

Produção de biochar a partir do reaproveitamento de casca de eucalipto

Emmanuel Aristides Glauser Souza¹; Elen Aparecida Martines Morales¹; Bruno Santos Ferreira¹; Maristela Gava¹.

¹ Instituto de Ciências e Engenharia (ICE) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), Itapeva, SP, Brasil, maristela.gava@unesp.br

Resumo: A geração de casca de madeira como resíduo é um aspecto importante da indústria madeireira, sendo um material que sobra após o processo de extração da madeira bruta e é frequentemente descartado. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica da utilização da casca de eucalipto para a produção de biochar, utilizando-se uma tecnologia de baixo custo. O biochar se trata de carvão vegetal ativado feito a partir da decomposição de uma biomassa via pirólise e é bastante utilizado na agricultura de base ecológica. Foi realizado o experimento de carbonização da casca de eucalipto em um processo sem controle de temperatura. Posteriormente, foi realizada uma análise imediata onde os resultados foram comparados com a literatura e indicaram um elevado teor de cinzas e baixo teor de carbono fixo. Concluiu-se que o método utilizado é simples de ser aplicado e consegue produzir um bom biochar mas que ainda carece de melhorias e que a casca de eucalipto é uma biomassa com bom potencial de utilização para este fim.

Palavras-chave: Resíduo lignocelulósico, Carvão ativado, Pirólise.

Production of biochar from the reuse of eucalyptus bark

Abstract: The generation of wood bark as disposal is an important aspect of the timber industry, being a material that is left over after the process of removing raw wood and is often discarded. This study aimed to evaluate the technique of using eucalyptus bark for the production of biochar, using a low-cost technology. Biochar is activated charcoal made from the invention of a biomass via pyrolysis and is widely used in ecologically based agriculture. The carbonization experiment of eucalyptus bark was carried out in a process without temperature control. Subsequently, an immediate analysis was performed where the results were compared with the literature and indicated a high ash content and low fixed carbon content. It is concluded that the method used is simple to apply and can produce a good biochar but that it still needs improvements and that eucalyptus bark is a biomass with good potential for use for this purpose.

Keywords: Lignocellulosic residue, Activated carbon, Pyrolysis.

1. INTRODUÇÃO

O eucalipto, uma árvore de rápido crescimento amplamente cultivada em muitos países, é conhecido por sua versatilidade e aplicação em diversas indústrias, principalmente na produção de celulose e papel. Além disso, pode ser utilizado para

a produção de carvão vegetal em indústrias siderúrgicas, atuando como biorredutor na produção de ferroligas. Contudo, seus processos de colheita e beneficiamento geram consideráveis volumes de resíduos, representando um desafio ambiental que requer uma abordagem sustentável. Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em 2021 cerca de 64% dos resíduos gerados pela indústria madeireira foram utilizados para geração de energia, representando um acréscimo de 6,4% em relação ao ano anterior. Entre os materiais mais utilizados, destacam-se cascas, galhos, folhas, cavacos, serragem e licor preto. Tais dados demonstram que as empresas florestais têm optado pela utilização da biomassa de resíduos como forma de gerar energia (IBÁ, 2022).

De acordo com Oliveira et al (2013), a produção de carvão vegetal no Brasil é predominantemente conduzida em fornos rudimentares de alvenaria, os quais possuem uma capacidade operacional limitada. Antes de serem transformadas em carvão, as árvores oriundas das florestas plantadas passam por um estágio inicial de processamento, gerando resíduos como as cascas de madeira. A produção de biochar, a partir do reaproveitamento dessas cascas, tem emergido como uma solução promissora, abrindo caminho para a obtenção de energia limpa e para a melhoria da fertilidade do solo.

O biochar ou biocarvão é um produto sólido resultante da carbonização de um material vegetal, processo conhecido como pirólise, que envolve a decomposição térmica da biomassa em um ambiente com baixo ou nenhum teor de oxigênio. Esse material é de origem orgânica e pode ser produzido a partir de diferentes tipos de biomassa, incluindo resíduos de madeira provenientes de fontes florestais ou industriais (HAN et al., 2020). Por definição, o biochar é uma substância heterogênea com elevado teor de carbono aromático e minerais, com características que podem proporcionar alterações nas condições do solo (SCHMIDT et al., 2016). Isso ocorre devido à sua estrutura porosa, leve e com propriedades físicas e hidráulicas favoráveis ao uso agrícola, que contribui para a nutrição e melhora do equilíbrio físico, químico e biológico do solo, além de ajudar no sequestro de carbono ao absorver gás carbônico da atmosfera (SANCHEZ-REINOSO; ÁVILA- PEDRAZA; RESTREPO-DÍAZ, 2020).

O principal componente do biochar é o carbono (C), mas sua composição também inclui oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S) e cinzas. Esses elementos podem variar de acordo com o material utilizado para produzir o biocarvão e o processo de carbonização utilizado. A fonte do material aproveitado na

produção do biocarvão tem ainda um impacto significativo na presença de materiais inorgânicos no produto final, que são concentrados de acordo com a liberação dos materiais voláteis durante a carbonização (LIU et al., 2015). O emprego do biochar tem apresentado um cenário bastante promissor em escala global, principalmente pela sua adequação a questões importantes como a bioenergia e a mitigação da emissão de gases que causam impacto negativo ao meio ambiente.

Este trabalho objetivou estudar a produção de biochar a partir da casca de eucalipto, e avaliar sua qualidade, sendo uma alternativa importante para o aproveitamento sustentável dos resíduos gerados nas indústrias madeireiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Preparo do material*

A biomassa utilizada para a produção do biochar foi a casca de madeira de eucalipto (*Eucalyptus* spp.), resíduo de uma indústria localizada na cidade de Itapeva-SP, como resultado do manuseio de toras de eucalipto utilizadas na obtenção de carvão vegetal que atua como biorredutor na produção das ferroligas.

Inicialmente, os resíduos de casca de eucalipto foram coletados e tiveram seus tamanhos reduzidos para um melhor aproveitamento (Figura 1a). Para a carbonização do material foi utilizado o método de queima indireta, em que um reator é inserido em outro recipiente contendo resíduos de material lignocelulósico, ao qual foi ateado fogo, proporcionando a transferência de calor para o reator e, conseqüentemente, a queima da casca de eucalipto (Figuras 1a e 1b).

Figura 1: Preparo do material (a), reator (b)



Fonte: (Autor)

Após 2 horas completou-se a queima do material (Figura 2a) que, após arrefecimento, foi submetido à moagem para redução das dimensões (Figura 2b).

Figura 2: Carvão obtido (a) e após moagem (b)



Fonte: (Autor)

2.2 Análises

Na sequência, foi realizada a análise imediata do biochar obtido seguindo a ASTM: D1762- 84, utilizada para carvão de madeira e adaptada para o biochar por Singh, CampsArbestain e Lehmann (2017). Essa análise visa determinar os teores de umidade, de materiais voláteis e cinzas do material. O teor de carbono fixo foi determinado de acordo com a ASTM: D3172-13. Cada um desses componentes oferece informações valiosas sobre as propriedades físicas e químicas do biochar, permitindo que pesquisadores e usuários avaliem sua adequação para diferentes aplicações. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Teor de umidade

Para o teste de umidade, pesou-se 1,0g de biochar em um cadinho de porcelana de massa conhecida em uma balança analítica com precisão de 0,1 mg. Posteriormente, o cadinho foi levado a uma estufa para secar por cerca de 18 horas sob temperatura de 105°C. E então, as amostras foram pesadas e foi determinado o teor de umidade de acordo com a Equação 1:

$$TU = \frac{Mi - Ms}{Mi} \times 100 \quad (1)$$

TU = teor de umidade (%); Mi = massa inicial (g); Ms = massa seca a 105°C (g).

Análise química imediata

A análise química imediata foi realizada por meio da determinação dos teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo.

Para a determinação do teor de materiais voláteis, foi utilizado um forno mufla onde o cadinho com o biochar seco foi colocado com tampa, a uma temperatura de 950°C por 10 minutos. Logo após o conjunto foi retirado e deixado para resfriar por mais 10 minutos e, posteriormente, colocado no dessecador para atingir a temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram pesadas e o teor de materiais voláteis foi calculado por meio da Equação 2:

$$TMV = \frac{Ms - Md}{Ms} \times 100 \quad (2)$$

TMV = teor de materiais voláteis (%); Ms = massa seca a 105°C, em (g); Md = massa desvolatizada/aquecida a 950°C, em (g);

A mesma amostra foi utilizada para a determinação do teor de cinzas. O cadinho sem tampa foi colocado na mufla aquecida a 750°C e permaneceu por 6 horas. Este procedimento é conhecido por degradar toda a parte orgânica contida na amostra, restando apenas a parte inorgânica do material. Finalizado o processo, a amostra foi levada para resfriar no dessecador, e posteriormente pesada. Com isso, o teor de cinzas foi calculado por meio da Equação 3:

$$TC = \frac{Mr}{Ms} \times 100 \quad (3)$$

TC = teor de cinzas (%); Mr = massa residual após aquecer a 750°C (g); Ms = massa seca a 105°C (g);

Os valores obtidos possibilitaram a determinação do Teor de Carbono Fixo, utilizando-se a Equação (4)

$$TCF = 100 - (TU + TMV + TC) \quad (4)$$

TCF = teor de carbono fixo (%)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para caracterização do biochar de casca de eucalipto, estão apresentados na Tabela 1, com os respectivos coeficientes de variação.

Tabela 1 - Análise imediata do biochar de casca de eucalipto

Material	Umidade (%)	Materiais voláteis (%)	Cinzas (%)	Carbono fixo (%)
Biochar de casca de eucalipto	11,45 (37,09)	28,13 (24,85)	20,42 (13,96)	40,00

Conforme Barbosa et al (2023), os resultados obtidos para o teor de umidade geralmente variam de 1% a 15%, para os materiais voláteis, de 0% a 40%. Já o teor de cinzas fica na faixa de 0,5% a 5% e o carbono fixo varia entre 50% e 90%. Valores que diferem desses indicam que o biochar não está em sua máxima qualidade.

Nota-se que o biochar de casca de eucalipto obtido possui propriedades que estão de acordo o que diz a literatura, como é o caso da umidade e dos materiais voláteis, porém apresentam valores não indicados no que diz respeito aos teores de cinzas e de carbono fixo.

O teor de cinzas está relacionado à quantidade de resíduos inorgânicos deixados após a queima do biochar. Campos (2023) indica que o elevado teor de cinzas apresentado pode ser atribuído a possíveis contaminações da casca de eucalipto devido ao transporte e também ao longo período de armazenamento.

O carbono fixo representa a porcentagem de carbono no biochar que permanece após a remoção de umidade, materiais voláteis e que também não são cinzas. É um importante indicador da qualidade do biochar, onde teores elevados indicam que uma maior proporção do material foi preservada durante o processo de pirólise.

A quantidade reduzida de carbono fixo presente no biochar obtido indica que o material não possui, a princípio, boa qualidade. Isso pode ser explicado pelo fato do processo de pirólise não ter sido realizado com uma temperatura controlada, já que ao longo da queima verificou-se uma variação, tanto na temperatura atingida quanto na distribuição da mesma ao longo do reator.

A temperatura de pirólise também é um ponto a ser levado em conta no teor de carbono fixo final. Ao avaliar o potencial energético dos finos de carvão vegetal obtidos

da pirólise da madeira de *Eucalyptus* sp em diferentes temperaturas, Delatorre et al (2020) verificaram uma correlação positiva entre o teor de carbono fixo e o aumento da temperatura de pirólise.

A umidade apresentada pelo biochar está em um valor adequado, porém não ideal. Segundo Gonçalves (2021) é importante que o biochar apresente um teor de umidade baixo, favorecendo, assim, a adsorção dos nutrientes necessários para a agricultura. Para isso, é recomendável uma pré-secagem da biomassa utilizada para produzir o biochar.

O teor de materiais voláteis mostra que o biochar estudado apresenta boa qualidade, visto que está dentro da faixa indicada por Barbosa et al (2023) e abaixo de 75%. De acordo com Gonzaga et al (2017) e Basílio et al (2020), teores de materiais voláteis acima de 75% podem reduzir as taxas de germinação de espécies florestais. O ideal seria que estivesse ainda mais baixo, visto que biochars com materiais voláteis reduzidos são menos propensos a liberar gases nocivos ao solo, proporcionando um ambiente de crescimento mais saudável para as plantas, já que essa é sua principal aplicação.

4. CONCLUSÃO

A casca de eucalipto se mostra um material que pode ser reaproveitado para a produção de biochar, visto que o material apresentou teores de umidade e de materiais voláteis de acordo com o que é recomendado, evidenciando o seu potencial. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados antes da queima para que se obtenha um produto com qualidade para utilização na agricultura, tais como: armazenamento em local limpo e seco, realizar a pré-secagem da casca de eucalipto para reduzir ainda mais sua umidade. Durante a queima é necessário que se tenha um melhor controle da temperatura e do tempo de pirólise para maximizar o teor carbono fixo.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1762-84**: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. Philadelphia: ASTM, 2021. 2 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D3172-13**: Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke. Philadelphia: ASTM, 2021. 2 p.

BARBOSA, E. D. *et al.* INFLUÊNCIA DO BIOCHAR NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO: uma revisão. **Pesquisas em Temáticas de Ciências Agrárias - Volume 7**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 55-66, 17 fev. 2023. Anual. RFB Editora.

BASÍLIO, J. J. N.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. S. A., COLEN, F., & OLIVEIRA, L. S. Biochar de casca de pequi como componente de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* ST. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-10, 2020.

CAMPOS, A. M. A. **Adição de resíduos agroindustriais pós-pirólise em misturas de carvões para a produção de coque metalúrgico**. 2023. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

DELATORRE, Fabíola Martins et al. Potencial energético dos finos de carvão vegetal. In: **Engenharia Florestal: Desafios, Limites e Potencialidade**. Editora Científica Digital, 2020. p. 639-653.

GONÇALVES, K. Y. **Análise da influência das variáveis de produção do biochar para adsorção de nutrientes**. 2021. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C. L.; COMERFORD, N. B.; DA VEIGA MOLINE, E. F.; SHIRLEY, J. P.; GUIMARÃES, D. V. Pyrolysis methods affect biosolids-derived biochar composition, maize growth and nutrition. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 59- 65, 2017.

HAN, L. et al. Biochar's stability and effect on the content, composition and turnover of soil organic carbon. **Geoderma**, Elsevier, v. 364, p. 114184, 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2022**. Brasília, DF, 2022. Relatório anual 2022. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2023.

LIU, N. et al. Characterization of biochars derived from agriculture wastes and their adsorptive removal of atrazine from aqueous solution: A comparative study. **Bioresource technology**, Elsevier, v. 198, p. 55–62, 2015.

OLIVEIRA, A. C. et al. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. **Revista Árvore**, SciELO Brasil, v. 37, p. 557–566, 2013.

SANCHEZ-REINOSO, A. D.; ÁVILA-PEDRAZA, E. A.; RESTREPO-DÍAZ, H. Use of biochar in agriculture. **Acta Biológica Colombiana**, Universidad Nacional de Colombia, v. 25, n. 2, p. 327–338, 2020.

SCHMIDT, H. P. et al. **European biochar certificate-guidelines for a sustainable production of biochar**. European Biochar Foundation (EBC), 2016

SINGH, B.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; LEHMANN, J. **Biochar: a guide to analytical methods**. [S.l.]: Csiro Publishing, 2017.