

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

EFEITO DA TEMPERATURA E ATMOSFERA NA PRODUÇÃO DE BIOCARVÃO A PARTIR DO LODO DE ESGOTO

Keyla Bendia Pires¹, Barbara Leticia de Freitas Mendes Braga¹, Diego Lang Burak¹.

¹Universidade Centro de Ciências Agrárias e Engenharias - Universidade Federal do Espírito Santo
Alto Universitário, s/n, CP 16 - CEP 29500-000 Alegre - ES, Brasil, keyla.pires@gmail.com,
barbslfm@gmail.com, dlburak.ufes@gmail.com.

Resumo

A produção de biocarvão através da pirólise do Lodo de Esgoto (LE), considerando o efeito da temperatura em duas atmosferas diferentes de calcinação, por uma pirólise lenta a até 750°C, gerado em um material resistente com propriedades únicas, com objetivo de quantificar o rendimento da produção. A pesquisa foi realizada na UFES, de maio a dezembro de 2022, com diferentes tipos de resíduo de lodo, atmosferas de calcinação e de temperatura à 350°C a 750°C. Os biocarvões produzidos foram armazenados e analisados para calcular o rendimento de produção. As amostras foram padronizadas com peneiração. Os resultados mostram que temperatura e atmosfera impactam o rendimento de produção de biocarvão. Temperaturas mais altas tendem a aumentar o rendimento, mas também resultam em perda de massa orgânica. Diferentes atmosferas também influenciam, com atmosferas oxidantes levando a rendimentos menores. O estudo conclui que a seleção de cuidados com a temperatura é essencial e destaca a influência da atmosfera no processo. Observou-se que a temperatura e a atmosfera sofreram a produção de biocarvão do LE. As descobertas têm engenharia na agricultura e na mitigação das mudanças climáticas, destacando a necessidade de otimização do processo para atingir as propriedades desejadas do biocarvão.

Palavras-chave: Pirolise. Biochar. Sustentabilidade.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra – Química.

Introdução

O biocarvão, é um produto resultante do processo de pirólise, realizado sob temperaturas de até 1000°C e com pouco ou nenhum oxigênio (LEHMANN; JOSEPH, 2009). A pirólise visa converter a biomassa em um material altamente resistente à apresentação térmica, química e foto-oxidativa, conferindo-lhe uma série de propriedades únicas (SKJEMSTAD et al., 1996). Além do biocarvão, a pirólise gera bio-óleo e bio-gás, que podem ser aproveitados na produção de energia elétrica e biocombustíveis. A formação de biocarvão a partir de diversos tipos de resíduos, como vegetais, animais e urbanos, depende das condições do processo, como temperatura e tipo de forno (ATKINSON et al., 2010). Temperaturas mais baixas e tempos de residência mais longos favorecem a produção de um biocarvão funcional.

O uso do biocarvão como condicionador de solo tem se destacado devido aos seus efeitos benéficos. Sua aplicação no solo reduz a acidez e a disponibilidade de alumínio, eleva o pH e a concentração de nutrientes como cálcio, magnésio e potássio, além de melhorar a retenção de água e abrigar microrganismos, confiante para aprimorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (DEAL et al., 2012; GRAY et al., 2014). Além desses benefícios, o biocarvão retém carbono no solo, observou sua emissão para a atmosfera na forma de CO₂ e, devido à sua estrutura altamente resistente à degradação biológica, prolonga a permanência do carbono em solos tropicais (BENITES et al., 2009; TORRES et al., 2005). Isso não apenas contribui para a fertilidade do solo, mas também ajuda a mitigar as emissões de gases do efeito estufa.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Metodologia

O estudo foi tratado na área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Campus de Alegre, localizado em Rive, distrito de Alegre, Estado do Espírito Santo. A pesquisa ocorreu entre maio e dezembro de 2022. A região possui uma altitude de 130 metros e um clima classificado como tropical quente úmido, com inverno frio e seco, conforme a classificação de Köppen. A precipitação média é de aproximadamente 900 mm, de acordo com o (FRANCO, *et al.*, 2012)

O Lodo de Esgoto (LE) utilizado na pirólise foi obtido da Empresa de Saneamento Básico BRK - Ambiental de Cachoeiro de Itapemirim. O LE passou por um processo de secagem em casa de gevegação. A composição do material variava, sendo um dos grupos compostos por LE com cerca de 40% de água, enquanto os outros dois grupos continham uma amostra mais sedimentada.

A pirólise foi conduzida em um forno mufla hermeticamente fechado, especificamente um modelo projetado para laboratórios. A taxa de aquecimento foi iniciada pela temperatura ambiente por minuto, com uma rampa de 45 minutos, quando chegou ao tempo final programado. Os biocarvões foram produzidos termicamente por pirólise lenta em três temperaturas distintas: 350°C, 550°C e 750°C. Após o processo de pirólise, os materiais foram deixados na mufla até atingirem a temperatura ambiente.

As quantidades de biocarvão produzidas foram medidas e armazenadas em potes de polietileno tereftalato (PET) para posterior cálculo do rendimento de produção. O rendimento de produção dos biocarvões foi calculado pela relação entre a massa do Lodo de Esgoto e a massa do biocarvão resultante.

As amostras de biocarvão produzidas em diferentes fornadas e temperaturas foram agrupadas, homogeneizadas e padronizadas, tudo foi realizado utilizando uma peneira com uma malha de 2 mm, garantindo a uniformidade e a consistência das amostras utilizadas nas análises subsequentes.

Resultados

A análise dos dados coletados no experimento revela informações importantes sobre a produção de biocarvão a partir do Lodo de Esgoto (LE), considerando diferentes variáveis como temperatura e atmosfera de calcinação. Os resultados são resumidos na tabela abaixo:

Tabela 1 - Dados experimentalmente

ID	Local	Repetição	Temperatura	ATM	MASSA EXP. INICIAL (g)	MASSA EXP. FINAL EM (g)	RENDIMENTO EXP. EM (%)
1	T1	R1	C1	AR	132,03	90,09	68
2	T1	R1	C2	AR	131,15	53,36	41
3	T1	R1	C3	AR	130,09	46,47	36
4	T1	R2	C1	AR	130,40	82,44	63
5	T1	R2	C2	AR	130,58	52,93	41
6	T1	R2	C3	AR	130,53	42,84	33
7	T1	R3	C1	AR	130,71	92,90	71
8	T1	R3	C2	AR	130,18	51,33	39
9	T1	R3	C3	AR	130,05	41,40	32
10	T2	R1	C1	AR	130,34	91,95	71
11	T2	R1	C2	AR	130,19	89,44	69
12	T2	R1	C3	AR	130,14	85,23	65
13	T2	R2	C1	AR	130,32	103,26	79
14	T2	R2	C2	AR	130,50	96,43	74
15	T2	R2	C3	AR	130,24	89,28	69
16	T2	R3	C1	AR	130,76	110,28	84

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

17	T2	R3	C2	AR	130,05	98,13	75
18	T2	R3	C3	AR	130,14	81,66	63
19	T3	R1	C1	AR	130,52	102,34	78
20	T3	R1	C2	AR	130,06	83,23	64
21	T3	R1	C3	AR	130,31	74,95	58
22	T3	R2	C1	AR	131,20	109,64	84
23	T3	R2	C2	AR	130,67	88,65	68
24	T3	R2	C3	AR	130,36	77,60	60
25	T3	R3	C1	AR	130,76	107,86	82
26	T3	R3	C2	AR	130,21	79,98	61
27	T3	R3	C3	AR	130,33	79,47	61
28	T1	R1	C1	OX	130,98	88,75	68
29	T1	R1	C2	OX	130,87	50,30	38
30	T1	R1	C3	OX	130,81	49,12	38
31	T1	R2	C1	OX	130,85	87,72	67
32	T1	R2	C2	OX	130,69	50,20	38
33	T1	R2	C3	OX	130,73	49,45	38
34	T1	R3	C1	OX	130,34	98,06	75
35	T1	R3	C2	OX	130,79	53,81	41
36	T1	R3	C3	OX	130,84	49,17	38
37	T2	R1	C1	OX	130,81	92,93	71
38	T2	R1	C2	OX	130,72	89,71	69
39	T2	R1	C3	OX	130,68	84,54	65
40	T2	R2	C1	OX	130,40	104,65	80
41	T2	R2	C2	OX	130,58	102,36	78
42	T2	R2	C3	OX	130,61	94,92	73
43	T2	R3	C1	OX	130,13	88,28	68
44	T2	R3	C2	OX	130,60	92,36	71
45	T2	R3	C3	OX	130,52	48,91	37
46	T3	R1	C1	OX	130,88	98,04	75
47	T3	R1	C2	OX	130,58	84,14	64
48	T3	R1	C3	OX	130,58	72,87	56
49	T3	R2	C1	OX	130,16	101,03	78
50	T3	R2	C2	OX	130,75	83,13	64
51	T3	R2	C3	OX	130,90	90,78	69
52	T3	R3	C1	OX	130,12	104,41	80
53	T3	R3	C2	OX	130,97	84,25	64
54	T3	R3	C3	OX	130,68	45,80	35

Fonte: Autor, 2022.

Os resultados fornecem informações valiosas sobre a produção de biocarvão a partir do Lodo de Esgoto sob diferentes condições de temperatura e atmosfera de calcinação. A compreensão dessas influências pode orientar a otimização do processo de produção de biocarvão para maximizar o rendimento e a qualidade do produto final.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

O estudo mostrou as variações de dados no rendimento de produção de biocarvão de acordo com diferentes temperaturas e atmosferas de calcinação. Tanto a temperatura quanto a atmosfera influenciaram significativamente a quantidade de biocarvão obtida a partir do LE (PIMENTA, 2022).

Foi observado um padrão consistente de aumento no rendimento de produção à medida que a temperatura de pirólise aumentava. Esse aumento é evidenciado pelo fato de que, em geral, as massas finais do biocarvão são menores em temperaturas mais altas, indicando uma perda de material orgânico durante o processo de pirólise em temperaturas elevadas (BARBOSA, 2016).

As diferentes atmosferas de calcinação (Argônio e Oxidante) também desempenharam um papel na produção de biocarvão. Observa-se que, em alguns casos, os rendimentos de produção variaram entre as atmosferas, com a atmosfera oxidante levando a rendimentos mais baixos (BRTNICKY, *et al.*, 2021).

Os resultados sugerem que, em média, a temperatura mais alta de 750°C tende a resultar em rendimentos de produção mais baixos em comparação com as temperaturas mais baixas, como 350°C e 550°C. Isso está alinhado com a tendência comum de perda de massa orgânica à medida que as temperaturas de pirólise aumentam (ALLER; BAKSHI; LAIRD, 2017).

A padronização das amostras através da peneiração com malha de 2 mm contribui para a uniformidade dos dados, permitindo uma comparação mais precisa entre diferentes temperaturas e atmosferas de calcinação (MCCORMACK, *et al.*, 2013).

Conclusão

O estudo investigou o impacto da temperatura e das diferentes atmosferas de calcinação na produção de biocarvão a partir do Lodo de Esgoto (LE). Os resultados ressaltaram a importância desses fatores na formação, quantidade e qualidade do biocarvão obtidos. Através da análise das variações nos rendimentos de produção, foi evidenciado que tanto a temperatura quanto a atmosfera de calcinação exercem uma influência significativa nos processos de pirólise e formação do biocarvão.

A temperatura, como uma variável chave, demonstrou ter um impacto direto no rendimento de produção. Observe uma tendência de aumento no rendimento conforme a temperatura de pirólise aumentava. No entanto, essa tendência também revelou uma relação complexa entre temperatura e perda de massa orgânica, especialmente em temperaturas mais elevadas. A seleção cuidadosa da temperatura é, portanto, essencial para otimizar a produção do biocarvão desejado.

Além disso, a atmosfera de calcinação também influenciou os resultados. As diferentes atmosferas de argônio e oxidante radiante para variações nos rendimentos de produção, indicando a importância das reações químicas envolvidas no processo de pirólise. Esse aspecto destaca a necessidade de considerar não apenas a temperatura, mas também o ambiente em que ocorre a pirólise.

As descobertas deste estudo têm projetado para aplicações futuras do biocarvão na agricultura, na mitigação das mudanças climáticas e na gestão sustentável de resíduos. A otimização das condições de produção permitirá a obtenção de biocarvão com propriedades específicas, ajustadas para melhorar a fertilidade do solo, reter nutrientes, reduzir emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade agrícola.

Em suma, este estudo contribui para o entendimento aprofundado das influências da temperatura e da atmosfera de calcinação na produção de biocarvão a partir do Lodo de Esgoto. Continuar explorando essas variáveis e investigando suas emoções permitirão a otimização contínua do processo de produção de biocarvão, expandindo assim o potencial desse recurso valioso para promover práticas agrícolas e ambientalmente conscientes.

Referências

ALLER, Deborah; BAKSHI, Santanu; LAIRD, David A. Modified method for proximate analysis of biochars. **Journal of analytical and applied pyrolysis**, v. 124, p. 335–342, 2017. DOI 10.1016/j.jaap.2017.01.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237016303631>.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ARIAS, Candela Mariel. Biochar: relação com agroecologia, estado da pesquisa e matérias-primas promissoras. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16925>. Acesso em: 18 ago. 2023.

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant Soil**, v. 337, p. 1–18, 2010. .

BARBOSA, Cristiane Francisca. Caracterização de biocarvões de palha de café e casca de eucalipto produzidos a 350 e 600 °C. 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11370>. Acesso em: 18 ago. 2023.

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S.; TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. **Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as Terras Pretas de Índio**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009.

BRTNICKY, Martin; DATTA, Rahul; HOLATKO, Jiri; BIELSKA, Lucie; GUSIATIN, Zygmunt M.; KUCERIK, Jiri; HAMMERSCHMIEDT, Tereza; DANISH, Subhan; RADZIEMSKA, Maja; MRAVCOVA, Ludmila; FAHAD, Shah; KINTL, Antonin; SUDOMA, Marek; AHMED, Niaz; PECINA, Vaclav. A critical review of the possible adverse effects of biochar in the soil environment. **The Science of the total environment**, v. 796, n. 148756, p. 148756, 2021. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.148756. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721038286>.

DEAL, C.; BREWER, C. E.; BROWN, R. C.; OKURE, M. A. E.; AMODING, A. Comparison of kiln-derived and gasifier-derived biochars as soil amendment in the humid tropics. **Biomass Bioenergy**, v. 37, p. 161–168, 2012. .

FRANCO, Ana Maria R.; DEBATIN, Rosane M.; CALS DE OLIVEIRA VITORIO, Patricia; INMETRO; NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY. The role of scientific metrology in industrial metrology. 2012. **NCSL International Workshop & Symposium Conference Proceedings 2012** [...]. [S. l.]: NCSL International, 2012.

GRAY, Myles; JOHNSON, Mark G.; DRAGILA, Maria I.; KLEBER, Markus. Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity. **Biomass & bioenergy**, v. 61, p. 196–205, 2014. DOI 10.1016/j.biombioe.2013.12.010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.12.010>.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for enviromental management: Science and Technology**. Londres: Earthscan, 2009. v. 1, .

MCCORMACK, Sarah A.; OSTLE, Nick; BARDGETT, Richard D.; HOPKINS, David W.; VANBERGEN, Adam J. Biochar in bioenergy cropping systems: impacts on soil faunal communities and linked ecosystem processes. **Global change biology. Bioenergy**, v. 5, n. 2, p. 81–95, 2013. DOI 10.1111/gcbb.12046. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/gcbb.12046>.

PIMENTA, Fernanda. **Pirólise de bagaço de malte assistida por micro-ondas**. [S. l.: s. n.], 2022.

SIEBENEICHLER, Evair Antônio. Características químicas e físicas de carvão de eucalipto (*Eucalyptus cloeziana*). 2011. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/5485>. Acesso em: 18 ago. 2023.

SKJEMSTAD, J. O.; CLARKE, P.; TAYLOR, J. A.; OADES, J. M.; MCCLURE, S. G. The chemistry and nature of protected carbon in soil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 34, p. 251–271, 1996.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Agradecimentos

Agradecemos o apoio das instituições de fomento e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e FAPES e aos laboratórios pelo apoio técnico LaQUAM - Área Experimental da Agronomia e do Laboratório Física do Solo – do departamento da Agronomia da UFES de Alegre-ES. Ao parceiro BRK – Ambiental de Cachoeiro de Itapemirim_ ES.