



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CAMPUS PROFESSOR BARROS ARAÚJO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

MANUEL EDUARDO MARQUES DA SILVA

CULTIVARES DE SOJA SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

PICOS – PI

2025

MANUEL EDUARDO MARQUES DA SILVA

CULTIVARES DE SOJA SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à disciplina de TCC II do
curso de Engenharia Agronômica da
Universidade Estadual do Piauí,
Campus Professor Barros Araújo,
como requisito para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Francisco
Reinaldo Rodrigues Leal

PICOS – PI

2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão. Pela vida, pelas oportunidades concedidas e pela força para seguir em frente mesmo diante dos desafios. Foi Nele que encontrei amparo, sabedoria e serenidade para concluir mais esta etapa da minha trajetória.

Agradeço também aos meus excelentíssimos professores e aos demais funcionários da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação profissional e a execução deste trabalho, sempre com disposição e acolhimento.

À minha mãe, Advane da Silva Nascimento Marques, e ao meu pai, Lindomar Marques de Oliveira, meu mais profundo agradecimento. Obrigado pelo amor incondicional, pelos conselhos, pelo apoio em todos os momentos e pelos sacrifícios silenciosos que foram fundamentais para que este sonho pudesse se concretizar. Ao meu irmão, Leidivan Marques da Silva, pela amizade, incentivo e companheirismo ao longo de todo o percurso.

Ao meu orientador, Professor Francisco Reinaldo Rodrigues Leal, expresso meu sincero reconhecimento pela dedicação, paciência, confiança e contribuições essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos colegas da turma de Engenharia Agronômica, agradeço pela convivência, apoio e parceria ao longo dessa jornada. Foram anos de aprendizados compartilhados, desafios superados e momentos que levarei comigo. Em especial ao amigo Ernando Sávio Rodrigues de Melo, pela amizade, incentivo e companheirismo constante, tornando essa caminhada mais leve e significativa.

Ao meu amigo e colega, Engenheiro Agrônomo Caio Victor Martins Alves Dantas, que contribuiu com apoio, troca de conhecimentos, incentivo e presença constante nos momentos mais significativos dessa caminhada, deixo meu agradecimento especial.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROP), pela oportunidade de participação no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), experiência que foi essencial para minha formação acadêmica, permitindo o fortalecimento da pesquisa, do aprendizado e da vivência científica.

Por fim, meu agradecimento a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento fosse possível. Cada gesto, palavra e presença teve grande importância na construção deste caminho.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	5
RESUMEN	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 METODOLOGIA	8
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
5 REFERÊNCIAS	16
ANEXO	20

CULTIVARES DE SOJA SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

SOYBEAN CULTIVARS SUBJECTED TO WATER DEFICIT

CULTIVARES DE SOJA SOMETIDAS AL DÉFICIT HÍDRICO

Manuel Eduardo Marques da Silva

Bacharelado em Engenharia Agronômica

Instituição de formação: Universidade Estadual do Piauí (UESPI)

Endereço: (Picos, Piauí, Brasil)

E-mail: eduardo13ad@gmail.com

Francisco Reinaldo Rodrigues Leal

Dr. em Produção Vegetal

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Endereço: (Picos, Piauí, Brasil)

E-mail: franciscoreinaldo@pcs.uespi.br

RESUMO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas agrícolas de maior importância econômica no Brasil, destacando-se por sua ampla adaptação e elevado valor proteico e energético. Entretanto, no semiárido piauiense, o déficit hídrico representa um dos principais fatores limitantes ao crescimento e à produtividade. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de soja (NEO810 e Tormenta) submetidas a diferentes níveis de irrigação, correspondentes a 100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo, equivalentes a lâminas de 19,53 mm, 14,63 mm, 9,76 mm e 4,87 mm, respectivamente. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. Foram analisadas as variáveis altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas, cujos dados foram submetidos à análise de regressão. Os resultados indicaram que a redução das lâminas de irrigação intensificou o estresse hídrico, refletido em menor crescimento e desenvolvimento das plantas. A cultivar NEO810 apresentou desempenho superior nas condições de restrição hídrica, evidenciando maior estabilidade e adaptação fisiológica.

Palavras-chave: *Glycine max* L.; déficit hídrico; irrigação; regressão; semiárido piauiense.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L.) is one of the most economically important crops in Brazil, standing out for its wide adaptability and high protein and energy content. However, in the semi-arid region of Piauí, water deficit represents one of the main limiting factors for crop growth and productivity. This study aimed to evaluate the vegetative development of two soybean cultivars (NEO810 and Tormenta) subjected to different irrigation levels corresponding to 100%, 75%, 50%, and 25% of field capacity, equivalent to water depths of 19.53 mm, 14.63 mm, 9.76 mm, and 4.87 mm, respectively. The experiment was carried out in a completely randomized design, arranged in a 2x4 factorial scheme with four replications. Plant height, stem diameter, and number of leaves were analyzed, and the data were subjected to regression analysis. The results showed that the reduction in irrigation levels intensified water stress, leading to lower plant growth and development. The NEO810 cultivar showed superior performance under restricted water conditions, demonstrating greater stability and physiological adaptation.

Keywords: *Glycine max* L.; water deficit; irrigation; regression; semi-arid region of Piauí.

RESUMEN

La soja (*Glycine max L.*) es uno de los cultivos agrícolas de mayor importancia económica en Brasil, destacándose por su amplia adaptabilidad y su alto contenido proteico y energético. Sin embargo, en la región semiárida de Piauí, el déficit hídrico representa uno de los principales factores limitantes para el crecimiento y la productividad. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el desarrollo vegetativo de dos cultivares de soja (NEO810 y Tormenta) sometidas a diferentes niveles de riego, correspondientes al 100%, 75%, 50% y 25% de la capacidad de campo, equivalentes a láminas de 19,53 mm, 14,63 mm, 9,76 mm y 4,87 mm, respectivamente. El experimento se realizó en un diseño completamente aleatorizado, en un esquema factorial 2x4, con cuatro repeticiones. Se analizaron las variables altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas, cuyos datos se sometieron a análisis de regresión. Los resultados mostraron que la reducción de las láminas de riego intensificó el estrés hídrico, reflejándose en un menor crecimiento y desarrollo de las plantas. La variedad NEO810 presentó un mejor desempeño bajo condiciones de restricción hídrica, demostrando mayor estabilidad y adaptación fisiológica.

Palabras clave: *Glycine max L.*; déficit hídrico; riego; regresión; semiárido de Piauí.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.), pertencente à família Fabaceae, é uma das culturas agrícolas de maior relevância econômica e social no mundo, amplamente cultivada por seu alto teor de proteína e óleo vegetal. Apresenta porte entre 0,5 e 1,5 metros, caule ereto e ramificado, folhas trifoliadas e flores hermafroditas de coloração branca ou arroxeadas. As sementes, contidas em vagens, possuem de 38% a 42% de proteínas e de 20% a 22% de lipídios, sendo amplamente utilizadas na alimentação humana, na nutrição animal e na produção de biocombustíveis (EMBRAPA, 2021; Hungria; Mendes; Campo, 2001).

O Brasil consolidou-se como o maior produtor e exportador mundial de soja, respondendo por cerca de 38% da produção global e por 50% da soja comercializada no mercado internacional (CONAB, 2021; Valdés; Krause; Voutier, 2023). A cultura representa um pilar econômico do agronegócio nacional, movimentando bilhões de reais anualmente e empregando milhões de trabalhadores direta e indiretamente. Além de sua importância comercial, a soja possui expressiva relevância industrial, sendo matéria-prima para a produção de óleo vegetal, lecitina e proteína texturizada, além do farelo utilizado em rações de aves, suínos e bovinos (Medeiros; Gomes; Bungenstab, 2015).

A produtividade da soja depende diretamente de fatores nutricionais e hídricos. A planta é altamente exigente em nitrogênio, fósforo e potássio, sendo o nitrogênio suprido, em grande parte, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que realizam a fixação biológica do nutriente, reduzindo a necessidade de adubação nitrogenada e promovendo maior sustentabilidade do cultivo (Seixas *et al.*, 2020). Por outro lado, a disponibilidade de água é um fator determinante para o crescimento e desenvolvimento da cultura, que requer entre 450 e 800 mm de água ao longo do ciclo. O déficit hídrico durante fases críticas, como floração e enchimento de grãos, pode reduzir a produtividade em até 40%, comprometendo diretamente o número de vagens e o peso dos grãos (Oliveira *et al.*, 2020; Gonçalves; Farias; Sibaldelli, 2020).

O estresse hídrico provoca alterações fisiológicas importantes, como a redução da área foliar, o fechamento estomático e a diminuição da taxa fotossintética, limitando a produção de biomassa e, consequentemente, o rendimento final (Batista, 2015; Fioreze *et al.*, 2011). A resposta da soja à limitação de água varia entre cultivares, podendo ser mitigada pela adoção de práticas de irrigação controlada e pela seleção de genótipos mais adaptados às condições de seca (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Nesse contexto, o manejo eficiente da irrigação e o uso de tecnologias que otimizem o consumo hídrico são fundamentais para garantir o sucesso produtivo em regiões com restrição de recursos hídricos.

O semiárido piauiense caracteriza-se por precipitação média anual inferior a 800 mm, concentrada entre os meses de janeiro e abril, além de elevadas taxas de evapotranspiração que podem ultrapassar 1.300 mm em áreas mais altas e 1.900 mm em regiões de baixa altitude (Gomes; Andrade Júnior; Medeiros,

2005). Essas condições climáticas, somadas à baixa capacidade de retenção de água dos solos, tornam o cultivo agrícola desafiador, exigindo estratégias de convivência com a seca, como o uso de irrigação localizada e o manejo racional da água (Carvalho *et al.*, 2020; Collischonn; Tucci, 2014). Ainda assim, o semiárido apresenta grande potencial produtivo, especialmente com o uso de tecnologias adaptadas e a valorização da agricultura familiar, que tem desempenhado papel central no desenvolvimento local (Alencar *et al.*, 2022; Silva, 2016).

Diante desse contexto, o presente trabalho avaliou o crescimento vegetativo de duas cultivares de soja submetidas ao déficit hídrico no semiárido piauiense.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Professor Barros Araújo (latitude: 7° 2' 49.68", longitude: 41° 32' 25.52"), localizada no município de Picos – PI, as plantas foram conduzidas com uma duração de três meses, iniciado em março e finalizado em julho de 2025. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente, com temperaturas médias elevadas, baixa umidade relativa e precipitação anual irregular, concentrada entre os meses de janeiro e abril. A pluviosidade média anual é de aproximadamente 700 mm, e a região apresenta alta taxa de evapotranspiração, o que resulta em prolongados períodos de estiagem (Piauí, 2010).

O experimento foi instalado seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 × 4, composto por duas cultivares de soja (NEO 810 e TORMENTA) e quatro lâminas de irrigação: 100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo, aplicadas conforme o manejo de irrigação adotado. Cada tratamento conteve quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Esse delineamento permitiu avaliar o efeito combinado das cultivares e dos níveis de irrigação sobre o crescimento vegetativo da soja em condições controladas de déficit hídrico.

A determinação das lâminas de irrigação utilizadas nos tratamentos foi baseada na capacidade de campo do solo, obtida por meio do método da pesagem descrito por procedimentos adaptados da Universidade Federal de Juiz de Fora - Prática nº 6.1 (Peixoto *et al.*, 2018). Para tanto, amostras do solo utilizado no experimento foram secas ao ar, peneiradas e posteriormente saturadas com água até o ponto de drenagem livre. Após a drenagem gravitacional completa, as amostras foram pesadas em balança de precisão para determinar a quantidade de água retida no solo, correspondente à sua capacidade de campo. Com base nesses resultados, calcularam-se as lâminas de irrigação de 19,53 mm, 14,63 mm, 9,76 mm e 4,87 mm, aplicadas aos tratamentos experimentais.

A partir dos resultados da análise, constatou-se que os teores de nutrientes estavam adequados, sendo necessária apenas a correção do pH e o aumento da saturação por bases, para esse ajuste, foi aplicada a dose de 172 g de calcário dolomítico por unidade experimental, quantidade suficiente para ajustar o pH para a faixa ideal de 5,5 a 6,0 e elevar a saturação por bases para valores entre 60% e 65%, conforme as recomendações agronômicas para a cultura da soja descritas por Nolla e Anghinoni (2006). O experimento foi conduzido em vasos plásticos com capacidade de 8 litros, os quais serviram como unidades experimentais para o cultivo das plantas sob as diferentes lâminas de irrigação, o espaçamento utilizado foi de 50 cm entre linhas e 25 cm entre os vasos.

O objetivo foi ajustar o pH para a faixa ideal de 5,5 a 6,0 e elevar a saturação por bases para valores entre 60% e 65%, conforme as recomendações agronômicas para a cultura da soja descritas por Nolla e Anghinoni (2006). A partir dos resultados da análise, constatou-se que os teores de nutrientes estavam adequados, sendo necessária apenas a correção do pH e o aumento da saturação por bases. Para esse ajuste, foi aplicada a dose de 172 g de calcário dolomítico por unidade experimental, quantidade suficiente para a neutralização do alumínio trocável e equilíbrio das bases no solo. O experimento foi conduzido em vasos plásticos com capacidade de 8 litros, os quais serviram como unidades experimentais para o cultivo das plantas sob as diferentes lâminas de irrigação.

As sementes foram doadas gentilmente por um colega, José Neto de Araújo Leite, as quais foram doadas da Fazenda Tangará da Serra Urucuí – Piauí, sendo elas sementes de 2 cultivares de soja, a NEO810 sendo uma cultivar de ciclo médio e porte alto e que apresenta elevado potencial produtivo, hábito de crescimento indeterminado e ramificação média, com PMG de 162g, e a cultivar Tormenta sendo uma cultivar de ciclo médio, hábito de crescimento indeterminado com baixo índice de ramificações, alto potencial produtivo e PMG de 172g. A semeadura foi realizada diretamente nos vasos de 8 litros previamente preparados. Foram depositadas sete sementes por recipiente, a uma profundidade de 3-5 cm seguindo as recomendações de Garcia (2021).

A irrigação das plantas foi realizada manualmente, utilizando um bêquer de 1 litro para a aplicação uniforme das lâminas de água correspondentes a cada tratamento. A irrigação foi efetuada diariamente, de modo a manter a umidade do solo próxima aos níveis determinados experimentalmente para cada lâmina. 15 dias após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, permanecendo uma planta por vaso, selecionando-se aquela com maior vigor e crescimento uniforme, essa prática teve como finalidade evitar a competição por luz, água e nutrientes, assegurando condições homogêneas para a avaliação das variáveis de crescimento das cultivares (Silva; Macedo, 2016).

Durante a condução do experimento, observou-se que as plantas submetidas às menores lâminas de irrigação apresentaram sintomas progressivos de murcha e estagnação do crescimento, característicos do déficit

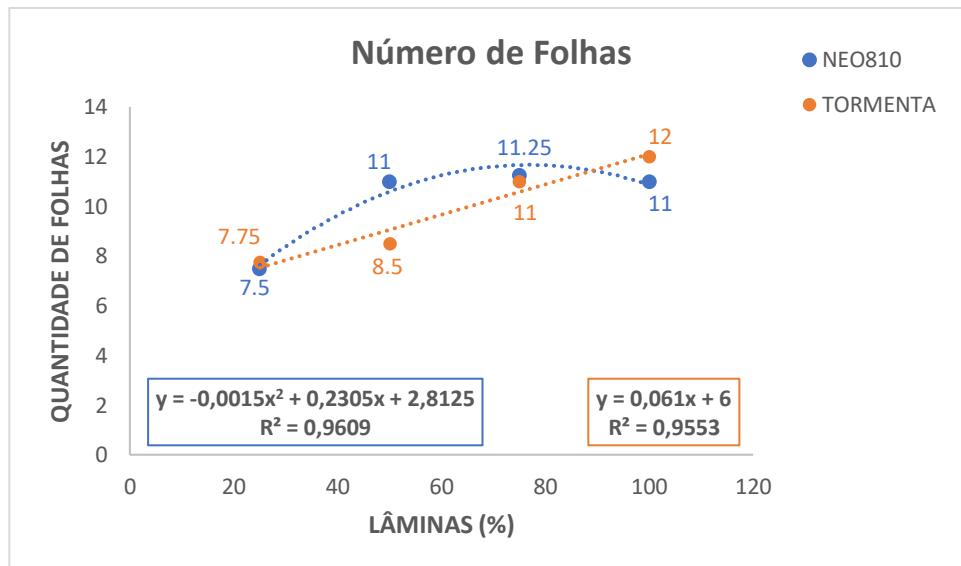
hídrico. Diante desse comportamento, as avaliações das variáveis vegetativas foram realizadas conforme o crescimento das plantas e o avanço dos sintomas de estresse. As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas (trifólios). A altura das plantas foi mensurada utilizando uma régua milimetrada de 50 cm, o diâmetro do caule foi determinado com auxílio de um paquímetro digital de precisão, e o número de folhas foi obtido por contagem manual dos trifólios totalmente expandidos em cada planta avaliada.

Os dados das variáveis vegetativas foram organizados em planilhas do Microsoft Excel® e submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do programa SISVAR® versão 5.6 submetido ao teste de Tukey a 5% de probabilidade (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável número de folhas, houve diferença entre as lâminas de irrigação dentro das cultivares NEO810 e Tormenta, onde as lâminas de 50% (9,76 mm) a 100% (19,53 mm) da capacidade de campo, para a variedade NEO, apresentaram incremento médio 32,32% em relação à menor média (7,5 folhas). A variedade TOR, apresentou nas lâminas 75% (14,63 mm) e 100% (19,53 mm) da capacidade de campo valor médio de 11,5 folhas, proporcionando incremento médio de 32,61% em ralação ao menor valor (7,75 folhas). Já para as cultivares dentro de cada lâmina de irrigação, houve significância apenas na lâmina de 50% (9,76 mm), tendo a cultivar NEO apresentado 2,5 folhas a mais que a cultivar TOR (Figura 1).

Figura 1. Número de folhas das cultivares NEO810 e Tormenta submetidas a diferentes lâminas de irrigação



Fonte: Elaborado pelos autores

Observou-se que o número de folhas aumentou de forma consistente com o incremento das lâminas de irrigação até determinado ponto, para ambas cultivares. Para Dong *et al.* (2019), tal comportamento indica que a emissão foliar e o crescimento das folhas é altamente dependente da disponibilidade hídrica,

uma vez que o estresse por déficit reduz a turgescência celular, limita a expansão foliar e acelera a senescência das folhas.

Em trabalho realizado por Medyouni *et al.* (2021) foram avaliados frutos e folhas em plantas submetidas à deficiência de água e observaram que, após três meses de estresse hídrico, ocorreu diminuição no número de folhas, bem como em suas larguras e comprimentos, em comparação ao controle bem irrigado, demonstrando que o déficit hídrico reduz o número de folhas ou inviabiliza a emissão de novas folhas em várias espécies vegetais.

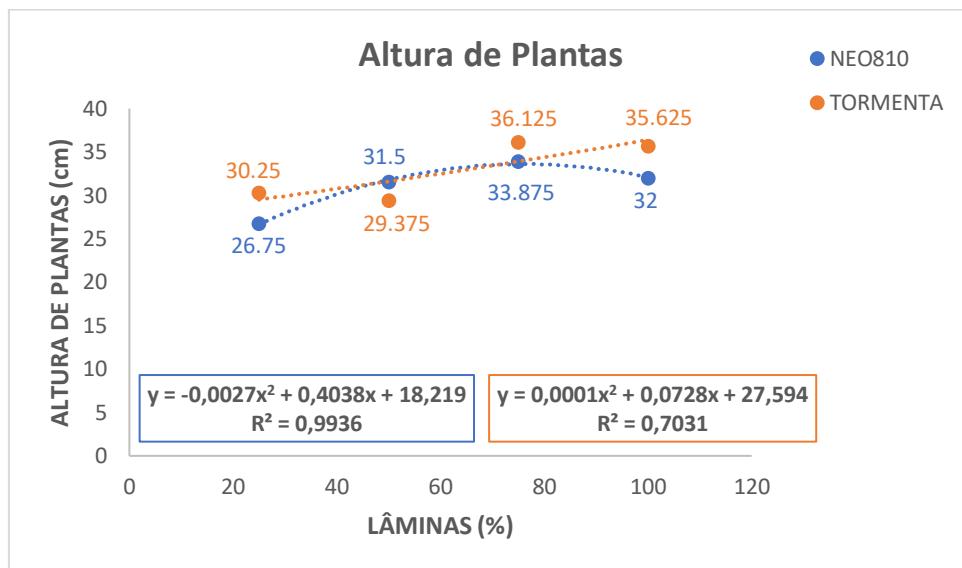
Seleiman *et al.* (2021) aponta que os mecanismos de resposta ao estresse hídrico das plantas indicam que a seca acelera a senescência foliar, reduz a turgidez das células foliares e limita a expansão foliar, esses mecanismos de resposta ao estresse são afetados com a perda de água, o fechamento estomático e processos oxidativos, os quais promovem a senescência foliar prematura sob déficit hídrico, afetando diretamente o desenvolvimento das folhas.

Em estudo realizado por Nour *et al.* (2024) aponta que muitas espécies respondem ao estresse hídrico com redução de parâmetros de crescimento vegetativo, incluindo o número de folhas, área foliar e alongamento, o que enfatiza que plantas sob condição de estresse hídrico demonstram redução significativa no número de folhas, no comprimento dos brotos e na área foliar, como parte de ajustes adaptativos para reduzir perda de água. Esses resultados estão em consonância com os valores médios demonstrados na figura 1, onde ambas as variedades testadas nas lâminas de irrigação de 4,87 mm apresentaram a emissão de novas folhas lesada pela deficiência hídrica.

De forma semelhante, Conceição e Dourado (2023) observaram que a deficiência hídrica promoveu uma redução expressiva na expansão foliar em plantas de soja, demonstrando que a limitação de água no solo restringe o crescimento celular e o número total de folhas emitidas.

No parâmetro altura de plantas, observou-se diferença entre as lâminas de irrigação dentro das cultivares NEO810, bem como na cultivar Tormenta (Figura 2). Para ambas cultivares, a lâmina de irrigação de 75% (14,63 mm) proporcionou efeito significativo quando comparado com as lâminas de 25% (4,87 mm) para a cultivar NEO810, e para a cultivar Tormenta as lâminas de irrigação de 25% (4,87 mm) e 50% (9,76 mm), com incrementos de 21,03% (NEO) e, de 16,26% e 18,69% (TOR), respectivamente. Não foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares nas lâminas de irrigação.

Figura 2. Altura de plantas das cultivares NEO810 e Tormenta submetidas a diferentes lâminas de irrigação



Fonte: Elaborado pelos autores

Ambas cultivares apresentaram incremento na altura até a lâmina de 75% (14,63 mm), com estabilização ou redução em volumes superiores. Em estudo realizado por Zamani *et al.* (2025), demonstrou-se que o déficit hídrico exerce efeito prejudicial sobre o crescimento vertical das plantas, frequentemente resultando em menor altura. Sob condições de seca, as plantas exibem redução no alongamento celular devido à diminuição da pressão de turgor nas células do meristema apical, o que compromete o crescimento em altura, efeito evidenciado em diferentes genótipos que apresentaram redução significativa da altura quando submetidos ao estresse hídrico em comparação com plantas bem irrigadas.

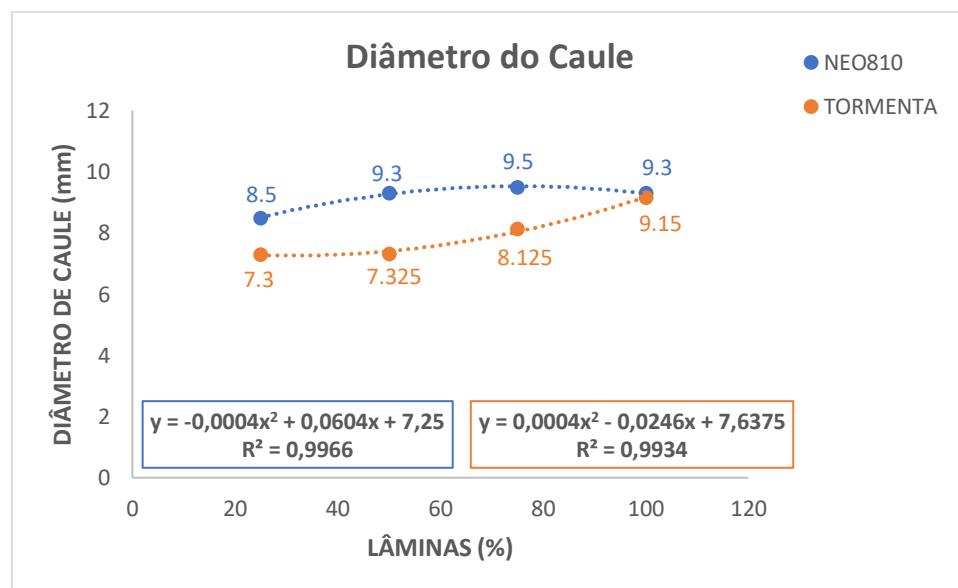
Segundo Seleiman *et al.* (2021), o estresse hídrico induz o fechamento estomático como mecanismo de conservação de água, reduzindo a assimilação de CO₂ e, consequentemente, a atividade fotossintética, demonstrando que essa limitação na fixação de carbono diminui a produção de carboidratos disponíveis para o crescimento vegetal, afetando diretamente o alongamento do caule e outros processos de expansão celular. Os autores destacam ainda que o déficit hídrico desencadeia alterações hormonais, como o aumento da concentração de ácido abscísico, que contribuem para a redução do crescimento em altura, além de promoverem senescência foliar e desaceleração geral no desenvolvimento vegetativo.

Os resultados obtidos na figura 2 confirmam observações realizadas em outros estudos com soja. Yavas, Yildirim e Iker. (2025) demonstraram em seu estudo que a restrição hídrica reduziu significativamente a altura e o vigor de três genótipos de soja avaliados sob diferentes regimes de irrigação, evidenciando que tais efeitos estão relacionados à redução do alongamento celular, resultado da menor pressão de turgor e da diminuição da atividade meristemática em condições de seca.

Assim, o comportamento observado nas cultivares avaliadas confirma que o suprimento adequado de água favorece o alongamento celular e o crescimento vegetativo, enquanto que as cultivares submetidas a menores lâminas de irrigação como a de 25% (4,87 mm) sofrem com estresse provocado pela deficiência hídrica o que compromete de forma expressiva a altura das plantas.

Para a variável diâmetro do caule (DC), houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação dentro da cultivar Tormenta, onde a lâmina de irrigação de 100% (19,53 mm) apresentou incremento médio de 20% em relação as lâminas de 25% (4,87 mm) e 50% (9,76 mm). Já para as cultivares dentro de cada lâmina de irrigação, houve significância para as lâminas de 25% (4,87 mm), 50% (9,76 mm) e 75% (14,63 mm), tendo a cultivar NEO apresentando incremento médio respectivo de 14,12%, 21,3% e 14,6% em relação a cultivar TOR (Figura 3).

Figura 3. Diâmetro do caule das cultivares NEO810 e Tormenta submetidas a diferentes lâminas de irrigação



Fonte: Elaborada pelos autores

O diâmetro do caule apresentou aumento progressivo até as lâminas de irrigação intermediárias e estabilização nas maiores lâminas. Em um estudo com soja, Soliman *et al.* (2025) avaliaram as trocas gasosas, fluorescência e o diâmetro do caule sob estresse hídrico, e observaram que o déficit promoveu encolhimento diurno e redução da expansão noturna do caule, resultando em menores valores de diâmetro em comparação com plantas bem irrigadas.

Em trabalho realizado por Ohashi *et al.* (2006) relatam que, sob estresse hídrico, as plantas de soja exibiram contração no caule durante o dia e menor expansão durante a noite, além de diminuição geral no diâmetro do caule em comparação ao controle irrigado.

Além disso, Sudrajad *et al.* (2015) discutiram que variações de alta resolução no diâmetro do caule (stem diameter variations, SDV) são utilizadas

como indicadores sensíveis ao estresse por seca, já que a dinâmica de expansão e contração radial do caule reflete diretamente alterações no status hídrico da planta.

Durante o dia, a alta taxa de transpiração provoca a perda de água pelos tecidos, reduzindo a pressão de turgor e causando contração do caule. Já à noite, com a diminuição da transpiração, ocorre reidratação dos tecidos e expansão do diâmetro. Esse ciclo diário reflete o equilíbrio entre perda e reposição de água na planta. Segundo Dietrich, Zweifel e Kahmen (2018), essas variações diárias no diâmetro do caule estão fortemente correlacionadas ao status hídrico e podem ser usadas como indicadores sensíveis de estresse por déficit de água.

Resultados semelhantes foram relatados por Narayana *et al.* (2024), ao observar que o déficit hídrico reduz a espessura do caule em genótipos de soja, reflexo da limitação da atividade cambial e da redução do acúmulo de reservas estruturais. Esse comportamento confirma que o diâmetro do caule é um importante indicador de tolerância ao estresse hídrico, e que cultivares que mantêm maior espessura mesmo sob déficit apresentam maior potencial adaptativo em ambientes de menor disponibilidade de água.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O déficit hídrico exerceu influência significativa sobre o crescimento vegetativo das cultivares de soja avaliadas. Observou-se uma relação direta entre o aumento das lâminas de irrigação e o incremento das variáveis morfológicas, evidenciada pelas curvas de regressão ajustadas para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas. À medida que a disponibilidade hídrica diminuiu, houve redução expressiva no crescimento das plantas, caracterizada pela menor emissão de folhas, redução da altura e contração do caule, reflexo da limitação fisiológica provocada pela escassez de água.

Entre as cultivares estudadas, a NEO810 apresentou melhor desempenho sob condições de restrição hídrica, mantendo maiores valores médios nas variáveis analisadas e comportamento mais estável nas curvas de regressão, demonstrando maior capacidade de adaptação ao déficit de água. Já a cultivar Tormenta mostrou maior sensibilidade à redução das lâminas, apresentando queda acentuada nos parâmetros de crescimento sob menores volumes de irrigação.

5 REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Paulo G. *et al.*; Semiárido piauiense: expansão da cajucultura e transformações no território. Revista Geográfica de América Central, v. 68, n. 1, 2022.
- BATISTA, Evandro L. S. *et al.*; Avaliação do efeito do estresse hídrico no crescimento de cultivares de cana-de-açúcar usando um sistema automático de fertirrigação. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering, 2015. Disponível em: <Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p215-229/2015>> Acesso em: 22 out. 2024.
- CAMPOS, Anna J. de Moraes.; SANTOS, Sarah M.; NACARATH, Inai Rhavene F. Fagundes.; Estresse hídrico em plantas: uma revisão. Research, Society and Development, [S. I.], v. 10, n. 15, p. e311101523155, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <<https://rsdjurnal.org/index.php/rsd/article/view/23155>> Acesso em: 22 out. 2024.
- CARVALHO, Marcus W. *et al.*; Caracterização da precipitação e sua relação com a evapotranspiração de referência em municípios do Piauí. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 24, e14, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/2236499440226>> Acesso em: 21 out. 2024
- CODEVASF.; Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba (PLANAP). Brasília: Codevasf, 2006.
- COLLISCHONN, Bruno; TUCCI, Carlos Eduardo M.; Relações Regionais entre Precipitação e Evapotranspiração Mensais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 3, p. 205-214, 2014.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; Safra 2021/22 cresce 4% em relação ao ciclo anterior e está estimada em 265,7 milhões de toneladas. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>> Acesso em: 21 out. 2024
- CONCEIÇÃO, Anna Michele. P. da.; DOURADO, Neto D.; Deficiência hídrica em plantas de soja em função da época de aplicação do estresse hídrico e presença de protetor térmico nas folhas. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-03082023-092434/>> Acesso em: 08 out. 2025.
- DIETRICH, Lars; ZWEIFEL, Roman; KAHMEN, Ansgar.; “Daily stem diameter variations can predict the canopy water status of mature temperate trees.” Tree Physiol. Jul. 2018. 1;38(7):941-952. doi: 10.1093/treephys/tpy023. PMID: 29554370. Acesso em: 16 out. 2025.
- DONG, Shoukun *et al.*; A study on soybean responses to drought stress and rehydration. Saudi Journal of Biological Sciences. Volume 26, Issue 8, Dec. 2019, Pages 2006-2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.08.005>. Acesso em: 16 out. 2025.

DU, Yanli *et al.*; "Effect of Drought Stress during Soybean R2-R6 Growth Stages on Sucrose Metabolism in Leaf and Seed." International journal of molecular sciences vol. 21,2 618. 17 Jan. 2020, doi:10.3390/ijms21020618. Acesso em: 08 out. 2025.

EMBRAPA. Características da soja: morfologia e fisiologia. Embrapa Soja, 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br> > Acesso em: 16 out. 2024.

EMBRAPA; Soja na alimentação de bovinos. Embrapa Gado de Corte, 2009.

EMBRAPA; Soja na alimentação humana: características nutricionais e funcionais. Embrapa Soja, 2020. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/soja>.> Acesso em: 21 out. 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado.; SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista brasileira de biometria, 37(4), 529-535, 2019.

FIOREZE, Samuel Luiz *et al.*; "Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico." Revista Ceres, 2011.

FPA – Frente Parlamentar da Agropecuária. Importância da Soja para o Brasil. 2021. Disponível em: <https://fpagropecuaria.org.br>. Acesso em: 21 out. 2024.

GARCIA, Antonio. Aspectos a serem considerados na instalação da lavoura de soja. Agência de Informação Embrapa. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/installacao-da-lavoura/aspectos-a-serem-considerados>. Acesso em: 25 nov. 2025.

GOMES, Adriano. A. N.; ANDRADE JUNIOR, Anderson S. de.; MEDEIROS, Raimundo M. de.; Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 4, p. 560-564, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br> > Acesso em: 21 out. 2024

GONÇALVES, Sergio Lu; FARIA, José R. Bouças; SIBALDELLI, Rubson N. Ribeiro.; Impactos da deficiência hídrica na produtividade da soja. Embrapa Soja, 2020.

HUNGRIA, Mariangeli; MENDES, Iêda Carvalho; CAMPO, Rubens José.; Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Embrapa Soja, Londrina, 2001. KURIHARA, C. H. *et al.*; Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MEDEIROS, S. de S. *et al.* Variabilidade e Mudanças Climáticas no Semiárido. Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas. INSA, Campina Grande, 2011.

MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C., BUNGENSTAB, D. J.; Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações. Embrapa Brasília, DF 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbz>.> Acesso em: 21 out. 2024.

- MEDYOUNI, Ibtissem *et al.* "Effects of water deficit on leaves and fruit quality during the development period in tomato plant." *Food science & nutrition*. vol. 9,4 1949-1960. 16 Feb. 2021, doi:10.1002/fsn3.2160. Acesso em: 16 out. 2025.
- NARAYANA, N. Kodadinne *et al.*; Resilience of soybean genotypes to drought stress during the early vegetative stage. *Sci Rep* 14, 17365 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67930-w>. Acesso em: 10 out. 2025.
- NASCIMENTO, C. Ribeiro *et al.*; Efeito da bagana de carnaúba nos atributos microbiológicos, umidade e temperatura do solo. *Revista Científica de Dracena/SP*, v.49, n.4, p.174–182, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2021v49n4p174-182>> Acesso em: 25 out. 2024
- NOLLA, Antonio; ANGHINONI, Ibanor.; Critérios de calagem para a soja no sistema plantio direto consolidado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30:475-483, 2006.
- NOUR, Mudawi. M. *et al.* Drought responses and adaptation in plants differing in life-form. *Front. Ecol. Evol.*, 20 Nov. 2024. Sec. *Ecophysiology* Volume 12 – 2024. doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1452427>. Acesso em: 16 out. 2025.
- OHASHI, Y. *et al.* "Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants." *Biol Plant* 50, 138–141 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10535-005-0089-3>. Acesso em: 16 out. 2025.
- OLIVEIRA, S. Augusto de. *et al.*; Efeito do Estresse Hídrico em Cultivo de Soja. III COMSOJA: Congresso Online para aumento da produtividade do Milho e Soja. 13 de julho de 2020, Santa Maria/RS. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219098/1/SOLANGE-RESUMO-Efeito-do-Estresse-Hidrico.pdf>> Acesso em: 21 out. 2024
- PEIXOTO, PAULO H. P. *et al.* Fisiologia vegetal: uma abordagem prática em multimídia. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Botânica, 2018. 1 DVD (Parte III: Prática 6.1 - Determinação da Capacidade de Campo em Diferentes Tipos de Solos). Acesso em: 26 nov. 2025.
- PIAUÍ. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico referencial consolidado sobre os Recursos Hídricos no Estado do Piauí. Teresina: SEMAR, 333 p. 2010.
- SEIXAS, Claudiene D. Santos *et al.*; Tecnologias de Produção de Soja: Sistema de produção 17. Embrapa Soja, Londrina, PR. Julho de 2020.
- SELEIMAN, Mahmoud *et al.*; "Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects." *Plants* (Basel, Switzerland) vol. 10,2 259. 28 Jan. 2021, doi:10.3390/plants10020259 Acesso em: 16 out. 2025.
- SILVA, Ivando C. de Macedo *et al.*; Influência da população de plantas sob o crescimento e produção orgânica de alface no Sertão paraibano. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 59, n. 2, p. 49-59, 2016.

SILVA, M. A. M. *et al.*; Fatores socioambientais influenciados pela seca na conservação da caatinga. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2016.

SOLIMAN, Alaa *et al.* "Agronomic and anatomic performance of some soybean genotypes under optimal and water-deficit conditions." *Frontiers in plant science* vol. 16 1575180. 1 May. 2025, doi:10.3389/fpls.2025.1575180. Acesso em: 16 out. 2025.

SUDRAJAD, Heru *et al.*; Optimizing Cultivation Technique of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. under Tropical Climate. *Indian Journal of Agricultural Research.* 56(1): 76-80. doi: 10.18805/IJARe.A-665.

VALDÉS, C.; KRAUSE, M.; VOUTIER, L. Soybean Production, Marketing, Costs, and Export Competitiveness: Brazil and the United States. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2023. (Economic Information Bulletin, EIB-262). Disponível em:
https://www.ers.usda.gov/sites/default/files/_laserfiche/publications/108176/EIB-262.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

YAVAS, Iikay; YILDIRIM, Aliye; IIKER, Emre.; Evaluation of Three Soybean Genotypes under Drought Stress. *Polish Journal of Environmental Studies.* 2025;34(5):6441–6448. doi:10.15244/pjoes/191005. Acesso em: 11 out. 2025.

ZAMANI, Saeid *et al.*; The impact of drought stress on morpho-physiological characteristics of rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Oil Crop Science.* Volume 10, Issue 2, June 2025, Pages 165-176. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2025.04.00>. Acesso em: 16 out. 2025.

ANEXO

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO

Diretrizes para Autores

Fonte e espaçamento:

- O texto deve ser digitado em fonte Arial, tamanho 12, com espaçamento entre linhas de 1,5 e alinhamento justificado. As margens seguem o padrão de 2,5 cm em todos os lados. As citações diretas longas (mais de três linhas) devem ter recuo de 4 cm à esquerda, fonte Arial tamanho 10 e espaçamento simples.

Títulos e subtítulos:

- Títulos de seções primárias (ex.: 1 INTRODUÇÃO, 2 REFERENCIAL TEÓRICO) CAIXA ALTA, **negrito**, Arial 12.
- Subtítulos de seções secundárias (ex.: 2.1 TÍTULO DA SEÇÃO) CAIXA ALTA, sem negrito, Arial 12.
- Seções terciárias (ex.: 2.1.1) → negrito e itálico.
- As subdivisões seguintes seguem o padrão apresentado pela revista.

Figuras, quadros e tabelas:

- Devem ser numeradas sequencialmente em algarismos arábicos (Figura 1, Tabela 1, Quadro 1, etc.), com título centralizado, fonte Arial tamanho 10, espaçamento simples, e a fonte indicada abaixo da figura.

Exemplo:

- Figura 1. Mapa do município de Picos – PI
- Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Citações:

- Seguem as normas da ABNT NBR 10520:2023, conforme orientações da revista:
- Citação indireta: (SOBRENOME, ano).
- Citação direta curta (até 3 linhas): entre aspas.
- Citação direta longa (mais de 3 linhas): recuo de 4 cm, fonte 10, sem aspas.
- Dois autores: (OLIVEIRA; SILVA, 2020).
- Mais de três autores: (PEREIRA *et al.*, 2019)
- Mesmo autor, obras diferentes: (SANTOS, 2018, 2020).
- Obras do mesmo ano: (SANTOS, 2019a, 2019b).
- O uso das expressões *et al.* e *apud* deve ser feito em itálico, conforme ABNT e diretrizes editoriais.

Fórmulas e equações:

- Devem ser alinhadas à esquerda, com numeração sequencial entre parênteses à direita, utilizando fonte Arial 12 e espaçamento simples.

Marcadores:

- Quando utilizados, devem ser ordenados alfabeticamente (a), b), c)...), com letra inicial minúscula, recuo de parágrafo e espaçamento simples.

Referências:

- Devem seguir a ABNT NBR 6023:2018, em ordem alfabética, espaçamento simples, fonte Arial 12, alinhamento à esquerda e separadas por espaço simples entre elas.