

Caracterização físico-química do biocarvão de bambu e avaliação do seu potencial como carreador de inoculantes microbianos

Physicochemical characterization of bamboo biochar and evaluation of its potential as a carrier of microbial inoculants

Nathália Hister Giovanella¹, Caroline Stéfani Muniz², Fabiano Bisinella Scheufele³, Patricia Dayane Carvalho Schaker⁴

RESUMO

O biocarvão é um material carbonáceo sólido resultante da pirólise da biomassa, e pode conferir diversos benefícios ao solo. As propriedades dos biocarvões variam de acordo com a matéria-prima utilizada para sua produção. Atualmente, um dos desafios da agricultura moderna é a substituição dos fertilizantes químicos por produtos ambientalmente seguros, com destaque para os biofertilizantes e bioinoculantes. Este estudo teve como objetivo caracterizar o biocarvão de bambu como potencial carreador de bactérias promotoras de crescimento no solo. Para isso, foram feitas as análises de MEV, EDS e Fisissorção de N₂, além da associação de uma linhagem bacteriana e o biocarvão e sua aplicação ao solo durante o cultivo do agrião. Os resultados obtidos em relação à composição elementar do biocarvão indicam que o mesmo é composto por Carbono, Potássio, Silício e Cloro. Além disso, foi possível classificar o material como mesoporoso, o que possibilita que microrganismos acessem e habitem os do biocarvão. O crescimento radicular de agrião foi favorecido pelo uso do biocarvão associado à bactéria *Bacillus* sp. LB30. Assim, pode-se concluir que este material possui potencial para utilização agrícola por conter macronutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal, e seu uso no solo associado à bactérias promotoras de crescimento vegetal pode ser possível devido às características da sua área superficial.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura sustentável; biomassa; rizobactérias promotoras de crescimento vegetal.

ABSTRACT

Biochar is a solid carbonaceous material resulting from the pyrolysis of biomass, and can provide several benefits to the soil. Depending on the raw material used, biochars with different properties can be produced, reflecting a diversity of physicochemical characteristics and consequently applications. Currently, one of the challenges of modern agriculture is the replacement of chemical fertilizers with environmentally safe products, with emphasis on biofertilizers and bioinoculants. This study aimed to characterize bamboo biochar as a potential carrier of growth-promoting bacteria in the soil. The results obtained in relation to the elemental composition of biochar indicate that it is mainly composed of Carbon, followed by other elements that are present in smaller quantities, such as Potassium, Silicon and Chlorine. Furthermore, it was possible to classify the material as mesoporous, which allows microorganisms to access and functionally inhabit the pores contained in the biochar. Watercress root growth was favored by the use of biochar associated with the growth-promoting strain *Bacillus* sp. LB30. Therefore, it can be concluded that this carbonaceous material has potential for agricultural use as it contains essential macronutrients for plant development, and its use in soil associated with bacteria that promote plant growth may be possible due to the characteristics of its surface area.

Keywords: biomass; plant growth promoting rhizobacteria; sustainable agriculture.

¹ Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: nathaliagiovanella@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0615662891020640.

² Aluna do Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: carolinemuniz@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8610240752191565.

³ Docente no Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: fabianob@utfpr.edu.br. ID Lattes: 4578180806056815.

⁴ Docente no Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: patriciaschaker@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9674682418436293.

INTRODUÇÃO

O biocarvão consiste no produto carbonáceo sólido resultante da pirólise de uma biomassa e pode conferir diversos benefícios ao solo, podendo permanecer nele durante milhares de anos (Weber, Quicker, 2018). Esse material pode ser produzido a partir de diferentes matérias-primas, como por exemplo resíduos agrícolas, animais e municipais, o que faz com que tenha aplicações muito diversificadas (Khalid *et al.*, 2021). Entretanto, embora seu uso esteja sendo cada vez mais recorrente, os mecanismos de interação entre biocarvão, matéria orgânica e microbiota do solo, além de seus efeitos, ainda carecem de uma compreensão completa (Gorovstov *et al.*, 2020).

Devido ao fato de poder ser produzido a partir diversas matérias-primas, aliado à técnica de produção e temperatura de pirólise, biocarvões com propriedades e características distintas podem ser adquiridos (Ajeng *et al.*, 2020). Quando aplicado à agricultura, o biocarvão pode aumentar a fertilidade, o pH, o tempo de retenção de água e a absorção de nutrientes do solo (Karim *et al.*, 2020)

Uma notável característica do biocarvão é a sua alta porosidade interna (Gorovstov *et al.*, 2020). Devido a essa característica, que permite que bactérias se instalem na superfície desse material orgânico e as suas propriedades físico-químicas que são propícias para o crescimento de micróbios, o biocarvão pode se tornar um material orgânico carreador de inóculo, como por exemplo, rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (Ajeng *et al.*, 2020).

Dessa forma, o biocarvão é considerado um excelente substituto para carreadores à base de turfa e vermiculite, os quais possuem limitações e geram preocupação com relação à sustentabilidade. Assim, esse material carbonáceo associado à rizobactérias promotoras do crescimento vegetal são potenciais inoculantes para que seja alcançada a sustentabilidade agrícola (Ajeng *et al.*, 2020).

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a composição e caracterização do biocarvão comercial de bambu, além de seus efeitos quando aplicado ao solo associado à rizobactéria promotora do crescimento vegetal LB30.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos, foi utilizado o biocarvão comercial produzido a partir de bambu, utilizando a temperatura de pirólise de aproximadamente 600 °C. A bactéria utilizada foi a rizobactéria promotora de crescimento de plantas *Bacillus* sp. LB02, previamente isolada da rizosfera de *Bixa orellana* (urucum) (Biet *et al.*, 2020).

Para que fosse possível realizar a caracterização do biocarvão, realizaram-se as análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) e Fisissorção de N₂, as quais foram feitas sob as mesmas condições de análise de Santolin (2022).

Em seguida, seguindo a metodologia baseada em Jaborova (2020) e Rasool (2021), realizou-se um ensaio para avaliar o efeito do biocarvão e da rizobactéria promotora de crescimento vegetal LB30 no cultivo do agrião topázio (*Nasturtium officinale*). Desse modo, foram conduzidos experimentos em vasos durante 60 dias. Cada vaso continha 250 g de substrato.

Para avaliar o efeito do biocarvão e da linhagem de *Bacillus* sp. LB30 no cultivo do agrião, quatro diferentes tratamentos experimentais foram conduzidos. Para o tratamento

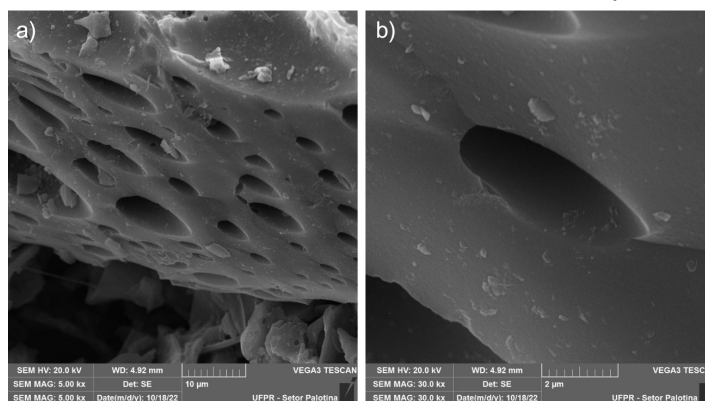
controle, não foi feita nenhuma modificação no substrato utilizado. No segundo tratamento, foi adicionado 1% do peso total do substrato em forma de biocarvão, o que correspondeu a 2,5 g. No terceiro tratamento, as sementes de agrião foram mergulhadas durante trinta minutos em solução de bactéria ressuspensa em solução de sacarose 2% e transferidas para o solo. Para o quarto tratamento, 1% de biocarvão foi aplicado ao solo, juntamente com as sementes inoculadas com a linhagem bacteriana LB30.

Foram feitas cinco repetições de cada tratamento e todos os vasos foram mantidos em uma sala de crescimento com temperatura aproximada de 27 °C e fotoperíodo de 16 horas. Após 60 dias, o tamanho da raiz foi medido utilizando o software Digimizer e comparação posterior por meio de análise estatística (ANOVA e Teste de Tukey).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise visual das micrografias do biocarvão utilizando microscopia eletrônica de varredura (Figura 1), é possível perceber que a superfície é constituída por poros e cavidades, os quais são distribuídos de forma irregular, indicando assim que esse material possui caráter químico e estrutural heterogêneo, o qual está ligado diretamente à composição da matéria-prima da biomassa utilizada para sua fabricação.

Figura 1 - MEV do biocarvão de bambu nos aumentos de a) 5000x e b) 30000x



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os resultados obtidos após a realização da BET (Brunauer, Emmett e Taller) e da BJH (Barrett, Joyner e Halenda) estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades texturais do biocarvão comercial de bambu.

Propriedades texturais	Valor
Volume total de poros	0,024 (cm ³ g ⁻¹)
Volume de microporos	0,006 (cm ³ g ⁻¹)
Diâmetro médio de poros	4,8 (nm)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Como já dito, a distribuição de poros e o tamanho das partículas do biocarvão é influenciada majoritariamente pela origem da matéria-prima de biomassa e das condições



de pirólise. Desse modo, quando aplicadas diferentes temperaturas e técnicas de pirólise, biocarvões com volume total de poros distintos podem ser produzidos.

De acordo com a classificação da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), o biocarvão pode ser classificado como Microporoso (diâmetro <2 nm), Mesoporoso (2 nm < diâmetro < 50 nm) ou Macroporoso (diâmetro > 50 nm). Desse modo, considerando-se essa classificação, o biocarvão de bambu utilizado para a realização do trabalho pode ser considerado como um composto mesoporoso, por seus poros possuírem diâmetro de 4,8 nm.

Esses poros possuem importante papel, visto que, os microrganismos podem acessar e habitar funcionalmente os poros contidos no biocarvão, dependendo do tamanho das células microbianas, da fonte de carbono disponível e da disponibilidade e distribuição de macroporos (Quilliam *et al.*, 2013). Porém, apesar de a interação microbiana com o biocarvão estar sendo cada vez mais estudada, o que está disponível na literatura ainda não é o suficiente para entender a imobilização de microrganismos neste material carbonáceo.

A análise elementar do biocarvão de bambu foi realizada utilizando-se a técnica EDS. A porcentagem de cada elemento está presente na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição elementar do biocarvão comercial de bambu.

C (%)	O (%)	K (%)	Si (%)	Cl (%)
82,24	15,05	1,21	0,93	0,57

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

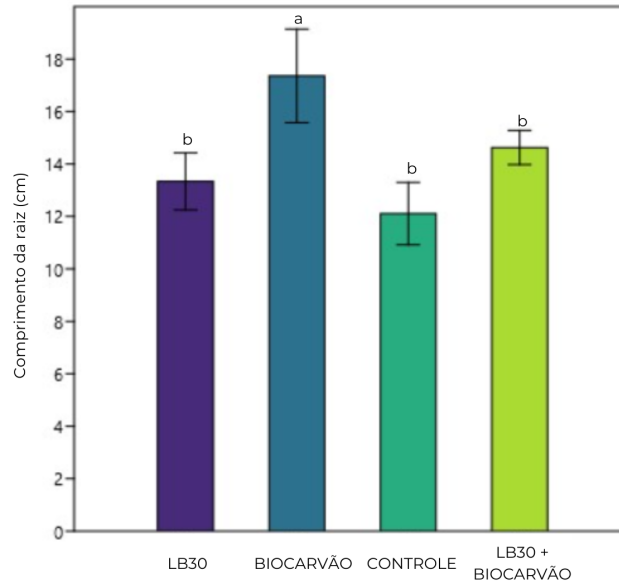
Apesar de as características serem distintas entre os biocarvões de diferentes matérias-primas, existem propriedades que estão presentes em todos esses materiais, como a presença de aromaticidade e alto teor de carbono. Em relação ao conteúdo de Oxigênio presente no biocarvão, sabe-se que ele está associado a grupos químicos funcionais da matéria-prima da biomassa utilizada. No biocarvão utilizado no presente estudo, a porcentagem de O foi de 15,05% (Verheijen *et al.*, 2010).

O Potássio, terceiro elemento com maior porcentagem do biocarvão de bambu (1,21%), é um macronutriente essencial para plantas, visto que, possui um papel crucial como um dos fatores básicos para a produtividade do solo (Lehmann; Joseph, 2015; Gorovstov *et al.*, 2020)

O Silício, que está presente na composição química do biocarvão na quantidade de 0,93%, encontra-se nas paredes celulares como sílica (SiO₂) (Lehmann; Joseph, 2015). Já o Cloro está presente em uma quantidade menor que 1%.

Em relação ao efeito do biocarvão no crescimento do agrião, observou-se uma diferença significativa entre o comprimento radicular do tratamento contendo apenas biocarvão e os tratamentos controle, LB30 e LB30 aliado à adição de biocarvão.

Figura 2 - Média do comprimento da raiz do agrião em diferentes tratamentos utilizando biocarvão de bambu e a rizobactéria LB30.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Desse modo, é possível observar que a aplicação de biocarvão no solo foi benéfica, tanto no que se refere à sua adição isolada quanto à sua adição somada à bactéria LB30. Resultados semelhantes foram observados em estudos anteriores (Rasool, 2021), nos quais constatou-se um maior comprimento da raiz das plantas, o que é benéfico, visto que, as raízes possuem papel importante na absorção de água e nutrientes (Lehmann; Joseph, 2015).

CONCLUSÃO

A análise química e estrutural do biocarvão de bambu mostra que esse material possui características que permitem que este seja utilizado como potencial carreador de inóculo. Além disso, quando adicionado ao solo, beneficiou o crescimento radicular do agrião topázio. Desse modo, como perspectivas futuras, pretende-se associar o biocarvão a uma linhagem bacteriana com o objetivo de produzir um inóculo que tenha potencial utilização na produção agrícola.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq e UTFPR pelo apoio financeiro.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

AJENG, A.A.; ABDULLAH, R.; LING, T.C.; ISMAIL, S. *et al.* Bioformulation of biochar as a potential inoculant carrier for sustainable agriculture. **Environmental Technology & Innovation**, v. 20, 2020.

GOROVSTOV, A.V.; MINKINA, T.M.; MANDZHIEVA, S.S. *et al.* The mechanisms of interactions with microorganisms in soil. **Environ Geochem Health**, v. 42, 2020.

JABBOROVA, D. *et al.* Co-Inoculation of Rhizobacteria and Biochar Application Improves Growth and Nutrients in Soybean and Enriches Soil Nutrients and Enzymes. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1142, 6 ago. 2020.

KARIM, M.R.; HALIM, M.A.; GALE, N.V.; THOMAS, S.C. Biochar Effects on Soil Physiochemical Properties in Degraded Managed Ecosystems in Northeastern Bangladesh. **Soil Syst.** 2020, v. 4, p. 69.

KHALID, Z. B. *et al.* Biochar application as sustainable precursors for enhanced anaerobic digestion: A systematic review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 4, p. 105489, ago. 2021.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (EDS.). **Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation**. 2nd ed. edição ed. London: Routledge, 2015.

QUILLIAM, R. S. *et al.* Life in the “charosphere” – Does biochar in agricultural soil provide a significant habitat for microorganisms?. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 65, p. 287–293, out. 2013.

RASOOL, M. *et al.* Role of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria in the management of tomato early blight disease. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

SANTOLIN, C. **Síntese e caracterização de carvões mesoporosos** utilizando templates de sílica para tratamento de poluentes emergentes. Toledo: Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2022.

SAXENA, J.; RANA, G.; PANDEY, M. Impact of addition of biochar along with *Bacillus* sp. on growth and yield of French beans. **Scientia Horticulturae**, v. 162, 2013, p. 351-356.

THOMMES, M. *et al.* Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 87, n. 9-10, p. 1051–1069, 1 out. 2015.

VERHEIJEN, F. *et al.* Biochar Application to Soils - A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. **EUR 24099 EN. Luxembourg (Luxembourg): European Commission**, 2010.

WEBER, K.; QUICKER, P. Properties of biochar. **Fuel**, v. 214, 2018, p. 240-261.