



## Biochar e esterco bovino aumentam a eficiência no uso de água da alface

### Biochar and cattle manure increase to water use efficiency on lettuce

Página | 1082

Crislany Canuto<sup>(1)</sup>; Daniela da Silva Andrade<sup>(2)</sup>; Elisiane Martins de Lima<sup>(3)</sup>;  
Maria da Conceição Cavalcanti de Goes<sup>(4)</sup>; Michelle Maylla Viana de Almeida<sup>(5)</sup>;  
José Romualdo de Sousa Lima<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola (PPGPA), bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Unidade Acadêmica de Garanhuns/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE); Garanhuns, PE; E-mail: [crislanycanuto@outlook.com](mailto:crislanycanuto@outlook.com);

<sup>(2)</sup>Mestranda do PPGPA, bolsista da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe); UAG/UFRPE; E-mail: [daniela5191@hotmail.com](mailto:daniela5191@hotmail.com);

<sup>(3)</sup>Mestranda do PPGPA, bolsista CAPES; UAG/UFRPE; E-mail: [elisiane.ane@gmail.com](mailto:elisiane.ane@gmail.com);

<sup>(4)</sup>Mestranda do PPGPA, bolsista Capes; UAG/UFRPE; E-mail: [goesmariacc@gmail.com](mailto:goesmariacc@gmail.com);

<sup>(5)</sup>Mestranda do PPGPA, bolsista Facepe; UAG/UFRPE; E-mail: [michllemaylla@outlook.com](mailto:michllemaylla@outlook.com);

<sup>(6)</sup>Professor do PPGPA, bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); UAG/UFRPE; E-mail: [romualdo.lima@ufrpe.br](mailto:romualdo.lima@ufrpe.br).

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 08 de agosto de 2019; Aceito em: 02 de setembro de 2019; publicado em 01 de 10 de 2019. Copyright© Autor, 2019.

**RESUMO:** O biochar vem sendo recomendado para melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e a produtividade das culturas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de biochar e esterco bovino na produtividade, evapotranspiração (ET) e eficiência no uso de água (EUA) da alface. Um experimento em casa de vegetação foi realizado utilizando-se dois tipos de biochar e esterco bovino, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram quatro tipos de adubação: esterco+biochar de borra de café (E+BBC); esterco+biochar de casca de café (E+BCC); biochar de borra de café (BBC) e biochar de casca de café (BCC). Foram avaliadas a biomassa fresca (BF), o número de folhas (NF), a ET e a EUA da alface. Verificou-se que o tratamento E+BBC proporcionou maior BF. Não se verificou efeito dos tratamentos no NF da alface. Maiores perdas de água (ET) foram observadas nos tratamentos que tinham biochar de borra de café (BBC e E+BBC). Os tratamentos com esterco, independentemente do tipo de biochar, foram os que apresentaram as maiores EUA. Recomenda-se o uso de biochar de casca de café e de borra de café mais esterco bovino para reduzir a ET e aumentar a EUA da alface.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração, Resíduos de café, Solo arenoso.

**ABSTRACT:** The addition of biochar to agricultural soils is recommended to improve physical, chemical and biological soil functions and, hence, plant yield. Thus, the objective of the present study was to evaluate the effects of biochar and cattle manure application on the yield, evapotranspiration (ET) and water use efficiency (EUA) of lettuce. A greenhouse pot experimente was conducted out using two types of biochar and cattle manure, in a completely randomized design, with three repetitions. Treatments consisted in four types of fertilization: cattle manure with coffee ground biochar (E+BBC); cattle manure with coffee husk biochar (E+BCC); coffee ground biochar (BBC); coffee husk biochar (BCC). Fresh biomass (BF), number of leaves (NF), ET and WUE of lettuce were evaluated. E+BBC treatment was found to provide higher BF. There was no effect of treatments on NF of lettuce. Higher water losses (ET) were observed in treatments that had coffee ground biochar (BBC and E+BBC). The treatments with cattle manure, regardless of biochar type, were the largest in the WUE. The use of coffee ground and coffee husk biochar plus cattle manure is recommended to reduce ET and increase WUE of lettuce.

**KEYWORDS:** Evapotranspiration, Coffee residues, Sandy soil.

## INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), dentre as hortaliças folhosas, é a mais comercializada no Brasil e apresenta elevado teor de vitaminas e possui grande quantidade de sais minerais (SANTI et al., 2013). Essa cultura tem elevada importância econômica, sendo caracterizada como uma cultura bastante exigente em água durante todo o seu desenvolvimento vegetativo (SANTOS e PEREIRA, 2004), tendo a sua qualidade e produtividade condicionada ao adequado suprimento de água.

Visando utilizar de forma racional a água de irrigação durante o ciclo de uma cultura, faz-se necessário determinar a sua evapotranspiração (ET) (FARAHANI et al. 2007; LIMA e SILVA, 2008) e esse conhecimento otimiza os custos de manejo, consumo de água, energia, insumos e menor incidência de doenças (ALVES JÚNIOR et al. 2007).

Em face dos problemas projetados pelas mudanças climáticas globais, tais como aumento da temperatura do ar, o que tende a elevar o consumo hídrico das culturas, faz-se necessário pesquisas para reduzir a ET, ou seja, aumentar a eficiência no uso de água (EUA). Esse aumento da EUA é ainda mais urgente nas culturas hortícolas, devido ao elevado consumo hídrico das mesmas.

Nos últimos anos ocorreu um aumento no interesse em abordagens integradas visando melhorar a produção de culturas em condições de solos pobre em nutrientes, secos, salinos ou outras formas de degradação. Nesse contexto, o uso de práticas alternativas, como a adição de biochar ao solo se mostra como uma estratégia para melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo (LIMA et al., 2018; SHENG e ZHU, 2018; SHI et al., 2018).

O biochar é um produto rico em carbono obtido por decomposição térmica de biomassa orgânica, sob fornecimento limitado de oxigênio a uma temperatura relativamente baixa (DODOR et al., 2018), podendo ser de origem vegetal ou animal, como borra de café, casca de café, cama de aviário, restos de podas de árvores, entre outros resíduos orgânicos.

A adição de biochar no solo pode aumentar a sua capacidade de retenção de água (STREUBEL et al., 2011), devido a sua elevada área superficial específica (LIMA et al., 2018) e, conseqüentemente, alta porosidade (IBRAHIM et al., 2013). Essa característica torna o uso do biochar importante em regiões onde o recurso hídrico é

um fator limitante para as atividades agrícolas (ANTONINO et al., 2000), podendo também ser importante em culturas irrigadas, tais como, a alface.

Adubos orgânicos, como o esterco, representam uma alternativa para aumentar a produção das culturas, como a alface (FONTANÉTTI et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2012).

Assim, neste estudo, testamos a validade da seguinte hipótese: a incorporação de biochar e esterco em solos arenosos irá proporcionar uma melhor EUA, devido a redução das perdas de água via ET. Desta forma, esta pesquisa objetivou determinar a ET, a biomassa e a EUA da cultura da alface em solo arenoso com a adição de biochar e esterco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação localizada na área experimental da Unidade Acadêmica de Garanhuns, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE), no período de novembro a dezembro de 2018 (08°53'25" S; 36°29'34" O, com altitude média de 896 m). O clima é tropical chuvoso, com verão seco; a estação chuvosa se inicia no outono e engloba o inverno e o início da primavera. A temperatura média anual é de 21°C e a precipitação pluvial média anual é de 897 mm, sendo os meses mais chuvosos: maio, junho, julho e agosto (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

O solo utilizado no experimento é um Neossolo Regolítico eutrófico típico (SANTOS et al. 2012), e foi coletado numa área de Caatinga no município de São João na camada de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado e distribuído em vasos com capacidade de 5 kg. A capacidade de campo (CC) foi determinada no Laboratório de Solos e Geologia da UAG/UFRPE, no aparelho Extrator de Richards, usando-se a pressão de 0,01 Mpa (TEIXEIRA e BHERING, 2017). O valor de CC foi 0,135 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, que é o conteúdo de água necessário para manter o solo na CC, conforme obtido por Lima et al. (2018).

O esterco bovino foi obtido na Clínica de Bovinos da UFRPE localizada no município de Garanhuns, PE. O biochar de borra de café (BBC) e de casca de café (BCC) utilizados no experimento foram produzidos e cedidos por Lima et al. (2018). As características químicas do solo e dos biochars são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas dos biochars e do Neossolo Regolítico eutrófico típico utilizados no experimento

	pH água	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	K	Na	CTC	C	N	ASE
			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----					-----%-----		m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
BCC	10,31	470,65	0,14	0,12	22,17	0,06	22,54	67,11	2,05	244,0
BBC	9,65	311,56	1,56	0,72	2,68	0,50	5,56	68,81	4,30	23,5
Solo	5,10	16,60	0,80	0,80	0,15	0,28	3,98	1,60	0,24	0,005

BCC: biochar de casca de café; BBC: biochar de borra de café; CTC: capacidade de troca de cátions; ASE: área superficial específica. Fonte: Lima et al. (2018)

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: esterco+biochar de borra de café (E+BBC); esterco+biochar de casca de café (E+BCC); biochar de borra de café (BBC) e biochar de casca de café (BCC). A dose de esterco bovino foi de 50 t ha<sup>-1</sup>, sendo baseada na recomendação para a cultura da alface (CAVALCANTI et al., 2008). A dose aplicada do biochar para cada tratamento (E+BBC, BBC, E+BCC, BCC) foi de 30 t ha<sup>-1</sup>. Tanto o esterco quanto o biochar foram incorporados no solo (camada de 0-10 cm).

A alface foi semeada em bandeja de poliestireno com 200 células e após a emissão da terceira folha, foi realizado o transplante para os vasos, sendo irrigadas uma vez ao dia, repondo-se o solo para a CC. Após o transplante da alface para os vasos, iniciaram-se as pesagens dos mesmos. A evapotranspiração (ET) da alface foi obtida por diferença de massa, por meio da pesagem diária dos vasos, de acordo com procedimentos descritos em Lima et al. (2018).

A colheita da alface foi realizada aos 40 dias após o transplante (DAT), onde foram realizadas as avaliações de número de folhas (NF) e biomassa fresca (BF) da parte aérea. O NF foi obtido por contagem manual e a BF por pesagem em balança analítica.

Com os dados de BF (em kg.ha<sup>-1</sup>) e de ET (em mm), obteve-se a EUA (kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>) por meio da equação:

$$EUA = \frac{BF}{ET}$$

(1)

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (versão 5.6).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos diferentes tratamentos nas variáveis biométricas e consumo hídrico da alface estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de número de folhas (NF), biomassa fresca (BF) da parte aérea, evapotranspiração (ET) e eficiência de uso de água (EUA) da alface cultivada sob diferentes adubações e regimes de irrigação, Garanhuns-PE

<b>Variáveis</b>	
<b>Tratamentos</b>	NF (folhas planta <sup>-1</sup> )
E+BBC	12,0 A
E+BCC	9,0 A
BBC	12,0 A
BCC	9,0 A
<b>Tratamentos</b>	BF (kg ha <sup>-1</sup> )
E+BBC	138,1 A
E+BCC	64,5 AB
BBC	93,1 AB
BCC	32,6 B
<b>Tratamentos</b>	ET (mm)
E+BBC	132,8 B
E+BCC	56,2 A
BBC	149,9 B
BCC	92,1 AB
<b>Tratamentos</b>	EUA (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
E+BBC	1,04 A
E+BCC	1,15 A
BBC	0,62 AB
BCC	0,35 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que a variável número de folhas (NF) não apresentou um aumento significativo entre os diferentes tratamentos. Esse resultado deve estar relacionado com o fato de todos os tratamentos terem sido irrigados, fazendo com que a alface não tenha sofrido deficiência hídrica, uma vez que a deficiência hídrica interfere na emissão de uma nova folha (HERMES et al. (2001) para várias espécies vegetais, entre as quais a alface.

Em relação à biomassa fresca observa-se que não houve diferença significativa (5%) para os tratamentos E+BBC, E+BCC e BBC, sendo a menor biomassa fresca obtida no tratamento BCC, com 32,6 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados podem ser explicados

pelas diferenças nos teores de nitrogênio (N) dos dois biochar, sendo que o BBC tem um percentual de N duas vezes maior que o BCC (Tabela 1).

Além do N no biochar, esse elemento também está presente em adubos e compostos orgânicos. Em esterco ovino, Figueiredo et al. (2012) encontraram teores de N variando de 1,21 a 1,80%, enquanto que Silva et al. (2010), em composto usando restos de culturas e esterco bovino, encontraram teores de N variando de 1,12 a 2,52%. Já Santi et al. (2013), em torta de filtro, encontraram um teor de N de 4,8%. Todos esses autores, citados anteriormente, encontraram aumento na produção da alface com a aplicação desses produtos (esterco, composto ou torta de filtro). Assim, pode-se inferir, que na nossa pesquisa, os maiores teores de N no BBC, junto com o N presente no esterco bovino, atuaram para o aumento da produção da alface.

A ET foi afetada significativamente, com os tratamentos E+BCC e BCC apresentando menores perdas de água (56,2 e 92,1 mm, respectivamente). Esse resultado pode ser explicado pela maior área superficial específica (ASE) do BCC (Tabela 1), conferindo ao solo uma maior capacidade de retenção de água (BASSO et al. 2013; LIMA et al. 2018). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Laird et al (2010), que estudaram a retenção de água de um solo arenoso com adição de biochar e encontraram uma maior retenção de água nos tratamentos com biochar (de 10 a 15% a mais, em relação ao tratamento controle).

Lima et al. (2018) levantam duas questões para explicar a maior retenção de água de solos arenosos adubados com biochar com alta ASE, como o BCC de nossa pesquisa: 1) o biochar pode ser adsorvido na superfície das partículas de areia, criando uma rugosidade superficial e aumentando a capacidade de retenção entre as paredes dos macroporos; 2) as partículas do biochar tendem a atuar como agentes cimentantes e formar agregados e dentro desses agregados pode ocorrer uma maior retenção de água.

Para a EUA (Tabela 2) não foi observado diferença significativa entre os tratamentos E+BCC, E+BCC e BCC, sendo que a menor EUA foi no tratamento BCC. Como a EUA é a relação entre a biomassa de uma determinada cultura e a quantidade de água perdida por ET (KATERJI e MASTRORILI, 2009), esse menor valor de EUA no tratamento BCC foi devido, provavelmente, a sua menor produção de biomassa fresca (Tabela 2).

Observa-se, ainda, que os tratamentos que usaram esterco e biochar (E+BCC e E+BCC), apesar de não terem diferenças significativas em relação ao tratamento BCC, apresentaram uma tendência de aumento da EUA. Isso ocorreu, provavelmente, devido

a esses tratamentos terem apresentado tendência de maior biomassa fresca (E+BBC) e menor ET (E+BCC).

Estudos anteriores mostram que o biochar pode ou não afetar a EUA, Lima et al. (2018) apontam para um efeito positivo do biochar na EUA em experimento com solo arenoso cultivado com milho, uma vez que a adição de doses crescentes de biochar promoveu um aumento da EUA. Em contrapartida, Speratti et al. (2018) não observaram efeito significativo de diferentes tipos de biochar na EUA do milho. De acordo com Lima et al. (2018), a área superficial específica (ASE) é a propriedade dos biochars que mais influencia na retenção de água no solo, o que, juntamente com a adição de esterco bovino, proporcionaram uma maior EUA da alface nos tratamentos com biochar mais esterco.

## CONCLUSÕES

As menores perdas de água (evapotranspiração) foram no tratamento esterco bovino com biochar de casca de café.

As maiores eficiências no uso de água da alface foram nos tratamentos com esterco bovino mais biochar de casca de café e esterco bovino com biochar de borra de café.

Recomenda-se o uso de biochar de casca ou de borra de café mais esterco bovino para reduzir a ET e aumentar a eficiência no uso de água da alface cultivada em solos arenosos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas de pesquisa aos primeiro e quinto autores (processos 307335/2017-8, 313174/2018-0) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (INCT-ONDACBC).

## REFERÊNCIAS

1. ALVES, J. Determination of the crop coefficient for grafted Tahiti lime trees and soil evaporation coefficient of Rhodic Kandudalf clay soil in Sao Paulo, Brazil. *Irrigation Science*, Basel, v. 25, n. 4, p. 419-428, 2007.
2. ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DALL'OLIO, A.; SALCEDO, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000.
3. BASSO, A. S.; MIGEZ, F. E.; LAIRD, D. A.; WQETGATE, M. Assessing potential of biochar for increasing water-holding capacity of sandy soils. *Global Change Biology Bioenergy*, New Jersey, v. 5, n. 2, p. 132-143, 2013.
4. CAVALCANTI, J. A. (Org.). *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco*, Recife: IPA, 2008.
5. DODOR, E. D.; AMANOR, J. Y.; ATTOR, T. F.; ADJADEH, A. T.; NEINA, D.; MIYITTAH, M. Co application of biochar and cattle manure counteract positive priming of carbon mineralization in a sandy soil. *Environmental Systems Research*, Basel, v. 7, n. 5, p. 1-9, 2018.
6. FARAHANI, H. J. Evapotranspiration: progress in measurement and modeling in agriculture. *Transactions of the Asabe*, St. Joseph, v. 50, n. 5, p. 1627-1638. 2007.
7. FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 1, p. 175-179, 2012.
8. FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150. 2006.
9. HERMES, C. C.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CARON, B.; POMMER, S. F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função de soma térmica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 269-275, 2001.

10. IBRAHIM, H. M.; AL-WABEL, M. I.; USMAN, A. R. A.; AL-OMRAN, A.  
Effect of Conocarpus biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. *Soil Science*, Philadelphia, v. 178, n. 4, p. 165–173, 2013.
11. KATERJI, N.; MASTRORILLI, M. The effect of soil texture on the water use efficiency of irrigated crops: Results of a multi-year experiment carried out in the Mediterranean region. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 95-100, 2009.
12. LAIRD, D. A.; FLEMING, P. D.; DAVIS, D. D.; WANG, B.; HORTON, R.; KARLEN, D. L. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 158, n. 3-4, p. 443-449, 2010.
13. LIMA, E. P.; SILVA, E. L. Temperatura base, coeficientes de cultura e grau-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 266-273, 2008.
14. LIMA, J. R. S.; SILVA, W. M.; MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; CORREA, M. M.; FILHO MARTINS, A. P.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; ANTONINO, A. C. D.; HAMMECKER, C. Effect of biochar on physicochemical properties of a sandy soil and maize growth in a greenhouse experiment. *Geoderma*, Amsterdam, v. 319, n. 1, p. 14–23, 2018.
15. SANTI, A.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; NEUHAUS, A.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R. C. Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 338-343, 2013.
16. SANTOS, J. C. B.; SOUZA JUNIOR, V. S.; CORREA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 683-696, 2012.
17. SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569- 577, 2004.
18. SHENG, Y.; ZHU, L. Biochar alters microbial community and carbon sequestration potential across different soil pH. *Science of The Total Environment*, Amsterdam, v. 622-623, n. 1, p. 1391–1399, 2018.

19. SHI, R. Y.; LI, J. Y.; JIANG, J.; KAMRAN, M. A.; XU, R. K.; QIAN, W.  
Incorporation of corn straw biochar inhibited the re-acidification of four acidic soils derived from different parent materials. *Environmental Science and Pollution Research*, Basel, v. 25, n. 10, p. 9662–9672, 2018.
20. SILVA, I. C. B.; BASÍLIO, J. J. N.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R. A.; FRAZÃO, L. A. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 74, n. 5, p. 378-382, 2017.
21. SILVA, F. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.
22. SPERATTI, A. B.; JOHNSON, M. S.; SOUSA, H. M.; DALMAGRO, H. J.; COUTO, E. G. Biochars from local agricultural waste residues contribute to soil quality and plant growth in a Cerrado region (Brazil) Arenosol. *Global Change Biology Bioenergy*. New Jersey, v. 10, n. 4, p. 272–286, 2018.
23. STREUBEL, J. D.; COLLINS, H. P.; GARCIA-PEREZ, M., TARARA, J.; GRANATSTEIN, D.; KRUGER, C. E. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 75, n. 4, p. 1402–1413, 2011.
24. TEIXEIRA, W. G.; BHERING, S. B. Retenção de água no solo pelos métodos da mesa de tensão e da câmara de Richards. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Brasília: Embrapa, 2017.