

## ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE MUDAS DA PALMEIRA *Carpentaria acuminata* SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO E SALINO

Paula Ingrid Maia Machado<sup>1</sup>, Henderson Castelo Sousa<sup>2</sup>, Carla Ingrid Nojosa Lessa<sup>2</sup>, Ivo Rabelo de Melo<sup>3</sup>, Antônia Leila Rocha Neves<sup>4</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>5</sup>

**RESUMO:** O estresse salino, causado pelo acúmulo excessivo de sais no solo, compromete significativamente a fisiologia das plantas. Em áreas afetadas por sais, tem-se observado que as plantas podem estar expostas não apenas aos sais, mas também a problemas de encharcamento ou déficit hídrico. Dessa forma, torna-se essencial investigar o potencial de diferentes espécies para a revegetação de áreas afetadas por estresses abióticos. Objetivou-se com o trabalho avaliar as respostas fisiológicas da espécie *C. acuminata* em condições de estresse hídrico e salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental consistiu em blocos casualizados, com cinco blocos. Os tratamentos foram organizados em esquema de parcelas subdivididas: a parcela foi composta por dois tipos de solo (não salino e salino), as subparcelas representaram três condições hídricas (irrigação plena, déficit e excesso hídrico). A partir disso, foram avaliadas as trocas gasosas foliares (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração). A *C. acuminata* apresentou melhor desempenho fisiológico sob irrigação plena e boa tolerância ao excesso hídrico. Quando submetida ao déficit hídrico, a espécie mostrou capacidade expressiva de recuperação após reidratação. A salinidade agravou os efeitos dos estresses hídricos, mas a palmeira demonstrou potencial para revegetação de áreas sujeitas a estresses múltiplos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semiárido. Salinização do solo. Déficit hídrico. Alagamento.

<sup>1</sup> Mestranda no programa de pós-graduação em Ciência do Solo, UFC, Fortaleza, CE. Fone (85) 999148794.  
E-mail: paulaingrid.mm@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando no programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Estudante de Agronomia, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>4</sup> Secretária de Educação de Caucaia, SEDUC, Caucaia, CE.

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

## PHYSIOLOGICAL INDICES OF YOUNG *Carpentaria acuminata* PALMS UNDER WATER AND SALINITY STRESS CONDITIONS

**ABSTRACT:** Saline stress, caused by excessive accumulation of salts in the soil, significantly compromises plant physiology. In areas affected by salts, it has been observed that plants may be exposed not only to salts, but also to problems of waterlogging or water deficit. Therefore, it is essential to investigate the potential of different species for revegetation of areas affected by abiotic stresses. The objective of this study was to evaluate the physiological responses of the species *C. acuminata* under conditions of water and saline stress. The experiment was conducted in a greenhouse at the Agrometeorological Station of the Federal University of Ceará. The experimental design consisted of randomized blocks with five blocks, and the treatments were organized in a split-plot scheme: the plot was composed of two types of soil (non-saline and saline), and the subplots represented three water conditions (full irrigation, deficit and excess water). From this, leaf gas exchange parameters (net photosynthesis, stomatal conductance, and transpiration) were evaluated. *C. acuminata* exhibited better physiological performance under full irrigation and showed good tolerance to excess water. When subjected to water deficit, the species demonstrated a strong recovery capacity after rehydration. Salinity aggravated the effects of water stress, but the palm tree still showed potential for the revegetation of areas subjected to multiple stresses.

**KEYWORDS:** Soil salinization. Water deficit. Flooding. Tropical semiarid.

### INTRODUÇÃO

A salinização dos solos é um fenômeno que pode ocorrer de maneira natural, conhecida como salinização primária, ou ser causada por atividades humanas, denominada salinização secundária, ocorrendo, especialmente em condições de clima árido e semiárido (Ribeiro et al., 2010). O estresse salino, causado pelo acúmulo excessivo de sais no solo, compromete significativamente a fisiologia das plantas, afetando os processos biofísicos envolvidos no transporte de água e prejudicando seu desenvolvimento (Taiz et al., 2024).

Além disso, a salinidade pode causar desequilíbrios nutricionais, toxidez iônica e alterações metabólicas, e, em casos mais severos, levando à morte do vegetal (Munns; Tester, 2008). Em áreas afetadas por sais, tem-se observado que as plantas podem estar expostas não apenas ao fator salinidade/sodicidade, mas também a problemas de encharcamento ou déficit

hídrico ao longo do ano (Medeiros et al., 2023), onde as plantas podem ser expostas de forma simultânea há múltiplos estresses.

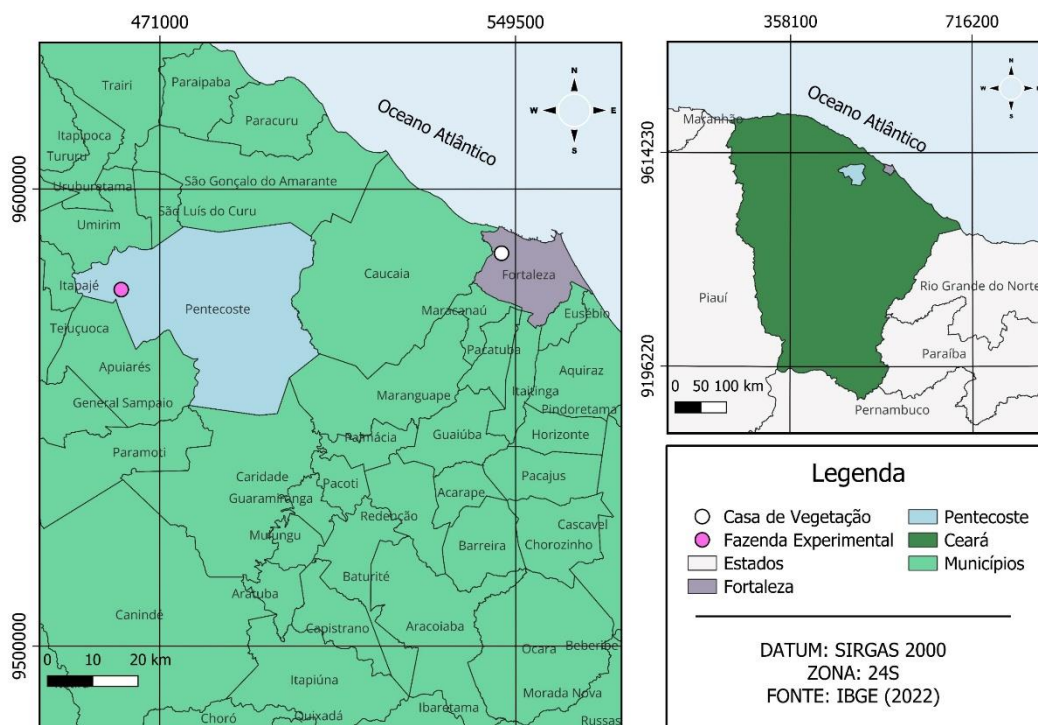
Diante desse cenário, torna-se essencial investigar o potencial de diferentes espécies para a revegetação de áreas afetadas por sais. O uso de espécies arbóreas para recuperação de áreas degradadas pelo excesso de sais pressupõe a seleção de espécies capazes de se desenvolver sob condições de múltiplos estresses, incluindo salinidade, excesso e déficit hídrico.

Assim, a *Carpentaria acuminata*, originária de regiões úmidas da Austrália, demonstra boa tolerância ao encharcamento, mas sem estudos relacionados a outros tipos de estresses abióticos (Dowe et al., 2010). Logo, essa palmeira pode apresentar respostas distintas sob múltiplos estresses.

Objetivou-se com o trabalho avaliar as respostas fisiológicas de plantas jovens de *C. acuminata* em condições de estresse hídrico e salino.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE (Figura 01).



**Figura 1:** Localização geográfica do experimento e da área de coleta de solo.

Fonte: IBGE (2022) com adaptações do autor.

As mudas de *C. acuminata* foram adquiridas em um viveiro comercial localizado no município de Pacajus-CE. O solo utilizado foi coletado na Fazenda Experimental Vale do Curu, em Pentecoste-CE, caracterizada por ocorrência de Neossolos Flúvicos com problemas de salinização. Para o preparo do substrato, misturaram-se 40% desse solo com 30% de areia e 30% de Argissolo, garantindo maior homogeneidade entre os tratamentos. A salinização artificial foi realizada pela adição de sais ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), com base em uma curva de salinização previamente estabelecida ( $y = 0,1017x + 0,947$ ;  $R^2 = 0,95$ ), visando atingir uma CEEs de  $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ . O solo controle apresentou CEEs natural inferior a  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  e não recebeu adição de sais. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco blocos.

Os tratamentos foram organizados em esquema de parcelas subdivididas: a parcela foi composta por dois tipos de solo (não salino e salino), as subparcelas representaram três condições hídricas (irrigação plena, déficit e excesso hídrico). As mudas foram transplantadas para os vasos de 12L, que receberam drenagem lateral para os tratamentos de irrigação plena e vedação para o tratamento de excesso hídrico, mantendo a lâmina d'água de 3 cm. Antes do enchimento, adicionou-se uma camada de brita no fundo dos vasos.

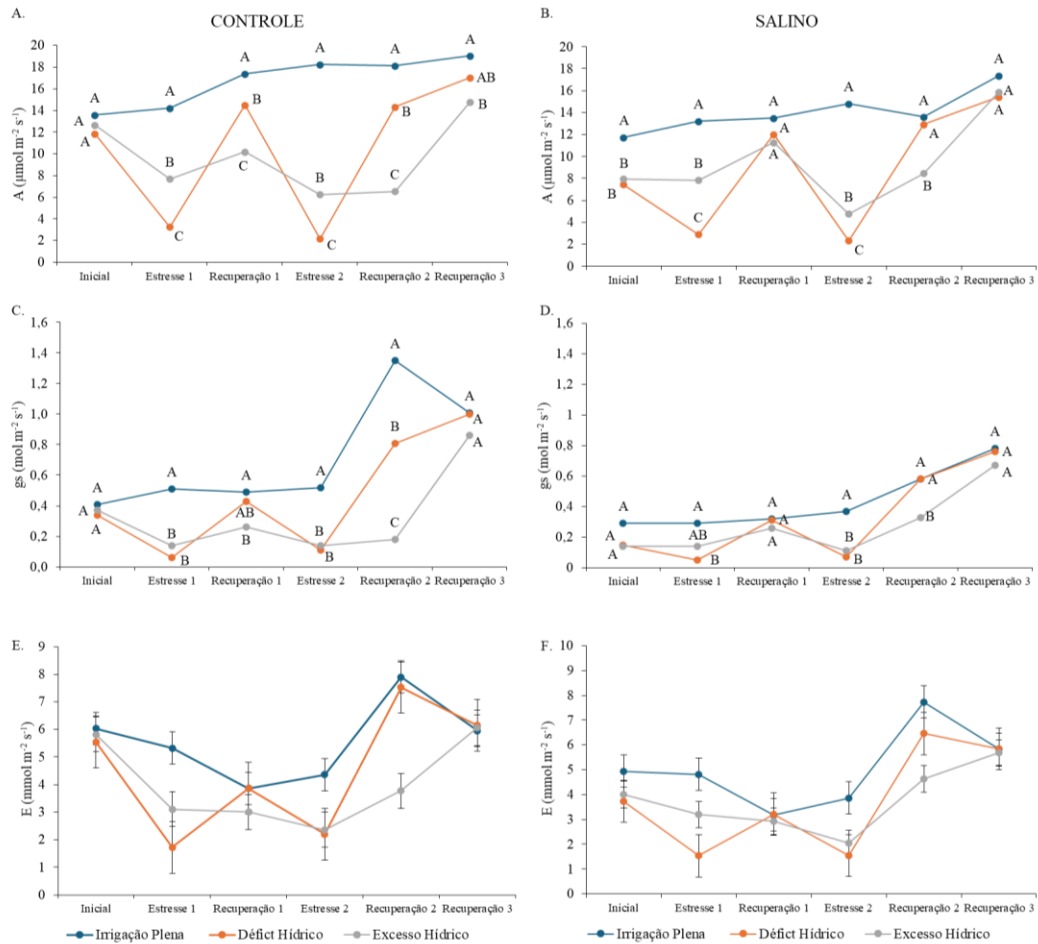
A irrigação foi realizada a cada três dias, mantendo o solo na capacidade de campo, determinada pelo princípio do lisímetro de drenagem. Aos 30 dias após o transplante, iniciaram-se os tratamentos hídricos. O déficit hídrico foi induzido por dois períodos de 20 dias sem irrigação; no excesso hídrico, a lâmina de água foi mantida por reposição diária. Após cada período de estresse, as plantas retornaram à irrigação plena por 10 dias, quando se realizaram as avaliações fisiológicas.

As taxas de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática foram medidas em folhas completamente expandidas, foram obtidas com auxílio de analisador IRGA (ADC-LCA), entre 09:00 e 11:00 h, sob radiação artificial ( $1.400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), temperatura ambiente e concentração natural de  $\text{CO}_2$ . Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas com o teste de Tukey, usando o software Assisstat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas da taxa de fotossíntese líquida (A) mostraram-se superiores no solo controle em comparação ao solo salino, principalmente na condição de irrigação plena. No tratamento controle (Figura 2A), plantas irrigadas plenamente mantiveram valores elevados e estáveis ao

longo do experimento, variando entre 13 e 19  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Já nas condições de déficit hídrico, a fotossíntese foi severamente reduzida logo na primeira imposição de déficit, apresentando o menor valor de 2  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  no segundo ciclo de estresse, porém com uma recuperação estatisticamente semelhante no final do ciclo (17,06  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), o que sugere um potencial de resiliência com a retomada da irrigação. O excesso hídrico, por sua vez, causou menor redução inicial, mas impediu a plena recuperação, com valor máximo de 14,81  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .



**Figura 2.** Fotossíntese (A, B), condutância estomática (C, D) e transpiração (E, F), em folhas de mudas da palmeira *carpinaria acuminata* sob condições de estresse hídrico e salino

No solo salino (Figura 2B), apesar da irrigação plena manter a fotossíntese líquida em níveis adequados, observou-se um padrão geral de decréscimo em todos os tratamentos com estresse. O efeito da salinidade também foi mais evidente nas plantas sob déficit hídrico na condição inicial, com A reduzida a 7,44  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , porém ambos os estresses hídricos apresentaram resultados de recuperação semelhantes estatisticamente à condição de irrigação plena (17,4  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ao final do ciclo, demonstrando recuperação após o estresse salino inicial. Esses resultados indicam que a salinidade influencia negativamente a atividade fotossintética em um primeiro momento, mas apresenta resultados semelhantes à condição de

solo controle, mesmo quando aplicados os estresses hídricos e principalmente durante o período de recuperação.

A condutância estomática ( $g_s$ ) seguiu uma tendência semelhante, com valores mais acentuados na condição solo controle, sob irrigação plena ( $1,35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), apresentando recuperação expressiva após os eventos de estresse, sobretudo na condição de déficit hídrico, que apesar de atingir o menor valor de  $0,06 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , apresentou recuperação semelhante a condição de irrigação plena ( $1,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) no final do ciclo. Já sob excesso hídrico, manteve-se valores intermediários durante os períodos de aplicação dos tratamentos e restabelecimento mais lento, ocorrendo apenas no terceiro ciclo de recuperação.

No solo salino (Figura 2D), os valores de  $g_s$  foram mais baixos ao longo de todo o período experimental, mesmo sob irrigação plena, sugerindo uma limitação basal imposta pela salinidade. Além disso, nas condições de estresse hídrico, as plantas atingiram os menores valores de condutância, com valor mínimo de  $0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , com recuperação apenas parcial, comparado ao solo controle. Dessa forma, a limitação estomática demonstra impacto severo sobre o balanço hídrico e as trocas gasosas foliares, como resposta ao estresse hídrico e salino.

A taxa de transpiração ( $E$ ) apresentou resultados semelhantes para ambos os tipos de solo e regimes hídricos durante todo o experimento. O solo controle (Figura 2E) e o solo salino (Figura 2F) exibiram valores estatisticamente iguais sob irrigação plena, com valores máximos de  $7,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e  $7,73 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente. Dessa forma, durante todo o experimento, houve quedas acentuadas durante o déficit hídrico, sendo que a diminuição da taxa de transpiração, assim como da condutância estomática são esperadas como defesa inicial, sobretudo em condição de múltiplo estresse (Li et al., 2013; Medeiros et al., 2023). Apesar disso, o solo salino apresentou recuperação próxima para todos os tratamentos, sendo os valores obtidos estatisticamente iguais aos do solo controle.

Dessa forma, durante todo o experimento, houve quedas acentuadas durante o estresse hídrico, sendo que a diminuição da taxa de transpiração, assim como da condutância estomática são esperadas como defesa inicial, sobretudo em condição de múltiplo estresse (Li et al., 2013; Medeiros et al., 2023). Apesar disso, o solo salino apresentou recuperação próxima para todos os tratamentos, sendo os valores obtidos estatisticamente igual ao solo controle. O excesso de sais afeta diretamente os parâmetros fisiológicos devido ao estresse osmótico reduzir indiretamente a atividade fotossintética e promover o fechamento estomático como mecanismo de defesa, limitando a perda de água pelos tecidos. Esses efeitos são ainda mais acentuados

quando a salinidade coexiste com o estresse hídrico, pois o estresse múltiplo tende a causar impactos mais severos na fisiologia das plantas (Tahjib-UI-Arif et al., 2023).

## CONCLUSÕES

A palmeira *Carpentaria acuminata* apresenta melhor desempenho fisiológico sob condições de irrigação plena. O excesso hídrico foi relativamente bem tolerado quando comparado ao déficit hídrico, que apesar de inicialmente mais limitante, revelou uma expressiva capacidade de recuperação após o reestabelecimento da irrigação. No geral, a presença de salinidade agravou os efeitos dos estresses hídricos, intensificando as reduções nos índices fisiológicos. Essas respostas indicam que a palmeira *C. acuminata* possui potencial ecológico devido a sua adaptação em ambientes úmidos e secos periodicamente, além de suportar níveis moderados de salinidade.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos. Ao INCTAgriS e ao CNPq, por meio do projeto de pós-doutorado sênior (Chamada CNPq No 32/2023), que viabilizaram a pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KHEIR, A. M. et al. Impacts of rising temperature, carbon dioxide concentration and sea level on wheat production in North Nile delta. **Science of Total Environment**, v. 651, p. 3161–3173, 2019.

LI, Chao et al. Enhanced salt resistance in apple plants overexpressing a *Malus* vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter gene is associated with differences in stomatal behavior and photosynthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 164-173, 2013.

MEDEIROS, W. J. F. et al. The ecophysiological responses of *Copernicia prunifera* palm trees to soil constraints and competition with invasive *Cryptostegia madagascariensis* in tropical dryland. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 45, n. 3, p. 41, 2023.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura**, p. 12–19, 2010.

TAHJIB-UL-ARIF, Md et al. Plant response to combined salinity and waterlogging stress: Current research progress and future prospects. **Plant Stress**, v. 7, p. 100137, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2024. 864 p.