



Produção e caracterização de biochar de lodo de esgoto

Production and characterization of sewage sludge biochar

Larissa Suchodolak*, Larissa Macedo dos Santos Tonial†

RESUMO

O biochar é um material aplicado no solo com objetivo principal de aumentar as reservas de carbono e nutrientes no meio. Pode ser obtido através de diferentes matérias-primas, dentre elas, o lodo de esgoto. Dessa forma, é relevante avaliar as características físico-químicas dos biochares para inferir sobre a qualidade. Neste trabalho, foram analisadas amostras de biochar obtidas a partir de diferentes temperaturas de calcinação. Para isso, foi coletado lodo de esgoto, posteriormente seco ao ar, moído e peneirado. A calcinação foi conduzida em mufla com taxa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até 1 hora nas temperaturas de 350, 450 e 550°C , as quais originaram B1, B2 e B3, respectivamente. Após, determinou-se o rendimento, o teor total de carbono e nitrogênio e comportamento térmico dos biochares obtidos. Com base nos dados, observou-se maior rendimento para B1, e não houve diferença significativa entre B2 e B3. Os teores de carbono e nitrogênio total seguem o mesmo padrão. As curvas termogravimétricas e derivadas termogravimétricas mostram-se similares para B1 e B2, e nas curvas derivadas termogravimétricas há ocorrência de vários picos para B3. Sendo assim, a temperatura de calcinação a qual melhor se adequa às características ideais refere-se a empregada para obtenção do B2.

Palavras-chave: carbono, rendimento, biocarvão.

ABSTRACT

Biochar is a material applied to the soil with the main objective of increasing the reserves of carbon and nutrients in the environment. It can be obtained from different raw materials, including sewage sludge. Thus, it is important to evaluate the physicochemical characteristics of biochares to infer about their quality. In this work, samples of biochar obtained from different calcination temperatures were analyzed. For this, sewage sludge was collected, subsequently air-dried, ground and sieved. Calcination was carried out in a muffle with a heating rate of $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ up to 1 hour at temperatures of 350, 450 and 550°C , which originated B1, B2 and B3, respectively. Afterwards, the yield, total carbon and nitrogen content and thermal behavior of the obtained biochares were determined. Based on the data, there was a higher yield for B1, and there was no significant difference between B2 and B3. The carbon and total nitrogen contents follow the same pattern. The thermogravimetric curves and thermogravimetric derivatives are similar for B1 and B2, and in the thermogravimetric derivative curves there are several peaks for B3. Thus, the calcination temperature which best suits the ideal characteristics refers to the one used to obtain B2.

Keywords: carbon, yield, biochar.

1 INTRODUÇÃO

O biochar é a nomenclatura internacional estabelecida para biocarvão ou carvão bioativado. Segundo a International Biochar Initiative, o biochar é caracterizado como um material sólido, obtido a partir de diversos tipos de biomassas submetidas a conversão termoquímica, em um ambiente com ausência ou baixa taxa de oxigênio. Sua aplicação no solo tem por objetivo aumentar as reservas de carbono e nutrientes, e atuar como condicionador/condicionante do meio (INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE, 2012).

* Bacharelado em química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; larissasuchodolak@hotmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; larissasantos@utfpr.edu.br



Dentre as matérias-primas comumente empregadas na produção do biochar, inclui-se o lodo de esgoto (LE). Além de rico em matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o biochar de LE pode quando aplicado ao solo aumentar a capacidade de troca catiônica, o potencial hidrogeniônico (pH), o teor de macronutrientes e micronutrientes, e o teor de carbono do solo (HOUSSAIN et al., 2010; HOUSSAIN et al., 2011). Além dos benefícios às propriedades do solo, a aplicação do biochar reduz a emissão de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) (FREE et al., 2010; VACCARI et al., 2011).

JHA et al. (2010), afirmam que a longevidade do biochar aplicado no solo pode chegar a 100 anos. Ou seja, além das características supracitadas, reforça a disposição agrícola do biochar como uma importante alternativa de destino final de LE.

Dessa forma, observa-se a relevância do biochar e a importância do estudo sobre a obtenção deste (COLEN et al., 2019; XIA et al., 2020). Sendo assim, existe diferença na composição do biochar quando este é obtido a partir de diferentes temperaturas de calcinação?

O objetivo do presente trabalho é avaliar as características físico-químicas de biochares de LE obtidos por meio de diferentes temperaturas de calcinação.

2 MÉTODO

2.1 Obtenção do resíduo e produção do biochar

O biochar foi produzido a partir de LE, proveniente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) de abatedouro de aves, localizada no município de Pato Branco, região sudoeste do Paraná.

A ETE é dotada de tratamento primário, com peneira estática e flotador físico-químico, e secundário com lagoas de estabilização biológica. A vazão média diária é da ordem de 2800 m³ de efluentes. O lodo removido no flotador, objeto deste estudo, corresponde a cerca de 3 a 4% do volume do efluente tratado. A geração de LE gira em torno de 70 t dia⁻¹, sendo que a desidratação e secagem reduzem esse montante para 10 t dia⁻¹, sendo que o material resultante apresenta umidade final aproximada de 70%, sem odor característico.

A produção teste do biochar foi realizada no laboratório de química analítica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Após a coleta, as amostras de LE foram secas ao ar até a obtenção de massa constante, em seguida foram moídas e passadas em uma peneira com 850 µm de abertura de malha.

O processo de pirólise foi conduzido em mufla com uma taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹ até a temperatura de calcinação a qual foi mantida por 1 hora. Foram realizados testes com três temperaturas de calcinação, 350, 450 e 550 °C. Todas foram realizadas em triplicata.

Na calcinação das amostras em forno mufla foram empregados cadinhos de porcelana. A massa dos cadinhos e das amostras foram medidas antes e depois do processo de calcinação.

A calcinação do LE foi realizada em ambiente com pouca presença de oxigênio, deste modo os cadinhos foram embrulhados em papel alumínio, com apenas alguns pontos de abertura.

2.2 Determinação do rendimento e do teor total de carbono e nitrogênio

Para a determinação do rendimento (R) empregou-se a massa da amostra de LE (Ma) e a massa da amostra calcinada (Mc).

A determinação do rendimento, em porcentagem, da produção do biochar foi realizada segundo a Eq. (1).



$$R = \frac{Mc}{Ma} \times 100 \quad (1)$$

O rendimento foi determinado em triplicata. Em seguida calculou-se o valor médio para cada amostra, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Os teores totais de carbono (CT) e nitrogênio (NT) no biochar foram determinados por combustão a seco usando um analisador elementar modelo Flash EA1112, Thermo Electron Corporation, Milan, Italy.

2.3 Análise Térmica

Os diagramas da análise termogravimétrica (TG) e termogravimétrica derivada (DTG) foram obtidos a partir de 5 mg de amostra de biochar, sob atmosfera de ar e fluxo de 40 mL min⁻¹, a partir de 25°C, empregando taxa de aquecimento de 15°C min⁻¹, no intervalo de 25 a 600°C, usando um analisador térmico da marca TA Instruments, modelo *SDT Q600*.

3 RESULTADOS

Na Tab. 1 são apresentados os valores de rendimento médio para as amostras de biochar obtidas em laboratório a partir da calcinação do LE às temperaturas de 350, 450 e 550 °C.

Tabela 1 - Rendimento médio (%) da produção de biochar a partir da calcinação do LE em forno mufla a 350, 450 e 550 °C.

Amostras Biochar	Temperatura de Calcinação (°C)	Rendimento Médio (%)
B1	350	43 ± 7
B2	450	20 ± 2
B3	550	18 ± 1

$n = 3$

média ± desvio padrão

Fonte: autoria própria (2021).

Observou-se que em um mesmo período de tempo, obteve-se maior rendimento na produção de biochar quando foi utilizada a menor temperatura de calcinação, 350°C. Com o aumento na temperatura final de calcinação, observou-se que o rendimento médio do biochar diminuiu (Tab. 1).

A perda de massa com o aquecimento, variou de 23 a 25% da massa inicial, nas temperaturas de 450 e 550 °C, respectivamente (Tab. 1). Esses resultados corroboram com outros da literatura (ONAY e KOCKAR, 2003; AGRAFIOTI et al., 2013).

Segundo NOVAK et al. (2009), o rendimento na produção do biochar está relacionado com a eficiência ou não da pirólise em compostos como celulose e hemicelulose, além da combustão de materiais orgânicos em consequência do aumento da temperatura. A maior perda de massa observada para os processos com o emprego de temperaturas maiores de calcinação se dá pela maior liberação de materiais voláteis, e consequentemente maior produção de biogás (ZHANG et al., 2015; RÓZ et al., 2015).

Entre as temperaturas de calcinação de 450 e 550 °C, o rendimento foi semelhante, o que indica que não há variação significativa entre estas temperaturas de calcinação no que diz respeito ao rendimento.

Na Tab. 2 são apresentados os CT e NT das amostras de biochar.



Tabela 2 - Teores de CT e NT (%) das amostras de biochar.

Amostras Biochar	Temperatura de Calcinação (°C)	CT (%)	NT (%)
B1	350	60 ± 1	8,9 ± 0,2
B2	450	48 ± 2	8,12 ± 0,09
B3	550	44 ± 3	7,4 ± 0,3

$n = 3$

média ± desvio padrão

Fonte: autoria própria (2021).

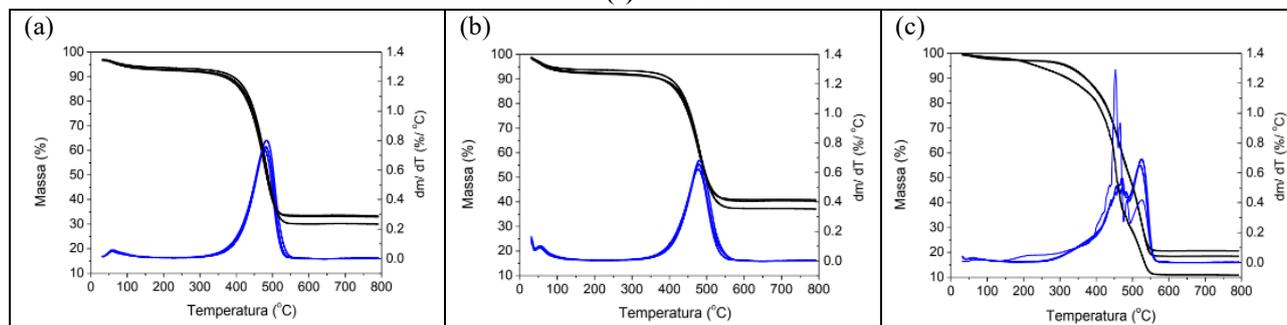
Com base nos dados, observou-se que os valores médios de CT e NT diminuem com o aumento da temperatura de calcinação. Contudo, se compararmos estes aos valores originais do resíduo que o originou o LE, estes são semelhantes, 51% de CT e 8% de NT.

A diminuição no teor de CT e NT observado com o aumento da temperatura está relacionado com a volatilização desses elementos durante a pirólise e esses resultados corroboram com os dados da literatura (AGRAFIOTI et al., 2013; GASKIN et al., 2008). Contudo, mantém o resíduo com ótimos teores dos elementos carbono e nitrogênio.

Na agricultura, a aplicação do biochar no solo como fertilizante, apresenta resultados positivos, por possuir altos teores de nutrientes, o que proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (HOUSSAIN et al., 2011; CHAN et al., 2007).

Na Fig. 1 são apresentados os diagramas de análise TG e DTG para as amostras de biochar obtidas após calcinação a 350, 450 e 550 °C.

Figura 1 - Curvas de TG e DTG para as amostras de biochar obtidas após calcinação a (a) 350 °C, (b) 450 °C, e (c) 550 °C.



$n=3$

Fonte: autoria própria (2021).

Os diagramas de TG e DTG mostram uma perda contínua de massa para os biochar até aproximadamente 560°C (Fig. 1). Para as amostras de biochar obtidas após calcinação a 350 e 450°C, representadas nas Fig. 1a e 1b, respectivamente, observa-se dois estágios de decomposição térmica nas curvas DTG, sendo em torno de 55°C e 480°C. Para o biochar obtido após calcinação a 550°C, representado na Fig. 1c, a curva DTG apresenta variação na região entre 380 e 570°C, se comparado aos demais obtidos pelo emprego de temperaturas menores. Esse resultado sugere variação na composição do biochar em função da temperatura empregada na calcinação do LE.

O primeiro evento (<125°C), em temperaturas mais baixas, se dá devido à desidratação do material, ou seja, perda de umidade (MORAES et al., 2011). Contudo, como o biochar já havia passado recentemente por



um processo de calcinação, e desde então mantido em frasco fechado, o teor de umidade era pequeno, por isso esse sinal foi discreto.

O segundo evento, em torno de 480°C (Fig. 1a e 1b), está relacionado com a matéria orgânica ligada aos conteúdos alifáticos, de açúcar e de proteína (GIWA et al., 2020). Na Fig. 1c, a ocorrência de mais de um pico, é provavelmente decorrente de diferentes compostos.

4 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, observa-se um maior rendimento para o biochar obtido a partir da temperatura de calcinação de 350 °C, não apresenta diferença significativa entre as temperaturas de 450 e 550 °C. Ou seja, na temperatura mais baixa há um maior rendimento por conta da maior massa presente na amostra, o que significa que ainda não havia chegado em uma estabilidade, os compostos ainda estavam em processo de calcinação.

Da mesma forma ocorre com os dados de CT, que apresentam similaridade entre as temperaturas de calcinação mais altas (450 e 550 °C), enquanto em 350 °C a amostra ainda não havia sido estabilizada.

Já na análise das curvas TG e DTG, pode-se observar um comportamento similar entre as temperaturas de calcinação de 350 e 450 °C, com picos da decomposição térmica nas mesmas faixas de temperatura, enquanto para temperatura de calcinação de 550 °C houve maior quantidade de picos, que representam, provavelmente, a formação de diferentes compostos.

Tendo em vista as observações apontadas, pode-se determinar que a temperatura de calcinação mais indicada para a obtenção de biochar a partir do LE, nessas condições, é de 450 °C. Porém, testes de aplicação do material no solo devem ser levados em consideração para resultados mais precisos, por exemplo, para maior rendimento na produção de determinados tipos de plantas, o melhor biochar pode ter diferentes composições.

REFERÊNCIAS

- AGRAFIOTI, Evita; BOURAS, George; KALDERIS, Dimitrios; DIAMADOPOULOS, Evan. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 101, p. 72-78, 2013. Disponível em: doi.org/10.1016/j.jaap.2013.02.010. Acesso em: 06 set. 2021.
- CHAN, K. Y.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, Adriana; JOSEPH, S. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. **Australian Journal of Soil Research**, v. 45, p. 629-634, 2007. Disponível em: [10.1071/SR07109](https://doi.org/10.1071/SR07109). Acesso em: 06 set. 2021.
- COLEN, Fernando; FIGUEIREDO, Filipe Ferreira; FERNANDES, Luiz Arnaldo; SAMPAIO, Reginaldo Arruda; MOTA, Mauro Franco Castro; SOUZA, Luiz Henrique de. Temperatura e tempo de residência na produção de biochar oriundo de dejetos de galinhas poedeiras. **Caderno de ciências agrárias**, v. 12, p. 1-8, 2019. Disponível em: doi.org/10.35699/2447-6218.2020.15247. Acesso em: 06 set. 2021.
- FREE H. F.; MCGILL, C. R.; ROWARTH, J. S.; HEDLEY, M. J. The effect of biochars on maize (*Zea mays*) germination. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, v. 53, p. 1-4, 2010. Disponível em: doi.org/10.1080/00288231003606039. Acesso em: 06 set. 2021.
- GASKIN, Julia W.; STEINER, Christoph; HARRIS, K.; DAS, K. C.; BIBENS, B. Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. **Trans Asabe**, v. 51, p. 2061-2069, 2008. Disponível em: [10.13031/2013.25409](https://doi.org/10.13031/2013.25409). Acesso em: 06 set. 2021.
- GIWA, Abdulmoseen Segun; CHANG, Fengmin; YUAN, Jing; ALI, Nasir; GUO, Xiaogang; WANG, Kaijun. Evaluation of the potential beneficial pyrolyzed product yields from sewage sludge and bone waste disposal.



- Environmental Technology & Innovation**, v. 18, p. 100784, 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.eti.2020.100784. Acesso em: 06 set. 2021.
- HOUSSAIN, Mustafa K.; STREZOV, Vladimir; CHAN, K. Yin; NELSON, Peter F. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Chemosphere**, v. 78, p. 1167-1171, 2010. Disponível em: doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.01.009. Acesso em: 06 set. 2021.
- HOUSSAIN, Mustafa K.; STREZOV, Vladimir; CHAN, K. Yin; ZIOLKOWSKI, Artur; NELSON, Peter F. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 223-228, 2011. Disponível em: doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.008. Acesso em: 06 set. 2021.
- INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. 2012.
- JHA, Pramod; BISWAS, A. K; LAKARIA, B. L; SUBBA RAO, A. Biochar in agriculture – prospects and related implications. **Current Science**, v. 99, n. 9, p. 1218-1225, 2010. Disponível em: [jstor.org/stable/24068517](https://www.jstor.org/stable/24068517). Acesso em: 06 set. 2021.
- MORAES, Gislane M. de; XAVIER, Francisco Alisson da Silva; MENDONÇA, Eduardo de Sá; FILHO, João Ambrósio de Araújo; OLIVEIRA, Teógenes Senna de. Chemical and structural characterization of soil humic substances under agroforestry and conventional systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1597-1608, 2011. Disponível em: doi.org/10.1590/S0100-06832011000500014. Acesso em: 06 set. 2021.
- NOVAK, Jeffrey M.; LIMA, Isabel; XING, Baoshan; GASKIN, Julia W.; STEINER, Christoph; DAS, K. C.; AHMEDNA, Mohamed; REHRAH, Djaafar; WATTS, Donald W.; BUSSCHER, Warren J.; SCHOMBERG, Harry. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. **Annals of Environmental Science**, v. 3, p. 195-206, 2009. Disponível em: openjournals.neu.edu/aes/journal/article/view/v3art5/v3p195-206. Acesso em: 06 set. 2021.
- ONAY, Ozlem; KOCKAR, O. Mete. Slow, fast and flash pyrolysis of rapeseed. **Renew Energy**, v. 28, p. 2417-2433, 2003. Disponível em: [doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00137-X). Acesso em: 06 set. 2021.
- RÓZ, Alessandra L. da; RICARDO, José F. C.; NAKASHIMA, Gabriela T.; SANTOS, Luis R. O.; YAMAJI, Fabio M. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 810-814, 2015. Disponível em: doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p810-814. Acesso em: 06 set. 2021.
- 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**, v. 34, p. 231-238, 2011. Disponível em: doi.org/10.1016/j.eja.2011.01.006. Acesso em: 06 set. 2021.
- XIA, Hao; RIAZ, Muhammad; ZHANG, Mengyang; LIU, Bo; EL-DESOUKI, Zeinab; JIANG, Cuncang. Biochar increases nitrogen use efficiency of maize by relieving aluminum toxicity and improving soil quality in acidic soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 196, p. 110531, 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110531. Acesso em: 06 set. 2021.
- ZHANG, Jie; LIU, Jia; LIU, Rongle. Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate. **Bioresource Technology**, v. 176, p. 288-291, 2015. Disponível em: doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.011. Acesso em: 06 set. 2021.