

Influência de resíduos de biocarvão e esterco bovino no desenvolvimento de mudas de faveira

Influence of charcoal residues and cattle manure on the development of faveira seedlings

Influencia de los residuos de carbón y estiércol de ganado en el desarrollo de plántulas de faveira

Recebido: 13/11/2022 | Revisado: 22/11/2022 | Aceitado: 23/11/2022 | Publicado: 04/12/2022

Elson da Costa Passos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2322-6080>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: elsonpassos@live.com

Danielle Monteiro de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9971-0296>
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
E-mail: dmoliveira.am@gmail.com

João Cleber Cavalcante Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0745-9108>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: joaoceleber1995@gmail.com

Rafaelle Batista Aoki

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5005-1744>
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
E-mail: rafaelle.aoki@gmail.com

Newton Paulo de Souza Falcão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5579-0861>
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil
E-mail: newtonfalcao2@gmail.com

Resumo

A produção de mudas abrange etapas que podem exigir maiores, ou menores investimentos financeiros, como é a adubação. Uma forma de minimizar custos é a utilização de materiais orgânicos que podem ser ricos em nutrientes e condicionar fisicamente o substrato. O objetivo deste estudo foi avaliar desempenho de mudas de faveira (*Enterolobium barnebianum*) em substratos compostos com esterco bovino e biocarvão produzido a partir de segmentos de tronco e galhos de Lacre. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5 x 5) e cinco repetições. Os fatores de estudo foram: cinco doses de biocarvão moído (0, 20, 40, 60 e 80 t ha⁻¹) e cinco doses de esterco bovino (0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹). As características avaliadas foram: massa seca da parte aérea e da raiz, massa seca total e a concentração de macro e micronutrientes na parte aérea. A aplicação de doses acima de 40 t ha⁻¹ de biocarvão afetou negativamente o crescimento das plantas e diminuiu a concentração de P e Mn. Por outro lado, aumentou a concentração de Ca, Mg, K e Zn. Quanto ao esterco, doses de 20 t ha⁻¹ influenciaram positivamente a matéria seca total da planta. Dessa maneira, a aplicação de biocarvão não proporcionou ganhos no crescimento das mudas. Nas condições desse trabalho, recomenda-se a utilização de 20 t ha⁻¹ de esterco bovino na composição do substrato empregado para a produção de mudas de faveira.

Palavras-chave: *Enterolobium barnebianum*; Material orgânico; Produção de mudas.

Abstract

The production of seedlings includes stages that may require greater or lesser financial investments, such as fertilization. One way to minimize costs is to use organic materials that can be rich in nutrients and physically condition the substrate. The objective of this study was to evaluate the performance of faveira seedlings (*Enterolobium barnebianum*) on substrates composed of bovine manure and biochar produced from trunk segments and branches of Lacre. The experiment was carried out in a greenhouse, using a completely randomized design, in a factorial scheme (5 x 5) treatments and five replications. The study factors were: five doses of ground biochar (0, 20, 40, 60 and 80 t ha⁻¹) and five doses of bovine manure (0, 10, 20, 30 and 40 t ha⁻¹). The characteristics evaluated were: shoot and root dry mass, total dry mass and the concentration of macro and micronutrients in the shoot. The application of doses above 40 t ha⁻¹ of biochar negatively affected plant growth and decreased the concentration of P and Mn. On the other hand, it increased the concentration of Ca, Mg, K and Zn. As for manure, doses of 20 t ha⁻¹ positively influenced the total dry matter of the plant. As for manure, doses of 20 t ha⁻¹ positively influenced the total dry matter of the plant. Thus, the application of charcoal did not provide gains in seedling growth. Under the

conditions of this work, it is recommended to use 20 t ha⁻¹ of bovine manure in the composition of the substrate used for the production of faveira seedlings.

Keywords: *Enterolobium barnebianum*; Organic material; Seedling production.

Resumen

La producción de plántulas incluye etapas que pueden requerir mayores o menores inversiones económicas, como la fertilización. Una forma de minimizar costos es utilizar materiales orgánicos que puedan ser ricos en nutrientes y acondicionar físicamente el sustrato. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de plántulas de faveira (*Enterolobium barnebianum*) sobre sustratos compuestos por estiércol bovino y biocarbón producido a partir de segmentos de tronco y ramas de Lacre. El experimento se realizó en invernadero, utilizando un diseño completamente al azar, en esquema factorial (5 x 5) y cinco repeticiones. Los factores de estudio fueron: cinco dosis de biocarbón molido (0, 20, 40, 60 y 80 t ha⁻¹) y cinco dosis de estiércol bovino (0, 10, 20, 30 y 40 t ha⁻¹). Las características evaluadas fueron: masa seca aérea y radical, masa seca total y la concentración de macro y micronutrientes en la parte aérea. La aplicación de dosis superiores a 40 t ha⁻¹ de biocarbón afectó negativamente el crecimiento de las plantas y disminuyó la concentración de P y Mn. Por otro lado, aumentó la concentración de Ca, Mg, K y Zn. En cuanto al estiércol, dosis de 20 t ha⁻¹ influyeron positivamente en la materia seca total de la planta. Por lo tanto, la aplicación de carbón vegetal no proporcionó ganancias en el crecimiento de las plántulas. Bajo las condiciones de este trabajo, se recomienda utilizar 20 t ha⁻¹ de estiércol bovino en la composición del sustrato utilizado para la producción de plántulas de faveira.

Palabras clave: *Enterolobium barnebianum*; Material orgânico; Producción de plántulas.

1. Introdução

A faveira [*Enterolobium barnebianum* (Mesquita & Silva)] é uma espécie vegetal arbórea, de origem tropical, perene e pertencente à família fabaceae. Na floresta amazônica, é encontrada em ambientes de terra firme e várzeas (Mesquita & Silva, 1984).

Essa espécie tem apresentado potencial madeireiro e ecológico, sendo utilizada principalmente em recuperação de áreas degradadas pois, a utilização de espécies leguminosas tem por vantagem a estimulação de vários processos biológicos e químicos na fertilidade do solo, além de possuírem sistema radicular ramificado e profundo o que auxilia na recuperação de solos erosivos, além de serem espécies que contribuem para a formação da simbiose com as bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico e com os fungos micorrízicos (Bertoni & Lombardi Neto, 2008; Nogueira et al., 2012).

Nos últimos anos, a exploração predatória e desenfreada dos recursos naturais tem crescido constantemente na Amazônia brasileira. Nesse sentido, os plantios florestais destinados à recuperação de áreas degradadas ou de reflorestamentos constituem-se de uma alternativa viável para a recomposição de nossas florestas (Maranho et al., 2013). No entanto, ainda são poucos os plantios florestais existentes, isto se deve principalmente à carência de conhecimentos científicos sobre o comportamento das espécies nativas da região.

Um dos problemas da reposição florestal consiste na falta de informações sobre as técnicas silviculturais de produção de mudas. Esse conhecimento é imprescindível para a reposição florestal, e a produção de mudas de boa qualidade é o mecanismo mais eficaz para tal (Pinheiro et al., 2018). A qualidade das mudas produzidas para reflorestar uma área é que vai garantir o êxito de um reflorestamento, pois as mesmas devem ser resistentes às condições adversas no campo e possuírem crescimento desejável (Tucci et al., 2010; Andrade et al., 2018).

Inúmeros são os materiais sujeitos de uso no processo de confecção de substratos para produção de mudas. A escolha do substrato, quando da sua formulação, deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, suas características físicas e químicas, seu peso e custo (Oliveira et al., 2008). É necessário, portanto, testar substratos de fácil aquisição, alternativos a substratos comerciais, por ser esse de elevado custo (Araújo et al., 2017).

Dentre os resíduos produzidos pelo setor agropecuário, o esterco bovino tem se destacado na composição de substratos voltados ao desenvolvimento inicial de plantas, devido ao maior acúmulo de matéria seca e incremento das características biométricas (Gonçalves et al., 2014; Moura et al., 2015). A adubação orgânica, além de fornecer nutrientes,

destaca-se por um papel fundamental e importante no fornecimento de matéria orgânica para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Souza et al., 2006; Gasparin et al., 2014).

Outro composto orgânico que tem sido apresentado como alternativa e que tem grande potencial para melhorar a fertilidade do solo, podendo se tornar um componente em substratos para produção de mudas (Petter et al., 2012), é o biocarvão, produto originado a partir da pirólise de biomassa em condições limitadas de oxigênio e em temperaturas relativamente baixas (Kloss et al., 2014; Falcão et al., 2019).

Quando misturado ao solo, o biocarvão pode proporcionar aumento do pH, CTC e carbono orgânico (Chan et al., 2007); aumento na disponibilidade de cálcio, potássio e fósforo (Kookana et al., 2011; Glaser & Lehr, 2019); além de aumentar a porosidade, aeração e capacidade de retenção de água em substratos, características desejáveis para o setor produtivo de mudas (Zanetti et al., 2003), portanto, pode ser uma excelente estratégia econômica e ambiental de aproveitamento de resíduos.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de mudas de faveira em substratos compostos com esterco bovino e biocarvão produzido a partir de segmentos de tronco e galhos de Lacre (*Vismia guianensis*).

2. Metodologia

Local de estudo

O experimento foi conduzido no período de outubro a janeiro em condições de casa de vegetação no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, -INPA. A espécie estudada foi *Enterolobium barnebianum*, popularmente conhecida como faveira. As sementes foram coletadas na bacia petrolífera do rio Urucu, localizada município de Coari, Estado do Amazonas e colocadas para germinar em sementeiras contendo areia lavada, sendo selecionadas 125 plântulas para serem transplantadas para vasos de 2,4 kg de solo. Cada vaso constituiu uma unidade experimental. Essa seleção ocorreu 30 dias após a semeadura quando as plântulas apresentaram queda de 80% dos cotilédones, com isso foi possível tornar o lote de mudas mais homogêneas.

O substrato para a formação de mudas foi coletado da camada de 0-20 cm de um Latossolo Amarelo distrófico (Santos et al. 2018a), coletado em área de mata de capoeira, com 30 anos de pousio, localizado na Estação Experimental de Fruticultura do INPA. O solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado, peneirado em malha de 2 mm e posteriormente caracterizado quimicamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização química do solo utilizado na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos.

Prof	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	P	K	Fe	Zn	Mn	MO
cm	KCl	-----cmolc kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----				%	
0-20	4,16	0,57	0,31	0,40	5,22	1,8	59	139	0,8	3,3	2,45

pH em KCl 1:2,5; Ca, Mg e Al: extraídos por KCl; H+Al: extraído por acetato de cálcio; P, K, Fe, Zn e Mn :extraídos por Mehlich 1; nitrogênio total: determinado – método Kjeldahl; MO: matéria orgânica, determinada pelo método Walkley-Black; V: porcentagem de saturação por bases. Fonte: Autores.

Material orgânico

O biocarvão foi produzido no laboratório de carvão vegetal do INPA, por meio de carbonização de segmentos de tronco e galhos de lacre (*Vismia guianensis*), a 600° com aproximadamente 10 anos de idade, coletado na estação experimental de fruticultura tropical do INPA, cuja composição química apresentou 0,00043% de K, 0,0064% de P, 0,020% de Ca, 0,0042% de Mg, 0,0017% de Mn, 0,0046% de Zn e 0,0014%. O esterco de bovino foi proveniente de uma fazenda da região metropolitana de Manaus e apresentou a seguinte composição química: 0,873% de P, 1,08% de K, 2,14% de Ca e 1,21% de

Mg. As análises das propriedades químicas dos materiais foram realizadas conforme a metodologia proposta pela Embrapa (1999).

Delineamento experimental e condução do experimento

Os tratamentos foram constituídos por combinação fatorial de cinco doses de biocarvão moído (0, 20, 40, 60 e 80 t ha⁻¹) e cinco doses de esterco bovino (0, 10, 20, 30 e 40 t ha⁻¹). Os vasos com plantas foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e uma planta por unidade experimental, totalizando 125 plantas.

Os vasos foram dispostos sobre bancadas obedecendo um espaçamento de 25 x 25 cm entre fileira e entre plantas, respectivamente. Após a repicagem das plantas para os vasos, foram efetuadas irrigações sempre que necessário afim de manter a umidade a 60% da capacidade de campo, de acordo com os princípios de Freire et al. (1980) por meio de pesagens diárias dos vasos.

Variáveis analisadas

Após 90 dias de exposição das plantas aos tratamentos, a parte aérea e as raízes das plantas foram separadas, e colocadas em estufa de circulação de ar a 65 °C até atingir peso constante. Após o período de secagem na estufa, as partes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, para se obter os valores de massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), e pelo somatório das duas, calculou-se a massa seca total (MST). De posse da massa seca da parte aérea foi determinado a concentração e o conteúdo dos nutrientes, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn.

Os macronutrientes P, K, Ca e Mg e os micronutrientes Fe, Zn e Mn foram extraídos por digestão nitro-perclórica, sendo que o P foi determinado por espectrofotometria do visível; os macronutrientes (K, Ca e Mg) e os micronutrientes (Fe, Mn e Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1999).

Análises estatísticas

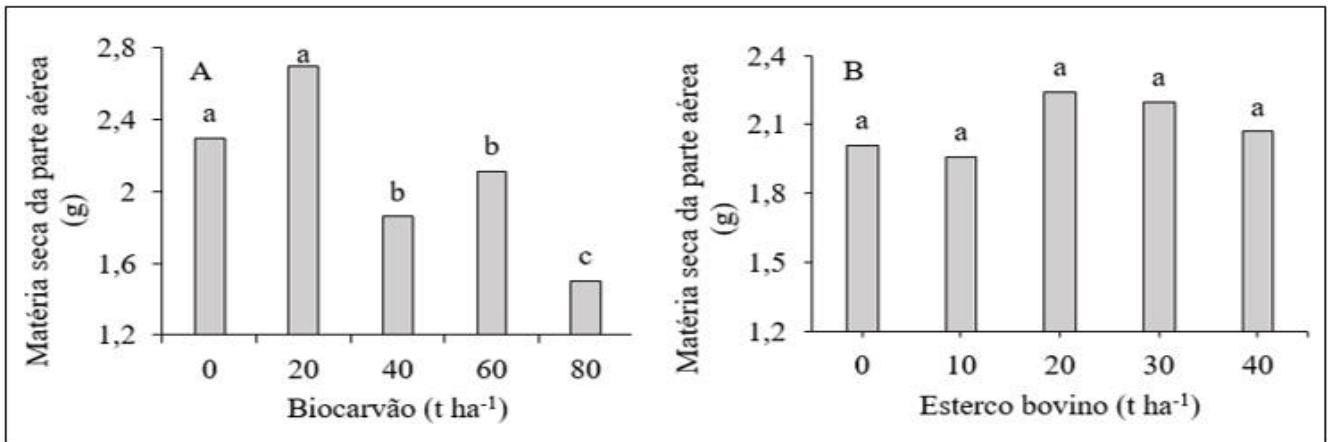
Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, posteriormente, à análise de variância, ao teste F e quando houve diferença significativa entre as médias foi aplicado o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o software estatístico Rbio® (Bhering, 2017).

3. Resultados e Discussão

Houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os fatores doses de biocarvão e de esterco para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), o que evidencia uma dependência entre os fatores avaliados, e que a resposta de um fator depende da presença ou da ausência do outro.

A aplicação de doses crescentes de biocarvão (Figura 1A), de maneira geral, afetou negativamente a produção de MSPA da planta, exceto para o tratamento com 20 t ha⁻¹, o qual proporcionou um aumento de aproximadamente 30% em relação ao controle. A partir de 40 t ha⁻¹ a produção de biomassa diminuiu significativamente. Considerando que o tratamento controle foi estatisticamente semelhante ao tratamento que recebeu 20 t ha⁻¹, inferimos que em termos econômicos a aplicação do resíduo de carvão não justifica sua utilização para essa variável nas condições deste trabalho.

Figura 1 - Efeito da aplicação de doses crescentes de biocarvão (A) e esterco bovino (B) na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de faveira (*Enterolobium barnebianum*), aos 90 no viveiro.

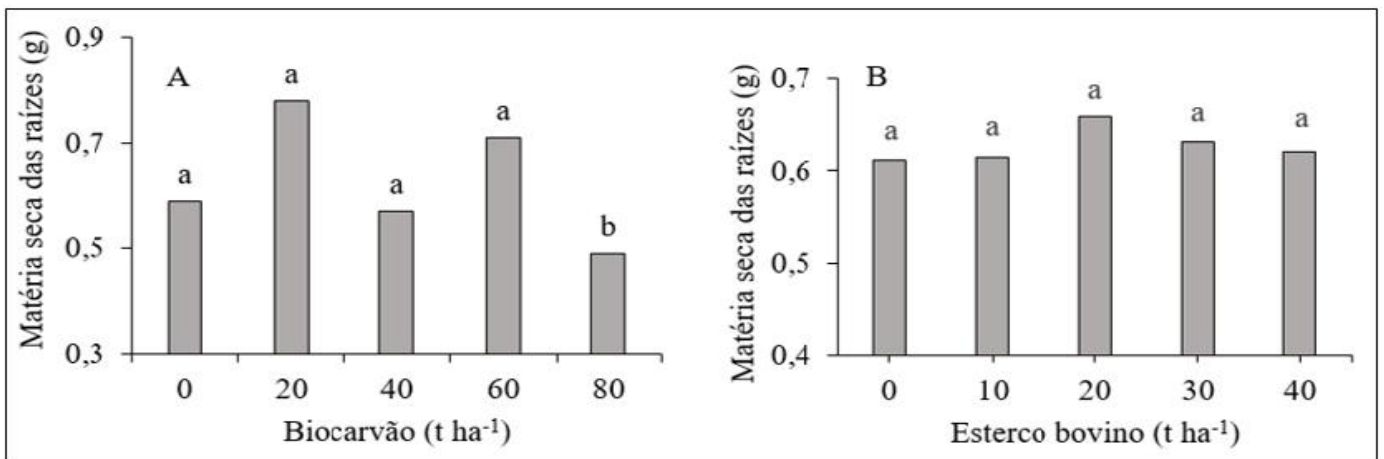


Fonte: Autores.

Com relação a MSR (Figura 2) observamos resultado semelhante ao da MSPA. A diferença mais significativa na produção de matéria seca do sistema radicular foi entre o tratamento com 20 t ha⁻¹ e o que recebeu 80 t ha⁻¹ de biocarvão. Observa-se que não houve um ganho significativo com relação à testemunha, e sim uma diminuição em doses elevadas de biocarvão.

Com relação ao uso de doses crescente de esterco (Figura 1B e 2B), observamos que não houve um aumento significativo na MSPA e nem na MSR em nenhuma das doses aplicadas em relação ao controle. Dessa forma, observamos que de forma isolada, essas variáveis não foram influenciadas pelas doses crescente de esterco.

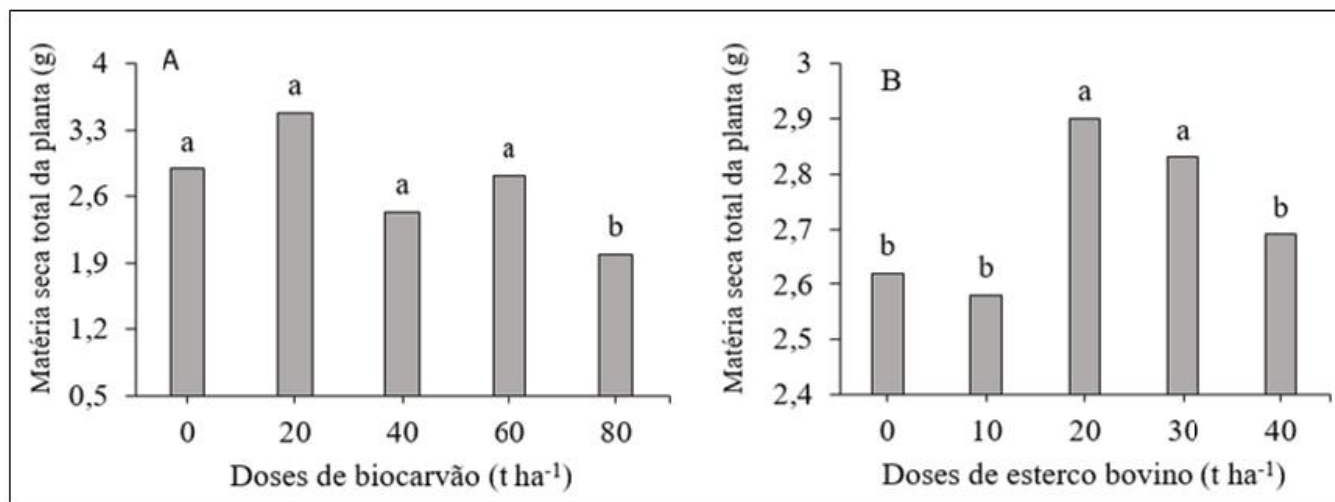
Figura 2 - Efeito da aplicação de doses crescentes de biocarvão (A) e esterco bovino (B) na produção de matéria seca da raiz (MSR) de mudas de faveira (*Enterolobium barnebianum*), aos 90 no viveiro.



Fonte: Autores.

A matéria seca total da faveira foi influenciada ($p \leq 0,05$) pela aplicação de biocarvão e esterco bovino (Figura 3A e B), destacando-se que os maiores valores de MST foram obtidos com a aplicação de (20 t ha⁻¹) de esterco bovino. Por outro lado, as doses de biocarvão não promoveram aumento significativo na MST, ao contrário, em doses acima de 40 t ha⁻¹, houve diminuição.

Figura 3 - Efeito da aplicação de doses crescentes de biocarvão (A) e esterco bovino (B) na produção de matéria seca total da planta (MST) de mudas de faveira (*Enterolobium barnebianum*), aos 90 no viveiro.



Fonte: Autores.

Alguns estudos têm comprovado que a adição do esterco bovino pode ser uma alternativa interessante para compor o substrato utilizado durante a produção de mudas de espécies florestais, isso porque (Ingue, 1984) a utilização de adubos de origem orgânica influencia positivamente a produtividade e a qualidade dos produtos, por melhorar a retenção de água e aumentar a disponibilidade de nutrientes de forma assimilável pelas raízes.

Ao estudar os efeitos do esterco bovino no mamoeiro cv. Sunrise Solopo, Mesquita et al. (2012) verificaram as maiores alturas das plantas nos substratos contendo os níveis mais elevados da percentagem de esterco bovino na composição do substrato e, também atribuíram esse resultado ao aporte de nutrientes. Esses autores recomendam, para a produção de mudas dessa cultivar, substrato com 80% de esterco bovino e 20% de solo.

Cruz et al. (2016) verificaram que, os substratos contendo esterco bovino curtido proporcionaram incremento de até 19,37 cm na altura de plantas de *Spondias tuberosa* (Arr. Cam) quando comparados com aqueles que não continham esterco em sua composição, o que os autores explicaram que ocorreu em função da maior presença de nutrientes no esterco bovino.

Em relação ao estado nutricional, verificou-se diferença significativa para as concentrações foliares de todos os nutrientes avaliados, exceto Fe e Mn nos tratamentos com presença do fator biocarvão (Tabela 2).

Dentre os macronutrientes avaliados, o K apresentou maior concentração nas folhas de faveira quando comparado aos demais, com uma variação de 11,2 a 13,15 g kg⁻¹ nos tratamentos com doses crescentes de esterco 8,82 a 14,69 g kg⁻¹ na presença de doses crescentes de biocarvão. De modo geral a aplicação de esterco e carvão vegetal em doses acima de 20 e 60 t ha⁻¹ respectivamente, aumentaram as concentrações deste nutriente.

A alta concentração de K em plantas de faveira quando comparado aos outros nutrientes pode ser resultado das funções que este nutriente desempenha nas plantas. O potássio desempenha papel fundamental no crescimento e metabolismo vegetal (Wang et al., 2013; Zörb et al., 2014), por ser essencial para ativação enzimática, síntese de proteínas, osmoregulação, movimento dos estômatos, fotossíntese e resistência ao estresse (Marschner, 2012; Wang et al., 2015).

Vale destacar que não há referência para as concentrações de nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas de faveira, entretanto, as concentrações foliares de K consideradas adequadas ao crescimento de espécies florestais gira em torno de 10 g kg⁻¹ (Kerbaui, 2004).

A respeito dos níveis de P, a espécie apresentou baixa extração deste macronutriente, com concentrações variando de 0,35 a 0,51 g kg⁻¹ nos tratamentos com presença do fator esterco (40 e 20 t ha⁻¹), respectivamente (Tabela 2). Quanto a dose de

biochar, observa-se que a maior concentração ocorreu no tratamento controle, enquanto que em doses acima de 40 t ha⁻¹ houve diminuição significativa na concentração.

Nota-se que a fava, assim como outras espécies de ocorrência na Amazônia, parece ser pouco exigente por esse nutriente. O P é pouco disponível em solos tropicais, e um recurso de adaptação das plantas a esses solos é a eficiência no crescimento com pouca disponibilidade deste elemento (Marschner, 1991).

As concentrações de Ca foram significativamente influenciadas pelo substrato, com valores variando entre 2,54 e 3,73 g kg⁻¹ em doses crescente de esterco e 1,98 e 4,0 g kg⁻¹ em doses crescente de biocarvão. Observamos que doses acima de 20 t ha⁻¹ de esterco afetou negativamente a concentração de Ca e em doses acima de 40 t ha⁻¹ de biocarvão houve maior concentração deste nutriente. Malavolta (2006) sugere que a concentração foliar mínima de Ca indicado como adequado pra espécies florestais, é de 5,0 g kg⁻¹. Considerando estas referências, as plantas não tiveram concentrações consideradas ideais em nem um dos tratamentos, entretanto, esse fator também pode significar baixa exigência da espécie.

O magnésio (Mg) foi o nutriente que apresentou maior absorção pela faveira após o K, mostrando-se ser um elemento muito importante para esta espécie. No geral, nas doses de 20 e 40 t ha⁻¹ de esterco e biocarvão respectivamente, as plantas apresentaram maior concentração de Mg.

Tabela 2 - Efeito da aplicação de doses crescentes de esterco bovino e biocarvão na concentração de macro e micronutrientes na biomassa da parte aérea da faveira (*Enterolobium barnebianum*), aos 90 dias no viveiro.

Doses (t/ha)	Concentração de nutrientes na parte aérea						
	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn	Mn
	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
Esterco bovino							
0	3,73a	3,13b	0,47a	11,66b	185ns	21,60a	34,72ns
10	3,3a	3,78 a	0,50a	11,22c	165ns	18,56a	32,68ns
20	3,10b	4,09a	0,47a	12,14a	156ns	16,72b	33,28ns
30	2,69c	3,98a	0,51a	12,49a	164ns	16,84b	31,04ns
40	2,54c	4,00a	0,35b	13,15a	153ns	18,24a	31,72ns
Biocarvão							
0	2,27c	3,33b	0,66a	8,82d	185a	8,24d	40,76a
20	1,98c	3,78a	0,64a	9,94c	151b	14,00c	35,04b
40	3,25b	4,09a	0,31b	12,43b	147b	23,48 a	30,80c
60	4,00a	3,98a	0,35b	14,69a	178a	20,60b	30,12c
80	3,82 a	4,00a	0,35b	13,15a	162b	25,64 a	26,72c

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; ns – não significativo. Fonte: Autores.

Quanto aos micronutrientes, foram encontradas altas concentrações de Fe nas folhas com variação de 153 a 185 mg kg⁻¹ em tratamentos com doses de esterco, e 147 a 185,00 mg kg⁻¹ em doses de biocarvão. Por sua vez, as concentrações de Zn variaram de 16,72 a 21,60 mg kg⁻¹ nos tratamentos com doses de esterco. É possível notar que a maior concentração de Zn foi observada na ausência de esterco. Enquanto que nos tratamentos com presença de biocarvão os teores variaram de 8,24 a 25,64 mg kg⁻¹, sendo que a concentração foliar desse nutriente foi maior em doses elevadas de biocarvão. Não houve diferença significativa para a o Mn quanto a doses de esterco, entretanto, houve redução significativa nos teores deste nutriente em crescentes de biocarvão.

4. Conclusão

A aplicação de doses crescentes de biocarvão isolado ou combinado com esterco bovino, não proporcionou incremento na produção de matéria seca das plantas. No geral, doses acima de 40 t ha⁻¹ de biocarvão afetou negativamente o crescimento das plantas e diminuiu a concentração de P e Mn. Por outro lado, aumentou a concentração de Ca, Mg, K e Zn.

Quanto ao esterco, doses de 20 t ha⁻¹ influenciaram positivamente a matéria seca total das plantas. Dessa maneira, recomenda-se a utilização de 20 t ha⁻¹ de esterco bovino na composição do substrato empregado para a produção de mudas de faveira.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Amazonas e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Referências

- Andrade, R., Freitas, E., Paiva, H., & Medeiros, R. (2018). Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. *Nucleus*, 15(1), 41-50.
- Araújo, E. F., Aguiar, A. S., de Santana Arauco, A. M., de Oliveira Gonçalves, E., & de Almeida, K. N. S. (2017). Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. *Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais*, 5(1), 16-23. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i1.3701>
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2008). *Conservação do solo*, 7ª Edição, Editora ícone. São Paulo, SP.
- Bhering, L. L. (2017). Rbio: Uma ferramenta para análise biométrica e estatística usando a plataforma R. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 187-190. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2007). Valores agrônômicos do biocarvão de resíduos verdes como corretivo do solo. *Australian Journal of Soil Research*, 45 (8), 629-634. <https://doi.org/10.1071/SR07109>
- Cruz, F.R.D.S., Andrade, L.A.D., & Feitosa, R.C. (2016). Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em substratos diferentes e tamanho de recipientes. *Ciência Florestal*, 26, 69-80. <https://doi.org/10.5902/1980509821092>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Falcão, N. P., Lopes, E. S., Ferreira, E. H., Oliveira, D. M., Archanjo, B. S., Achete, C. A., & Araujo, J. R. (2019). Análise espectroscópica e química de terra queimada sob sistemas de quintais amazônicos e solos escuros antrópicos amazônicos. *Net Journal of Agricultural Science*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.30918/NJAS.71.18.029>
- Freire, J. C., Ribeiro, M. A. V., Bahia, V. G., Lopes, A. S., & Aquino, L. D. (1980). Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 4(1), 5-8.
- Gasparin, E., Avila, A. L. D., Araujo, M. M., Cargnelutti Filho, A., Dorneles, D. U., & Foltz, D. R. B. (2014). Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. *Ciência Florestal*, 24, 553-563. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403004>
- Glaser, B., & Lehr, VI (2019). Efeitos do biochar na disponibilidade de fósforo em solos agrícolas: uma meta-análise. *Relatórios científicos*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45693-z>
- Gonçalves, E. O., Petri, G. M., Caldeira, M. V. W., Dalmaso, T. T., & Silva, A. G. (2014). Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. *Floresta e Ambiente*, 21, 339-348. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029213>
- Ingue, K., & Fundação Cargill. (1984). Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. *Adubação verde no Brasil*, 232-267.
- Kerbauy, G.B. 2004. *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, p.531.
- Kloss, S., Zehetner, F., Wimmer, B., Buecker, J., Rempt, F., & Soja, G. (2014). Aplicação de biocarvão em solos temperados: efeitos na fertilidade do solo e no crescimento das culturas em condições de casa de vegetação. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1), 3-15. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200282>
- Kookana, R. S., Sarmah, A. K., Van Zwieten, L., Krull, E. & Singh, B. (2011). Biochar application to soil: agronomic and environment benefits and unintended consequences. *Advances in Agronomy*. (112), 103-43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385538-1.00003-2>
- Maranhão, Á. S., Paiva, A. V. D., & Paula, S. R. P. D. (2013). Crescimento inicial de espécies nativas com potencial madeireiro na Amazônia, Brasil. *Revista Árvore*, 37, 913-921. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500014>
- Marschner, H. (1991). Mecanismos de adaptação de plantas a solos ácidos. *Planta e solo*, 134 (1), 1-20.

- Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic, San Diego.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas* (Vol. 1). Sao Paulo: Agronômica Ceres.
- Mesquita, A. L., & Silva, M. F. D. (1984). Enterolobium barnebianum AL Mesquita & MF da Silva, uma nova Mimosácea para a Amazônia brasileira, Colômbia e Peru. *Acta Amazonica*, 14, 153-158.
- Mesquita, E. F., Chaves, L. H., Freitas, B. V., Silva, G. A., Sousa, M. V., & Andrade, R. (2012). Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1), 58-65. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a1448>
- Nogueira, N., Oliveira, O., Martins, C., & Bernardes, C. (2012). Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. *Enciclopédia Biosfera*, 8(14).
- Oliveira, R. B. D., Lima, J. S. D. S., Souza, C. A. M. D., Silva, S. D. A., & Martins Filho, S. (2008). Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 122-128. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100018>
- Petter, F. A., Madari, B. E., Silva, M. A. S. D., Carneiro, M. A. C., Carvalho, M. T. D. M., Marimon Jr., B. H. & Pacheco, L. P. (2012). Fertilidade do solo e produtividade do arroz de terras altas após aplicação de biocarvão no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 47, 699-706. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000500010>.
- Pinheiro, J. I., de Sousa Oliveira, L., de Sousa, A. M., Garcia, K. G. V., & Lima, L. A. (2018). Mudas de Mimosa caesalpiniaefolia Benth (Leguminosae: Mimosoideae) cultivadas em substratos orgânicos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(2), 265-269. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i2.5632>
- Santos, H. G., Jacomine, P., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreiras, J. F., Coelho, M. R., ... & Oliveira, J. B. (2018a). *Sistema brasileiro de classificação de solos* 5ª. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 356p.
- Tucci, C. A. F., Lima, H. N., Gama, A. D. S., Costa, H. S., & Souza, P. A. D. (2010). Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus sw.*, bombacaceae). *Acta Amazonica*, 40, 543-548. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300013>
- Wang, X.G., Zhao, X.H., Jiang, C.J., Li, C.H., Shan, C.O.N.G., Di, W.U., & Wang, C.Y (2015). Efeitos da deficiência de potássio nos mecanismos de fotossíntese e fotoproteção em soja (*Glycine max (L.) Merr.*). *Journal of Integrative Agriculture*, 14 (5), 856-863. . [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60848-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60848-0)
- Wang, Y., & Wu, W.H (2013). Transporte e sinalização de potássio em plantas superiores. *Annu Rev Plant Biol*, 64 (1), 451-476.
- Zanetti, M., Cazetta, J. O., Mattos Júnior, D. D., & Carvalho, S. A. D. (2003). Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro'Cravo'em ambiente protegido. *Revista brasileira de fruticultura*, 25, 508-512. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300037>
- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potássio na agricultura – status e perspectivas. *Journal of plant Physiology*, 171 (9), 656-669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>