ESTIMATIVAS DA CAPACIDADE DE CAMPO EM LUVISSOLO CONDICIONADO COM BIOCHAR DE COCO VERDE NO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Ana Victoria Vasconcellos Guimarães [1]; Mayara Mendes Gonçalves de Oliveira [2]; Rayane Oliveira Andrade [3]; Ruanne de Jesus Santos[4]; Maria Isidória Silva Gonzaga[5] & Olavo José Marques Ferreira [6].

RESUMO – O biochar apresenta potencial para melhorar as propriedades físico-hídricas do solo, porém seus efeitos em solos irrigados do semiárido brasileiro ainda são pouco conhecidos. Este estudo avaliou a influência do biochar de coco verde na estimativa da capacidade de campo em um Luvissolo do semiárido sergipano, utilizando os métodos do bulbo úmido e da Câmara de Pressão de Richards. Foram realizadas análises granulométricas, determinação da densidade do solo e avaliações da retenção de água em tratamentos com e sem biochar. O solo apresentou textura franco-argilosa. A aplicação de biochar reduziu a densidade do solo de 1,31 para 1,15 g cm^{-3} e aumentou a retenção de água em ambos os métodos. No bulbo úmido, observou-se maior retenção hídrica aos 5 minutos de drenagem. Na Câmara de Richards, o biochar promoveu aumento significativo da retenção de água nas condições de saturação, 10 e 33 kPa. Os resultados demonstram que o biochar de coco verde melhora as propriedades físico-hídricas do Luvissolo, aumentando sua capacidade de armazenamento de água e evidenciando seu potencial para o manejo sustentável de solos irrigados em regiões semiáridas.

ABSTRACT– Biochar has the potential to improve the **physico-hydraulic properties** of soils; however, its effects on irrigated soils in the Brazilian semiarid region are still poorly understood. This study evaluated the influence of green coconut biochar on a Luvisol field capacity from the semiarid region of Sergipe, Brazil, using the wet bulb method and the Richards pressure chamber method. Particle-size analysis, soil bulk density determination, and water retention assessments were performed in treatments with and without biochar application. The soil was classified as clay loam. Biochar application reduced soil bulk density from 1.31 to 1.15 g cm^{-3} and increased water retention in both methods. In the wet bulb method, greater water retention was observed after 5 minutes of drainage. In the Richards pressure chamber, biochar significantly increased water retention under saturation and at matric potentials of 10 and 33 kPa. The results demonstrate that green coconut biochar improves the **physico-hydraulic properties** of the Luvisol by increasing its water storage capacity, highlighting its potential as a sustainable strategy for managing irrigated soils in semiarid regions.

Palavras-Chaves - Retenção de água; bulbo úmido; câmara de Richards.

[1]) UFS/PRORH, Avenida Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP:49100-000, agrovictoriavasconcellos@gmail.com
[2]) UFS/PRODEMA, Avenida Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP:49100-000, mayara_mgo@hotmail.com
[3])UFS/PRORH, Avenida Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP:49100-000, rayane27andrade@gmail.com
[4])UFS/PRORH, Avenida Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP:49100-000, ruanneengenheira@gmail.com
[5])UFS/PRORH/DEA, Avenida Marechal Cândido Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP:49100-000, isidora@academico.ufs.br

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica do solo é um dos principais fatores que condicionam o desenvolvimento vegetal, especialmente em regiões semiáridas, onde a irregularidade das chuvas e as elevadas taxas de evapotranspiração limitam a produtividade agrícola (MOREIRA *et al.,* 2022). Na Caatinga, caracterizada por baixa pluviosidade e distribuição irregular das chuvas (SILVA *et al.,* 2021), o manejo adequado da água e do solo é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas irrigados.

No semiárido sergipano, a intensificação do uso agrícola pode alterar propriedades físicas do solo relacionadas à infiltração, retenção e disponibilidade hídrica (SANTOS, 2007). Nesse contexto, práticas voltadas à melhoria da qualidade física do solo, como o uso de biochar, têm sido amplamente investigadas (LIMA *et al*., 2016; PRADI VENDRUSCOLO *et al.,* 2018). O biochar é um material carbonáceo obtido pela pirólise de matéria orgânica, com potencial para melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a porosidade e a retenção de água (MELO; SILVA, 2022).

Entre os métodos utilizados para sua determinação destaca-se a Câmara de Pressão de Richards, que permite caracterizar o comportamento físico-hídrico do solo por meio da aplicação de potenciais matriciais controlados (RICHARDS, 1965), possibilitando avaliar o armazenamento e a disponibilidade de água (LIBARDI, 2018). A técnica é considerada método de referência para caracterização físico-hídrica dos solos (KLUTE, 1986). Como alternativa, o método do bulbo úmido simula condições de irrigação localizada e permite avaliar aspectos relacionados ao armazenamento e à movimentação da água no perfil do solo (WEISS, 2013; COELHO et al., 2005; *BERNARDO et al.,* 2019).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo determinar a retenção de água em solos de um perímetro irrigado da Caatinga sergipana utilizando o método do bulbo úmido, conforme Ribeiro (2000) e Chaves (2017), e o método de Richards (1965), avaliando a influência da adição de biochar de coco verde na capacidade de retenção hídrica do solo.

2 METODOLOGIA

2.1 Coleta do solo e determinação da classe textural

As amostras de solo Luvissolo foram coletadas no Perímetro irrigado Jacaré-Curituba, na camada superficial do solo, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm. A caracterização física foi realizada por meio da análise granulométrica (BOUYOUCOS, 1951), para determinação das frações de areia, silte e argila.

2.2. Determinação da densidade do solo (Ds)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (Luvissolo com e sem biochar) e 3 repetições. Os tratamentos com biochar receberam a dose equivalente a 50 t ha^{-1}. A densidade do solo foi determinada pelo balão volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986). utilizando amostras secas em estufa a 105 °C até massa constante. A densidade do solo foi determinada para a conversão da umidade gravimétrica em volumétrica.

2.2 Determinação da retenção de água pelo método do Bulbo úmido

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 2, composto por dois tratamentos (solo com e sem biochar) e dois tempos de retenção (5 e 10 minutos), com três repetições. A retenção de água foi determinada conforme Chaves (2017), com base em Ribeiro (2000), por meio da aplicação controlada de água em ponto fixo do solo.

As amostras foram submetidas ao gotejamento lento de água com pipeta graduada de 2 mL. Após 5 e 10 minutos, os bulbos úmidos foram coletados e pesados, sendo posteriormente secos em estufa a 105 °C até massa constante. A retenção de água foi obtida pela diferença entre as massas úmida e seca, e a umidade volumétrica (Uv) calculada a partir da umidade gravimétrica (Ug) e da densidade do solo (Ds).

2.3 Determinação da retenção de água nos potenciais matriciais

A retenção de água nos potenciais matriciais foi determinada utilizando a câmara de pressão de Richards (1965), nas tensões de 10, 20 e 33 kPa. As amostras foram previamente saturadas e submetidas aos respectivos potenciais matriciais até atingirem equilíbrio hidráulico. Em seguida, foi determinado o conteúdo de água retido em cada tensão aplicada. Os resultados obtidos foram comparados aos valores estimados pelo método do bulbo úmido, visando identificar o potencial matricial com maior aproximação à retenção de água determinada pela metodologia adaptada.

2.4 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva, por meio do cálculo da média, desvio-padrão e coeficiente de variação. Para os dados de retenção de água obtidos pelo método da Câmara de Pressão de Richards, realizou-se análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial, considerando os fatores tratamento (com e sem biochar) e tensão matricial da água no solo (saturado, 10, 20 e 33 kPa).

Quando observados efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR®

(Ferreira, 2019), visando avaliar a influência da aplicação de biochar de coco verde na retenção de água do Luvissolo sob diferentes tensões matriciais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica revelou que o Luvissolo estudado apresenta textura franco-argilosa, com teores de areia, silte e argila de 27,68%, 35,66% e 36,66%, respectivamente (Tabela 1). A textura é uma das propriedades físicas mais importantes para a compreensão do comportamento hídrico e da dinâmica dos nutrientes, pois influencia a distribuição dos poros, a infiltração, a retenção de água, a aeração e o crescimento radicular (EMBRAPA, 2018; SILVA *et al.,* 2018).

Tabela 1**.** Composição granulométrica e classificação textural do Luvissolo utilizado no estudo.

Fração granulométrica	**Teor (%)**
Areia total	27,68
Silte	35,66
Argila	36,66
Classe-Textural	**Franco-Argilosa**

Do ponto de vista hidrológico, a predominância de silte e argila favorece o aumento da proporção de microporos e intensifica as forças capilares e de adsorção, ampliando a retenção de água na matriz do solo (EMBRAPA, 2018; SILVA *et al.,* 2018; BARROS *et al.,* 2024). Em consequência, a infiltração e a condutividade hidráulica tendem a ser menores que em solos arenosos, enquanto o armazenamento de água e sua permanência no perfil são favorecidos (VIANA *et al.,* 2023). Essas características aumentam a disponibilidade hídrica às plantas em períodos de déficit hídrico e favorecem a retenção de nutrientes, em razão da elevada área superficial e capacidade de troca de cátions da fração argila, reduzindo perdas por lixiviação e contribuindo para a fertilidade do solo (EMBRAPA, 2018).

3.2 Densidade do solo pelo balão volumétrico

A Tabela 2 apresenta o resultado da densidade do solo com e sem biochar. Observou-se uma redução na densidade do tratamento com biochar, quando comparado com o solo sem adição deste composto. No solo sem biochar, a densidade média foi de 1,31 g cm^{-3}, enquanto no solo com biochar, o valor médio foi de 1,15 g cm^{-3}. Esse comportamento pode ser atribuído ao elevado grau de

porosidade, que é uma das principais características físicas do biochar (LIMA *et al.,* 2025), promovendo alterações na disposição das partículas, tornando o solo mais aerado e poroso.

Tabela 2. Densidade de um Luvissolo nos tratamentos sem biochar (Luv) e com biochar (Luv B) determinada pelo método do balão volumétrico.

Tratamento	Repetição 1 (g/cm³)	Repetição 2 (g/cm³)	Média (g/cm³)
Luv	1,3117	1,3078	1,30975
Luv B	1,1649	1,133	1,14895

Luv: Luvissolo sem aplicação de biochar; **Luv B:** Luvissolo com aplicação de biochar.

A porosidade do biochar pode ser classificada em três tipos de poros, sendo: nanoporos (< 0,9 µm), microporos (2–50 µm) e macroporos (> 50 µm) (DOWNIE *et al.,* 2009). Os macroporos melhoram a aeração e a hidrologia do solo, enquanto os poros menores contribuem para a adsorção e o transporte de moléculas, favorecendo a criação de um ambiente adequado para a proliferação e atividade microbiológica do solo (ATKINSON *et al.,* 2010; LIMA *et al.;* 2025).

3.3 Estimativa da retenção de água na capacidade de campo (Método de Richards)

Observou-se redução da retenção de água com o aumento da tensão matricial em ambos os tratamentos, refletindo a drenagem progressiva da água armazenada nos poros do solo (Figura 1). Em todas as tensões avaliadas, o Luvissolo com biochar apresentou maior retenção de água em relação ao tratamento controle, indicando efeito positivo desse material sobre a capacidade de armazenamento hídrico. Na saturação, os valores foram de 0,394 g g^{-1} com biochar e 0,356 g g^{-1} sem biochar, mantendo-se superiores também nas tensões de 10, 20 e 33 kPa.

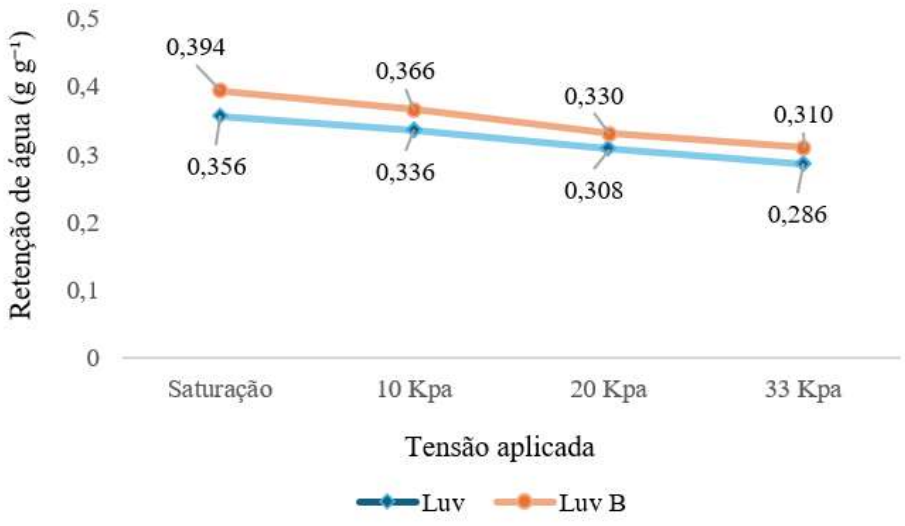


Figura 1 -. Curvas de retenção de água do Luvissolo sem biochar (Luv) e com biochar (Luv B), obtidas em diferentes tensões matriciais.

O aumento da retenção hídrica pode estar relacionado à elevada porosidade interna e à grande área superficial específica do biochar, características que favorecem o armazenamento de água e a formação de microporos no sistema solo-biochar (PANDIAN *et al.,* 2024; KHAN *et al.,* 2024). Além disso, sua interação com as partículas finas do Luvissolo pode melhorar a estrutura do solo e a distribuição dos poros, aumentando a quantidade de água retida e potencialmente disponível às plantas (RAZZAGHI *et al.,* 2020; HOQUE *et al.,* 2025). Resultados semelhantes foram observados por Steponavičienė et al. (2022), que verificaram incrementos na retenção de água após a aplicação de biochar em diferentes solos.

A análise de variância revelou efeito significativo dos tratamentos ($p = 0,0001$) e das tensões aplicadas ($p < 0,0001$) sobre a retenção de água, sem interação significativa entre os fatores ($p = 0,7303$). Esses resultados indicam que o biochar aumentou a retenção hídrica de forma consistente ao longo das tensões avaliadas, sem alterar o padrão da curva de retenção (Figura 1). O teste de Tukey confirmou maiores valores de retenção no tratamento com biochar nas condições de saturação, 10 e 33 kPa (Tabela 3), evidenciando seu potencial como condicionador das propriedades físico-hídricas do Luvissolo.

Para solos com elevados teores de argila, como o Luvissolo, a capacidade de campo é geralmente representada pela tensão de –33 kPa, enquanto tensões menores são mais adequadas para solos arenosos. Nessa condição, considerada o limite superior da disponibilidade de água às plantas, o Luvissolo apresentou retenção de água entre 0,286 e 0,310 g g^{-1} pelo método da câmara de Richards, sendo o maior valor observado no tratamento com biochar.

Tabela 3. Comparação das médias de retenção de água entre os tratamentos R (Luvissolo sem biochar) e BR (Luvissolo com biochar) pelo teste de Tukey.

Tensão	**R**	**BR**
Saturação	0,356 b	0,394 a
10 kPa	0,336 b	0,366 a
20 kPa	0,308 a	0,330 a
33 kPa	0,286 b	0,310 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,05$)

3.2 Estimativa da retenção de água na capacidade de campo (Método do Bulbo úmido)

Os resultados obtidos pelo método do bulbo úmido (Tabela 4) indicaram maior teor de água retido após a drenagem no tratamento com biochar na maioria das repetições. Aos 5 minutos, os valores médios foram de 18,64% com biochar e 16,90% sem biochar. Aos 10 minutos, as médias

foram semelhantes entre os tratamentos, embora uma repetição tenha apresentado menor retenção no solo com biochar.

Essa variação pode estar relacionada à drenagem progressiva da água gravitacional, permanecendo predominantemente a água retida por forças capilares e de adsorção. Além disso, os efeitos do biochar sobre a dinâmica da água dependem das características do solo e do material aplicado, podendo ser mais evidentes em determinadas condições de umidade e menos perceptíveis após a drenagem inicial (ACHARYA *et al.,* 2024).

Tabela 4. Estimativa da capacidade de campo de um Luvissolo com e sem biochar, determinada pelo método do bulbo úmido, nos tempos de 5 e 10 minutos.

Repetições	**10 min**		**5 min**	
	SB (%)	**CB (%)**	**SB (%)**	**CB (%)**
1	17,814	**17,928**	17,208	**17,970**
2	18,058	**18,570**	16,966	**18,246**
3	**18,678**	18,085	16,533	**19,709**
Média	18,183	**18,195**	16,902	**18,642**

Huang et al. (2021) afirmam que a eficácia do biochar na retenção de água depende do tipo de biochar, das condições de pirólise e das propriedades do solo. De acordo com Sun e Lu (2014), o uso desse material pode aumentar a disponibilidade de água no solo, favorecendo o desenvolvimento das culturas sob estresse hídrico. Em um Luvissolo, Toková et al. (2020) observaram aumento sutil da capacidade de campo após a aplicação de biochar, atribuído a alterações na estrutura e na distribuição dos poros.

Santos et al. (2021), avaliando diferentes biochars em solos de distintas texturas, verificaram efeitos mais expressivos em solos arenosos do que em argilosos, devido ao aumento da proporção de microporos. Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho et al. (2020), que observaram aumento da porosidade total, especialmente dos microporos, e maior retenção de água em solo arenoso tratado com biochar. Em revisão sistemática, Razzaghi et al. (2020) constataram que o biochar, na maioria dos estudos, reduziu a densidade do solo e aumentou a água disponível às plantas.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de biochar de coco verde promoveu melhorias nas propriedades físico-hídricas do Luvissolo estudado, reduzindo a densidade do solo e aumentando sua capacidade de retenção de água. A curva de retenção obtida pela Câmara de Richards evidenciou maiores teores de água retida no tratamento com biochar em todas as tensões avaliadas, com diferenças significativas nas condições

de saturação, 10 e 33 kPa. Os resultados obtidos pelo método do bulbo úmido corroboram essa tendência, especialmente aos 5 minutos de drenagem, quando foram observados maiores valores de capacidade de campo no tratamento com biochar.

De modo geral, os resultados indicam que o biochar favorece o armazenamento hídrico do solo, de modo que, o uso de biochar de coco verde apresenta potencial como alternativa sustentável para o manejo de solos em áreas irrigadas do semiárido, auxiliando na conservação da água e na maior disponibilidade hídrica para as plantas.

AGRADECIMENTOS - Ao Laboratório de Água e Solo (LAS) da UFS. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, B. S.; DODLA, S.; WANG, J. J. *et al.* (2024). *"Biochar impacts on soil water dynamics: knowns, unknowns, and research directions"*. Biochar 6 (34).

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. (2010). *"Potential Mechanisms for Achieving Agricultural Benefits from Biochar Application to Temperate Soils: A Review".* Plant and Soil 337, pp.1-18.

BARROS, T. H. da S.; ULIANA, M. V.; COSTA, J. de O.; FARIAS-RAMÍREZ, A. J.; ABREU JUNIOR, C. H. (2024). *"How can the inflection point of the water retention curve and the soil physical attributes be used to forecast field capacity?"*. Pesquisa Agropecuária Tropical 54, e78125.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. (1986). "Particle density", in Methods of Soil Analysis: Part 1 – Physical and Mineralogical Methods. Org. por Klute, A., ASA/SSSA, Madison, pp. 377–382.

BOUYOUCOS, G. J. (1951). *"A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils".* Agronomy Journal 43(9), pp. 434–438.

CARVALHO, M. L.; MORAES, M. T. de; CERRI, C. E. P.; CHERUBIN, M. R. (2020). *"Biochar Amendment Enhances Water Retention in a Tropical Sandy Soil"*. Agriculture *10*(3), e62.

CHAVES, A. F. (2007). *"Validação de um método de laboratório alternativo à estimativa da capacidade de campo in situ"*. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará - CE.

COELHO, E. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; SOUZA, V. F. (2005). *Manejo de irrigação localizada em fruteiras tropicais.* Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - BA, 48 p.

COSTABEL, S.; HILLER, T. (2021). *"Soil hydraulic interpretation of nuclear magnetic resonance relaxation data using joint inversion"*. Vadose Zone Journal 20(2), e20104.

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. (2009). *"Physical properties of biochar", in Biochar for environmental management: Science and technology*. Org. por Lehmann, J. e Joseph S. Earthscan, pp. 13-32.

EMBRAPA (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Embrapa, Brasília - DF, 356 p.

FERREIRA, D. F. (2019). *"Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split splot type designs"*. Revista Brasileira de Biometria 37(4), pp. 529-535.

HUANG, H.; REDDY, N. G.; HUANG, X.; CHEN, P.; WANG, P.; ZHANG, Y.; HUANG, Y.; LIN, P.; GARG, A. (2021). *"Effects of pyrolysis temperature, feedstock type and compaction on water retention of biochar amended soil"*. Scientific Reports 11, e7419.

HOQUE, M. M.; ISLAM, M. S.; ISLAM, M. R.; UDDIN, M. R.; RAHMAN, M. M. (2025). *"Biochar in agriculture: A review on sources, production and applications"*. Recycling 11(3), 50.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; SANTOS, K. da S. M.; REIS, S. M.; PETTER, F; A.; VILLAR, C. C.; MARIMON, B. S. (2016). *"Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico"*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 51(02), pp. 120–131.

LIMA, N. T. de; CARNEIRO NETO, T. F. de S.; MATOS, M. S. P.; OLIVEIRA, M. F. de; ARAÚJO, C. A. de S.; TAVARES FILHO, G. S. (2025) *"Biochar: Physicochemical Characteristics and Use in Agriculture. A Review"*. Research, Society and Development 14 (6), e7114648949.

MELO, R. E. de; SILVA, A. E. B. de. (2022). *"Influência da adição de biochar sobre as propriedades físico-hídricas do solo: uma revisão"*, *in Pesquisas em temas de ciências agrárias*. Belém: RFB Editora, 6, pp. 95–103.

MOREIRA, C. da S.; SANTIAGO, F. dos S.; BLACKBURN, R. M.; SILVA, J. M.; MOURA, V. R. de S.; ALENCAR, H. N. (2022). *"Avaliação de sistema de irrigação por gotejamento para a produção de sementes agroecológicas no Sertão do Araripe – PE"*. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research 5(3), pp. 2916–2921.

MØLDRUP, P.; CHAMINDU, D.; HAMAMOTO, S.; KOMATSU, T.; KAWAMOTO, K.; ROLSTON, D. E.; JONGE, L. W. de. (2013). *"Structure-Dependent Water-Induced Linear Reduction Model for Predicting Gas Diffusivity and Tortuosity in Repacked and Intact Soil"*. Vadose Zone Journal 12(3).

PANDIAN, K.; VIJAYAKUMAR, S.; MUSTAFFA, M. R. A. F.; SUBRAMANIAN, P.; CHITRAPUTHIRAPILLAI, S. (2024). *"Biochar – a sustainable soil conditioner for improving soil health, crop production and environment under changing climate: a review"*. Frontiers in Soil Science 4, e1376159.

PRADI VENDRUSCOLO, E.; ALVES, M. C.; LEAL, A. J. F.; SOUZA, E. J. de; SOUTO FILHO, S.N. (2018). *"Efeitos do biochar, culturas de cobertura e lodo de esgoto nos atributos físicos do solo"*. Ciencia del Suelo 36(1), pp. 01–10.

RAZZAGHI, F.; OBOUR, P. B.; ARTHUR, E. (2020). *"Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis"*. Geoderma 361, e114055.

RICHARDS, L. A. (1965). "Physical conditions of water in soil", in Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Org. por Black, C. A.; Evans, D. D.; White, J. L.; Clark, F. E., ASA/SSSA, Madison, pp. 128–152.

RIBEIRO, F. V. M. (2000). *"Comparação entre a capacidade de campo obtida in situ e por métodos de laboratório em três solos do Estado do Ceará"*. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

SANDRAM, I.; NAMAONA, W.; MAGWERO, N.; MBANYELE, V.; MITI, C.; MOOMBE, M. et al. (2025). *"Fitting and comparing water retention curves for soils under contrasting experimental treatment: Examples from conservation agriculture trials in southern Africa"*. Geoderma 461, e117431.

SANTOS, J. D. (2007). *"Alteração das propriedades físicas e químicas do solo em função de diferentes sistemas agrícolas – São José da Lapa/MG"*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG.

SANTOS, J. A.; GONZAGA, M. I. S.; SANTOS, W. M. dos; SILVA, A. J. da. (2022). "Water retention and availability in tropical soils of different textures amended with biochar". CATENA 219, e106616.

SILVA, A. P. da; OLIVEIRA, F. P. de; SANTOS, D.; DIAS, B. de O.; SOUZA, A. P. da; FRAGA, V. da S. (2021). *"Manejo e conservação do solo em agrossistemas familiares do bioma caatinga", in Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste*. Org. por Souza, H. A; Leite, L. F. C e Medeiros, J. C., Embrapa, Brasília - DF, pp. 315-374.

STEPONAVIČIENĖ, V.; BOGUŽAS, V.; SINKEVIČIENĖ, A.; SKINULIENĖ, L.; VAISVALAVIČIUS, R.; SINKEVIČIUS, A. (2022). *"Soil water capacity, pore size distribution, and CO_2 emission in different soil tillage systems and straw retention"*. Plants, 11(5), e614.

KLUTE, A. (1986). "Water retention: laboratory methods", in Methods of Soil Analysis: Part 1 – Physical and Mineralogical Methods. Org. por Klute, A., ASA/SSSA, Madison, pp. 635–662.

LIBARDI, P. L. (2018). *Dinâmica da Água no Solo.* Edusp, São Paulo - SP, 361 p.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; SANTOS, K. da S. M.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILLAR, C. C.; MARIMON, B. S. (2016). "Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico". Pesquisa Agropecuária Brasileira 51(2), pp. 120–131.

MACHADO, W.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; ALVES, G. B. (2008). *"Relação entre a curva de retenção de água e a distribuição do diâmetro de poros em diferentes classes de solos".* Revista Brasileira de Ciência do Solo 32(3), pp. 987-994.

SUN, F.; LU, S. (2014). *"Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil"*. Journal of plant nutrition and soil science 177, pp. 26-33.

TOKOVÁ, L.; IGAZ, D.; HORÁK, J.; AYDIN, E. (2020). *"Effect of Biochar Application and Re-Application on Soil Bulk Density, Porosity, Saturated Hydraulic Conductivity, Water Content and Soil Water Availability in a Silty Loam Haplic Luvisol"*. Agronomy 10(7), e1005.

WEISS, A. (2013). "Desenvolvimento de um lisímetro para ensaios demonstrativos da dinâmica da água no solo". Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.