia adotada. Assim, as cascas de amendoim do trabalho, sendo resíduos do amendoim apenas torrado, não possuem adição de compostos ou processos.

Os ensaios de preparação do biocarvão foram realizados no Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente (SAMA), o qual se localiza no Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

2.2 Metodologia

Para consolidar as informações, foi realizada a leitura de artigos periódicos publicados pelas bases de dados internacionais *Scopus*, *Web of Science* e *ScienceDirect*, sendo estes com registro inicial atemporal e finalização das buscas em fevereiro de 2025. As palavras de busca foram "*peanut shells*" e "*water treatment*", considerando o operador booleano "*AND*" e, ademais, que estes termos se

encontrassem no título, resumo ou palavras-chave. Para outras decisões, foram considerados dissertações e teses.

Logo, a fim de aplicar as cascas de amendoim e reduzir custos voltados, sobretudo, à aquisição do carvão ativado convencional, os tópicos subseqüentes descrevem com maior detalhamento o processo de preparação e formação do biocarvão obtido das cascas de amendoim com potencial aplicação no tratamento de água.

2.2.1 Descascamento

Inicialmente, foi realizado o processo de descascamento. Os grãos comestíveis foram devidamente separados das cascas. Estas, em seguida, passaram pelos processos de lavagem, secagem, fracionamento e pirólise.

2.2.2 Lavagem e espalhamento

As cascas de amendoim apresentam baixo teor de umidade, com valor aproximado de 5,79%, o que possibilita sua utilização direta, sem secagem prévia (Silva, 2021). Contudo, baseando-se em Pessôa (2017), para que haja a maior remoção permissível de impurezas e agregados, as cascas foram banhadas em água destilada, o que implica, dessa forma, a necessidade de aplicar a fase precedente de secagem antes da fase de pirólise. Logo, as cascas de amendoim, após purificação, foram devidamente espalhadas em bandejas.

2.2.3 Secagem

As cascas espalhadas nas bandejas foram secas em estufa a 100 °C (Pessôa, 2017), inicialmente, por 30 min. Finalizado o tempo, nem todo o material estava completamente seco, fazendo o tempo de permanência aumentar para 75 min.

2.2.4 Fracionamento e peneiramento

Após a etapa de secagem na estufa, as cascas de amendoim foram trituradas em liquidificador. O pó gerado foi encaminhado para peneiramento por meio de peneira 20 Mesh (abertura 8" x 2").

2.2.5 Pirólise

O processo ocorreu por meio do forno mufla, no qual a cápsula de porcelana com capacidade de 50 g recebeu amostra. Foram realizados testes de pirólise, a fim de adequar as variáveis norteadoras para o processo de pirólise: temperatura, temporalidade e rendimento. A determinação da temperatura preliminar e referencial, por sua vez, ocorreu de acordo com a revisão feita pelos artigos selecionados. Logo, ao longo da fase de testagem, foram adotadas outras duas temperaturas distintas, mas correlacionadas à de origem.

2.2.6 Biocarvão

Após tempo de resfriamento, geralmente por volta de 3h, as cápsulas contendo o biocarvão foram abertas. A aparência do produto também teve relevância para comparação e escolha das características do adsorvente, visto que o teor aparente de cinzas foi considerado como fator influente para descarte do teste.

A Figura 1 descreve o processo de preparação do biocarvão de casca de amendoim.

Figura 1 – Estrutura metodológica de preparação do biocarvão.



Fonte: Autores, 2025.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Testes para produção do biocarvão

Foram realizados cinco testes, intercalando as variáveis temperatura e tempo, bem como o rendimento gerado. O Quadro 1 descreve as informações de cada teste realizado para análise produtiva do biocarvão.

Quadro 1- Fase de testagem para produção de biocarvão.

Teste	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Taxa de aquecimento (°C/min)	Rendimento (%)
1	500	30	20	31,58
2	450	30	20	31,84
3	550	30	20	29,26
4	450	25	20	31,96
5	450	35	20	30,03

Fonte: Autores, 2025.

A partir da leitura dos trabalhos que associam tratamento de água à aplicação das cascas de amendoim, a temperatura de pirólise indicada e mais recorrente foi de 500 °C. Desse modo, o Teste 1 foi realizado com esta temperatura.

Em relação à duração da pirólise, poucos estudos selecionados apresentaram informações específicas. Dessa maneira, tendo como referência o estudo de Sousa *et al.* (2018), a duração inicial do procedimento foi de 30 min.

A taxa de aquecimento permaneceu constante em 20 °C/min, uma vez que a condição da mufla não permite alteração.

Como descreve o Quadro 1, o rendimento do primeiro ensaio foi de 31,58%. Mas, a fim de valorizar o estudo científico e avaliar a melhor escolha a ser adotada, outros experimentos foram executados.

Além da recorrência encontrada na seleção final, An *et al.* (2021) e Ye *et al.* (2024) também aplicaram a pirólise a 500 °C para produção de biocarvão com o mesmo resíduo a ser aplicado em águas subterrâneas. Nesse sentido, para os próximos testes, foram considerados valores próximos.

Assim, a segunda e a terceira tentativas se basearam na oscilação da temperatura, a fim de analisar a interferência. No Teste 2, ao reduzir a temperatura para 450 °C, observou-se singelo crescimento no rendimento; em contrapartida, no experimento 3, processado a 550 °C, houve diminuição do rendimento de produção do biocarvão.

Sendo assim, para os testes 4 e 5, a temperatura de 450 °C foi adotada e mantida devido ao alcance de maior eficiência em relação aos três primeiros ensaios. O tempo de permanência no forno, por sua vez, foi então analisado.

No Teste 4, ao reduzir o tempo de residência para 25 min, foi alcançado o maior rendimento; por outro lado, no experimento 5, que teve maior tempo (35 min), aconteceu decréscimo do rendimento do biocarvão.

Esta ocorrência pode ser explicada devido à diminuição da temperatura favorecer a formação de biocarvão (Bridgwater, 2012). Além disso, altas temperaturas e maiores tempos de residência contribuem para as reações de recombinação e craqueamento, o que favorece a formação de frações voláteis (gases e líquidos), afetando o rendimento (Lu *et al.*, 2013; Zhang; Liu; Liu, 2015; Bonatto *et al.*, 2019).

Logo, considerando o maior rendimento, foi escolhido o processo descrito pelo Teste 4 para produção de biocarvão de casca de amendoim a ser aplicado no tratamento de água.

3.2 Rendimento do biocarvão

Após a escolha da temperatura (450 °C) correspondendo ao tempo de residência (25 min) para formação do biocarvão, foi realizado acompanhamento do rendimento no período dos seis primeiros dias de produção, com o intuito de validar a etapa de pirólise do material.

A Tabela 1 apresenta os valores de rendimento do biocarvão produzido a 450 °C, com tempo de 25 min e taxa de aquecimento 20 °C/min.

Tabela 1 – Monitoramento do rendimento de produção do biocarvão durante 6 dias.

Dia	Amostra	Rendimento (%)
Dia 01	01	30,72
Dia 01	02	31,15
Dia 01	03	35,00
Dia 01	04	32,49
Dia 02	01	32,28

Dia 02	02	31,33
Dia 02	03	31,02
Dia 02	04	32,05
Dia 03	01	30,89
Dia 03	02	30,45
Dia 03	03	29,72
Dia 03	04	31,01
Dia 04	01	31,37
Dia 04	02	32,51
Dia 04	03	31,97
Dia 04	04	30,59
Dia 05	01	33,86
Dia 05	02	31,49
Dia 05	03	32,09
Dia 05	04	30,94
Dia 06	01	30,96
Dia 06	02	32,70
Dia 06	03	28,87
Dia 06	04	32,71
Média		31,59
Mediana		31,35
Desvio padrão		1,2896
Variância		1,6631

Fonte: Autores, 2025.

A maior taxa de rendimento alcançada na fase de testagem (Teste 4, Quadro 1) foi 31,96%. Os valores de média e mediana se mostraram semelhantes, certificando o rendimento do biocarvão nas respectivas condições adotadas.

As medidas do desvio padrão e da variância, por apresentarem valor consideravelmente baixo, confirmam a pequena dispersão dos dados em relação à média, o que garante consistência e qualidade ao processo.

4 CONCLUSÃO

Portanto, as cascas de amendoim foram devidamente analisadas quanto à produção de biocarvão a ser aplicado no tratamento de água, convergindo com as diretrizes apontadas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

A partir dos testes realizados, chegou-se à definição que o maior rendimento de produção do biocarvão aconteceu com a temperatura de pirólise a 450 °C e tempo de residência de 25 minutos. A taxa de aquecimento foi considerada a 20°C/min.

Desse modo, o biocarvão de casca de amendoim tem potencial para substituir ou superar o carvão ativado convencional no que tange à eficiência, custo e sustentabilidade. Este trabalho, por ser matéria metodológica, também contribui para o desenvolvimento de novas pesquisas voltadas à aplicabilidade do resíduo no cenário hídrico.

5 REFERÊNCIAS

AN, Q.; LI, Z.; ZHOU, Y.; MENG, F.; ZHAO, B.; MIAO, Y.; DENG, S. Ammonium removal from groundwater using peanut shell based modified biochar: Mechanism analysis and column experiments. **Journal of Water Process Engineering**, 43, 102219, 2021.

ATLASBIG, 2023. **Principais produtores de amendoim**. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-amendoim>. Acesso em: 05 mar. 2025.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and bioenergy**, v. 38, p. 68-94, 2012.

BONATO, J. L.; PERONDI, D.; MANERA, C.; RIBEIRO, W. B.; GODINHO, M.; ZATTERA, A. J. Caracterização da casca de amendoim para fins energéticos. 8º Congresso Brasileiro de Carbono, 2019.
CHANG, X.; YUE, J.; JIA, Y.; CHEN, F.; MA, H.; LI, S.; HU, J. Effect of Peanut Shell Biochar on Dynamic Changes of Nutrient Elements and Heavy Metals during Sewage Sludge Composting. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 562, 012013, 2019.

CHAO, X.; QIAN, X.; HAN-HUA, Z.; SHUAI, W.; QI-HONG, Z.; DAO-YOU, H.; YANG-ZHU, Z. Effect of biochar from peanut shell on speciation and availability of lead and zinc in an acidic paddy soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 164, p. 554-561, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Saneamento. **Produção de amendoim cresce mais de 100% nos últimos 8 anos. 2022**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4768-producao-de-amendoim-cresce-mais-de-100-nos-ultimos-8-anos>. Acesso em: 05 mar. 2025.

DAVIS, J. P.; DEAN, L. L. Peanut composition, flavor and nutrition. In: STALKER, H. Thomas; WILSON, Richard F. (orgs.) **Peanuts**. EUA: Elsevier Science, 2016, pp. 289-345.

FERMANELLI, C. S.; CÓRDOBA, A.; PIERELLA, L. B.; SAUX, C. Pyrolysis and copyrolysis of three lignocellulosic biomass residues from the agro-food industry: A comparative study. **Waste Management** 102, p. 362-370, 2020.

HERRERO, M.; IBAÑEZ, E. Green extraction processes, biorefineries and sustainability: Recovery of high added-value products from natural sources. **The Journal of Supercritical Fluids**, 134, p. 252-259, 2018.

LI, R.; ZHANG, Y.; CHU, W.; CHEN, Z.; WANG, J. Adsorptive removal of antibiotics from water using peanut shells from agricultural waste. **RSC Advances**, 8, 13546–13555. 2018.

LU, H.; ZHANG, W.; Wang, S.; Zhuang, L.; Yang, Y.; Qiu, R. Characterization of sewage sludge-derived biochars from different feedstocks and pyrolysis temperatures. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 102, p. 137-143, 2013.

MOHADESI, M.; SAMIMI, M.; CHAHARDOLI, F.; KASAIE, M. R.; GOURAN, A. Simultaneous removal of Pb(II) and Cr(VI) from a steel company wastewater using various green adsorbents: Material characterization and numerical optimization. **Water Practice and Technology**, 19 (11), p. 4473–4485, 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. As Nações Unidas no Brasil [Internet]**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 05 mar. 2025.

PEREA-MORENO, M.-A.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; HERNANDEZ-ESCOBEDO, Q.; PEREA-MORENO, A.-J. Peanut Shell for Energy: Properties and Its Potential to Respect the Environment. **Sustainability**, 10(9), 3254, 2018.

PESSÔA, N. T. **Avaliação do uso de adsorventes preparados a partir da casca de amendoim para adsorção de cádmio e níquel**. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2017.

SATHE, P. S.; ADIVAREKAR, R. V.; PANDIT, A. B. Valorization of peanut shell biochar for soil amendment. **Journal of Plant Nutrition**, 45(4), p. 503–521, 2021.

SILVA, N. R. F. **Produção de levoglucosana a partir de resíduo agroindustrial: casca de amendoim**. 160f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes. 2021.

SOHNI, S.; HASSAN, T.; KHAN, S. B.; AKHTAR, K.; BAKHSH, E. M.; HASHIM, R.; NIDAULLAH, H.; KHAN, M.; KHAN, S. A. Lignin nanoparticles-reduced graphene oxide based hydrogel: a novel strategy for environmental applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, 225, p. 1426–1436. 2023.

SOUSA L. S.; SANTOS M. P. F.; SILVA J. F.; ALVES A. N.; SOUZA Jr. E. C.; SAMAPIO V. S. Síntese de carvão ativado a partir de resíduos de amendoim (*Arachis hypogaea*). **XXII Congresso Brasileiro de Química**, 2018, São Paulo.



YE, Z.; YAN, F.; CAO, B.; WANG, F. Removal of Cd(II) and Cr(VI) from Aqueous Solution by Peanut Shell Biochar-zero-valent Iron Composites: Performance, Effects and Mechanisms. **Water Air Soil Pollut**, 235:472, 2024.

ZHANG, J.; LIU, J.; LIU, R. Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate. **Bioresource Technology**, 176, p. 288-291, 2015.

ZHANG, J. X.; OU, L. L. Kinetic, isotherm and thermodynamic studies of the adsorption of crystal violet by activated carbon from peanut shells. **Water Science & Technology**, 67 (4), p. 737–744, 2013.