EFEITO DO BIOCHAR E DA COBERTURA MORTA NA UMIDADE DO SOLO E NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO REPOLHO EM AGRICULTURA FAMILIAR IRRIGADA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

José Henrique de Souza Junior[1]; Thayná Alice Brito Almeida[5]; Cláudio Vinícius de Souza Moura[2]; Raví Emanoel de Melo[1]; Talita Xavier Gouveia[1]; Eline Dias Barbosa[1]; Israel Alexandre do Nascimento Pires[3] Vivaldo José Tavares Araújo[4]; José Romualdo de Sousa Lima[6]; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro[7].

RESUMO: A escassez hídrica é um dos principais fatores que limitam a produção agrícola no Semiárido brasileiro, tornando necessária a adoção de práticas que aumentem a eficiência do uso da água no solo. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de biochar, associadas ou não à cobertura morta, sobre a umidade do solo e o desenvolvimento inicial da cultura do repolho (Brassica oleracea var. capitata L.) em sistema de agricultura familiar irrigada no Semiárido pernambucano. O experimento foi conduzido no Assentamento Nossa Senhora do Rosário, em Pesqueira-PE, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 2, com três doses de biochar (0, 20 e 40 Mg ha^{-1}) e duas condições de manejo do solo (com e sem cobertura morta), com quatro repetições. A umidade do solo foi avaliada por sensores capacitivos, e a altura das plantas e o número de folhas foram avaliados aos 36 dias após o transplantio. Os resultados mostraram que a associação entre biochar e cobertura morta elevou a umidade do solo e favoreceu o crescimento das plantas na dose de 20 Mg ha^{-1}, evidenciando seu potencial para o manejo sustentável da água no Semiárido.

Palavras-chave: biochar; cobertura morta; agricultura irrigada.

ABSTRACT– Water scarcity is one of the main factors limiting agricultural production in the Brazilian Semi-Arid region, making it necessary to adopt practices that increase the efficiency of water use in the soil. Thus, this study aimed to evaluate the effects of different doses of biochar, associated or not with mulch, on soil moisture and the initial development of cabbage (Brassica oleracea var. capitata L.) in an irrigated family farming system in the Pernambuco Semi-Arid region. The experiment was conducted at the Nossa Senhora do Rosário Settlement, in Pesqueira-PE, in a randomized block design, in a 3 × 2 factorial scheme, with five doses of biochar (0,20 and 40 Mg ha^{-1}) and two soil management conditions (with and without mulch), with four replications. Soil moisture was monitored by capacitive sensors, and plant height and number of leaves were evaluated 36 days after transplanting. The results showed that the association between biochar and mulch increased soil moisture and favored plant growth, with the dose of 20 Mg ha^{-1} standing out, highlighting its potential for sustainable water management in the Semi-arid region.

Keywords: biochar; mulch; irrigated agriculture.

[1)] Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (87) 981478386, e-mail: juniorhhhhenrique@gmail.com

[2)] Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom M. de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: claudio.vinicius@ufrpe.br

[3)] Graduando em Eng. Florestal, DCFL/UFRPE: Rua Dom M. de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife – PE, e-mail: Israel.pires@ufrpe.br

[4)] Produtor Rural e Agricultor Familiar, Assentamento Nossa Senhora do Rosário, Pesqueira-PE, Brasil

[5)] Pós-Doutoranda em Engenharia Agrícola, PGEA/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, fone: (81) 983180434, e-mail: thayna_tau@hotmail.com

[6)] Professor Titular da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Av. Bom Pastor, s/n, CEP 55292-278, Garanhuns, Pernambuco, Brasil. E-mail: romualdo.lima@ufrpe.br.

[7)] Professor Titular, DEAGRI/UFRPE: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, Recife - PE, e-mail: montenegro.ufrpe@gmail.com

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar constitui uma das principais atividades econômicas do Semiárido brasileiro, sendo responsável por uma parcela significativa da produção de alimentos destinados aos mercados locais. Entretanto, a irregularidade pluviométrica, associada às elevadas taxas de evapotranspiração, impõe limitações à disponibilidade hídrica e ao desenvolvimento das culturas agrícolas, tornando a irrigação uma prática importante para a manutenção da produção ao longo do ano (Silva et al., 2021). Nesse cenário, a adoção de tecnologias capazes de aumentar a eficiência do uso da água e reduzir as perdas por evaporação assume papel estratégico para a sustentabilidade dos sistemas produtivos da região.

Entre as práticas conservacionistas utilizadas para melhorar o aproveitamento da água no solo, destaca-se a cobertura morta, que atua reduzindo as perdas por evaporação, minimizando as oscilações térmicas da superfície e favorecendo a infiltração e a conservação da umidade na zona radicular. Estudos conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas demonstram que a utilização de resíduos vegetais sobre a superfície do solo pode aumentar a eficiência do uso da água e contribuir para o desenvolvimento das culturas, especialmente em regiões sujeitas ao déficit hídrico (Carvalho et al., 2011; Rodrigues et al., 2023). Na cultura do repolho, Marouelli et al. (2010) verificaram que a cobertura morta pode proporcionar economia de água de até 13%, evidenciando seu potencial como estratégia de manejo em sistemas irrigados.

Outra tecnologia que tem recebido crescente atenção é o biochar, um material rico em carbono obtido pela pirólise de resíduos orgânicos sob condições limitadas de oxigênio. Devido à sua elevada área superficial e porosidade (Barbosa et al., 2025), o biochar pode promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumentando a retenção de água e nutrientes, melhorando estabilidade estrutural do solo. Estudos recentes têm demonstrado efeitos positivos da aplicação de biochar sobre a capacidade de armazenamento hídrico do solo e sobre a eficiência do uso da água pelas plantas, especialmente em ambientes sujeitos à escassez hídrica (Feng et al., 2023; Blanco-Canqui et al., 2024)). Em condições semiáridas, observaram melhorias no desempenho das culturas após a aplicação desse condicionador (Lima et al., 2021; Melo et al.,2025).

Apesar dos benefícios relatados para o uso isolado dessas práticas, estudos avaliando a aplicação conjunta de biochar e cobertura morta em sistemas de agricultura familiar irrigada no semiárido, ainda são limitados. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de biochar, associadas ou não à cobertura morta, sobre a umidade do

solo e o desenvolvimento inicial da cultura do repolho em sistema de agricultura familiar irrigada no Semiárido pernambucano.

METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no município de Pesqueira, região Agreste de Pernambuco, no Assentamento Rural Nossa Senhora do Rosário (Figura 1), situada entre as coordenadas geográficas 8º 15’ e 8º 30’ de Latitude Sul, 31º 45’ e 37º 00’ de Longitude oeste de Greenwich. A área está inserida no Vale Aluvial do Mimoso (MAV), onde o clima é semiárido muito quente tipo Estepe, segundo Köppen. A precipitação média anual é de 607 mm, a temperatura média é de 23 ^{0}C e a evapotranspiração potencial é de cerca de 2.000 mm por ano (Montenegro & Montenegro, 2006).

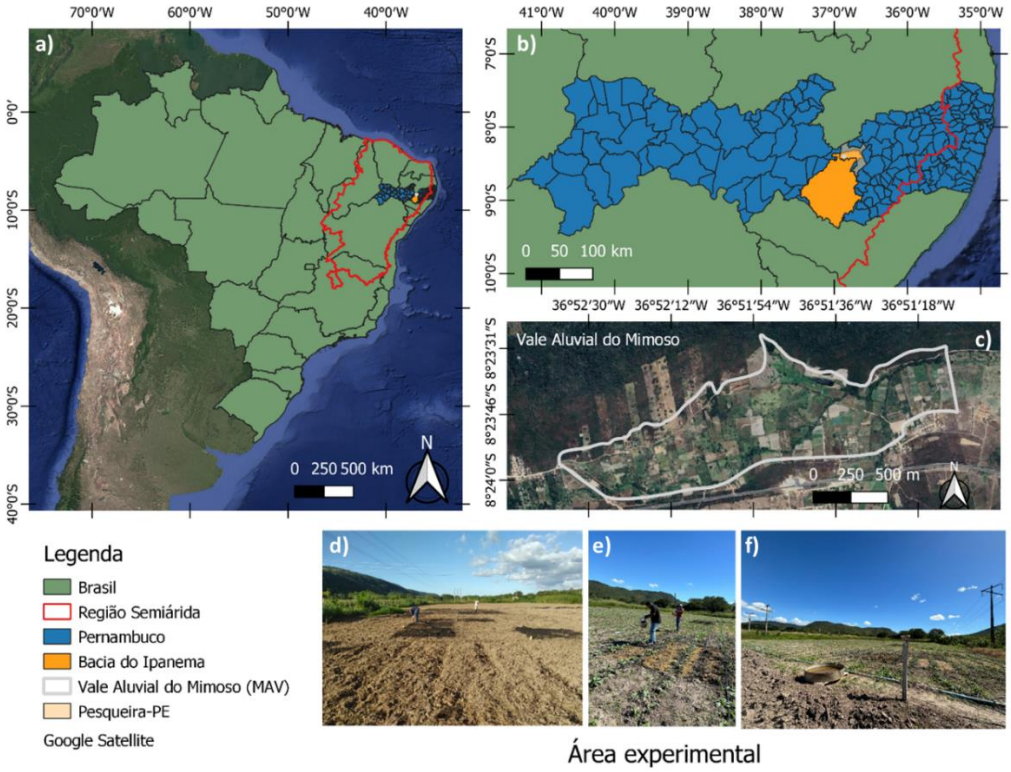


Figura 1. Mapa de localização do município e área experimental de Pesqueira-PE; Brasil (a), estado de Pernambuco (b), Vale Aluvial do Mimoso (MAV), (c), aplicação de biochar (d), aplicação de cobertura morta (e), tanque classe A e pluviômetro(f)

O solo da área é caracterizado como Neossolo Flúvico, apresenta textura predominantemente siltosa (RIBEIRO & CORREA, 2001) e de acordo com Souza et al. (2008) a classe textura para o lote experimental é franco siltoso e franco para as camadas de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, respectivamente, ambas com predominância de silte.

Delineamento experimental e manejo da cultura

O experimento foi realizado em uma unidade de produção de agricultura familiar, adotando-se uma abordagem de pesquisa participativa. Nessa modalidade, o agricultor parceiro atua como

colaborador ativo em todas as etapas do estudo, que vai desde a implantação dos tratamentos até o acompanhamento dos tratos culturais do cultivo e práticas conservacionistas adotada nesse trabalho.

Essa estratégia aproxima a pesquisa das condições reais de produção, permitindo que as tecnologias avaliadas sejam analisadas em um contexto representativo dos sistemas agrícolas familiares do Semiárido brasileiro. Na área de estudo já foram desenvolvidos outros trabalhos anteriormente (Santiago et al., 2004 e Souza et al., 2011), esses trabalhos contribuirão com capacitação do produto e estrutura presente na área de estudo, sendo muito importantes para desenvolvimento desses trabalhos.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 2, composto por três doses de biochar (0, 20 e 40 Mg ha^{-1}) e duas condições de manejo do solo (com e sem cobertura morta), com quatro repetições, O biochar foi produzido a partir de madeira de cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) em forno de carvoaria a 400-500ºC, método comumente utilizado na região nordeste (LIMA et al, 2021), já cobertura morta utilizada foi palha de milho na dose 8 Mg ha^{-1}. As parcelas experimentais apresentaram dimensões de 3 × 3 m (9 m^2). A cultura utilizada foi o repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*), cultivar Midori, implantada no espaçamento de 0,30 × 0,30 m entre plantas em fileiras duplas e 0,70 m entre fileiras duplas, totalizando 60 plantas por parcela.

O preparo do solo consistiu em uma aração seguida de duas gradagens. O biochar foi incorporado à camada de 0–0,20 m em 2 de junho de 2025. As mudas foram produzidas em canteiro e transplantadas em 7 de julho de 2025, aos 26 dias após a semeadura (Figura 2). A cobertura morta foi aplicada sete dias após o transplantio, utilizando palha de milho na taxa de 8 Mg ha^{-1}.



Figura 2: Canteiro de mudas aos 26 dias do semeio (a), mudas sendo transplantadas na área de cultivo (b e c)

Todas as operações agrícolas relacionadas ao preparo da área, plantio, manejo cultural e manutenção dos cultivos foram realizadas em conjunto com o agricultor parceiro, respeitando-se as práticas tradicionalmente adotadas na propriedade.

Manejo da irrigação e monitoramento da evapotranspiração

A irrigação foi realizada por gotejamento, o manejo hídrico baseou-se na evaporação do Tanque Classe A e na precipitação registrada por pluviômetro Ville de Paris.



Figura 3. Participação do produtor rural nas atividades de campo: (a) monitoramento da evapotranspiração de referência utilizando tanque Classe A e da precipitação pluviométrica por meio de pluviômetro Ville de Paris; (b) planejamento e acompanhamento das atividades experimentais junto ao produtor parceiro

A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada utilizando Kp de 0,75 (Figura 4), enquanto os coeficientes de cultura (Kc) seguiram as recomendações de Doorenbos e Pruitt (1977).

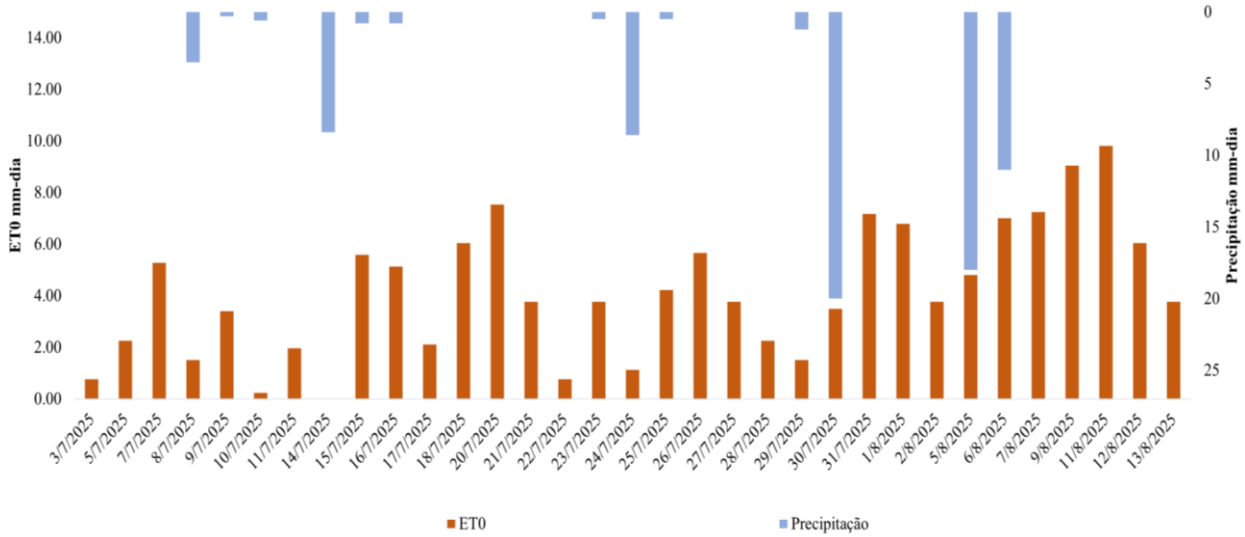


Figura 4: Monitoramento diário da evapotranspiração de referência (ETo, mm dia^{-1}) e da precipitação (mm) ao longo do período de maior a setembro de 2025

O tempo de irrigação foi determinado conforme Mantovani (2009), e o desempenho do sistema avaliado pelos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD), segundo Keller e Karmeli (1974).

Avaliação da umidade volumétrica do solo

A umidade volumétrica do solo foi avaliada por 24 sensores Falker HidroFarm HFM 1010, instalados individualmente nas parcelas experimentais. Os sensores, com haste de leitura de 20 cm,

forneceram estimativas integradas da umidade do solo na camada superficial, permitindo acompanhar as variações da disponibilidade hídrica entre os tratamentos ao longo do período experimental.

Avaliação biométrica da cultura do repolho

Aos 36 dias após o transplantio, foram avaliadas cinco plantas das quatro fileiras centrais de cada parcela para determinação da altura das plantas e do número de folhas, conforme metodologia proposta (Santos et al., 2016).

Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 × 2, composto por três níveis de biochar e duas condições de cobertura do solo (com e sem cobertura), utilizando o software Sisvar. Inicialmente, foram verificados os pressupostos da ANOVA por meio dos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro–Wilk). Quando constatado efeito significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram avaliados os efeitos dos fatores biochar e cobertura do solo, bem como a interação entre eles. A elaboração dos gráficos foi realizada no software Sigma Plot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A associação entre biochar e cobertura morta promoveu alterações significativas na dinâmica da água do solo e no desenvolvimento inicial da cultura do repolho. Os maiores valores de umidade volumétrica foram observados nos tratamentos que combinaram biochar e cobertura morta, com destaque para a dose de 20 Mg ha^{-1}, evidenciando um efeito complementar entre às duas práticas (Figura 5).

O aumento da umidade do solo pode ser atribuído às características físicas do biochar, especialmente sua elevada porosidade e área superficial específica, que favorecem o armazenamento de água nos microporos e ampliam a capacidade de retenção hídrica do solo (BARBOSA et al., 2025). Paralelamente, a cobertura morta atua como uma barreira física à radiação solar incidente e ao transporte de vapor de água, reduzindo a evaporação direta da superfície e contribuindo para a manutenção da água na zona radicular. Feng et al. (2023) observaram comportamento semelhante, relatando aumento da retenção hídrica e redução das perdas evaporativas em solos manejados com biochar. De forma complementar, Rodrigues et al. (2023) destacaram que a cobertura morta promove maior estabilidade da umidade do solo em condições semiáridas, reduzindo a exposição da superfície às elevadas temperaturas.

Embora todas as doses de biochar tenham apresentado tendência de aumento da umidade do solo

quando associadas à cobertura morta, o melhor resultado foi observado na dose de 20 Mg ha^{-1} (Figura5). Esse comportamento sugere a existência de uma faixa ondem os benefícios relacionados à retenção de água são maximizados. Resultados semelhantes foram reportados por Blanco-Canqui et al. (2024) e Yue et al. (2023), que verificaram que os efeitos do biochar sobre a água do solo variam em função da dose aplicada, das características do material utilizado e das condições edafoclimáticas locais.

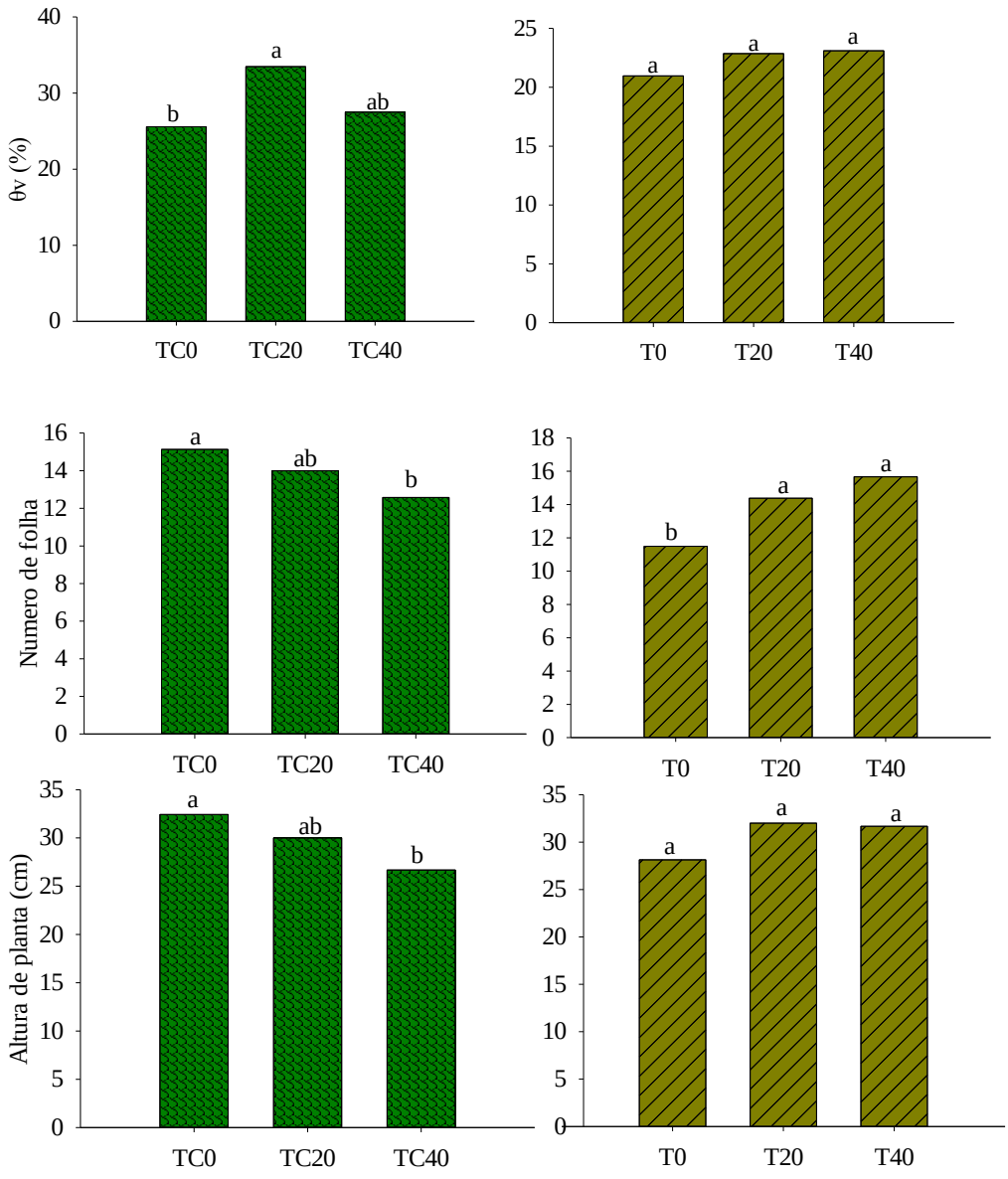


Figura 5: Umidade volumétrica do solo (θv), número de folhas e altura de plantas de repolho submetidas às doses de 0, 20 e 40 Mg ha^{-1} de biochar, sem cobertura morta (T0, T20 e T40) e com cobertura morta (TC0, TC20 e TC40). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O número de folhas e altura de planta apresentou resposta positiva principalmente nas doses

intermediárias de biochar. Esse comportamento sugere que doses moderadas de biochar combinada com cobertura morta contribui de forma mais positiva no desenvolvimento da cultura quando comparado com doses elevadas.

O desdobramento do fator cobertura dentro de cada dose de biochar mostrou que a cobertura morta aumentou significativamente a umidade do solo na dose de 20 Mg ha^{-1} (Figura 6), evidenciando que a cobertura potencializou a capacidade do biochar de conservar água no solo. Para o número de folhas e altura de planta, a cobertura morta promoveu aumento significativo apenas na testemunha (T0), enquanto em T40 ocorreu redução do crescimento.

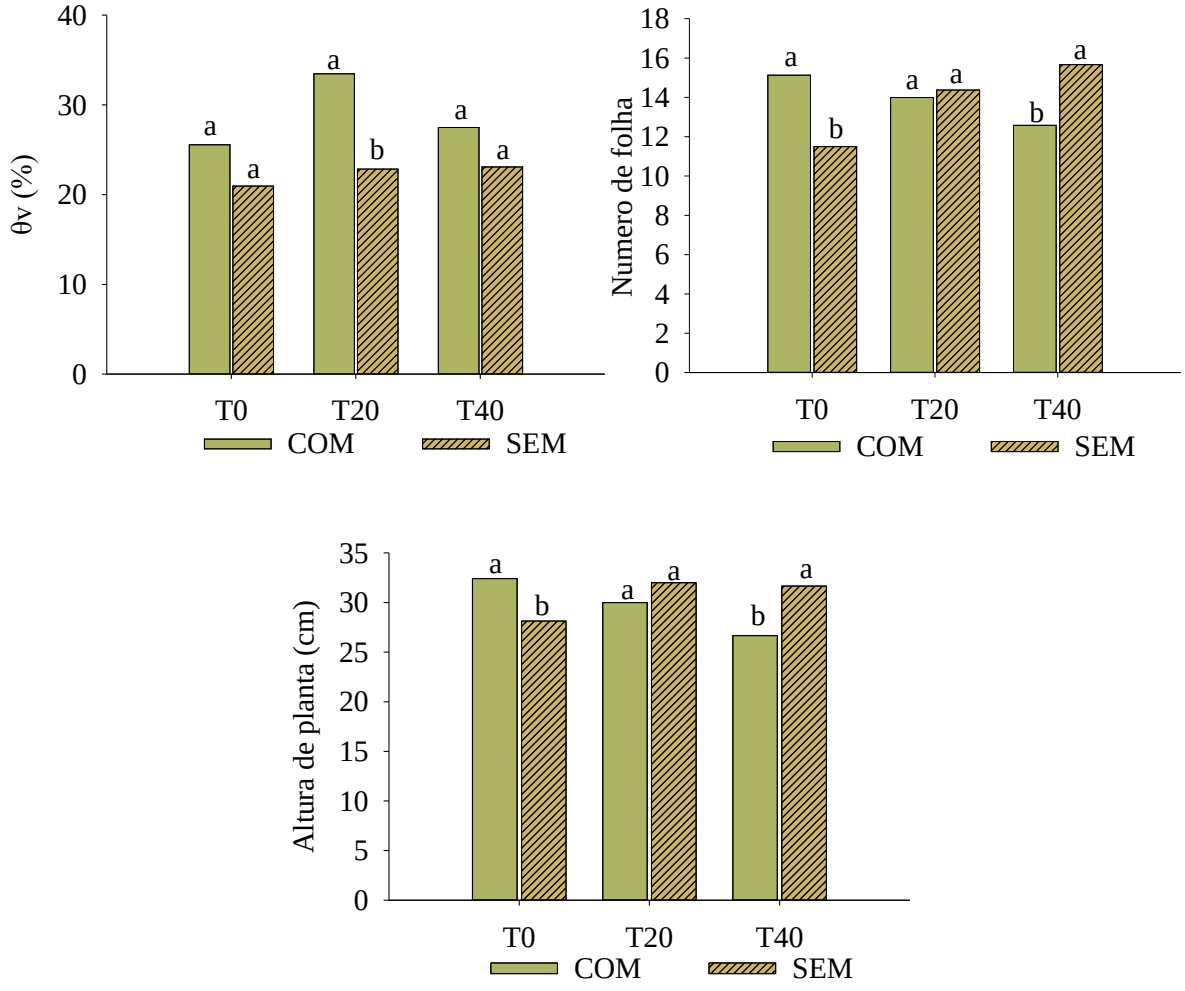


Figura 6. Desdobramento do fator cobertura dentro de cada dose de biochar para umidade do solo (θv), com cobertura (Com), sem cobertura (Sem), número de folhas e altura de plantas de repolho. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

De forma geral, os resultados confirmam que a associação entre biochar e cobertura morta representa uma estratégia promissora para aumentar a disponibilidade hídrica do solo e favorecendo

o desenvolvimento das plantas em ambientes semiáridos. Esses resultados corroboram as observações de Feng et al. (2023), Yue et al. (2023), que destacam o potencial dessas práticas para aumentar a eficiência do uso da água e a resiliência dos sistemas agrícolas frente à crescente variabilidade climática.

CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a associação entre biochar e cobertura morta contribuiu para o aumento da umidade do solo e melhorou o desenvolvimento inicial da cultura do repolho em condições semiáridas.

A cobertura morta potencializou os efeitos do biochar na conservação da água, com destaque para a dose 20 Mg ha^{-1}, que proporcionou os maiores valores de umidade do solo.

Os resultados mostram que a combinação de biochar e cobertura morta pode contribuir para o uso mais eficiente da água e para a sustentabilidade da agricultura irrigada no Semiárido brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de estudos, à UFRPE pelo apoio institucional e infraestrutura, ao Programa de Extensão da Educação Superior na Pós-Graduação (PROEXT-PG/UFRPE), Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa. e ao Laboratório de água e solo (LAS) pelo suporte à pesquisa, e ao produtor rural Vivaldo pela disponibilização da área experimental e colaboração na condução do estudo.

REFERÊNCIAS

BLANCO-CANQUI, H.; CREECH, C.; DRIJBER, R. A.; IRMAK, S.; REES, J.; FERGUSON, R. **Does biochar combined with cover crops improve soil health and productivity?**. *Soil Science Society of America Journal*, v. 88, n. 4, p. 1338–1360, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/saj2.20683.

BARBOSA, E. D.; MELO, R. E.; COSTA, J. C. C.; ALVES, M. F. A. T.; LOPES, M. H. L.; SILVA, V. P.; SOUZA JÚNIOR, J. H.; SILVA, T. B.; ABREU, E. D.; MARTINS FILHO, A. P.; et al. **Multivariate analysis applied to the chemical characterization of biochars from different feedstocks.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 19, n. 1, p. 331-345, 2026.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. *HidroFarm HFM3030: Medidor Digital de Umidade do Solo – Manual do Usuário*. Porto Alegre: Falker, 2023. Disponível em: Falker HidroFarm Manual. Acesso em: 6 ago. 2026.

FENG, W.; WANG, T.; YANG, F.; CEN, R.; LIAO, H.; QU, Z. **Efeitos do biochar na evaporação e no teor de umidade do solo e mecanismos associados**. *Environmental Sciences Europe*, v. 35, p. 66, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s12302-023-00776-7. Disponível em: https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-023-00776-7. Acesso em: 20 out. 2025.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle Irrigation Design Parameters. *Transactions of the ASAE*, v. 17, n. 4, p. 678–684, 1974.

LIMA, J. R. S.; GOES, M. C. C.; HAMMECKER, C.; ANTONINO, A. C. D.; MEDEIROS, E. V.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LEITE, M. C. B. S.; SILVA, V. P.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R. **Effects of Poultry Manure and Biochar on Acrisol Soil Properties and Yield of Common Bean: A Short-Term Field Experiment**. *Agriculture*, v. 11, n. 4, p. 290, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11040290. Disponível em: https://www.mdpi.com/2077-0472/11/4/290. Acesso em: 2 jun. 2026.
MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. *Irrigação: princípios e métodos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.
MAROUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, R. F. **Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 4, p. 369–375. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/93K8SJVbbJTCwXt5MrTMKTx/?format=html&lang=pt. Acesso em: 1 set. 2025.
MELO, R. E.; SILVA, V. P.; COSTA, D. P.; ALVES, M. F. A. T.; LOPES, M. H. L.; BARBOSA, E. D.; SOUZA JÚNIOR, J. H.; MARTINS FILHO, A. P.; DUDA, G. P.; ANTONINO, A. C. D.; et al. Sewage sludge **biochar improves water use efficiency and bean yield in a small-scale field experiment with different doses on sandy soil under semiarid conditions**. *AgriEngineering*, v. 7, n. 7, p. 227, 2025. DOI: 10.3390/agriengineering7070227.
MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, p. 30–37, 2006.
RODRIGUES, R. A. S.; LIMA, J. L. M. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; ALMEIDA, T. A. B.; SILVA, J. R. L. **Avaliação das flutuações de temperatura e umidade do solo sob cultivo de banana irrigada (*Musa* spp.) em resposta à cobertura morta de fibra de coco**. *DYNA*, Bogotá, v. 90, n. 226, p. 50–57, abr./jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.15446/dyna.v90n226.105969.
SANTOS, E. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. **Crescimento e produção de repolho sob diferentes adubações na presença e ausência de cobertura morta em agricultura familiar**. *Irriga*, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 74–89, jan./mar. 2016. https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n1p74-89.
SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 632-643, set./dez. 2004. https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000300015.
SOUZA, E. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G.; MATOS, J. A. de. **Temporal stability of soil moisture in irrigated carrot crops in Northeast Brazil**. Agricultural Water Management, v. 99, n. 1, p. 26-32, 2011. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.002.
SILVA, T. A.; FERREIRA, J.; CALIJURI, M. L.; SANTOS, V. J.; ALVES, S. C.; CASTRO, J. S. **Eficiência de tecnologias para conviver com a seca no desenvolvimento agrícola do semiárido brasileiro**. *Journal of Arid Environments*, v. 192, 104538, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104538. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196321000970. Acesso em: 2 jun. 2026.
SYSTAT SOFTWARE INC. *SigmaPlot® Version 15.0*. San Jose, California, USA, 2025. Disponível em: SigmaPlot Official Website. Acesso em: 6 ago. 2026.
YUE, Y.; LIN, Q.; LI, G.; ZHAO, X.; CHEN, H. **Biochar amends saline soil and enhances maize growth: three-year field experiment findings**. *Agronomy*, Basel, v. 13, n. 4, p. 1111, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy13041111. Acesso em: 8 jun. 2026.