RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO: UMA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE CAMPO ATRAVÉS DE DOIS MÉTODOS DE LABORATÓRIO

Larissa Vasconcelos Santos [1]; Walmir Souza Vasconcelos[2]; Daianne dos Santos Anjos[3]; Maria Gabriely de Oliveira Rocha de Souza[4]; Ailton Francisco da Rocha[5]; Olavo José Marques Ferreira[6] & Maria Isidoria Silva Gonzaga[7]

RESUMO- A retenção de água no solo é um atributo essencial para a dinâmica hídrica em sistemas agrícolas, sendo influenciada pelo manejo e pelas propriedades físicas do solo. Objetivou-se comparar os valores de umidade obtidos pelo método do bulbo úmido e pela câmara de Richards em um Latossolo Amarelo sob manejo convencional e sistema de plantio direto. O estudo foi conduzido em laboratório, utilizando amostras da camada superficial do solo. No método do bulbo úmido, avaliou-se a umidade gravimétrica após períodos de redistribuição hídrica de 5 e 10 minutos, posteriormente convertida em umidade volumétrica com base na densidade do solo. Na câmara de Richards, as amostras foram submetidas às tensões de -10, -20 e -33 kPa. O solo apresentou densidade de 1,32 g cm^{-3} no manejo convencional e 1,29 g cm^{-3} no plantio direto. No bulbo úmido, os valores de umidade volumétrica variaram de 20,30% a 30,84% no manejo convencional e de 18,78% a 19,25% no plantio direto. Na câmara de Richards, os teores de água variaram de 25,93% a 19,78% no convencional e de 26,87% a 21,15% no plantio direto. Os resultados indicaram maior proximidade do método do bulbo úmido com as tensões mais elevadas, especialmente -33 kPa.

ABSTRACT-Soil water retention is an essential attribute for water dynamics in agricultural systems and is influenced by soil management and physical properties. This study aimed to compare moisture values obtained by the wet bulb method and the Richards pressure chamber method in a Yellow Oxisol under conventional tillage and no-tillage systems. The study was conducted under laboratory conditions using samples collected from the soil surface layer. In the wet bulb method, gravimetric moisture was evaluated after water redistribution periods of 5 and 10 minutes, later converted into volumetric moisture based on soil bulk density. In the Richards pressure chamber, samples were subjected to tensions of 10, 20, and 33 kPa. The soil presented bulk density values of 1.32 g cm^{-3} under conventional tillage and 1.29 g cm^{-3} under no-tillage. In the wet bulb method, volumetric moisture values ranged from 20.30% to 30.84% under conventional tillage and from 18.78% to 19.25% under no-tillage. In the Richards pressure chamber, water contents ranged from 25.93% to 19.78% in the conventional system and from 26.87% to 21.15% in the no-tillage system. The results indicated greater similarity between the wet bulb method and the higher tensions, especially 33 kPa.

[1]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 998602771, larissavasconcelos.ufs@gmail.com
[2]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 83 996034541, walmirsv@hotmail.com
[3]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 996406586, daianne1696@gmail.com
[4]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 988516675 mariagabrielyors@gmail.com
[5]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 998150560, ailtonrocha@academico.ufs.br
[6]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 998783354, olavojmferreira@academico.ufs.br
[7]) Universidade Federal de Sergipe, Av. Marcelo Deda Chagas, Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 79 998206008, mariaisisilva@gmail.com

Palavras-Chave Retenção de água; capacidade de campo; tensões matriciais.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental e a regulação do ciclo hidrológico dependem diretamente da dinâmica da água no solo, um componente vital para o funcionamento dos ecossistemas naturais (Confessor et al., 2024). A compreensão dos mecanismos de movimentação e redistribuição de água no solo é indispensável para prever e atenuar impactos, além de se mostrar fundamental no aprimoramento de práticas conservacionistas (Xie et al., 2021).

A capacidade de campo é um parâmetro fundamental para o manejo da irrigação, pois permite quantificar o armazenamento hídrico do solo e definir critérios para a reposição de água as culturas, favorecendo maior eficiência no uso da água e redução das perdas por drenagem (Tehrani, Liaghat & Delbaz, 2025). Entender como a água se move no solo em ecossistemas preservados ajuda a decifrar o funcionamento do ambiente local e fornece dados essenciais para calibrar modelos. Além disso, fundamenta análises comparativas e estratégias de restauração de solos degradados (Segura et al., 2023).

A transição do preparo convencional do solo para sistemas de cultivo mínimo, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), tem intensificado o debate sobre o comportamento de características físico-hídricas em solos agrícolas (Silva et al., 2020). Esses tipos de cultivo influenciam a dinâmica do carbono e as propriedades hidráulicas do solo, refletindo direta e indiretamente na dinâmica da água no limite superior de retenção de água no solo, popularmente conhecida como capacidade de campo.

Devido à mineralogia predominantemente oxídica na fração argila, os Latossolos tendem a apresentar menor capacidade de armazenamento de água (Ferreira et al., 1999). Essas características, quando associadas a veranicos, alta demanda evapotranspirativa e chuvas irregulares, desencadeiam déficits hídricos severos, configurando uma das principais causas de perda de produtividade agrícola (Lima et al., 2020). Assim, o manejo de conservação é importante para o aproveitamento eficiente da água pelas plantas.

Em regiões semiáridas, a forte variabilidade espaço-temporal das chuvas resulta em escassez hídrica frente à alta demanda das plantas para completarem seu ciclo. Diante disso, compreender os processos de retenção e transporte de água no solo (Wang et al., 2025) é essencial para regular e otimizar o conteúdo hídrico disponível no sistema radicular das culturas agrícolas (Sha et al., 2023; Guo et al., 2025).

A capacidade de campo é amplamente utilizada para estimar a água disponível as plantas e orientar o manejo da irrigação. Sua determinação pode ser realizada por métodos laboratoriais, como a câmara de Richards, ou por métodos de campo, como o método do bulbo, cuja comparação contribui

para avaliar a confiabilidade das estimativas obitidas (Tehrani et al., 2025). Uma das formas de descrever a disponibilidade hídrica para as plantas é por meio da curva característica de retenção de água no solo (CRAS), método este que estabelece a relação entre o conteúdo volumétrico de água e o potencial matricial. Nesse modelo, a água disponível (AD) é calculada pela diferença entre o limite superior, representado pelo teor de água na capacidade de campo (CC) e o limite inferior, correspondente ao ponto de murcha permanente (PMP) (Libardi, 2012; Farooq et al., 2024).

Diante disto, o objetivo deste trabalho foi determinar a quantidade de água retida no solo por métodos destintos (bulbo úmido e extrator de Richards nas tensões de -10, -20 e -33 kPa) e encontrar o potencial matricial (ψ) que mais se aproxime da estimativa de retenção pelo método do bulbo úmido em um Latossolo com sistemas de cultivo destintos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local do Ensaio

O trabalho foi realizado no Laboratório de Água e Solo (LAS) do Departamento de Engenharia Agronômica (DEA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus São Cristóvão SE, sob as coordenadas geográficas 10°55'46.26"S e 37° 6'15.39"O. O material utilizado foi um Latossolo Amarelo de duas áreas sob cultivo de milho, com sistemas de cultivo distintos, uma sob sistema convencional e outra sob Plantio Direto (SPD), no Município de Nossa Senhora das Dores - SE, localizado nas coordenadas geográficas de 6°45′39″ S e 38°13′51″.

Amostras de solo foram coletadas nas entrelinhas das plantas de milho, na camada de 0-10 cm, com três repetições por tratamento, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha 2mm.

Retenção de água no solo pelo método do bulbo úmido

As amostras do solo em estado de terra fina seca ao ar (TFSA) foram submetidas aos procedimentos laboratoriais para realização das análises: Retenção de água no solo pelo método do bulbo úmido (Chaves, 2017); Retenção de água sob tensões de -10, -20 e -33kPa, Densidade do solo pelo método adaptado do balão volumétrico; e Análise granulométrica (Texeira, 2017).

A retenção de água no solo pelo método do bulbo úmido foi determinada conforme Chaves (2017). Amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) foram acondicionadas em recipientes e receberam 2 mL de água destilada aplicados em ponto fixo. Após 5 e 10 minutos, o bulbo úmido formado foi coletado e pesado para obtenção da massa úmida, conforme Figura 1. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105 °C até massa constante para determinação da massa seca.

A umidade do solo foi calculada a partir da diferença entre as massas úmida e seca, sendo expressa em porcentagem de acordo com a equação 1.

$$\left(Umidade\ (\%) = \frac{(Massa\ Úmida \cdot Massa\ \ Seca)}{Massa\ \ Seca}\ x\ 100\right) \qquad (1)$$

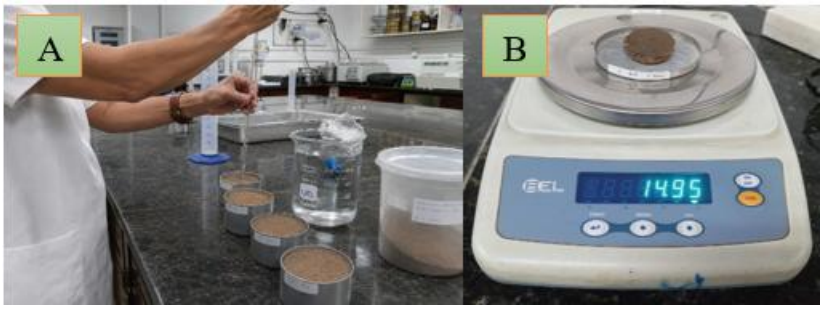


Figura 1 – A: adição de água para formação do bulbo úmido; B: Pesagem do bulbo úmido

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, com 2 tipos de cultivo do milho (Convencional e Plantio Direto) e 2 tempos de repouso até a coleta do bulbo úmido (5 e 10 minutos), com três repetições. Os dados obtidos de umidade do solo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a obtenção dos valores de umidade gravimétrica (%) para a umidade volumétrica, foi realizada a conversão dos valores segundo a equação 2.

$$\theta v = \theta g \times Ds \qquad (2)$$

Onde, θv: umidade volumétrica (%); θg: umidade gravimétrica (%); Ds: densidade do solo.

Retenção de água sob tensões de -10, -20 e -33kPa

Utilizando-se do método de Richards (Richards, 1949), conforme Teixeira et al. (2017), a retenção de água no solo foi determinada pelo método da câmara de pressão de Richards. As amostras acondicionadas em anéis volumétricos foram saturadas por 24 horas e submetidas às tensões de -10, -20 e -33 kPa até o equilíbrio hídrico. Em seguida, determinou-se a massa úmida das amostras, que posteriormente foram secas em estufa a 105 °C até massa constante para obtenção da massa seca. O teor de água retido em cada tensão foi calculado a partir da diferença entre as massas úmida e seca.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, com 2 tipos de cultivo do milho (Convencional e Conservacionista) e 3 tensões (-10, -20 e -33 kPa), com três repetições. Os dados obtidos de umidade do solo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Densidade do solo pelo método adaptado do balão volumétrico

Para o parâmetro densidade do solo, foi utilizado o Método do Balão Volumétrico (MBV). O método foi aplicado com adaptação; na literatura, é possível notar que o MBV possui algumas variações, sendo adaptado, como mostra em (Gubiani; Reinert; Reichert., 2006). No presente trabalho, para determinar a densidade do solo, utilizou-se um método adaptado do MBV demonstrado através da Equação 3.

$$D_s = \frac{M_{solo}}{V_{balão}} \quad (3)$$

Onde,

Ds_s: densidade do solo $[g \cdot cm^{-1}]$; M_{solo}: massa do solo seco $[g]$; $V_{balão}$: volume do balão

A determinação da densidade do solo foi realizada em duplicata para o Latossolo, utilizando balões volumétricos de 50 mL e terra fina seca ao ar (TFSA) a 105 °C. Inicialmente, os balões vazios foram pesados e, em seguida, preenchidos com solo seco até completar seu volume. Após novo registro da massa, os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da densidade do solo.

Análise granulométrica

A determinação da textura do solo foi feita por meio de analise granulométrica, seguindo Teixeira et al. (2017). Inicialmente, separou-se a areia através de malha de 2mm, a fração silte e argila foi transferida para uma proveta de 1000 ml com o auxílio de uma peneira 270 (0,053 mm), completando o volume com água destilada. A suspensão foi agitada durante 1 minuto e em seguida registrou-se o início da sedimentação. A primeira leitura do densímetro ocorreu aos 40 segundos, anotando-se também a temperatura da suspensão. Após o período de duas horas, foi realizada a segunda leitura, no qual repetiu-se o mesmo procedimento anterior. Para a determinação da percentagem de cada fração utilizou-se equações 4, 5 e 6:

$$Areia\ Total\ (\%) = \frac{(Massa\ do\ solo\ seco - 1º\ leitura\ \ corrigida\ )}{Massa\ \ \ do\ Solo\ Seco}\ x\ 100 \quad (4)$$

$$Argila\ (\%) = \frac{(2º\ \ leitura\ corrigida\ )}{Massa\ \ \ do\ Solo\ Seco\ (g)}\ x\ 100 \quad (5)$$

$$Silte\ (\%) = 100\ - (areia\ total + argila\%) \quad (6)$$

A transformação de densidade em gramas de solo em suspensão baseou-se na tabela de Bouyoucos. Com os valores obtidos para areia total, argila e silte, classificou-se o solo de acordo com a metodologia do triângulo textural.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, realizou-se a caracterização física do solo estudado, abrangendo a granulometria e a densidade do solo (Ds), cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como argilo arenoso, apresentando predominância da fração areia em relação às frações argila e silte. Observou-se densidade do solo de 1,32 g cm^{-3} para o Latossolo sob manejo convencional e 1,29 g cm^{-3} para o sistema sob plantio direto.

Tabela 1. Caracterização física do solo.

Sistema de manejo	Ds (g cm^{-3})	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classe textural
Latossolo Convencional	1,32	53,4	38,3	8,3	Argilo arenosa
Latossolo Plantio Direto	1,29				

Os resultados de umidade obtidos pelo método do bulbo úmido foram convertidos de umidade gravimétrica para umidade volumétrica utilizando os valores de densidade do solo determinados no estudo, permitindo a comparação direta com os resultados obtidos pela câmara de Richards sob diferentes tensões matriciais. Os valores comparativos encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Comparação entre a umidade volumétrica obtida pelo método do bulbo úmido e pela câmara de Richards.

Sistema de manejo	Tempo da análise pós umedecimento	Bulbo úmido (%)	10 kPa (%)	20 kPa (%)	33 kPa (%)	Tensão mais próxima
Latossolo Convencional	5 min	20,30	25,93	23,02	19,78	-33 kPa
Latossolo Convencional	10 min	30,84	25,93	23,02	19,78	-10 kPa
Latossolo Plantio Direto	5 min	18,78	26,87	26,67	21,15	-33 kPa
Latossolo Plantio Direto	10 min	19,25	26,87	26,67	21,15	-33 kPa

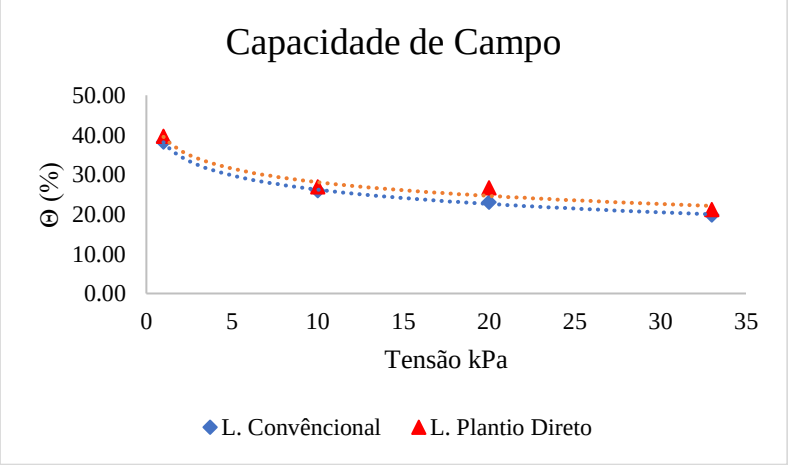
Observou-se que os valores de umidade obtidos pelo método do bulbo úmido apresentaram comportamento distinto entre os sistemas de manejo avaliados. No Latossolo sob manejo convencional, verificou-se aumento da umidade volumétrica entre os tempos de 5 e 10 minutos após a aplicação da água, indicando continuidade da redistribuição hídrica na amostra ao longo do período avaliado. Em contrapartida, o sistema sob plantio direto apresentou menores variações temporais da umidade, sugerindo comportamento hídrico mais estável após a redistribuição inicial da água.

Na avaliação realizada pela câmara de Richards, observou-se redução do teor de água com o aumento da tensão matricial em ambos os sistemas de manejo. Esse comportamento evidencia a drenagem progressiva da água presente nos poros do solo à medida que aumentou a força de retenção. Entretanto, o sistema sob plantio direto manteve maiores valores de umidade ao longo da maior parte das tensões avaliadas, indicando maior capacidade de retenção hídrica quando comparado ao manejo convencional.

A comparação entre os métodos demonstrou que os valores obtidos pelo bulbo úmido apresentaram maior proximidade com as tensões intermediárias e elevadas da câmara de Richards, principalmente na tensão de -33 kPa para parte das amostras avaliadas. Esse comportamento sugere que a redistribuição hídrica observada após a aplicação da água no método do bulbo úmido aproximou-se de condições de retenção correspondentes às tensões mais elevadas estudadas.

As curvas de retenção de água obtidas sob tensões matriciais encontram-se apresentadas na Figura 2. Observa-se que ambos os sistemas apresentaram redução do teor de água com o aumento da tensão matricial, comportamento característico da retenção de água em solos agrícolas.

Figura 2. Curvas de retenção de água sob tensões matriciais.



O sistema sob plantio direto apresentou maiores valores de retenção ao longo da faixa de tensões estudada, evidenciando influência do manejo sobre a dinâmica hídrica do solo.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam que o manejo do solo influenciou tanto a redistribuição inicial quanto a retenção de água na matriz do solo. A utilização conjunta do método do bulbo úmido e da câmara de Richards permitiu compreender, de forma complementar, o comportamento hídrico do Latossolo estudado, demonstrando que o sistema sob plantio direto apresentou maior estabilidade hídrica e maior capacidade de retenção de água em comparação ao manejo convencional. Os dados

indicam que o método do bulbo úmido não está estimando a capacidade de campo tradicional (-10 kPa ou -33 kPa), mas uma condição intermediária mais próxima da água efetivamente armazenada após a drenagem rápida.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe (UFS), a Fundação de Apoio à Pesquisa e a Iniciação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

CHAVES, A.F. (2017). *Validação de um método de laboratório alternativo à estimativa da capacidade de campo in situ.* Tese, 63p. Universidade Federal do Ceará, PPG em Ciência do Solo.

CONFESSOR, J.G.; SILVA, L.L.; RODRIGUES, S.C. (2024). *Dinâmica hídrica do solo de fitofisionomia de campo limpo do Parque Nacional da Serra da Canastra-MG*. Caderno de Geografia 34(76), pp. 286–305.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. (1999). *Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região Sudeste do Brasil*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 23(3), pp. 515–524.

GUBIANI, P.I.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. (2006). *Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo: exatidão, precisão e tempo de processamento*. Ciência Rural 36(2), pp. 664–668.

GUO, X.; FANG, X.; ZHU, Q.; JIANG, S.; TIAN, J.; TIAN, Q.; JIN, J. (2023). *Estimativa da umidade do solo na zona radicular em áreas semiáridas com base em dados de sensoriamento remoto*. Sensoriamento Remoto 15(8), p. 2003.

ISABOKE, J. et al. (2025). *Influence of agricultural land use management on soil particle size distribution and nutrient adsorption in Western Kenya*. Chemistry Africa 8(4), pp. 1599–1610.

LIMA, R.P.D.; KELLER, T.; GIAROLA, N.B.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.R.D.; ROLIM, M.M. (2020). *Measurements and simulations of compaction effects on the least limiting water range of a no-till Oxisol*. Soil Research 58(1), pp. 62–72.

LISBOA, G.S.; ANDRADE, L.A.; BEZERRA, J.F.R. (2024). *Analysis of soil attributes at Cemitério gully on the hydrographic basin of Tibiri, São Luís/Maranhão = Análise dos atributos do solo da voçoroca Cemitério na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/Maranhão*. William Morris Davis – Revista de Geomorfologia 5(2), pp. 48–62.

MONTAGNOLLI, C.P.; SOUZA, C.M.; SANTOS, K.C.; PEREIRA, V.L.; SCCOTI, M.S.V. (2024). *Atributos físicos do solo após dez anos da colheita da madeira em concessão florestal na Amazônia Sul-Ocidental indicam compactação*. Scientia Naturalis 6(1), pp. 305–315.
PINTO, L.C.; CHAGAS, W.F.T.; AMARAL, F.H.C. (2018). *Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes usos*. Revista Agrogeoambiental 10(3), pp. 43–54.

QIN, L.; LIN, L.; DING, S.; YI, C.; CHEN, J.; TIAN, Z. (2022). *Evaluation of pedotransfer functions for predicting particle density of soils with low organic matter contents*. Geoderma 419, art. 115812.

SANTOS, C.F.; RIBEIRO, I.C.A.; PELEGRINO, M.H.P.; CARNEIRO, J.P.; SILVA, B.M. (2022). *A Simple Gravimetric Methodology to Determine Soil Particle Density*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 53(13), pp. 1623–1629.

SEGURA, C. et al. (2023). *Comparing hydrological responses across catchments using a new soil water content metric*. Hydrological Processes 37(10), e15010.

SHA, S.; CAI, G.; LIU, S.; AHMED, M.A. (2024). *Raízes para o resgate: como as plantas aproveitam a redistribuição hidráulica para sobreviver à seca em texturas de solo contrastantes*. Biotecnologia Avançada 2(4), p. 43.

SILVA, P.L.F.; OLIVEIRA, F.P.; AMARAL, A.J.; et al. (2020). *Distribuição de poros por tamanho e sua relação com os parâmetros de ajustes da curva de retenção de água no solo*. Agri-Environmental Sciences 6, e020012.

SILVA, V.; TORRES, J.L.R.; COSTA, D.D.A.; SILVEIRA, B.D.S.; VIEIRA, D.D.S.; LEMES, E.M. (2020). *Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo de longo prazo (preparo e plantio direto)*. Journal of Agricultural Science 12(4), pp. 194–207.

TEHRANI, A.; LIAGHAT, A.; DELBAZ, R. (2025). Parameter Estimation of Soil Water Retention and Thermal Conductivity Curves Using HYDRUS-1D and Inverse Solution. European Journal of Soil Science.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (Eds.). (2017). *Manual de métodos de análise de solo*, in Manual de métodos de análise de solo. Org. por Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A. e Teixeira, W.G., 3. ed. Embrapa, Brasília – DF, pp. 1–574.

WANG, Y.; ZHANG, H.; SUN, Y.; WANG, J.; SHI, L. (2025). *Simulation of layered soil water transport in the semi-arid region based on Hydrus-3D*. PLoS One 20(4), e0321537.

XIE, L.; LIU, Y.; ZHAO, S.; DAI, L.; ZHANG, Z.; ZHANG, M.; ZHANG, Z. (2021). *How waterlogged conditions influence the nitrogen dynamics in a soil–water–plant system: implications for wetland restoration*. Water 13(21), p. 2957.