EFEITOS DE DOSES DE BIOCARVÃO NO pH DO SOLO AO LONGO DO TEMPO

Layza de Oliveira Moraes, João Marcelo da Silva Pereira, Hysabella Da Silva Dascani, Gabriel Vieira Cordeiro, Lorena Contarini Machado, Renato Passos Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, Guararema, 29500-000 – Alegre - ES, Brasil, layza.moraes@edu.ufes.br, joao.ms.pereira@edu.ufes.br, hysabella.dascani@edu.ufes.br, gabriel.v.cordeiro@edu.ufes.br, contarini.machado@gmail.com, renato.passos@ufes.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de biocarvão de palha de café (0, 5, 10, 15 e 25 t ha^{-1}) no pH do solo ao longo de três períodos de incubação (1, 7 e 21 dias). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no Laboratório de Física do Solo da UFES. A análise de variância indicou um efeito significativo das doses sobre o pH. Em todos os tempos avaliados, o pH do solo aumentou progressivamente com o incremento da dose aplicada. Aos 1 e 7 dias de incubação, o comportamento do pH ajustou-se a um modelo linear, refletindo a rápida liberação e solubilização das cinzas e cátions básicos do biocarvão. Aos 21 dias, observou-se um ajuste quadrático, sinalizando uma atenuação no ritmo de elevação do pH nas doses mais altas devido ao esgotamento das cinzas solúveis e à capacidade tampão do solo. Conclui-se que o biocarvão de palha de café promove efeito alcalinizante imediato e expressivo no solo, atingindo um patamar de equilíbrio ao longo do tempo.

Palavras-chave: Incubação. Biochar. Acidez do solo. Resíduos agrícolas.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias. Agronomia.

Introdução

Os resíduos gerados pelas atividades agrícolas apresentam, em geral, baixo valor econômico e custos elevados relacionados à sua coleta e manejo (Tag et al., 2016). Quando não recebem uma destinação adequada, esses materiais podem permanecer sem aproveitamento, contribuindo para a ocorrência de impactos ambientais. Nesse contexto, a utilização desses resíduos como matéria-prima para a produção de biocarvão constitui uma alternativa para seu reaproveitamento e pode contribuir para a redução dos problemas ambientais associados à sua disposição (Schmidt et al., 2014).

O biocarvão é um material orgânico obtido por meio da carbonização de biomassas e apresenta potencial de utilização como condicionador do solo. Sua aplicação pode promover alterações favoráveis em atributos físicos, químicos e biológicos do solo, além de atuar como fonte ou veículo de nutrientes para as plantas. A composição das cinzas presentes no material pode variar de acordo com a biomassa utilizada e com as condições de temperatura empregadas durante a pirólise (Lehmann; Joseph, 2015).

Os efeitos promovidos pela aplicação de biocarvão no solo estão relacionados às alterações ocorridas na estrutura e nas características do material durante a pirólise. Essas modificações podem influenciar propriedades importantes do solo, como porosidade, retenção de água, capacidade de troca de cátions (CTC), densidade e pH. Entre essas características, o pH apresenta grande relevância, uma vez que está diretamente relacionado à disponibilidade de nutrientes e às condições químicas do solo (Al-Wabel et al., 2013; Joseph et al., 2009).

Nesse contexto, a capacidade do biocarvão em promover alterações na acidez do solo pode variar de acordo com a dose aplicada e com o período de contato entre o material e o solo (Lehmann et al., 2006; Molnár et al., 2016). Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de biocarvão, sobre o pH do solo ao longo do tempo.

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAE) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Alegre, Espírito Santo, em ambiente controlado, com temperatura de 25 °C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 × 3, constituído por cinco doses de biocarvão de palha de café (0, 5, 10, 15 e 25 t ha^{-1}) e três períodos de incubação (1, 7 e 21 dias), com três repetições, totalizando 15 tratamentos e 45 unidades experimentais.

O biocarvão foi produzido a partir do processo de pirólise a 600 °C. Os biocarvões foram passados em peneiras de malha de 1 mm, visando o aumento da reatividade.

O solo utilizado no experimento foi coletado na profundidade de 0-20 cm em área de pastagem, localizada na área experimental da UFES (20°44'57"S 41°29'21"W). Após coletado, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), retirou-se uma amostra para caracterização química, cujos resultados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Análise Química						
pH	P	Na	K	Ca	Mg	Al
H2O	---------- mg/dm³----------			---------- cmolc/dm³----------		
5,70	12,3	5,1	102,7	1,69	1,01	0

Nota: pH: relação solo-água 1:2,5; P: extrator Mehlich 1 e determinação por colorimetria; Na e K: extrator Mehlich^{-1} e determinação por fotometria de chama; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria

Fonte: Elaboração do Próprio Autor

O solo foi incubado com doses de 0, 5, 10, 15 e 25 t ha^{-1} de biocarvão produzido a partir de palha de café, submetido à pirólise a 600 °C (PC 600 °C). A avaliação do pH do solo foi realizada aos 1, 7 e 21 dias de incubação, permitindo acompanhar a variação do atributo ao longo do período experimental. Cada repetição foi constituída por 50 g de solo. Para a incubação, foi adicionada água deionizada aos tratamentos, de modo a elevar a umidade do solo para 60% da porosidade total. As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 80 cm^3, mantidos fechados para evitar perdas de água e abertos diariamente durante 20 minutos para permitir as trocas gasosas.

Após cada período de incubação (1, 7 e 21 dias), as amostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 40 °C, durante 48 horas. Posteriormente, o solo foi homogeneizado e utilizado para a determinação do pH em água (H_2O) e em solução de KCl (1 mol L^{-1}), na relação solo: solução de 1:2,5, conforme metodologia descrita por Silva (2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando-se as doses de biocarvão como fonte de variação. Para as variáveis que apresentaram efeito significativo das doses, ao nível de 5% de probabilidade, foi realizada análise de regressão em função das doses de biocarvão aplicadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2023).

Resultados

Após os períodos de incubação de 1, 7 e 21 dias sob condições de laboratório com o biocarvão, o pH em água foi determinado e submetido à análise de variância, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de variância do tempo de incubação (T) e as doses de biocarvão (D) e a interação sobre o pH.

Fatores	GL[1]	SQ[2]	QM[3]	F calculado	p-valor
Doses (D)	4	57,6309	14,4077	450,24	< 0,001
Tempos (T)	2	0,9152	0,4576	14,3	< 0,001
Interação (D × T)	8	1,2656	0,1582	4,94	< 0,001
Resíduo	30	0,96	0,032	-	-
CV (%)			2,30		

Nota: [1]Grau de liberdade; [2]Soma de quadrados; [3]Quadrado médio.

Fonte: Elaboração do Próprio Autor

Como a interação entre os fatores Doses e Tempos de incubação apresentou efeito significativo ($p < 0,001$), seguiu-se com o desdobramento das doses de biocarvão dentro de cada nível do fator tempo 1, 7 e 21 dias (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise de variância do desdobramento do fator dose dentro de cada nível de tempo sobre o pH.

Fatores	GL[1]	SQ[2]	QM[3]	F calculado	p-valor
Doses dentro de 1 dia	4	22,152	5,538	173,06	< 0,001
Doses dentro de 7 dias	4	25,181	6,2953	196,73	< 0,001
Doses dentro de 21 dias	4	21,5635	5,3909	168,47	< 0,001
Resíduo Combinado	30	0,96	0,032	-	-

Nota: [1]Grau de liberdade; [2]Soma de quadrados; [3]Quadrado médio.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Quando analisamos o fator Doses de biocarvão dentro de cada nível de tempo de incubação, houve diferença significativa das doses aplicadas para cada dia. Procedeu-se então com ajustes aos modelos de regressão em função das doses de biocarvão (Tabela 4 e Figura 1).

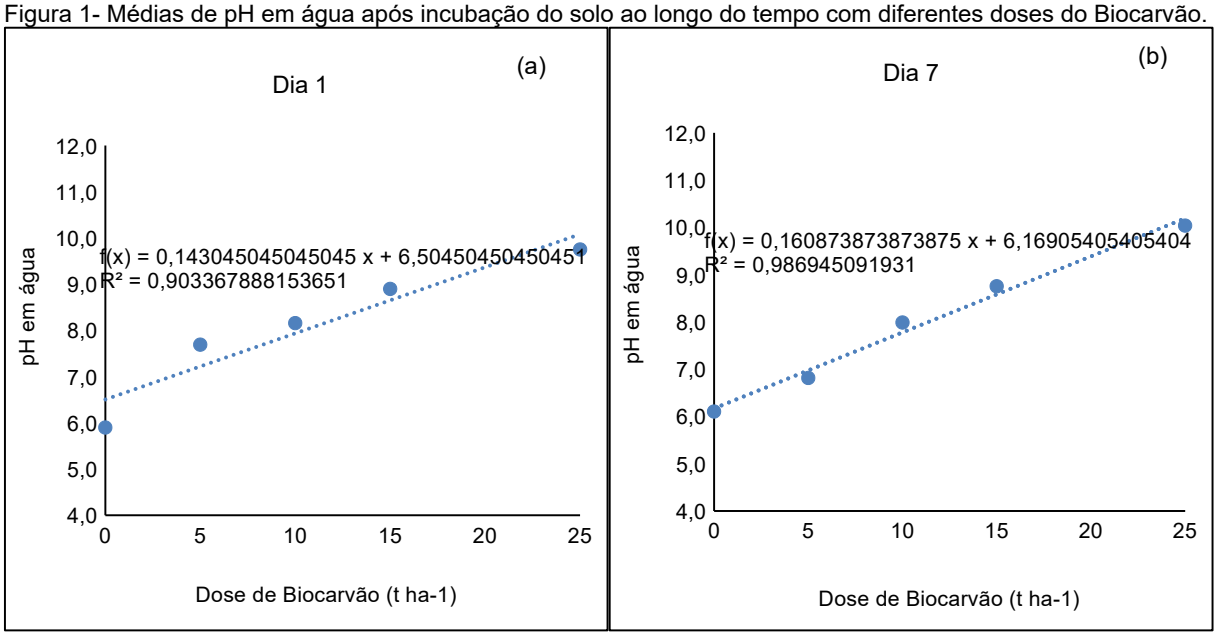
Tabela 4. Médias do pH em água após incubação do solo nas condições de laboratório com diferentes doses de biocarvão aos 1, 7 e 21 dias de incubação.

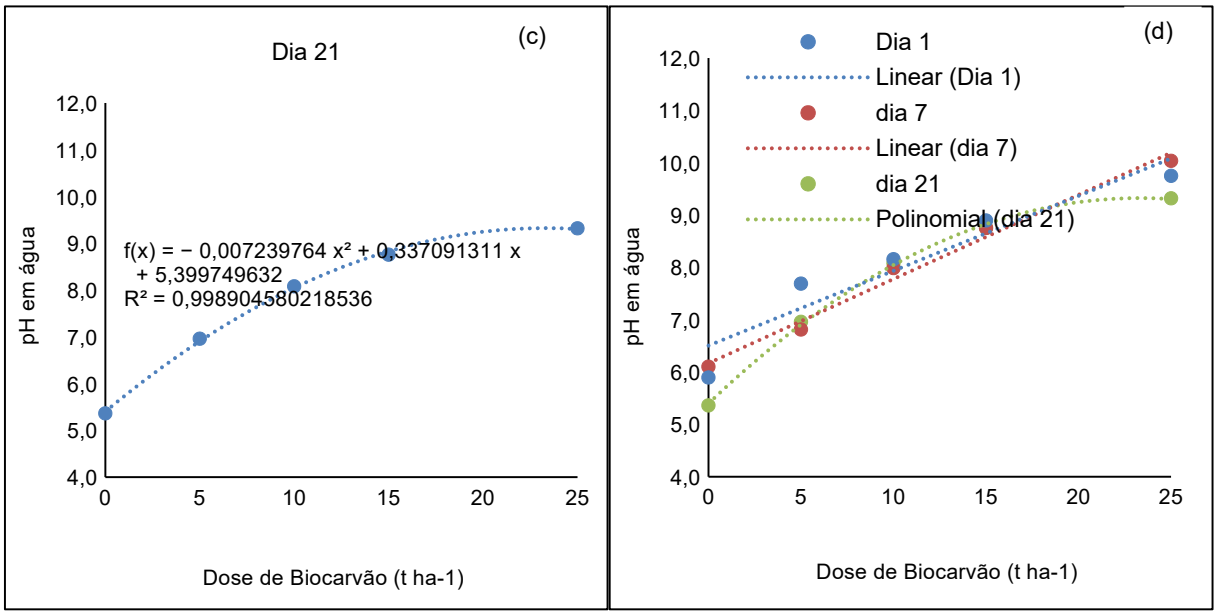
	pH em água				
	0 t ha^{-1}	5 t ha^{-1}	10 t ha^{-1}	15 t ha^{-1}	25 t ha^{-1}
1 dia de incubação.	5,90	7,69	8,16	8,90	9,75
7 dias de incubação.	6,10	6,81	7,99	8,75	10,04
21 dias de incubação.	5,36	6,96	8,08	8,76	9,32

Fonte: Elaboração do Próprio Autor

A análise de variância indicou efeito altamente significativo ($p < 0,001$) das doses de biocarvão sobre o pH do solo em água após a incubação em laboratório. Ao analisar o fator doses dentro de cada tempo de incubação (1, 7 e 21 dias), houve diferença significativa entre as doses aplicadas para cada dia, sendo ajustados modelos de regressão em função dessas doses. Em todos os períodos avaliados (1, 7 e 21 dias), o pH do solo aumentou progressivamente conforme a dose de biocarvão foi elevada de 0 para 25 (Figura 1d).

Figura 1- Médias de pH em água após incubação do solo ao longo do tempo com diferentes doses do Biocarvão.





* p < 0.05; ** p < 0.01; ***p < 0.001

Fonte: Elaboração do Próprio Autor

Aos 1 e 7 dias de incubação, o comportamento do pH ajustou-se a um modelo linear (Figura 1a, 1b). Por outro lado, aos 21 dias, observou-se um ajuste quadrático (Figura 1c). Essa alteração no modelo de resposta reflete a dinâmica do biocarvão no solo ao longo do tempo, evidenciando uma tendência de atenuação na elevação do pH nas doses mais elevadas para períodos mais longos de incubação.

Discussão

A elevação do pH do solo com o aumento das doses de biocarvão está associada ao efeito alcalinizante do material orgânico carbonizado. Em temperaturas mais elevadas tende (como a de 600 °C) a concentrar os sais minerais nas cinzas e aumentar o pH do próprio biocarvão, potencializando sua capacidade de neutralizar a acidez do solo (Joseph et al., 2009). Esse fenômeno é reportado na literatura e decorre principalmente da dissolução de cinzas ricas em cátions básicos, bem como da presença de grupos funcionais oxigenados de caráter básico na superfície do biocarvão, que consomem íons H^+ da solução do solo (Al-Wabel et al., 2013; Lehmann; Joseph, 2015).

A resposta linear indica uma liberação rápida e direta dos sais solúveis e bases presentes nas cinzas mais acessíveis do biocarvão assim que a umidade foi reestabelecida a 60% da porosidade total. Nesse primeiro momento, quanto maior a dose adicionada (até 25 t ha^{-1}), proporcionalmente maior foi a quantidade de bases solubilizadas para consumir o H^+ livre, elevando o pH nos primeiros dias de incubação (Lehmann; Joseph, 2015).

O ajuste quadrático observado aos 21 dias sinaliza um início de atenuação ou desaceleração no incremento do pH nas doses mais altas. Essa tendência à estabilização ocorre devido ao esgotamento progressivo das cinzas facilmente solúveis e à ação da capacidade tampão natural do solo (Novak et al., 2009; Lehmann; Joseph, 2015).

Essa atenuação com o tempo é de grande importância agronômica, pois demonstra que, embora o efeito alcalinizante do biocarvão de palha de café seja imediato e expressivo, a magnitude dos incrementos de pH atinge um platô de equilíbrio à medida que a taxa de dissolução das cinzas se reduz (Molnár et al., 2016).

Conclusão

A aplicação de biocarvão de palha de café promoveu um aumento significativo do pH do solo com o incremento das doses. O efeito alcalinizante ocorre de forma imediata nos primeiros dias após a aplicação apresentando resposta linear crescente, 1 e 7 dias. Com o avanço do tempo de incubação,

a elevação do pH ajusta-se a um modelo quadrático, evidenciando uma tendência à estabilização em razão do esgotamento das cinzas solúveis e da capacidade tampão do solo. Assim, o biocarvão de palha de café demonstra elevado potencial de neutralização da acidez do solo, dependendo da dose e período de incubação do solo.

Referências

AL-WABEL, M. I. et al. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from *Conocarpus* wastes. **Bioresource Technology**, [*S. l.*], v. 131, p. 374-379, 2013.

JOSEPH, S.; LEHMANN, J.; SCHMIDT, H. P. Biochar and soil biota. *In*: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed.). **Biochar for environmental management**: science and technology. London: Earthscan, 2009. p. 217-235.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDÓN, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: a review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, [*S. l.*], v. 11, n. 2, p. 403-427, 2006.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management**: science, technology and implementation. 2. ed. London: Earthscan, 2015.

MOLNÁR, M. et al. Biochar: an emerging soil amendment. **Journal of Environmental Management**, [*S. l.*], v. 181, p. 184-191, 2016.

NOVAK, J. M. et al. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern Coastal Plain soil. **Soil Science**, [*S. l.*], v. 174, n. 2, p. 105-115, 2009.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

SCHMIDT, H. P.; PANDIT, B. H.; MARTINS, J. M. Biochar in agricultural systems**.** ***Journalof Environmental Quality***, v. 43, n. 6, p. 2109-2117, 2014.

SILVA, F. C. da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

TAG, H.; BORGES, L. C.; SILVA, J. L. Biochar production from agricultural residues: impact on soil properties and nutrient retention. **Science of the Total Environment**, [*S. l.*], v. 583, p. 495-500, 2016.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Física do Solo, da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, pela infraestrutura para realização deste estudo, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a empresa NetZero pelo fornecimento do biocarvão utilizado no experimento.