

ORIGINAL PAPER**Ácido salicílico na indução à tolerância da goiabeira cv. Tailandesa ao déficit hídrico controlado**

Iara Almeida Roque¹, Vera Lucia Antunes de Lima¹, Maíla Vieira Dantas¹, Valéria Fernandes de Oliveira Sousa², Jackson Silva Nóbrega³, Luderlândio de Andrade Silva², Amanda Rodrigues de Oliveira Xavier², Geovani Soares de Lima^{1,2*} & Lauriane Almeida dos Anjos Soares^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil

²Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil

³Universidade Federal do Oeste do Pará, Rurópolis, Pará, Brasil

Resumo: A escassez de água em regiões semiáridas prejudica a produção de frutíferas de importância socioeconômica como a goiabeira, sendo necessárias estratégias de manejo da irrigação associadas a aplicação de osmorreguladores, visando proporcionar aclimação em plantas sob estresse hídrico. Objetivou-se avaliar o potencial da aplicação foliar de ácido salicílico sobre a fisiologia, vigor, qualidade e fitomassa de mudas de goiabeira cv. Tailandesa cultivada sob estresse hídrico. O experimento foi realizado sob delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2×5 : duas condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) e cinco concentrações de ácido salicílico aplicadas via foliar (0; 1,2; 2,4; 3,6 e 4,8 mM), com quatro repetições. A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,2 mM promoveu efeito benéfico na taxa de assimilação de CO₂ sob 100% da ETr e mitigou os efeitos do déficit hídrico de 50% da ETr nas trocas gasosas, extravasamento de eletrólitos e fluorescência da clorofila *a* da goiabeira cv. Tailandesa.

Palavras-chave: *Psidium guajava* L., osmorreguladores, estresse hídrico.

Salicylic acid in the induction of tolerance of guava cv. Tailandesa to controlled water deficit

Abstract: Water scarcity in semiarid regions impairs the production of fruit trees of socioeconomic importance, such as guava, requiring irrigation management strategies associated with the application of osmoregulators to provide acclimatization in plants under water stress. The objective of this study was to evaluate the potential of foliar application of salicylic acid on the physiology, vigor, quality, and phytomass of guava seedlings cv. Tailandesa grown under water stress. The experiment was conducted using a randomized

* Autor correspondente: E-mail: geovani.soares@professor.ufcg.edu.br

Editores: Mairton Gomes da Silva & Petterson Costa Conceição Silva

Recebido em: 14 de novembro de 2024

Aceito em: 01 de maio de 2025

block design in a 2×5 factorial scheme: two water conditions (50 and 100% of actual evapotranspiration – ETr) and five concentrations of salicylic acid applied via foliar (0, 1.2, 2.4, 3.6, and 4.8 mM), with four replications. Foliar application of salicylic acid at a concentration of 2.2 mM promoted a beneficial effect on the CO₂ assimilation rate under 100% ETr and mitigated the effects of water deficit of 50% ETr on gas exchange, electrolyte leakage, and chlorophyll *a* fluorescence of guava cv. *Thailandesa*.

Keywords: *Psidium guajava* L., osmoregulators, water stress.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera, presente em larga escala comercial do país, apresenta frutos com alto valor nutritivo e elevados teores de vitamina C, propriedades organolépticas e considerável rendimento de polpa (Lacerda et al., 2022; Ferreira et al., 2023). A cultivar *Thailandesa* se destaca por possuir poucas sementes, boa espessura de polpa, maior tempo de prateleira e melhor resistência ao transporte comparada com outras cultivares comerciais, produz frutos de coloração vermelha e grandes, podendo chegar a 900 g, com excelente aceitação no mercado para consumo *in natura* (Pereira et al., 2018).

Entretanto, a produção desta cultura enfrenta limitações no semiárido brasileiro, em virtude da escassez hídrica, pois essa região apresenta chuvas concentradas em curto período e vários meses de estiagem ao longo do ano, além de elevadas taxas de evapotranspiração, ocasionando déficit hídrico as culturas (Golla, 2021). Além disso, o armazenamento de água nos solos, nessa região, é considerado baixo, devido as suas estruturas morfológicas com pequena profundidade efetiva, resultante do baixo intemperismo químico (Ayangbenro e Babalola, 2021).

O déficit hídrico desencadeia diversos processos fisiológicos nas plantas, começando pela resistência estomática, diminuição da transpiração e captação de carbono, comprometendo a fotossíntese e alocação de assimilados na planta (Abrar et al., 2022; Luo et al., 2023). A baixa absorção de água reduz a translocação de nutrientes necessários aos processos vitais da planta, podendo gerar estresse nutricional (Fischer e Melgarejo, 2021). O

déficit hídrico, também é responsável pelo aumento na produção de formas reduzidas de oxigênio (ERO's), a exemplo do superóxido (O₂⁻), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e radical hidroxila (OH⁻), que reagem com estruturas de lipídeos, membranas celulares e materiais genéticos através da oxidação, desestruturação, mutação e paralisação pela toxidez excessiva dessas substâncias (Dumanović et al., 2021).

A mitigação dos efeitos deletérios do déficit hídrico pode ocorrer pela aplicação exógena de osmorreguladores que promovem aclimação em plantas cultivadas sob estresse hídrico, como o ácido salicílico (AS), um fitohormônio que atua no ajuste osmótico celular, mantendo o potencial hídrico e turgor celular, com ação direta na regulação das trocas gasosas, aumentando o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade das enzimas antioxidantes (Aires et al., 2022; Usman et al., 2022; Fátima et al., 2023).

Alguns trabalhos apontam eficácia do ácido salicílico na mitigação dos efeitos negativos do déficit hídrico em plantas. Jales Filho et al. (2022) observaram que o AS elevou a síntese de osmorreguladores, a concentração de proteínas e modulou a atividade de enzimas antioxidantes em feijoeiro. Contudo, ainda são escassas pesquisas que avaliem a atenuação do déficit hídrico pelo ácido salicílico em fruteiras de importância comercial, principalmente a goiabeira.

Portanto, a otimização e expansão da goiabeira pode ser possível a partir de estudos que desenvolvam estratégias de irrigação deficitária, promovendo maior economia de água, associadas a utilização

de fitohormônios, garantindo um melhor desenvolvimento da cultura em regiões de baixa disponibilidade hídrica. Nesta vertente, objetivou-se avaliar o potencial da aplicação foliar de ácido salicílico sobre a fisiologia, vigor, qualidade e fitomassa de mudas de goiabeira cv. Tailandesa sob irrigação com déficit hídrico controlado.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido sob condições de casa de vegetação, no período

de setembro de 2022 a março de 2023, na Fazenda Experimental ‘Rolando Enrique Rivas Castellón’ pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), São Domingos (6° 50’ 4” de latitude Sul, 37° 53’ 9” de longitude Oeste e altitude média de 190 m), Paraíba, Brasil. No interior da casa de vegetação, os dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar foram registrados durante o período experimental, conforme apresentados na Figura 1.

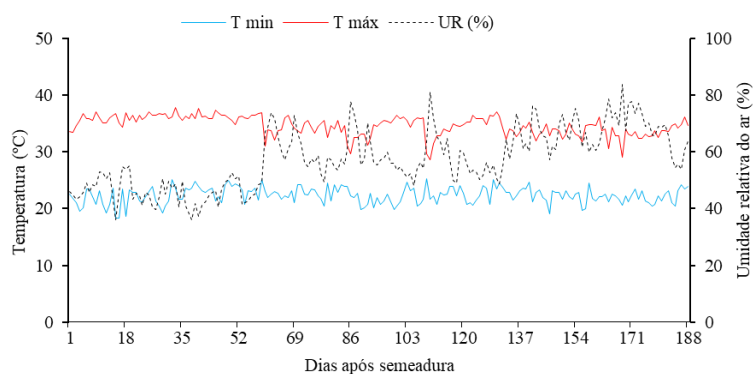


Figura 1: Temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T min) e umidade relativa do ar (UR) durante o período experimental.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2×5 : duas condições hídricas (CH) (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) e cinco concentrações de ácido salicílico aplicadas via foliar (AS) (0; 1,2; 2,4; 3,6 e 4,8 mM). As concentrações de AS foram definidas com base em estudo conduzido por Lacerda et al. (2022).

O semeio da goiabeira cv. Tailandesa foi realizado em sacos plásticos de polietileno com capacidade de 1,4 dm³, preenchidos

com substrato composto por uma mistura de solo, areia e esterco bovino (curtido por um período de 120 dias), na proporção volumétrica 2:2:1. Foram semeadas duas sementes por saco, depositadas a 1,0 cm de profundidade. Após a germinação, foi realizado o desbaste, mantendo-se apenas uma planta por saco. O solo utilizado foi classificado como Franco Arenoso, cujos atributos químicos encontram-se na Tabela 1, determinados conforme metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1: Atributos químicos do solo utilizado no experimento

pH (H ₂ O)	CEes	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺
1:2,5	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹				cmol _c kg ⁻¹		
7,19	0,58	59,50	0,49	0,07	4,70	3,63	0,00	0,00
MO	CTC	RAS _{es}	PST					
g kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%					
1,40	8,82	1,40	0,79					

CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Na⁺ e K⁺ – sódio e potássio extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Ca²⁺ e Mg²⁺ – cálcio e magnésio extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Al³⁺ + H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; MO – matéria orgânica: digestão úmida Walkley-Black; CTC – capacidade de troca catiônica; RAS_{es} – razão de adsorção de sódio do extrato de saturação do solo; PST – percentagem de sódio trocável.

A adubação com nitrogênio (ureia), potássio (cloreto de potássio) e fósforo (fosfato monoamônico) foi realizada de acordo com Novais et al. (1991), utilizando-se 100 mg de N, 150 mg de K₂O e 300 mg de P₂O₅ kg⁻¹ de solo, respectivamente. O fornecimento de micronutrientes foi realizado via foliar, com o produto comercial Micro Rexene® (Mg²⁺ = 1,2%; B = 0,85%; Cu = 0,5%; Fe = 3,4%; Mn = 3,2%; Mo = 0,06%; Zn = 4,2%). As adubações foram parceladas em 13 vezes, com aplicações em intervalos de 15 dias. A primeira aplicação ocorreu aos 60 dias após a semeadura (DAS).

A água utilizada na irrigação foi proveniente de abastecimento local da cidade de São Domingos – PB, com as seguintes características físico-químicas: pH = 7,08; condutividade elétrica (CEa) = 0,9 dS m⁻¹; Ca²⁺ = 0,15; Mg²⁺ = 0,32; Na⁺ = 0,42; K⁺ = 0,14; SO₄²⁻ = 0,19; CO₃²⁻ = 0,00; HCO₃⁻ = 0,63 e Cl⁻ = 0,25 mmol_c L⁻¹. O manejo da irrigação foi conduzido de forma a manter a umidade do solo na capacidade de campo. Até 90 DAS, todas as parcelas experimentais receberam a mesma lâmina de irrigação; posteriormente, diferenciaram-se os tratamentos referentes as condições hídricas. A irrigação plena (100% da ETr) foi obtida por lisimetria de pesagem. Para isso, os sacos plásticos contendo substrato (composto por solo, areia e esterco bovino) foram pesados antes da semeadura, determinando-se os pesos do solo seco e na capacidade de campo. Após a semeadura, realizou-se a pesagem dos sacos em cada evento de irrigação. Com esses valores, determinou-se a umidade do solo na capacidade de campo utilizando a Equação 1 (Silva et al., 2023). Posteriormente, a umidade volumétrica do solo (Θ) na capacidade de campo atual a cada evento de irrigação foi estimada usando a Equação 2.

$$U_{cc} = \frac{M_{sc} - M_{ss}}{M_{ss}} \quad (1)$$

$$\Theta_{cc} = U_{cc} \times ds \quad (2)$$

Em que:

U_{cc} – umidade gravimétrica do solo na capacidade de campo, g g⁻¹; M_{sc} – massa seca do solo na capacidade de campo, g; M_{ss} – massa seca do solo, g; Θ_{cc} – umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, cm³ cm⁻³; ds – densidade do solo, g cm⁻³.

As concentrações de ácido salicílico (AS) foram preparadas a partir da dissolução em 30% de álcool etílico (pureza de 95,5%) e 70% de água destilada. As aplicações foram iniciadas três dias antes da diferenciação das lâminas de irrigação, mantendo-se intervalos de 15 dias entre cada aplicação. As pulverizações foram realizadas nas faces abaxial e adaxial das folhas, totalizando seis aplicações. As soluções foram preparadas nos dias correspondentes às aplicações do AS, sempre às 17 h.

Aos 180 DAS, determinaram-se as trocas gasosas com auxílio de um analisador de gás infravermelho – IRGA modelo LCpro – SD (ADC Bioscientific Ltd., Hoddesdon, Reino Unido). Foram determinadas: a condutância estomática – g_s (mol H₂O m⁻² s⁻¹), a transpiração – E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), a taxa assimilação de CO₂ – A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e a concentração interna de CO₂ – C_i (μmol mol⁻¹). A partir de tais dados, a eficiência instantânea no uso da água – EiUA (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹)/(mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC_i) [(μmol m⁻² s⁻¹)/(μmol mol⁻¹)] foram calculadas.

Também aos 180 DAS, foi determinada a eficiência fotoquímica utilizando-se fluorômetro modulado modelo OS-30p (Sciences Inc., Hudson, USA). Após 30 min de adaptação ao escuro (com pinças foliares instaladas nas folhas selecionadas), procedeu-se às leituras, como: fluorescência inicial – F₀, fluorescência máxima – F_m, fluorescência variável – F_v, e eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) (Maxwell e Johnson, 2000).

Aos 188 DAS, determinou-se o conteúdo relativo de água (CRA) conforme a Equação 3 (Taiz e Zeiger, 2017). Para a análise, coletaram-se três folhas completamente expandidas, das quais foram retirados quatro discos foliares (113 mm² cada). A massa fresca dos discos foliares foi determinada por pesagem em balança analítica, seguida por imersão em água destilada por 24 h. Em seguida, os discos foram pesados para determinação da massa túrgida. Posteriormente, foram acondicionados em estufa com circulação de ar forçada a 65 ± 3°C por 24 h, obtendo-se então a massa seca dos discos.

$$CRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

CRA – conteúdo relativo de água, %; MF – massa fresca dos discos foliares, g; MT – massa túrgida dos discos foliares, g; MS – massa seca dos discos foliares, g.

Na mesma ocasião (188 DAS), determinou-se o extravasamento de eletrólitos (EE) de acordo com a Equação 4 (Scotti-Campos et al., 2013). Para tal, coletaram-se quatro discos foliares (113 mm² cada) de quatro folhas completamente expandidas, os quais foram acondicionados em béqueres contendo 50 mL de água destilada. As amostras foram mantidas a 25°C por 24 h em recipientes hermeticamente fechados com papel alumínio. Em seguida, realizou-se a leitura da condutividade elétrica inicial (Ci). Os béqueres foram então transferidos para estufa com circulação forçada de ar a 80°C por 120 min. Após esse período, mensurou-se a condutividade elétrica final (Cf).

$$EE = \frac{Ci}{Cf} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

EE – extravasamento de eletrólitos, %; Ci – condutividade elétrica inicial, dS m⁻¹; Cf – condutividade elétrica final, dS m⁻¹.

Também aos 188 DAS, as plantas foram coletadas e separadas em componentes morfológicos (raízes, caule e folhas). O material foi acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 48 h. Posteriormente, determinaram-se em balança semi-analítica as fitomassas seca das raízes (FSR), do caule (FSC) e das folhas (FSF).

A qualidade das mudas da goiabeira foi verificada aos 188 DAS, a partir do cálculo do índice de qualidade de Dickson, que determina o equilíbrio da distribuição de biomassa na planta (Dickson et al., 1960).

Os dados foram submetidos ao teste F ($p \leq 0,05$) da análise de variância. Para efeitos significativos, aplicou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação entre regimes hídricos, enquanto as concentrações de ácido salicílico foram analisadas por regressão polinomial (modelos linear ou quadrático). Essas análises foram realizadas usando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019). Adicionalmente, realizou-se a análise de correlação de Pearson com auxílio do software R (R Core Team, 2022).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, observou-se efeito significativo da interação entre condições hídricas (CH) e concentrações de ácido salicílico (AS) para transpiração (E) ($p \leq 0,01$), taxa de assimilação de CO₂ (A) ($p \leq 0,05$) e eficiência instantânea no uso da água (EiUA) ($p \leq 0,01$) (Tabela 2). A condutância estomática (gs) e a concentração interna de CO₂ (Ci) foram afetadas significativamente ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$, respectivamente) em função da CH e pelas concentrações de AS ($p \leq 0,01$) isoladamente. Para a eficiência instantânea de carboxilação (EiCi), constatou-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) apenas das concentrações de AS.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea no uso da água (EiUA), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) em folhas da goiabeira cv. Tailandesa cultivada sob condições hídricas (CH) e concentrações de ácido salicílico (AS), aos 180 dias após a semeadura

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		E	A	EiUA ¹	gs ¹	Ci	EiCi
CH	1	0,6200*	0,7480 ^{ns}	0,0336 ^{ns}	0,0035**	4452,10*	0,000012 ^{ns}
AS	4	4,0574**	7,9193**	1,3090**	0,0045**	5242,66**	0,000065**
RL	1	14,6889**	1,3886*	2,9136**	0,0138**	6142,50*	0,000000 ^{ns}
RQ	1	0,3641 ^{ns}	19,008**	1,2480**	0,0036**	13137,22**	0,000178**
CH × AS	4	0,7858**	0,9662*	1,3400**	0,0006 ^{ns}	942,16 ^{ns}	0,000014 ^{ns}
Blocos	2	0,0793 ^{ns}	0,2205 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	336,20 ^{ns}	0,000004 ^{ns}
Resíduo	38	0,0899	0,2518	0,1410	0,0003	976,97	0,000005
Média		2,24	2,59	1,30	0,057	298,30	0,0086
CV (%)		13,36	19,35	13,44	17,95	10,48	26,74

GL – grau de liberdade; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; ns, ** e * – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, pelo teste F; CV – coeficiente de variação; ¹dados transformados em $\sqrt{x}$.

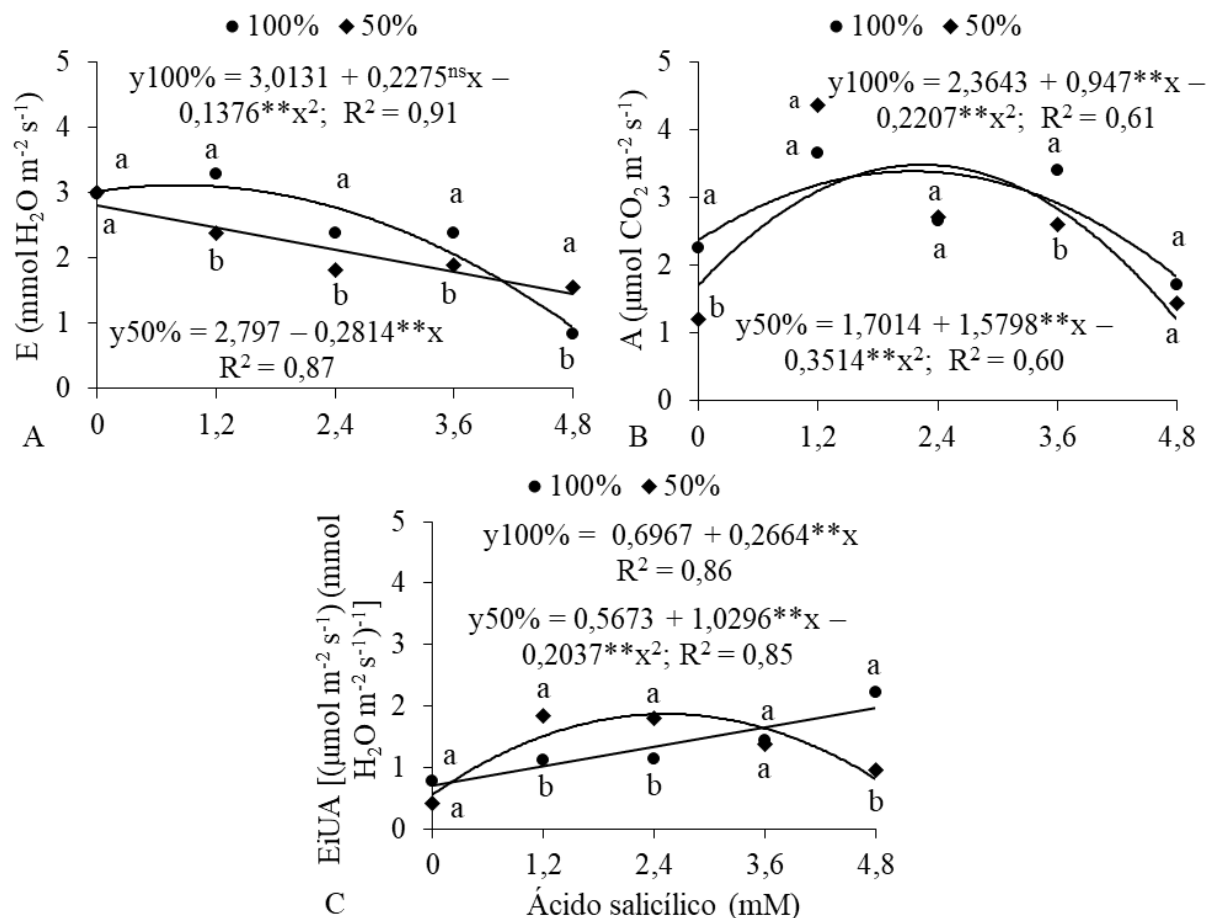
A aplicação foliar de AS na goiabeira cv. Tailandesa sob a CH de 100% da ETr reduziu a transpiração, com maior valor (3,107 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) estimado na concentração de 0,8 mM. Esse valor representou um aumento de 70,06% em comparação ao tratamento com 4,8 mM de AS (0,93 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹). Sob irrigação com déficit hídrico controlado (50% da ETr), cada incremento de 1 mM de AS diminuiu a transpiração em 10,06% (Figura 2A). Em geral, as plantas sob déficit hídrico limitam a taxa de transpiração visando reduzir a perda de água e manter o turgor em seus tecidos; além disso, o fechamento estomático causa restrição do fluxo normal de CO₂ em direção ao local de carboxilação (Soares et al., 2023).

A aplicação foliar na concentração de AS estimada em 2,2 mM resultou em maior taxa de assimilação de CO₂ para ambas as condições hídricas estudadas, com médias de 3,47 e 3,37 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob irrigações com 50 e 100% da ETr, respectivamente (Figura 2B). A aplicação foliar com AS eleva a atividade de enzimas antioxidantes, conteúdo de compostos fenólicos e atua na remoção de espécies reativas de oxigênio, resultando em benefícios na taxa de assimilação de CO₂ (Usman et al., 2022). Resultados similares

foram observados por Fátima et al. (2023), os quais avaliaram concentrações e formas de aplicação de AS em mudas de maracujazeiro-azedo sob estresse hídrico. Os autores verificaram incremento na taxa de assimilação de CO₂ com 50% da ETr na concentração de 0,79 mM de AS.

A eficiência instantânea no uso da água (EiUA) aumentou em função das concentrações de AS sob irrigações com 100% da ETr, com um incremento de 183,53% observado na faixa de 0 a 4,8 mM de AS. Já para as plantas manejadas sob irrigação com déficit hídrico controlado (50% da ETr), a aplicação foliar de 2,5 mM de AS reduziu os efeitos negativos da restrição hídrica, proporcionando valor de 1,86 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$]. Salienta-se que, nas concentrações de 1,2 e 2,4 mM de AS proporcionaram maiores valores de EiUA em plantas sob déficit hídrico em comparação as plantas sob irrigação plena (Figura 2C). Esse incremento na EiUA tem reflexos no desenvolvimento das plantas, além de reduzir os efeitos do estresse hídrico sob condições ambientais adversas. Tal fato, ocorreu porque o AS é um osmorregulador que contribui para o ajuste osmótico intracelular e manutenção do potencial hídrico e o turgor das células, com destaque

da ação regulatória nas trocas gasosas (Han et al., 2013).



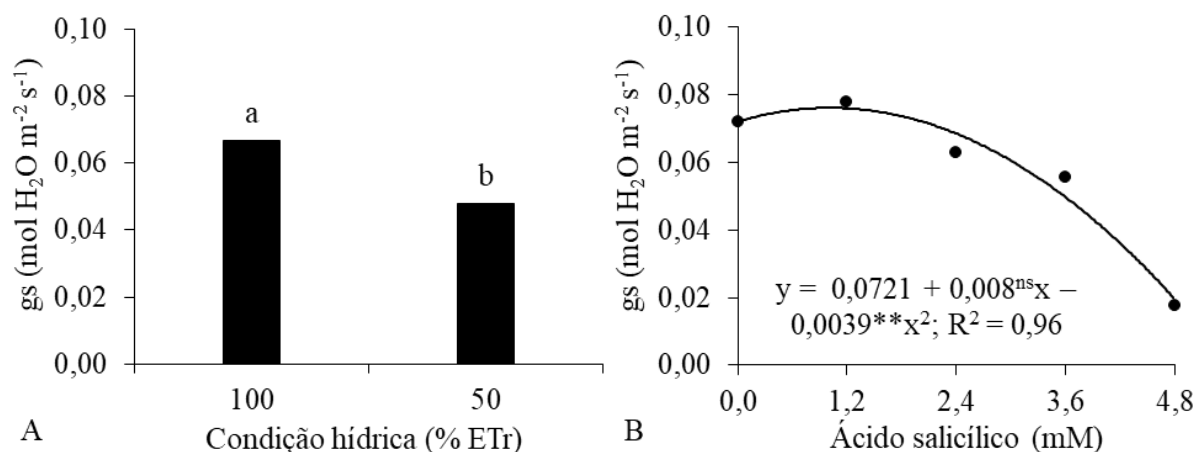
As letras minúsculas comparam as médias em função das condições hídricas dentro de cada concentração de ácido salicílico pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ns, ** – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$, respectivamente, pelo teste t de Student.

Figura 2: Desdobramento da interação entre condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) e concentrações de ácido salicílico para transpiração – E (A), taxa de assimilação de CO₂ – A (B) e eficiência instantânea no uso da água – EiUA (C) em folhas da goiabeira cv. Tailandesa, aos 180 dias após a semeadura.

A irrigação com déficit hídrico controlado de 50% da ETr ocasionou redução de 28,78% na condutância estomática (gs) em comparação as plantas irrigadas com 100% da ETr (Figura 3A). Lacerda et al. (2025), em pesquisa com a goiabeira ‘Paluma’ cultivada sob déficit hídrico controlado (100 e 50% da ETr) também constataram que a restrição hídrica induziu o fechamento estomático, sendo a redução de 33% entre as plantas cultivadas sob 100 e 50% da ETr.

A aplicação foliar de 1,0 mM de AS resultou em uma maior abertura estomática da goiabeira cv. Tailandesa, com média de

0,0762 mol H₂O m⁻² s⁻¹. A partir da concentração estimada de 1,0 mM de AS, observou-se redução progressiva na condutância estomática em resposta ao aumento das concentrações de AS, atingindo o valor mínimo de 0,0206 mol H₂O m⁻² s⁻¹ na concentração de 4,8 mM (Figura 3B). O efeito benéfico do AS na concentração de 1,0 mM pode estar relacionado à capacidade do AS em regular o sistema de defesa antioxidante, manter a integridade do cloroplasto, influenciar no controle da abertura e fechamento estomático e manter a estabilidade da membrana celular (Queiroga et al., 2023).



Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente em função das condições hídricas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ns, ** – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$, respectivamente, pelo teste t de Student.

Figura 3: Condutância estomática – gs em folhas da goiabeira cv. Tailandesa sob condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) e concentrações de ácido salicílico (B), aos 180 dias após a semeadura.

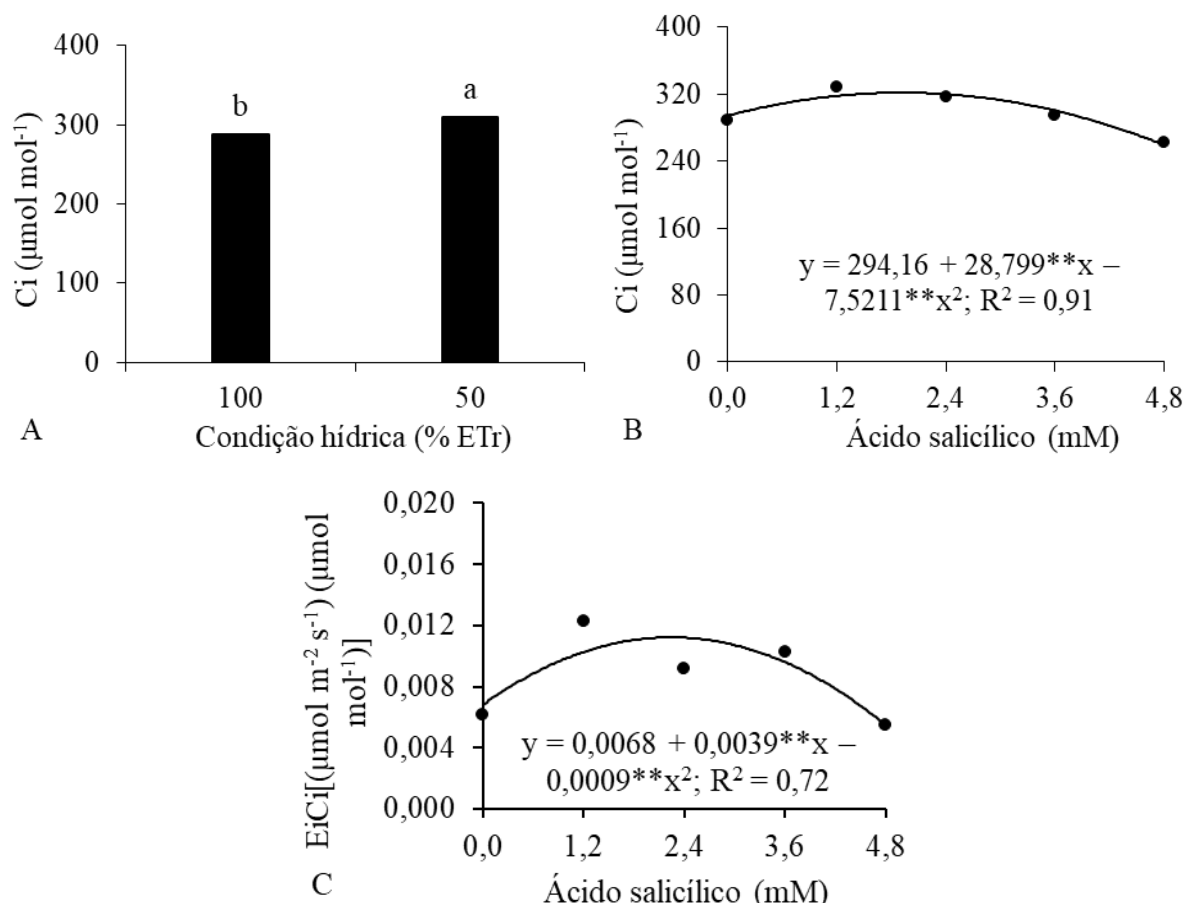
Com a limitação estomática houve incremento de 7,33% na concentração interna de CO₂ nas plantas sob irrigação com déficit hídrico controlado (50% da ETr) ao comparar com as plantas sob 100% da ETr (Figura 4A). Elevados teores de concentração interna de CO₂ podem estar correlacionados ao dano no aparato fotossintético das plantas, que assimila menos carbono e reduz a fotossíntese (Fátima et al., 2023).

Analisando o efeito das concentrações de AS sobre a concentração interna de CO₂ (Figura 4B), observou-se acréscimo com o incremento da aplicação de AS até a concentração de 1,9 mM (valor de 321,72 $\mu\text{mol mol}^{-1}$). Concentrações maiores de AS reduziram a concentração interna de CO₂, atingindo um decréscimo de 19,46% na maior concentração de AS (4,8 mM). O AS teve um efeito positivo na concentração interna de CO₂ até 1,9 mM, prejudicando esse processo para concentrações maiores. De forma similar ao observado no presente estudo, Fátima et al. (2023) relataram efeito benéfico do AS em concentrações de até 2,1 mM (aplicação foliar) em mudas de maracujazeiro-amarelo. Contudo, em concentrações superiores, os autores

verificaram redução na concentração interna de CO₂.

A eficiência instantânea de carboxilação mostrou-se superior em plantas de goiabeira sob aplicação de 2,2 mM de AS (0,011 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)), com redução de 57,27% em plantas que receberam 4,8 mM de AS (0,0047 [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)) (Figura 4C). O AS beneficiou a atividade da Rubisco, enzima responsável pela carboxilação do CO₂, atuando como um importante regulador da fotossíntese em virtude dos efeitos benéficos na condutância estomática, captação de CO₂ e transpiração (Silva et al., 2024).

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação entre CH e AS para extravasamento de eletrólitos (EE). As concentrações de AS influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) a fluorescência inicial. O conteúdo relativo de água (CRA), a fluorescência máxima (Fm) e variável (Fv) e a eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fm/Fv) não foram influenciadas significativamente pelos fatores estudados.



Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente em função das condições hídricas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ** – significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste t de Student.

Figura 4: Concentração interna de CO₂ – Ci em folhas da goiabeira cv. Tailandesa sob condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) (A); concentração interna de CO₂ – Ci (B) e eficiência instantânea de carboxilação – EiCi (C) em função das concentrações de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.

Tabela 3: Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos (EE), conteúdo relativo de água (CRA), fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) da goiabeira cv. Tailandesa cultivada sob condições hídricas (CH) e concentrações de ácido salicílico (AS), aos 180 dias após a semeadura

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		EE	CRA	F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m
CH	1	55,51*	0,0029 ^{ns}	133,22 ^{ns}	6300,10 ^{ns}	4601,02 ^{ns}	0,00004 ^{ns}
AS	4	40,75**	153,82 ^{ns}	314,10*	2160,15 ^{ns}	1441,75 ^{ns}	0,00085 ^{ns}
RL	1	-	-	-	-	-	-
RQ	1	-	-	-	-	-	-
CH × AS	4	38,61*	16,00 ^{ns}	48,60 ^{ns}	6027,10 ^{ns}	5874,90 ^{ns}	0,00174 ^{ns}
Blocos	2	49,05 ^{ns}	245,97 ^{ns}	126,15 ^{ns}	11551,13 ^{ns}	10488,09 ^{ns}	0,00082 ^{ns}
Resíduo	38	9,62	68,29	91,78	2872,26	2755,53	0,00082
Média		16,97	60,22	88,52	11,19	390,37	0,81
CV (%)		18,28	13,72	10,82	11,19	13,45	3,53

GL – grau de liberdade; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; ns, ** e * – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, pelo teste F.

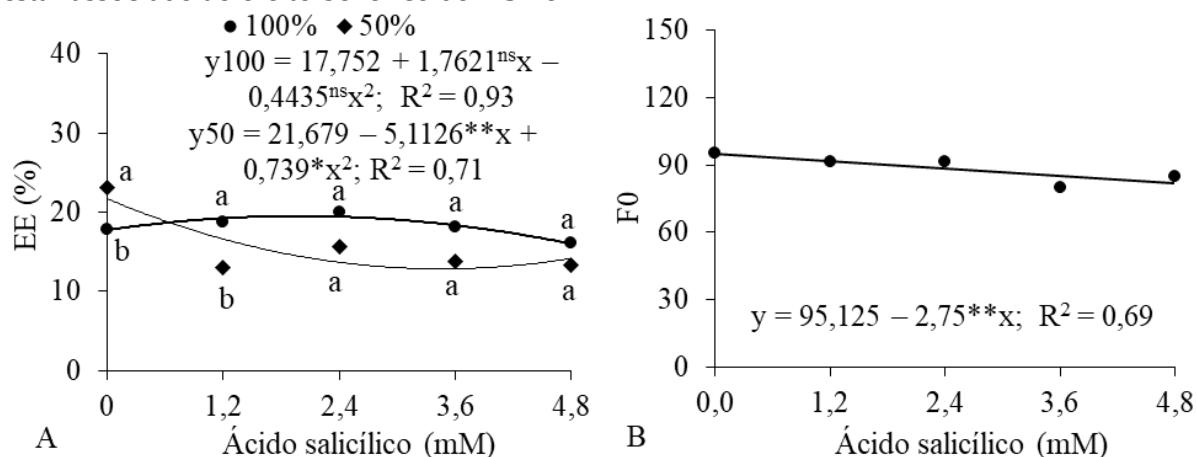
De acordo com a Figura 5A, a goiabeira cv. Tailandesa cultivada sob manejo da irrigação com 100% da ETr apresentou maior EE (19,50%) e menor EE (15,99%) sob aplicação foliar de 2,0 e 4,3 mM de AS, respectivamente. Para as plantas cultivadas sob irrigação com déficit hídrico controlado (50% da ETr), observou-se maior EE (21,67%) sem aplicação de AS, quando estas não receberam aplicação do AS e menor EE (12,83%) na concentração de 3,5 mM. A diminuição do extravasamento com aplicação do AS está relacionada à preservação da integridade da membrana celular que pode ser atribuída à ativação de mecanismos de defesa antioxidante, consequentemente mudas com menor extravasamento indicam menor dano de membrana, sendo mais indicadas para condições de déficit hídrico (Kaur et al., 2022).

Além de atenuar os efeitos negativos do déficit hídrico nas trocas gasosas e no conteúdo celular, as concentrações de AS também reduziram em 2,89% por aumento unitário na sua concentração a fluorescência inicial (F_0) da goiabeira cv. Tailandesa (Figura 5B). Este comportamento pode estar associado ao efeito benéfico do AS no

incremento da atividade de enzimas antioxidantes que ocasionam redução na degradação de pigmentos fotossintetizantes e, consequentemente, menor perda de energia luminosa, evitando a oxidação do elétron receptor quinona no centro de reação (P680), permitindo o transporte de elétrons do fotossistema II para fotossistema I (Santos et al., 2022).

De acordo com resumo da análise de variância, houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) apenas das condições hídricas sobre fitomassas seca de folhas (FSF), caule (FSC) e raízes (FSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) da goiabeira cv. Tailandesa (Tabela 4).

Apesar da atuação benéfica do AS nas trocas gasosas, conteúdo celular e fluorescência da clorofila *a* da goiabeira cv. Tailandesa, este comportamento não refletiu no acúmulo de fitomassas e qualidade das mudas. De forma similar, Chavoushi et al. (2020) relataram que o tratamento com AS em cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) sob déficit hídrico melhorou a taxa de fotossíntese; no entanto, não afetou o acúmulo de matéria seca da planta.



As letras minúsculas comparam as médias em função das condições hídricas dentro de cada concentração de ácido salicílico pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ns, **, * – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, pelo teste t de Student.

Figura 5: Desdobramento da interação entre condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr) e concentrações de ácido salicílico para extravasamento de eletrólitos – EE em folhas da goiabeira cv. Tailandesa; fluorescência inicial – F_0 sob concentrações de ácido salicílico (B), aos 180 dias após a semeadura.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca das raízes (FSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plantas da goiabeira cv. Tailandesa cultivada sob condições hídricas (CH) e concentrações de ácido salicílico (AS), aos 188 dias após a semeadura

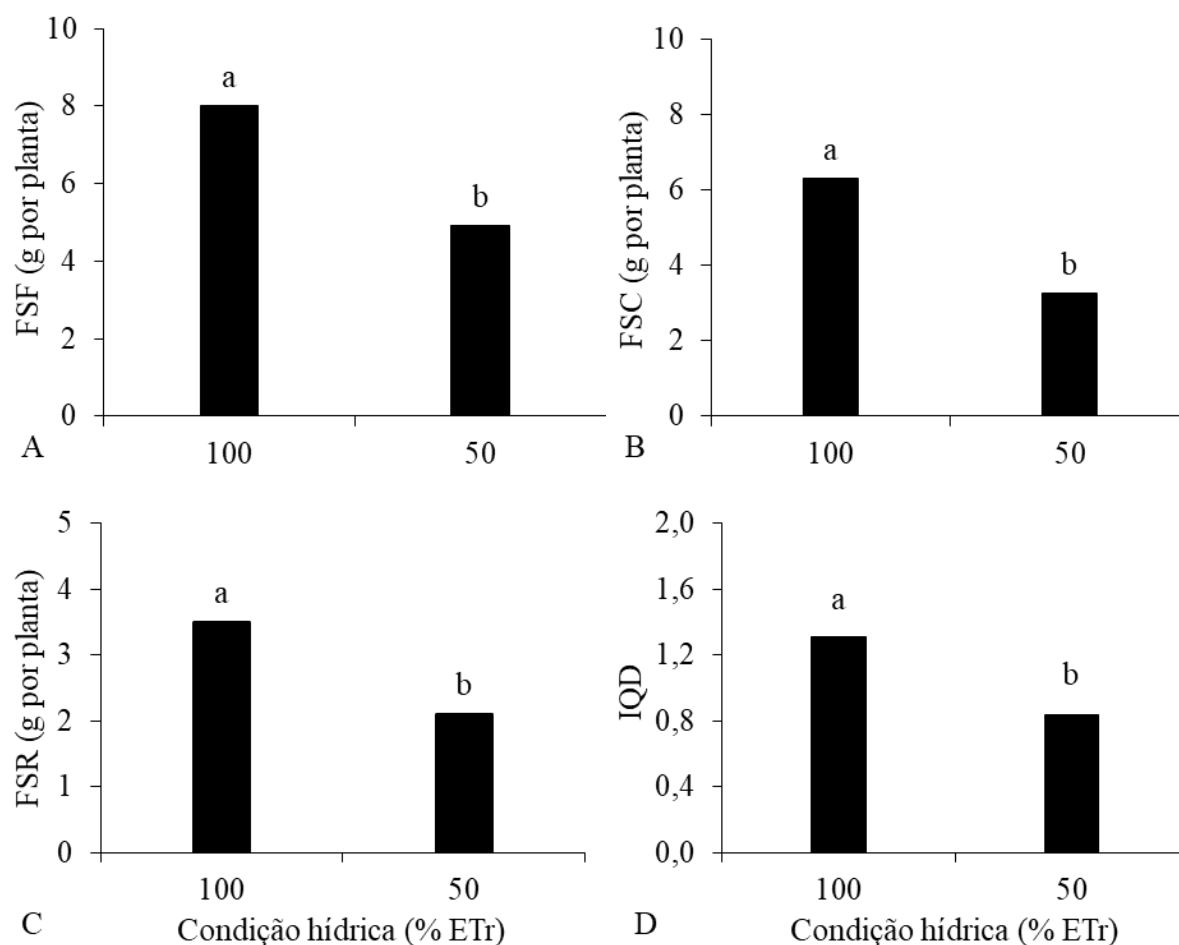
Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		FSF	FSC	FSR	IQD
CH	1	96,06**	92,75**	19,71**	2,245196**
AS	4	2,90 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,059174 ^{ns}
RL	1	-	-	-	-
RQ	1	-	-	-	-
CH × AS	4	1,28 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,043750 ^{ns}
Blocos	2	1,77 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,055655 ^{ns}
Resíduo	38	1,14	1,64	0,35	0,055035
Média		6,45	4,78	2,80	1,06
CV (%)		16,59	26,83	21,11	21,93

GL – grau de liberdade; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; ns, ** – não significativo ($p > 0,05$) e significativo a $p \leq 0,01$, respectivamente, pelo teste F.

A irrigação com déficit hídrico controlado de 50% da ETr resultou em decréscimos de 3,09; 3,04 e 1,40 g por planta para fitomassas seca da folha (Figura 6A), caule (Figura 6B) e raiz (Figura 6C), respectivamente, em comparação com as plantas cultivadas sob condições ótimas de irrigação (100% da ETr). Essa redução no acúmulo de fitomassa ocorre devido o déficit hídrico ser responsável pela redução do potencial hídrico do solo, reduzindo a disponibilidade de água para planta; com isto, as plantas se submetem a diversos processos a nível celular, que acarretam resistência estomática e menos carbono assimilado, em virtude ao dano ao aparato fotossintético (Yang et al., 2021). Além disso, a baixa absorção de água resulta em um menor carregamento de nutrientes e maior acúmulo de espécies reativas de oxigênio, estas causam desestruturação e degradação de estruturas celulares, fatores que afetam negativamente a fotossíntese e acúmulo de fotoassimilados (Ozturk et al., 2021). Usman et al. (2022) avaliaram o efeito de três regimes hídricos (100 – controle, 75 e 50% da capacidade de campo – CC) em duas cultivares de goiabeira (Gola e Surahi). Os autores constataram que a restrição hídrica a 75 e 50% da CC limitou

significativamente o crescimento e acúmulo de massa seca em ambas as cultivares. A cultivar Gola apresentou reduções de 32,75 e 53,42%, enquanto a cultivar Surahi mostrou decréscimos de 31,10 e 67,16%, respectivamente, em comparação ao tratamento controle (100% da CC).

O IQD nas mudas de goiabeira irrigadas com 100% da ETr foi de 1,30. Sob déficit hídrico controlado (50% da ETr), o IQD reduziu para 0,82, representando uma diminuição de 36,92% em relação ao tratamento sem restrição hídrica (Figura 6D). Os resultados demonstram que a restrição hídrica promoveu redução significativa tanto na biomassa quanto na qualidade das mudas, conforme evidenciado pelo declínio no IQD. Este índice, por refletir a robustez e o equilíbrio na distribuição de biomassa nas plantas, configura-se como um indicador sensível das alterações morfofisiológicas induzidas pelo déficit hídrico (Gallegos-Cedillo et al., 2021). Os valores de IQD das mudas de goiabeira obtidos aos 188 DAS variaram de 0,87 a 1,28; portanto, o valor encontrado com 50% ETr é considerado baixo, afetando a qualidade das mudas sob restrição hídrica.

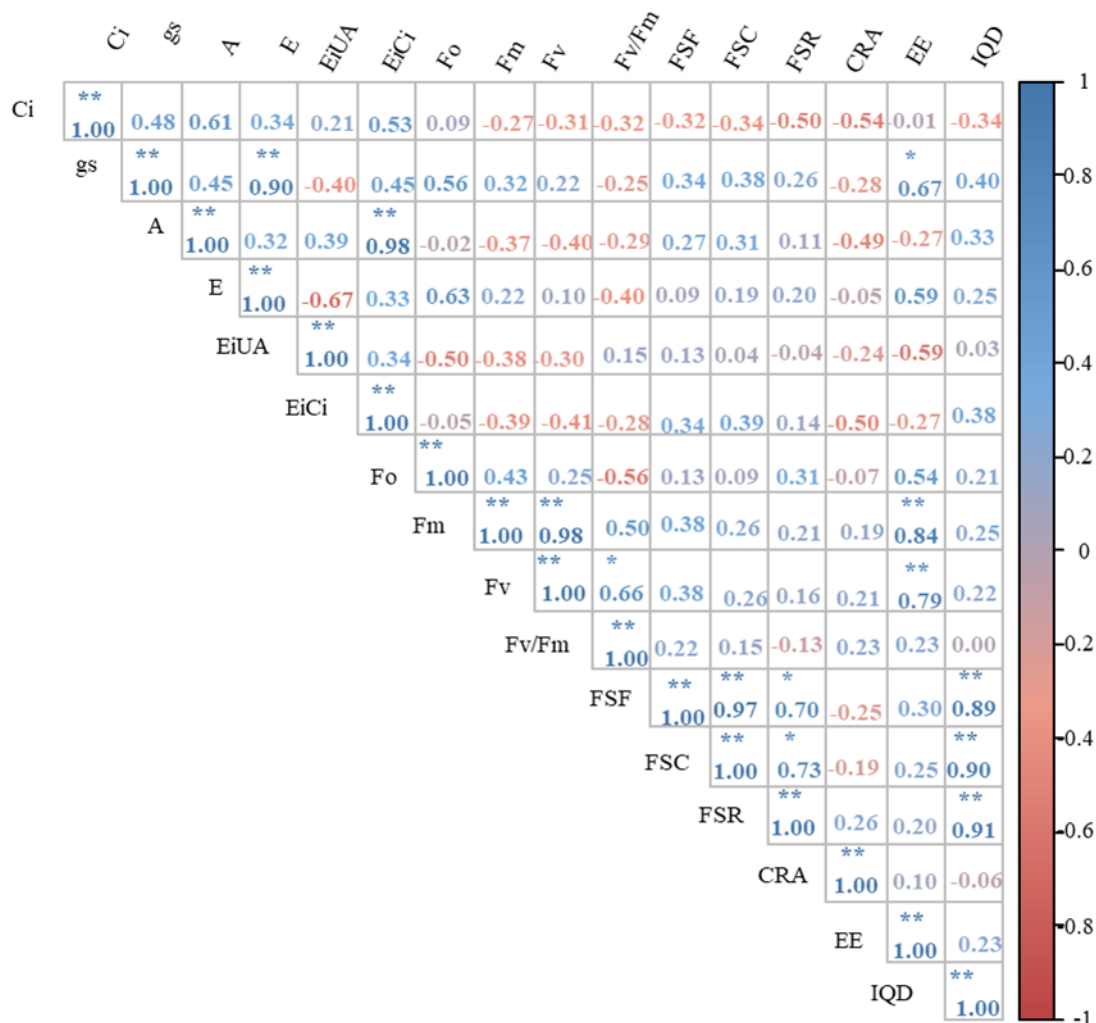


Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente em função das condições hídricas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 6: Fitomassa seca das folhas – FSF (A), fitomassa seca do caule – FSC (B), fitomassa seca das raízes – FSR (C) e índice de qualidade de Dickson – IQD (D) de plantas da goiabeira cv. Tailandesa sob condições hídricas (50 e 100% da evapotranspiração real – ETr), aos 188 dias após a semeadura.

De acordo com análise de correlação de Pearson, observou-se que plantas de goiabeira com maior acúmulo de fitomassa apresentam maior IQD, visto que se correlacionaram positivamente (Figura 7). Da mesma forma, a condutância estomática se correlacionou positivamente com a transpiração e o extravasamento de eletrólitos, enquanto a transpiração se correlacionou negativamente com a eficiência do uso da água. Ou seja, plantas que transpiram mais são menos eficientes no uso da água e possuem maior dano de membrana. Em estudo realizado com duas

cultivares de goiabeira (Crioula e Paluma) submetidas a dois regimes hídricos (irrigação plena a 100% da ETr e déficit controlado a 50% da ETr) e cinco concentrações de AS (0; 1,2; 2,4; 3,6 e 4,8 mM), Roque et al. (2025) observaram que as variáveis de crescimento e fitomassas se correlacionaram positivamente com a taxa de assimilação de CO_2 , transpiração e teores de clorofila *b*; enquanto mostraram correlação negativa com a concentração interna de CO_2 e o extravasamento de eletrólitos.



Ci – concentração interna de CO₂, gs – condutância estomática, A – taxa de assimilação de CO₂, E – transpiração, EiUA – eficiência instantânea no uso da água, EiCi – eficiência instantânea da carboxilação, F0 – fluorescência inicial, Fm – fluorescência máxima, Fv – fluorescência variável, Fv/Fm – eficiência quântica do fotossistema II, FSF – fitomassa seca das folhas, FSC – fitomassa seca do caule, FSR – fitomassa seca das raízes, EE – extravasamento de eletrólito, CRA – conteúdo relativo de água, IQD – índice de qualidade de Diskcon; **, * – significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, pelo teste t de Student.

Figura 7. Análise de correlação de Pearson em plantas de goiabeira cv. Tailandesa sob condições hídricas e aplicação foliar de ácido salicílico, com avaliações realizadas aos 180 e 188 dias após a semeadura.

Conclusões

Aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,2 mM promoveu efeito benéfico na taxa de assimilação de CO₂ sob 100% da ETr e mitigou os efeitos do déficit hídrico de 50% da ETr nas trocas gasosas, extravasamento de eletrólitos e fluorescência da clorofila *a* da goiabeira cv. Tailandesa.

Recomenda-se a irrigação com 100% da ETr para o cultivo da goiabeira Tailandesa, pois o ácido salicílico não evitou reduções na condutância estomática, fitomassas e

índice de qualidade, causados pela irrigação com déficit hídrico controlado de 50% da ETr.

Referências

Abrar, M. M.; Sohail, M.; Saqib, M.; Akhtar, J.; Abbas, G.; Wahab, H. A.; Mumtaz, M. Z.; Mehmood, K.; Memon, M. S.; Sun, N; Xu, M. Interactive salinity and water stress severely reduced the growth, stress tolerance, and physiological responses of guava (*Psidium guajava* L.). Scientific Reports, v. 12, 18952, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22602-5>

- Aires, E. S.; Ferraz, A. K. L.; Carvalho, B. L.; Teixeira, F. P.; Putti, F. F.; Souza, E. P.; Rodrigues, J. D.; Ono, E. O. Foliar application of salicylic acid to mitigate water stress in tomato. *Plants*, v. 11, n. 13, 1775, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11131775>
- Ayangbenro, A. S.; Babalola, O. O. Reclamation of arid and semi-arid soils: The role of plant growth-promoting archaea and bacteria. *Current Plant Biology*, v. 25, 100173, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100173>
- Chavoushi, M.; Najafi, F.; Salimi, A.; Angaji, S. A. Effect of salicylic acid and sodium nitroprusside on growth parameters, photosynthetic pigments and secondary metabolites of safflower under drought stress. *Scientia Horticulturae*, v. 259, 108823, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108823>
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Dumanović, J.; Nepovimova, E.; Natić, M.; Kuća, K.; Jačević, V. The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, 552969, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.552969>
- Fátima, R. T.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Veloso, L. L. S. A.; Silva, A. A. R.; Lacerda, C. N.; Silva, F. A.; Nóbrega, J. S.; Ferreira, J. T. A.; Pereira, W. E. Salicylic acid concentrations and forms of application mitigate water stress in sour passion fruit seedlings. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, e270865, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.270865>
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Ferreira, J. T. A.; Lima, G. S.; Silva, S. S.; Soares, L. A. A.; Fátima, R. T.; Nóbrega, J. S.; Gheyi, H. R.; Almeida, F. A.; Mendonça, A. J. T. Hydrogen peroxide in the induction of tolerance of guava seedlings to salt stress. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 44, n. 2, p. 739-754, 2023. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n2p739>
- Fischer, G.; Melgarejo, L. M. Ecophysiological aspects of guava (*Psidium guajava* L.). A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, v. 15, n. 2, e12355, 2021. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12355>
- Gallegos-Cedillo, V. M.; Diáñez, F.; Nájera, C.; Santos, M. Plant agronomic features can predict quality and field performance: A bibliometric analysis. *Agronomy*, v. 11, n. 11, 2305, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>
- Golla, B. Agricultural production system in arid and semi-arid regions. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, v. 7, n. 2, p. 234-244, 2021. <https://dx.doi.org/10.17352/2455-815X.000113>
- Han, X.; Tang, S.; An, Y.; Zheng, D. C.; Xia, X. L.; Yin, W. L. Overexpression of the poplar NF-YB7 transcription factor confers drought tolerance and improves water-use efficiency in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, v. 64, n. 14, p. 4589-4601, 2013. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert262>
- Jales Filho, R. C.; Melo, Y. L.; Viégas, P. R. A.; Oliveira, A. P. S.; Almeida Neto, V. E.; Ferraz, R. L. S.; Gheyi, H. R.; Carol, P.; Lacerda, C. F.; Melo, A. S. Salicylic acid and proline modulate water stress tolerance in a traditional variety of cowpeas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, n. 1, p. 18-25, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n1p18-25>
- Kaur, G.; Tak, Y.; Asthir, B. Salicylic acid: A key signal molecule ameliorating plant stresses. *Cereal Research Communications*, v. 50, p. 617-626, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00236-z>
- Lacerda, C. N.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Fátima, R. T.; Gheyi, H. R.; Azevedo, C. A. Morphophysiology and production of guava as a function of water salinity and salicylic acid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 6, p. 451-458, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n6p451-458>

- Lacerda, C. N.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Arruda, T. F. L.; Silva, A. A. R.; Gheyi, H. R.; Dantas, M. V.; Ferreira, J. T. A. Foliar application of ascorbic acid in guava cultivation under water replacement levels. *Revista Caatinga*, v. 38, e12595, 2025. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252025v3812595rc>
- Luo, Q.; Xie, H.; Chen, Z.; Ma, Y.; Yang, H.; Yang, B.; Ma, Y. Morphology, photosynthetic physiology and biochemistry of nine herbaceous plants under water stress. *Frontiers in Plant Science*, v. 14, 1147208, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1147208>
- Maxwell, K.; Johnson, G. N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. (ed.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa, 1991. p. 189-198.
- Ozturk, M.; Turkyilmaz, U. B.; García-Caparrós, P.; Khursheed, A.; Gul, A.; Hasanuzzaman, M. Osmoregulation and its actions during the drought stress in plants. *Physiologia Plantarum*, v. 172, n. 2, p. 1321-1335, 2020. <https://doi.org/10.1111/ppl.13297>
- Pereira, K. C.; Soares, P. L. M.; Santos, J. M.; Felisberto, P. A. C. Reação de cultivares de goiabeiras à *Pratylenchus brachyurus*. *Summa Phytopathologica*, v. 44, n. 4, p. 386-390, 2018. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/178517>
- Queiroga, C. M.; Lima, G. S.; Torres, R. A. F.; Paiva, F. J. S.; Soares, L. A. A.; Gheyi, H. R. Formation of guava seedlings under irrigation with water of different cationic natures and salicylic acid. *Revista Caatinga*, v. 36, n. 3, p. 650-662, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n318rc>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>.
- Roque, I. A.; Soares, L. A. A.; Lima, V. L. A.; Sousa, V. F. O.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Dantas, M. V.; Ferreira, J. T. A.; Torres, R. A. F.; Silva, S. T. A. Foliar application of salicylic acid mitigates water deficit in guava. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 29, n. 5, e288437, 2025. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n5e288437>
- Santos, C. C.; Lima, N. M.; Saracho, L. C. S.; Scalón, S. P.; Vieira, M. C. Salicylic acid alleviates the water stress on photochemical apparatus and quality of *Schinus terebinthifolia* seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 10, p. 747-752, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n10p747-752>
- Silva, L. A.; Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Roque, I. A.; Fátima, R. T.; Lima, A. S. Morphophysiology and water relations of *Spondias* rootstocks under different irrigation frequencies. *Revista Caatinga*, v. 36, n. 4, p. 865-874, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n414rc>
- Silva, J. H.; Silva, A. J.; Silva, T. I.; Henschel, J. M.; Lopes, A. S.; Alves, J. C. G.; Silva, R. F.; Araújo, D. B.; Santos, J. P. O.; Martins, A. H. P. C.; Nascimento, M. O.; Leal, M. P. S.; Rego, M. M.; Dias, T. J. Salicylic acid reduces harmful effects of salt stress in *Tropaeolum majus*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 28, n. 4, e278566, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n4e278566>
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A.-T.; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 25, n. 12, p. 1002-1013, 2013. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16733>
- Soares, L. A. A.; Felix, C. M.; Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Silva, L. A.; Fernandes, P. D. Gas exchange, growth, and production of cotton genotypes under water deficit in phenological stages. *Revista Caatinga*, v. 36, n. 1, p. 10-17, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n116rc>
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. Manual de métodos de análise de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

Usman, M.; Bokhari, S. A. M.; Fatima, B.; Rashid, B.; Nadeem, F.; Sarwar, M. B.; Nawaz-ul-Rehman, M. S.; Shahid, M.; Ayub, C. M. Drought stress mitigating morphological, physiological, biochemical, and molecular responses of guava (*Psidium guajava* L.) cultivars. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, 878616, 2022.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.878616>

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

Yang, X.; Lu, M.; Wang, Y.; Wang, Y.; Liu, Z.; Chen, S. Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, v. 7, n. 3, 50, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>