

## Biochar de Lodo de Esgoto: Efeitos na Fertilidade do Solo no cultivo de Rabanete<sup>(1)</sup>

**Helen Cristina Vieira Neves<sup>(2)</sup>; Alex Antônio Torres Cortês de Sousa<sup>(3)</sup>; Cícero Célio de Figueiredo<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Universidade de Brasília.

<sup>(2)</sup> Estudante de Química; Universidade Católica de Brasília; Brasília, DF; helen.neves22@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Brasília, DF; alex.sousa@embrapa.br; <sup>(4)</sup> Professor; Universidade de Brasília; Brasília, DF; cicero@unb.br;

**RESUMO:** O biochar tem sido apresentado como uma alternativa viável para o uso agrícola do lodo de esgoto (LE) de forma sustentável. No entanto, ainda há dúvidas sobre os efeitos nutricionais do biochar em culturas de ciclo curto. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de biochar de LE nos componentes de fertilidade do solo no cultivo de rabanete, *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae). O biochar de LE foi produzido com temperatura de pirólise de 300°C, durante 30 minutos. Um experimento foi instalado em casa de vegetação, cujo delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses de biochar, em Mg ha<sup>-1</sup>: 0,0 (controle); 20; 40; 60; 80; e 100. Foram avaliadas propriedades químicas do solo, antes e após o cultivo do rabanete. As variáveis testadas responderam ao aumento da dose do produto e com isso houve, de maneira geral, um enriquecimento dos nutrientes no solo com a aplicação do biochar.

**Termos de indexação:** Biossólido; pirólise; *Raphanus sativus* L.

### INTRODUÇÃO

O lodo produzido nas estações de tratamento de esgoto é um dos resíduos mais difíceis para se manejá-lo devido à grande quantidade gerada e à presença de organismos patogênicos (Hossain et al., 2010). Só no Distrito Federal são geradas, aproximadamente, 146.000 toneladas por ano (CAESB, 2014). Um destino adequado para esse resíduo representa interesse de toda a sociedade e, por isso, diversas alternativas de uso têm sido propostas e estudadas.

O biochar é o produto da pirólise de diversas matérias primas, seja animal ou vegetal. Seu uso tem sido indicado, entre muitas finalidades, como condicionador do solo e fonte nutricional para plantas, além de reduzir a emissão de gases de efeito estufa (International Biochar Initiative, 2012; Shenbagavalli & Mahimairaja, 2012). Entre as diversas matérias primas utilizadas para a produção de biochar, o LE apresenta grande potencial, cujo biochar possui características físicas, químicas e

biológicas desejáveis para aumentar a produtividade de culturas agrícolas de forma sustentável, com ganhos ambientais e sociais (Shenbagavalli & Mahimairaja, 2012).

Entre os benefícios apresentados pelo biochar para a melhoria do solo e aspectos ambientais, destacam-se o aumento dos teores de nutrientes de maneira geral, elevação do pH, melhoria na retenção de água e da porosidade (Shenbagavalli & Mahimairaja, 2012; Biederman & Harpole, 2013), diminuição das emissões de gases de efeito estufa (Vaccari et al., 2011), assim como a redução e imobilização de metais tóxicos como arsênio, cádmio e zinco (Park et al., 2011).

No caso específico do biochar de LE, ainda são poucos os trabalhos que avaliam os seus benefícios para a fertilidade do solo em culturas de ciclo curto. Entretanto, as elevadas concentrações de nutrientes como nitrogênio e fósforo no LE indicam o potencial do biochar para aumentar a disponibilidade de nutrientes do solo em curto prazo.

Dessa forma, espera-se que o biochar possa viabilizar o uso do LE de forma sustentável como um melhorador da fertilidade do solo com disponibilidade de nutrientes para culturas de ciclo curto e exigentes em nutrientes como o rabanete. Por possuir ciclo curto essa cultura se torna uma boa opção ao produtor familiar e/ou de pequena escala, que pode ser cultivada entre duas culturas de ciclo mais longo, possibilitando um retorno financeiro em um tempo mais curto, em cerca de 30 dias (Cardoso & Hiraki, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de biochar de LE nos atributos de fertilidade do solo no cultivo de rabanete.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação com controle de temperatura (média de 25°C) e umidade (média de 60 %) localizada na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, cujas coordenadas são: S 15.73058° O 047.90047° e altitude de 960m.

Foi utilizado aproximadamente 1,5 kg de biomassa de LE, passada por peneira com malha de 8 mm, submetido à temperatura de 300°C. A

pirólise foi realizada a uma taxa média de aumento de temperatura de  $11^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , com um tempo de residência de 30 minutos. Após a pirólise, o biochar foi pesado, acondicionado e peneirado em peneira com malha de 2 mm. As características químicas do biochar são apresentadas na **tabela 1**.

**Tabela 1** – Características químicas do solo e do biochar.

Propriedade Química	Solo	BC 300
CT (%)	-	23,4
NT (%)	-	3,3
$\text{NO}_3^-$ (mg kg $^{-1}$ )	-	17,5
$\text{NH}_4^+$ (mg kg $^{-1}$ )	-	431,9
Ácido Fulvico (g kg $^{-1}$ )	-	24,2
Ácido Húmico (g kg $^{-1}$ )	-	19,4
Humina (g kg $^{-1}$ )	-	74,8
P (g kg $^{-1}$ )	0,00318	41,1
K $^+$ (g kg $^{-1}$ )	0,029	0,16
Ca $^{+2}$	1,24 <sup>a</sup>	9,7 <sup>b</sup>
Mg $^{+2}$	0,30 <sup>a</sup>	1,8 <sup>b</sup>
S (g kg $^{-1}$ )	-	15,1
Al $^{+3}$ (cmol $_{\text{c}}$ kg $^{-1}$ )	0,02	-
H+Al $^{+3}$ (cmol $_{\text{c}}$ kg $^{-1}$ )	2,30	-
SB (cmol $_{\text{c}}$ kg $^{-1}$ )	1,61	-
t (cmol $_{\text{c}}$ kg $^{-1}$ )	1,63	-
T (cmol $_{\text{c}}$ kg $^{-1}$ )	3,9	-
V (%)	41,3	-
B (mg kg $^{-1}$ )	-	9,1
Cu (mg kg $^{-1}$ )	-	1,4
Fe (mg kg $^{-1}$ )	-	450
Mn (mg kg $^{-1}$ )	-	1,0
Zn (mg kg $^{-1}$ )	-	5,3
pH (CaCl $_2$ )	6,5	6,0

CT: Carbono total; NT: Nitrogênio total; LE: Lodo de Esgoto; BC: Biochar 300°C; <sup>a</sup> cmol $_{\text{c}}$  kg $^{-1}$ ; <sup>b</sup> g kg $^{-1}$ .

### Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses de biochar: 0, 20, 40, 60, 80 e 100 Mg ha $^{-1}$ . Estas doses de biochar foram misturadas a 2 kg de solo em vasos com volume de 2 dm $^3$ .

### Condução do experimento e análises laboratoriais

Foi utilizada terra obtida de Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, cujas características químicas são apresentadas na **tabela 1**. O solo utilizado no experimento foi analisado antes e ao final do experimento, após a colheita do rabanete. Para isso, as amostras de solo foram secas ao ar e os restos culturais separados. Sub-amostras do solo seco foram passadas em peneira de malha 2 mm e determinados os teores de fósforo e potássio disponíveis, cátions trocáveis (cálcio e magnésio),

componentes da acidez (H+Al $^{3+}$ , pH em CaCl $_2$ ) e capacidade de troca catiônica efetiva e total, soma de bases e saturação por bases. Essas propriedades relacionadas à fertilidade do solo foram determinadas conforme metodologia da Embrapa (1997).

O rabanete, *R. sativus* L. (cultivar Crimson Gigante), foi semeado diretamente no vaso em 10 de março de 2014 e cultivado em casa de vegetação. Foram semeadas três sementes por vaso e, após sete dias da semeadura, realizadas o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. Durante o ciclo da cultura foram realizadas irrigações diárias de 100 ml de água por planta e monitoramento quanto ao ataque de pragas e doenças, mantendo todas as plantas sadias até o final do ciclo.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey,  $p<0,05$ ), utilizando-se o software XLSTAT 2013 (Addinsoft, 2013).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de biochar de LE aumentou os teores de nutrientes do solo, com exceção de potássio, e elevou os valores dos indicadores de fertilidade do solo representados pela saturação por bases, CTC e a soma de bases (**Tabela 2**). De maneira geral, a melhoria da fertilidade do solo foi proporcional à dose de biochar aplicada. Entretanto, o pH do solo que já se encontrava corrigido não sofreu alteração com o aumento da dose de biochar aplicada.

A maior diferença entre doses foi verificada para o fósforo cujos teores se elevaram de 0,39 (dose 0) para 100,31 mg dm $^{-3}$  (dose 100 Mg ha $^{-1}$ ), com incremento de 257 vezes. Esse aumento nos teores de P disponível no solo é decorrente da elevada concentração desse nutriente no biochar (41,1 g kg $^{-1}$ ). Com o processo de pirólise há perdas de C, H, O e N por volatilização e com isso a concentração de P é favorecida no biochar. O P existente no LE está predominantemente na fração inorgânica, que é mais estável a perdas por volatilização; estas perdas só ocorrem com temperaturas de pirólise acima de 700°C (Hossain et al., 2011, Yuan et al., 2013). Esse fornecimento de P pelo biochar de LE reforça a função nutricional desse produto, fundamental para solos tropicais como os latossolos que predominam no Cerrado, que naturalmente apresentam baixíssimos teores de P disponível.

**Tabela 2** – Propriedades químicas do solo em função da dose de biochar.

Dose	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>2+</sup>
0	6,20 a	0,39 e	18,00 b	1,33 d	0,20 b
20	6,18 a	8,99 de	5,75 c	1,89 c	0,28 b
40	6,48 a	24,87 cd	13,00 bc	2,13 bc	0,43 a
60	6,55 a	40,10 bc	17,00 b	2,21 b	0,46 a
80	6,45 a	57,20 b	19,50 b	2,37 ab	0,46 a
100	6,35 a	100,31 a	34,25 a	2,54 a	0,47 a

  

Dose	H+Al	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	t	T	V
0	2,42 a	1,57 d	1,60 d	4,00 c	39,52 b
20	2,92 a	2,18 c	2,22 c	5,10 b	42,02 b
40	2,40 a	2,60 b	2,64 b	5,00 b	52,12 a
60	2,55 a	2,72 b	2,76 b	5,27 ab	51,72 a
80	2,32 a	2,88 ab	2,91 ab	5,20 ab	55,50 a
100	2,60 a	3,10 a	3,13 a	5,70 a	54,42 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Diferentemente do fósforo, a concentração de potássio teve pouca variação com a adição do biochar. Apenas a aplicação de 100 Mg ha<sup>-1</sup> de biochar foi suficiente para suprir a planta e aumentar o teor de K no solo. Com o fornecimento de 20 Mg ha<sup>-1</sup>, após o cultivo do rabanete, houve redução dos teores iniciais de K do solo, com balanço negativo desse nutriente no solo. Com exceção da dose de 100 Mg ha<sup>-1</sup>, os teores de K nos demais tratamentos foram considerados baixos (Sousa & Lobato, 2004), indicando que o fornecimento de potássio pela aplicação de biochar de LE só é suficiente em doses iguais ou superiores a 100 Mg ha<sup>-1</sup>. Embora o teor de K no biochar (0,16 g dm<sup>-3</sup>) seja considerado alto, a sua concentração no solo após o cultivo de rabanete foi considerada baixa (Sousa & Lobato, 2004), essa diminuição pode ser decorrente do processo de lixiviação, pois durante o ciclo da cultura foram realizadas irrigações diárias com 100 mL de água por planta. Outro fator que pode ter contribuído para lixiviação do K foi a baixa CTC do solo. O K em solos com baixa CTC tende a permanecer na solução do solo e assim aumentam as condições para a lixiviação (Ernani et al., 2007).

O cálcio apresentou o mesmo comportamento do fósforo quando do fornecimento de biochar ao solo. Os teores desse nutriente aumentaram gradativamente com o aumento da dose de biochar aplicada. Todas as doses de biochar proporcionaram níveis de cálcio adequados para os solos do Cerrado (Sousa & Lobato, 2004). Em solos ácidos, o suprimento de cálcio ao solo está normalmente ligado à prática de calagem. Com a adição de biochar pode-se aumentar a

disponibilidade desse nutriente, com efeito adicional da calagem.

O biochar também incrementou os teores de Mg<sup>2+</sup> no solo com dose a partir de 40 Mg ha<sup>-1</sup>, sem diferenciação, entretanto, entre as doses superiores a essa. Embora haja um aumento no teor desse nutriente no solo em função da dose de biochar, todos os teores apresentados foram considerados baixos no solo (Sousa & Lobato, 2004).

Visto que o solo estava com pH adequado, não houve efeito do biochar sobre os componentes da acidez do solo (H+Al). Normalmente, são verificados efeitos alcalinizantes do biochar, pelo fornecimento de cátions de caráter básico para solução do solo (Singh et al., 2010; Smider & Singh, 2014).

A aplicação de biochar aumentou os valores dos indicadores de fertilidade do solo (SB, CTC efetiva e saturação por bases), como resultado do aumento da disponibilidade de cátions trocáveis de caráter básico como Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>. Para SB e CTC efetiva, as maiores concentrações foram obtidas a partir da dose 80 Mg ha<sup>-1</sup>. A partir da dose 40 Mg ha<sup>-1</sup> de biochar foram obtidos valores de saturação por bases superiores a 50%, tendo como consequência condições que permitem o desenvolvimento da maioria das plantas nos solos ácidos do Cerrado brasileiro (Sousa & Lobato, 2004).

A aplicação do biochar também elevou a CTC total do solo. Esta é uma propriedade fundamental para solos extremamente intemperizados e ácidos como os que predominam no Cerrado brasileiro. Entre as diferentes doses, no entanto, apenas a aplicação de 100 Mg ha<sup>-1</sup> aumentou a CTC total em relação às doses de 20 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, não havendo diferenças entre as demais doses. O efeito da pirólise sobre a CTC do biochar é variável conforme a matéria prima (Shenbagavalli & Mahimairaja, 2012). No presente estudo, esse aumento da CTC total pode ser justificado pela forma indireta de obtenção dessa propriedade, que considera o aumento da concentração de cátions trocáveis como cálcio e magnésio.

## CONCLUSÕES

Houve um enriquecimento dos nutrientes no solo com a aplicação do biochar de LE, principalmente fósforo, nitrogênio disponível, cátions trocáveis (cálcio e magnésio). O biochar também elevou os indicadores de fertilidade do solo como soma de bases e saturação por bases e a capacidade de troca catiônica e não apresentou efeito sobre os componentes da acidez do solo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Universidade de Brasília pelo suporte na realização desse trabalho e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa ao terceiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ADDINSOFT 'XLSTAT 2013: Statistical software to MS Excel.' Addinsoft: New York, 2013.
- BIEDERMAN, L. A.; HARPOLE, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *Global Change Biology Bioenergy*, 5: 202-214, 2013.
- CAESB. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/esgoto/sistemas-de-esgotamento.html>>. Acesso em 30 de junho de 2014.
- CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. *Horticultura Brasileira*, 19: 328-331, 2001.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- HOSSAIN, M. K.; STREZOV, V.; CHAN, K. Y.; NELSON, P. F. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere*, 78: 1167-1171, 2010.
- HOSSAIN, M. K.; STREZOV, V.; CHAN, K. Y.; ZIOLKOWSKI, A.; NELSON, P. F. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. *Journal of Environmental Management*, 92: 233-228, 2011.
- INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. 2012. Available at: <[http://www.biochar-international.org/sites/default/files/Guidelines\\_for\\_Biochar\\_That\\_Is\\_Used\\_in\\_Soil\\_Final.pdf](http://www.biochar-international.org/sites/default/files/Guidelines_for_Biochar_That_Is_Used_in_Soil_Final.pdf)>. Acesso em 12 de novembro de 2013.
- PARK, J. H.; CHOPPALA, G. K.; BOLAN, N. S.; CHUNG, J. W.; CHUASAVATHI, T. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and Soil*, 348: 439-451, 2011.
- SHENBAGAVALLI, S.; MAHIMAIRAJA, S. Characterization and effect of biochar on nitrogen and carbon dynamics in soil. *International Journal of Advanced Biological Research*, 2: 249-255, 2012.
- SINGH, B.; SINGH, B. P.; COWIE, A. L. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Research*, 48: 516-525, 2010.
- SMIDER, B.; SINGH, B. Agronomic performance of a high ash biochar in two contrasting soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 191: 99-107, 2014.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.
- VACCARI, F. P.; BARONTI, E. L.; GENESIO, L.; CASTALDI, S.; FORNASIER, F.; MIGLIETTA, F. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. *European Journal of Agronomy*, 34: 231-238, 2011.
- YUAN, H.; LU, T.; ZHAO, D.; HUANG, H.; NORIYUKI, K.; CHEN, Y. Influence of temperature on product distribution and biochar properties by municipal sludge pyrolysis. *Journal Material Cycles Waste Management*, 15: 375-361, 2013.