

## EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE SOJA SUBMETIDA A DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE DE SOLO

Luiz Antonio Mota<sup>1</sup>, Gustavo Haddad Sousa Vieira<sup>2</sup>, Leonardo Nazário Silva dos Santos<sup>2</sup>,  
Robson Celestino Meireles<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>, Wilker Alves Morais<sup>4</sup>

**RESUMO:** A disponibilidade hídrica do solo desempenha papel crítico no estabelecimento inicial da soja (*Glycine max* L., cv. UFV1), influenciando a emergência, o crescimento radicular e aéreo, bem como o acúmulo de biomassa. Este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da soja sob diferentes níveis de umidade do solo, desde a emergência até o estágio de dois trifólios totalmente expandidos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos de umidade (64, 76, 88, 100 e 112% da capacidade de campo), com quatro repetições, e cada parcela consistiu em 25 sementes. A irrigação foi ajustada diariamente com base na pesagem das bandejas. Foram avaliadas porcentagem e velocidade de emergência, altura de planta, comprimento radicular, diâmetro do coleto e massa fresca vegetativa e radicular. Os resultados demonstraram que o excesso de umidade (112% da capacidade de campo) inibiu totalmente a emergência, indicando alta sensibilidade das sementes ao encharcamento. A emergência e a velocidade de emergência diminuíram de forma linear com o aumento da umidade, enquanto o crescimento radicular e aéreo foi favorecido por níveis de umidade próximos à capacidade de campo. O diâmetro do coleto e a massa fresca apresentaram respostas quadráticas, com valores máximos entre 80% e 86% da capacidade de campo, respectivamente, e declínio em níveis superiores de umidade. Conclui-se que a soja apresenta elevada sensibilidade ao excesso hídrico durante a fase de emergência, e que os níveis de umidade entre 70 e 86% da capacidade de campo favorecem o crescimento inicial, promovendo maior vigor e desenvolvimento equilibrado da planta.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max* L., capacidade de campo, estresse hídrico.

<sup>1</sup> Mestrando, IFGoiano campus Rio Verde, Caixa Postal 66, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. Fone (27) 995812249. e-mail: luiz.mota@estudante.ifgoiano.edu.br.

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Curso de Agronomia, IFES, Santa Teresa, ES.

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Depto de Irrigação e Hidráulica, IFGoiano, Rio Verde, GO.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Depto de Irrigação e Hidráulica, IFGoiano, Cristalina, GO.

## INFLUENCE OF DIFFERENT SOIL MOISTURE LEVELS ON SOYBEAN EMERGENCE AND DEVELOPMENT

**ABSTRACT:** Soil moisture availability plays a critical role in the early establishment of soybean (*Glycine max* L., cv. UFV1), influencing seedling emergence, root and shoot growth, and biomass accumulation. This study aimed to evaluate the early development of soybean under different soil moisture levels, from emergence to the stage of two fully expanded trifoliolate leaves. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design with five moisture treatments (64, 76, 88, 100, and 112% of field capacity), four replications, and 25 seeds per plot. Daily irrigation was adjusted based on tray weighing. Emergence percentage and speed, plant height, root length, collar diameter, and fresh biomass of shoot and root were evaluated. Results showed that excessive soil moisture (112% of field capacity) completely inhibited emergence, indicating high seed sensitivity to waterlogging. Both emergence and emergence speed decreased linearly with increasing soil moisture, whereas root and shoot growth were favored at moisture levels near field capacity. Collar diameter and fresh biomass exhibited quadratic responses, peaking at approximately 86% and 80% of field capacity, respectively, and declining at higher moisture levels. It is concluded that soybean is highly sensitive to excessive water during the emergence phase, and soil moisture levels between 70 and 86% of field capacity optimize early growth, promoting seedling vigor and balanced plant development.

**KEYWORDS:** *Glycine max* L., field capacity, water stress.

## INTRODUÇÃO

A safra de grãos 2024/25 no Brasil deve atingir 332,9 milhões de toneladas, com destaque para a soja (*Glycine max* L.), cuja produção é estimada em 168,3 milhões de toneladas, configurando um recorde histórico (CONAB, 2025). A produtividade dessa cultura é fortemente influenciada pelas condições climáticas, sendo que o aumento das temperaturas, períodos prolongados de estiagem e distribuição irregular de chuvas representam desafios globais à produção agrícola (Khan et al., 2025). Nesse contexto, o estresse hídrico constitui uma ameaça significativa, afetando diretamente o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento das plantas (Xu et al., 2021; Gao et al., 2024).

Em razão da sensibilidade da soja à seca, especialmente após processos de domesticação, são nítidas reduções expressivas de produtividade sob déficit hídrico, com perdas que podem atingir até 40% comprometendo, assim, a estabilidade da produção e a segurança alimentar (Thao & Tran, 2011; Bueno & Lopes, 2020). Além disso, sementes submetidas a alagamento sofrem danos irreversíveis por hipóxia e anóxia, resultantes da deficiência de oxigênio no solo (Manghwar et al., 2024).

O estabelecimento inicial das plantas depende de uma germinação rápida e vigorosa, que impacta diretamente o crescimento vegetativo e o rendimento final da cultura. Nesse estágio, diversos fatores abióticos e bióticos podem atuar como estímulos ou restrições ao desenvolvimento das plântulas (Suo et al., 2022). A disponibilidade hídrica é fundamental para a germinação, pois sustenta reações bioquímicas e processos fisiológicos iniciais. Tanto a deficiência quanto o excesso de água comprometem a emergência das plântulas, sendo o alagamento um estresse recorrente, cujos efeitos variam conforme a duração e o momento em que ocorre (Suo et al., 2022).

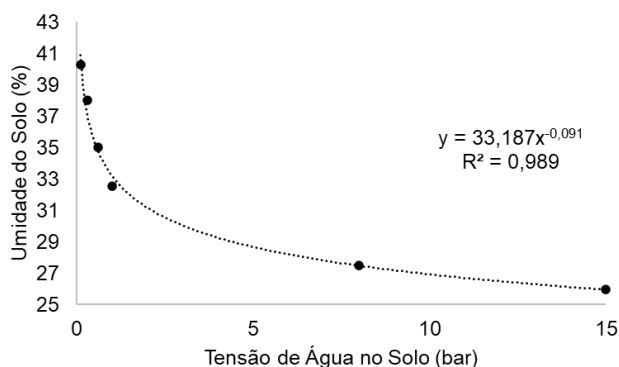
Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da soja submetida a diferentes níveis de umidade do solo, desde a emergência até o estágio de dois trifólios totalmente expandidos, fornecendo subsídios para manejo hídrico eficiente durante a fase inicial da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus Santa Teresa, localizado na região central do estado, nas coordenadas 19°56'12" S e 40°35'28" O. O solo do município é predominantemente caracterizado por Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (INCAPER, 2025). O solo utilizado foi coletado em uma área agrícola do campus submetida a sistema de irrigação por pivô central e classificado como Latossolo Amarelo eutrófico, de textura argilosa. Após a coleta, o material foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 2 cm, visando à uniformização. Em seguida, 2.500 g de solo seco foram distribuídos em cada uma das vinte bandejas plásticas, com dimensões de 10 × 24,5 × 6 cm.

A umidade do solo foi estabelecida com base na capacidade de campo (CC), determinada a partir da curva de retenção de água obtida pela equação  $U(\%) = 33,187 * X - 0,091$  ( $R^2 = 0,989$ ), em que X representa a tensão matricial em bar e U (%) e umidade do solo. A tensão de 60 kPa

foi utilizada como referência, correspondendo a uma umidade de 35%. A umidade residual foi quantificada por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, permitindo calcular o volume de água necessário para cada bandeja e definir o peso de referência correspondente a cada nível de umidade do solo (Figura 1).



**Figura 1.** Curva de retenção área experimental (Pivo), Latossolo Amarelo eutrófico, textura argilosa, IFES campus Santa Teresa.

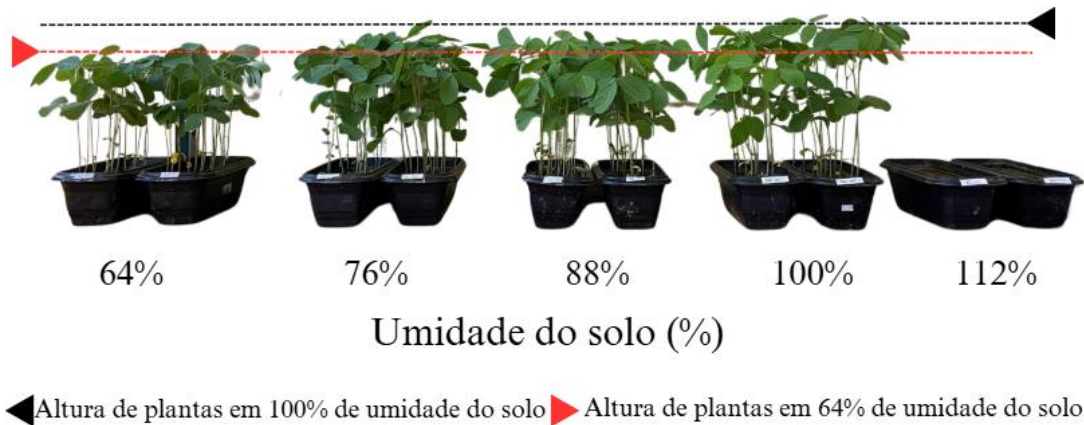
O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco níveis crescentes de umidade do solo, correspondentes a 64, 76, 88, 100 e 112% da capacidade de campo, cada um com quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu em uma bandeja contendo 25 sementes de soja da cultivar UFV1. A irrigação foi realizada diariamente por meio da pesagem das bandejas, completando-se o volume de água necessário para atingir o peso correspondente ao nível de umidade definido para cada tratamento.

Foram avaliadas a porcentagem de emergência, o comprimento da parte aérea e do sistema radicular, o diâmetro do coleto e a massa fresca da parte aérea. Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Levene). Quando os pressupostos estatísticos foram atendidos, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Nos casos em que a ANOVA indicou diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ), os dados foram ajustados a modelos de regressão, adotando-se aquele que melhor descrevesse o comportamento das variáveis avaliadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

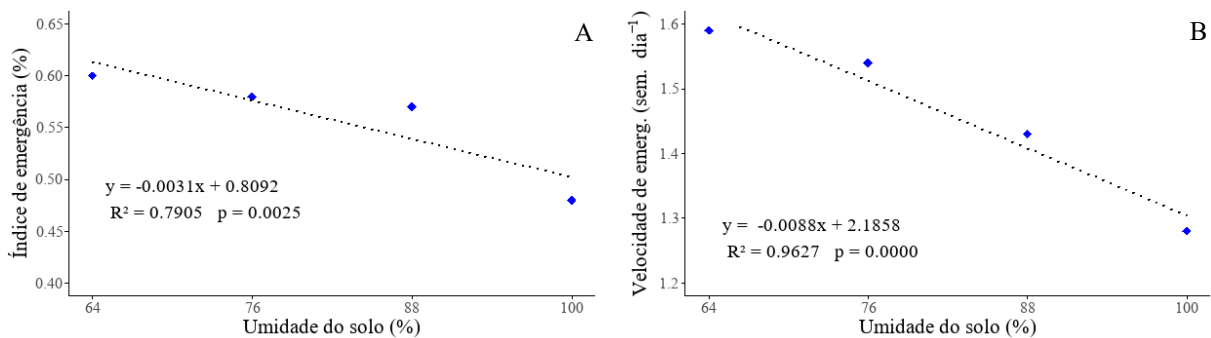
O desenvolvimento inicial da soja mostrou-se fortemente influenciado pela variação da umidade do solo. O excesso hídrico, representado por 112% da capacidade de campo (CC), inibiu completamente a emergência das plântulas, evidenciando a alta sensibilidade das

sementes ao alagamento durante o período avaliado (Figura 2). Apesar de ser essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, níveis excessivos podem gerar estresse e comprometer as trocas gasosas no solo, inviabilizando o desenvolvimento das sementes (Manghwar et al., 2024). No tratamento com maior umidade, o solo permaneceu totalmente encharcado durante a fase de emergência, e a ausência de oxigênio resultou na mortalidade total do material genético.



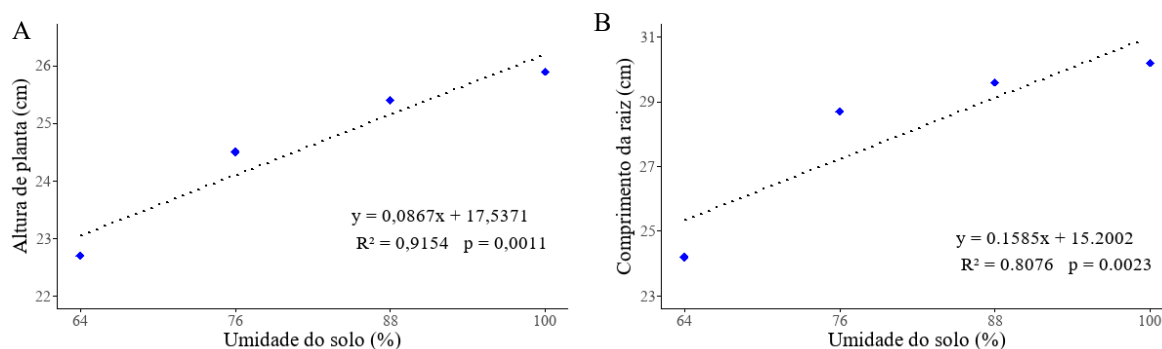
**Figura 2:** Desenvolvimento vegetativo de plantas de soja submetidas a diferentes umidades do solo.

A emergência das plantas apresentou redução significativa à medida que a umidade do solo aumentou (Figura 3A). Observou-se um decréscimo linear, em que cada incremento no nível de umidade reduziu a emergência em 6,09% em relação ao tratamento anterior, sendo ainda mais expressiva a diferença entre 64 e 100% de CC, com queda de 18,27%. De forma similar, a velocidade de emergência apresentou comportamento decrescente, diminuindo em 6,51% a cada aumento sucessivo na umidade do solo e totalizando 19,52% de redução entre 64 e 100% da CC (Figura 3B). Esses resultados corroboram estudos de Wu et al. (2016), que relataram redução de até 51,6% na germinação de soja após 24 horas de alagamento, enquanto Tian et al. (2005) observaram que cultivares suscetíveis apresentaram cerca de 70% de germinação após três dias de alagamento.



**Figura 3:** Emergência de plantas em função da umidade do solo. A – Índice de emergência (%); B – Velocidade de emergência (sem. dia<sup>-1</sup>).

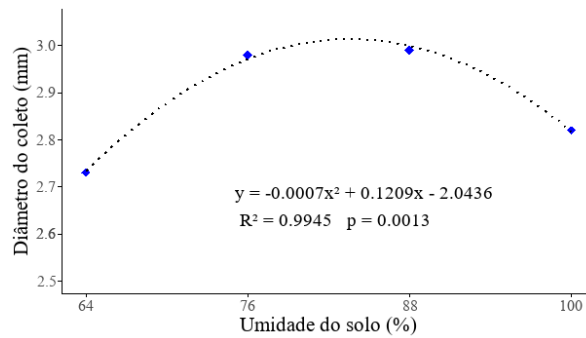
Em contraste, o aumento da umidade do solo favoreceu linearmente o desenvolvimento da parte aérea das plântulas (Figura 4A), com incremento médio de 4,50% (1,04 cm) a cada nível sucessivo de umidade, resultando em diferença total de 3,12 cm entre os extremos de 64 e 100% de CC. Embora o excesso de água tenha prejudicado a velocidade de emergência, após o pleno desenvolvimento do primeiro trifólio, a umidade próxima à capacidade de campo favoreceu o crescimento aéreo das plantas. O comprimento radicular também apresentou incremento linear, aumentando 1,90 cm (7,5%) a cada aumento de umidade e atingindo diferença final de 22,51% (5,70 cm) entre os tratamentos de menor e maior umidade (Figura 4B). Os resultados corroboram Xiang et al. (2025), que observaram redução significativa da altura de plantas e do diâmetro do coleto em mudas de tomate submetidas a déficit hídrico, bem como Ahmed et al. (2025), que destacam o comprimento das raízes como indicador da tolerância das plantas à seca. Kou, Han e Kang (2022) também reportaram redução de até 19,8% no comprimento radicular sob estresse hídrico.



**Figura 4:** Desenvolvimento de plantas em função da umidade do solo (%). A- Altura de planta ( $\text{cm planta}^{-1}$ ), B – Comprimento da raiz ( $\text{cm planta}^{-1}$ ).

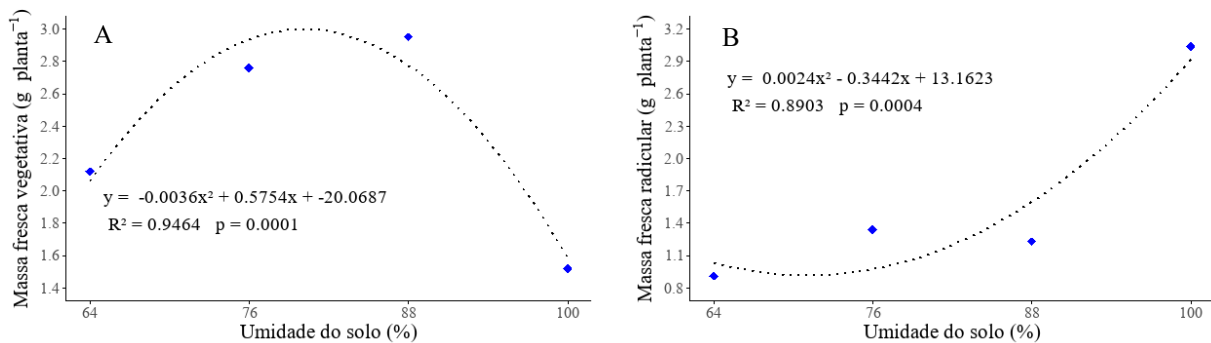
O diâmetro do coleto apresentou resposta quadrática em função da umidade do solo (Figura 5A), atingindo valor máximo de 3,17 mm em 86% da CC, a partir do qual observou-se redução no desenvolvimento. Esse comportamento é consistente com estudos em *Populus euphratica*, nos quais a redução do teor de água no solo provocou diminuição significativa na altura e no diâmetro do coleto das mudas (Yang et al., 2015).

Zhang et al. (2025) também relataram que a umidade do solo excessiva interrompe o crescimento das culturas, devido principalmente a ausência de oxigênio causado pela saturação hídrica do solo. Portanto, o aumento da umidade do solo quando as plantas apresentam o primeiro trifólio desenvolvido é significativamente afetada pela disponibilidade de água no solo, contribuindo para o aumento do diâmetro coleto, entretanto o alto nível de umidade contribui negativamente para o desenvolvimento dessa variável.



**Figura 5:** Diâmetro do coleto (mm) em função da umidade do solo (%).

A massa fresca vegetativa apresentou resposta quadrática com ponto máximo de 2,92 g por planta em 80% da CC, sendo negativamente afetada em níveis superiores de umidade (Figura 6A). Por outro lado, a massa fresca radicular exibiu comportamento inverso, ajustando-se a modelo quadrático com ponto mínimo de 0,82 g por planta em 72% da CC, aumentando gradualmente com o incremento da umidade do solo (Figura 6B).



**Figura 6:** Massa fresca de plantas de soja em função da umidade do solo (%). A- Massa fresca vegetativa (g planta<sup>-1</sup>), B – massa fresca radicular (g planta<sup>-1</sup>).

Em estudo realizado por Baroi et al., (2024), observou-se a redução significativa no peso fresco da parte aérea e radicular em três cultivares de trigo quando submetidas ao estresse hídrico.

O presente estudo demonstra que a umidade do solo exerce papel crítico desde a germinação até o desenvolvimento inicial da soja. Níveis de água próximos à capacidade de campo promovem maior crescimento radicular e aéreo, incremento do diâmetro do coleto e acúmulo de biomassa, enquanto excessos hídricos comprometem a emergência, e a velocidade de emergência. Esses resultados destacam a necessidade de estratégias precisas para o manejo hídrico, que considerem tanto a fase crítica de emergência quanto o desenvolvimento inicial, visando otimizar o vigor das plântulas e potencializar a produtividade da cultura em condições de campo.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento inicial da soja é influenciado pelas condições de umidade do solo. Observou-se que, sob encharcamento, as sementes apresentam dificuldades em originar plântulas viáveis, comprometendo a formação de plantas saudáveis. Por outro lado, níveis de umidade situados entre 70% e 86% da capacidade de campo mostraram-se mais adequados, favorecendo o crescimento inicial da cultura. Nessa faixa, há estímulo ao sistema radicular, o qual responde positivamente ao incremento da disponibilidade hídrica, resultando em melhor vigor e maior potencial de desenvolvimento das plantas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE), ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano), à Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), e ao Instituto Federal do Espírito Santo (campus Santa Teresa) pelo apoio a pesquisa desenvolvida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, Kashif; SHABBIR, Ghulam; AHMED, Mukhtar. Exploring drought tolerance for germination traits of diverse wheat genotypes at seedling stage: a multivariate analysis approach. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, p. 390, 2025.

BAROI, Artho et al. Abscisic acid and glycine betaine-mediated seed and root priming enhance seedling growth and antioxidative defense in wheat under drought. *Heliyon*, v. 10, n. 9, 2024.

BUENO, Paula C. P.; LOPES, Norberto P. Metabolômica para caracterizar respostas adaptativas e de sinalização em leguminosas sob estresses abióticos. **ACS Omega**, v. 5, n. 4, p. 1752–1763, 2020.

CHEN, Xueyao et al. Response characteristics of root to moisture change at seedling stage of *Kengyilia hirsuta*. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1052791, 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra de grãos está estimada em 332,9 milhões de toneladas influenciada por boa produção de soja, milho e arroz**. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-de-graos-esta-estimada-em-332-9-milhoes-de-toneladas-influenciada-por-boa-producao-de-soja-milho-e-arroz>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GAO, S.; LI, M.; HU, Y.; ZHANG, T.; GUO, J.; SUN, M.; SHI, L. Comparative differences in maintaining membrane fluidity and remodeling cell wall between Glycine soja and *Glycine max* leaves under drought. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 209, p. 108545, 2024.

INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural PROATER 2020 a 2023**. Disponível em: [https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Santa\\_Teresa.pdf](https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Santa_Teresa.pdf). Acesso em: 2 jul. 2025.

KHAN, Amir Abdullah et al. Mechanistic insights and future perspectives of drought stress management in staple crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1547452, 2025.

KOU, Xinyue; HAN, Weihua; KANG, Jian. Respostas da arquitetura do sistema radicular ao estresse hídrico em múltiplos níveis: uma meta-análise de ensaios em condições controladas. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1085409, 2022.

MANGHWAR, Hakim et al. Waterlogging stress in plants: Unraveling the mechanisms and impacts on growth, development, and productivity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 224, p. 105824, 2024.

SUO, R.; SANDHU, K.; WANG, M.; YOU, F.; CONNER, R.; COBER, E.; HOU, A. Soybean (*Glycine max* L.) seed germination in response to waterlogging and cold climate: a review on the genetics and molecular mechanisms of resistance to the abiotic stress. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 103, n. 1, p. 13–28, 2022.

THAO, Nguyen Phuong; TRAN, Lam-Son Phan. Potenciais para a engenharia genética da soja tolerante à seca. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 32, n. 4, p. 349–362, 2012.

TIAN, Xiao-Hai; NAKAMURA, Teiji; KOKUBUN, Makie. The role of seed structure and oxygen responsiveness in pre-germination flooding tolerance of soybean cultivars. **Plant Production Science**, v. 8, n. 2, p. 157–165, 2005.

WU, C.; CHEN, P.; HUMMER, W.; ZENG, A.; KLEPADLO, M. Effect of flood stress on soybean seed germination in the field. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 1, p. 53–68, 2016.

Xiang, Peng et al. Responses of Tomato Growth and Soil Environment Properties to Integrated Deficit Water-Biogas Slurry Application Under Indirect Subsurface Drip Irrigation. **Agriculture**, v. 15, n. 15, p. 1601, 2025.

Xu, X.; LEGAY, S.; SERGEANT, K.; ZORZAN, S.; LECLERCQ, C. C.; CHARTON, S.; GIAROLA, V.; LIU, X.; CHALLABATHULA, D.; RENAUT, J.; HAUSMAN, J.-F.; BARTELS, D.; GUERRIERO, G. Molecular insights into plant desiccation tolerance: transcriptomics, proteomics and targeted metabolite profiling in *Craterostigma plantagineum*. **The Plant Journal**, v. 107, n. 2, p. 377–398, 2021.

YANG, Yuhai et al. Effects of progressive soil water deficit on growth, and physiological and biochemical responses of *Populus euphratica* in arid area: a case study in China. **Pakistani Journal of Botany**, v. 47, n. 6, p. 2077–2084, 2015.

ZHANG, Yusen et al. A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1545912, 2025.