

USO EXÓGENO DE ÓXIDO NÍTRICO NA RUSTIFICAÇÃO
MORFOFISIOLÓGICA DE *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) EM
RESPOSTA AO DÉFICIT HÍDRICO¹

Bruno de Jesus Amorim², Luiz Palhares Neto³

RESUMO

A degradação ambiental e as alterações climáticas têm intensificado a perda de cobertura vegetal no Nordeste brasileiro, o que estabelece a restauração ecológica como uma estratégia crucial para a recuperação de áreas degradadas. *Schinus terebinthifolia* é uma espécie de destaque devido à sua ampla distribuição, rusticidade e elevado potencial de utilização em programas de revegetação. Contudo, o déficit hídrico representa um fator limitante ao seu crescimento e estabelecimento no campo. Neste contexto, o óxido nítrico (ON) tem sido investigado como um elicitador químico capaz de modular rotas fisiológicas e bioquímicas de defesa, elevando a tolerância vegetal ao estresse. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de ON na rusticidade morfofisiológica de *S. terebinthifolia* submetida ao déficit hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial. As plantas foram tratadas com nitroprussiato de sódio (SNP, 100 $\mu\text{mol/L}^{-1}$) e submetidas a dois regimes hídricos, por um período de 60 dias: irrigação regular (70–80% da capacidade de pote) ou déficit hídrico (20–30%). Foram avaliados o número de folhas (NF), o comprimento da parte aérea (CPA), a biomassa seca da parte aérea (BSPA), a biomassa seca da raiz (BSR), e os teores foliares de açúcares solúveis totais (TFAST) e de amido (TFA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o *software* R. Os resultados indicaram que o déficit hídrico reduziu significativamente o NF (em 51,25%), o CPA (em 18,09%) e a BSPA (em 48,47%), sem, contudo, alterar a BSR. A aplicação exógena de ON atenuou parte dessas perdas, promovendo incrementos significativos de 39,74% no NF, 14,39% no CPA e 40,70% na BSPA sob condição de estresse. No que concerne ao metabolismo de carboidratos, plantas não tratadas com ON e sob déficit hídrico acumularam açúcares solúveis (+72,56%), acompanhado de uma redução nos teores de amido (-50%). Em contraste, nas plantas tratadas com ON, o acúmulo de açúcares não foi correlacionado à redução do amido. Diante dos resultados, conclui-se que o ON favorece a manutenção do crescimento e os ajustes fisiológicos de *S. terebinthifolia* em condições de déficit hídrico, elevando sua rusticidade e ampliando o potencial de uso da espécie em projetos de restauração de áreas degradadas sujeitas à limitação hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Tolerância ao estresse, fotossíntese, restauração ecológica, osmoproteção, aroeira-vermelha.

¹ Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia

² Graduando em Ciências Biológicas – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

³ Professor Assistente do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

EXOGENOUS USE OF NITRIC OXIDE IN THE MORPHOPHYSIOLOGICAL HARDENING OF *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae) IN RESPONSE TO WATER DEFICIT

ABSTRACT

Environmental degradation and climate change have intensified vegetation loss in Northeastern Brazil, making ecological restoration essential. *Schinus terebinthifolia* stands out due to its wide distribution, rusticity, and potential for revegetation, but water deficit limits its growth and establishment. In this context, nitric oxide (NO) has been investigated as a chemical elicitor capable of modulating physiological and biochemical defense pathways, increasing plant tolerance to stress. This study evaluated the effect of NO on the morphophysiological rusticity of *S. terebinthifolia* under water deficit. The experiment was carried out in a greenhouse with a completely randomized factorial design. Plants were treated with sodium nitroprusside (SNP, 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$) and subjected to two water regimes for 60 days: regular irrigation (70–80% pot capacity) or deficit (20–30%). Number of leaves (NL), shoot length (SL), shoot dry biomass (SDB), root dry biomass (RDB), total soluble sugars (TSS), and starch (LS) were measured. Water deficit significantly reduced NL (–51.25%), SL (–18.09%), and SDB (–48.47%), with no effect on RDB. Exogenous NO mitigated these losses, increasing NL by 39.74%, SL by 14.39%, and SDB by 40.70%. Stressed untreated plants accumulated TSS (+72.56%) with a 50% reduction in LS, indicating starch degradation for osmotic adjustment. In NO-treated plants, sugar accumulation was not linked to starch reduction. In conclusion, NO improved growth and physiological adjustments of *S. terebinthifolia* under drought, enhancing its rusticity and potential for use in restoration of water-limited environments.

KEYWORDS: Aroeira-vermelha, Ecological restoration, Osmoprotection, Photosynthesis, Stress tolerance

INTRODUÇÃO

A biodiversidade tem sido fortemente impactada pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental. No Brasil, esse fenômeno ocorre de forma acentuada no Nordeste, onde desmatamento, queimadas, sobrepastoreio e alterações climáticas têm levado à perda significativa da vegetação nativa (Júnior e Pereira, 2017). Nesse cenário, estratégias de restauração ecológica tornam-se essenciais, sendo o uso de espécies nativas uma das abordagens mais sustentáveis para recompor ecossistemas. Mudanças ambientais relacionadas à degradação, como a alteração nos regimes hídricos, resultam frequentemente em déficit hídrico, condição que limita o crescimento e o estabelecimento das plantas. A adoção de estratégias que aumentem a tolerância ao estresse hídrico é fundamental para ampliar as chances de sucesso em projetos de revegetação.

A elicitação química destaca-se com uma técnica baseada na aplicação de compostos capazes de ativar vias fisiológicas associadas à defesa vegetal. O óxido nítrico (ON) é um dos elicitores mais estudados por atuar como molécula sinalizadora em processos como germinação, fotossíntese e mecanismos antioxidativos (Kumar e

Ohri, 2023). Nesse contexto, *Schinus terebinthifolia* apresenta grande potencial para programas de restauração, pois é uma espécie pioneira, amplamente distribuída no Brasil, adaptada a diferentes condições ambientais e de reconhecido valor fitoterápico (Gomes et al., 2013; Maia et al., 2021). Investigar estratégias que aumentem sua tolerância ao déficit hídrico, como a aplicação de ON, é fundamental para ampliar sua utilização na recuperação de ecossistemas degradados. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de ON na rusticidade morfofisiológica de *S. terebinthifolia* submetida ao déficit hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando mudas de *Schinus terebinthifolia* com 1 ano e 3 meses, oriundas da germinação de sementes para garantir variabilidade genética. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno (8L) com substrato composto por solo, areia lavada e substrato comercial (2:1:1), em condições adequadas para seu desenvolvimento inicial.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial. O óxido nítrico (ON) foi aplicado na forma de nitroprussiato de sódio (SNP) ($100 \mu\text{mol L}^{-1}$) duas vezes com intervalo de uma semana para cada aplicação. As plantas do tratamento controle para elicitación foram pulverizadas com água destilada. Após esse período, as plantas de ambos tratamentos foram submetidas a dois regimes hídricos: plantas bem irrigadas (70-80% da capacidade de pote) e plantas submetidas ao déficit hídrico (20-30% da capacidade de pote). As plantas permaneceram nessas condições por 60 dias. Ao término do experimento foram realizadas as seguintes avaliações de crescimento: número de folhas, comprimento da parte aérea, biomassa seca da parte aérea e biomassa seca da raiz. Para as análises dos teores foliares de açúcares solúveis totais (TFAST) e amido (TFA), folhas foram coletadas, congeladas em nitrogênio líquido e, posteriormente, desidratadas pelo liofilizador.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Levene, seguidos de ANOVA two-way e comparações pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) pelo software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit hídrico reduziu significativamente o crescimento de *Schinus terebinthifolia* em relação a plantas irrigadas (Figura 1), afetando o NF (51,25%), CPA (18,09%) e BSPA (48,47%), sem variação na BSR. Tais reduções refletem respostas

fisiológicas ao estresse, em que a baixa disponibilidade hídrica induz fechamento estomático, limitando a entrada de CO₂, a fotossíntese e a produção de fotoassimilados.

A aplicação de ON elevou os parâmetros de crescimento sob déficit, com aumentos no NF (39,74%), CPA (14,39%) e BSPA (40,70%). Esse efeito decorre do papel do ON como modulador da tolerância ao estresse, atuando em rotas de sinalização que ajustam a arquitetura vegetal, regulam estômatos, modulam hormônios e ativam o sistema antioxidante (Mur et al., 2015). Além disso, o ON preserva pigmentos fotossintéticos e mantém o balanço redox, favorecendo a assimilação de carbono em condições limitantes (Kumar e Ohri, 2023).

No metabolismo de carboidratos, houve aumento de 72,56% nos TFAST em plantas sem ON sob déficit, acompanhado por redução de 50% nos TFA (Figura 2), sugerindo degradação de amido em açúcares solúveis, importante no ajuste osmótico e manutenção da turgescência.

A elicitação por ON modulou esse acúmulo. Em plantas irrigadas, o ON aumentou TFAST sem alterar TFA, indicando efeito positivo no metabolismo fotossintético e no redirecionamento de fotoassimilados para açúcares solúveis. Esse acúmulo, em condições não estressantes, não esteve ligado à quebra de amido, mas à regulação positiva do metabolismo primário (Sidana et al., 2015).

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

O déficit hídrico demonstrou um impacto significativo no crescimento de *Schinus terebinthifolia*. Contudo, o estresse induziu respostas de osmorregulação, evidenciadas pelo acúmulo de açúcares solúveis totais nas folhas, mecanismo resultante da degradação das reservas de amido. Por sua vez, a aplicação exógena de óxido nítrico (ON) influenciou positivamente a produção de açúcares, possivelmente devido à modulação do metabolismo fotossintético e ao maior direcionamento de fotoassimilados. Adicionalmente, o ON atenuou os efeitos deletérios do déficit hídrico sobre o crescimento da espécie, promovendo aumento no número de folhas, do crescimento em comprimento e da produção de biomassa nas plantas sob estresse. Em síntese, o ON demonstrou potencial para aumentar a rusticidade de *S. terebinthifolia* em condições de seca, favorecendo tanto o crescimento quanto os mecanismos de tolerância. Tal efeito amplia as perspectivas de uso da espécie em projetos de restauração ecológica em ambientes sujeitos à limitação hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, H. A. Flash drought and its characteristics in Northeastern South America during 2004–2022 using satellite-based products. *Atmosphere*, v. 14, n. 11, p. 1629, 2023.
- GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P. de; RABBANI, A. R. C. Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). São Cristóvão: Ed. UFS, 2013. 372 p.
- JÚNIOR, A. P.; PEREIRA, E. R. Degradação ambiental e a diversidade biológica/biodiversidade: uma revisão integrativa. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, n. 26, p. 922-937, 2017.
- KUMAR, D.; OHRI, P. Say “NO” to plant stresses: unravelling the role of nitric oxide under abiotic and biotic stress. *Nitric Oxide*, v. 130, p. 36-57, 2023.
- MAIA, M. D. C. R.; SILVA LAURENTINO, C.; CARNEIRO, G. A.; SILVA MUNIZ, I. C.; SILVA MUNIZ, I. I.; SILVA, I. A.; CORDEIRO, R. P. Propriedades terapêuticas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 13, n. 4, p. e6791, 2021.
- MUR, Luis A. J.; SIVAKUMARAN, Anushen; MUTASIM, Khaled; WISEMAN, Harriet. Nitric oxide in plants: an assessment of the current state of knowledge. In: KHAN, M. Nasir; MOBIN, Mohammad; MOHAMMAD, Firoz; CORPAS, Francisco J. (Org.). *Nitric oxide action in abiotic stress responses in plants*. Cham: Springer, 2015. p. 1–20.
- SIDANA, Shivam; BOSE, Jayakumar; SHABALA, Lana; SHABALA, Sergey. Nitric oxide in drought stress signalling and tolerance in plants. In: KHAN, M. Nasir; MOBIN, Mohammad; MOHAMMAD, Firoz; CORPAS, Francisco J. (Org.). *Nitric oxide action in abiotic stress responses in plants*. Cham: Springer, 2015. p. 95–113.

Tabelas e Figuras:

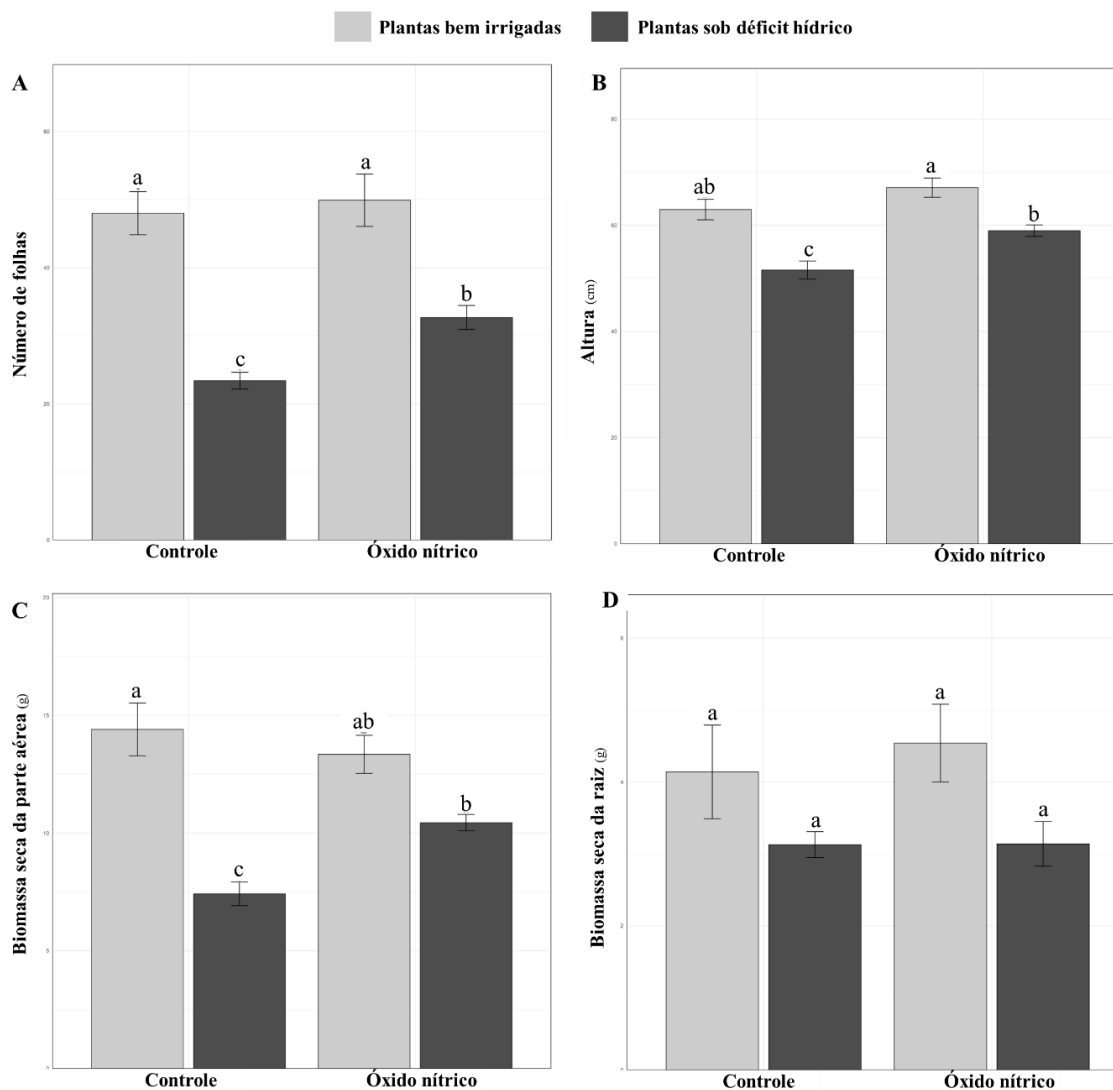


FIGURA 1. Número de folhas (A), Altura do caule (B), Biomassa seca da parte aérea (C) e Biomassa seca da raiz (D) de *Schinus terebinthifolia* submetida a irrigação regular ou suspensão de rega, com e sem aplicação de doador de óxido nítrico (ON).

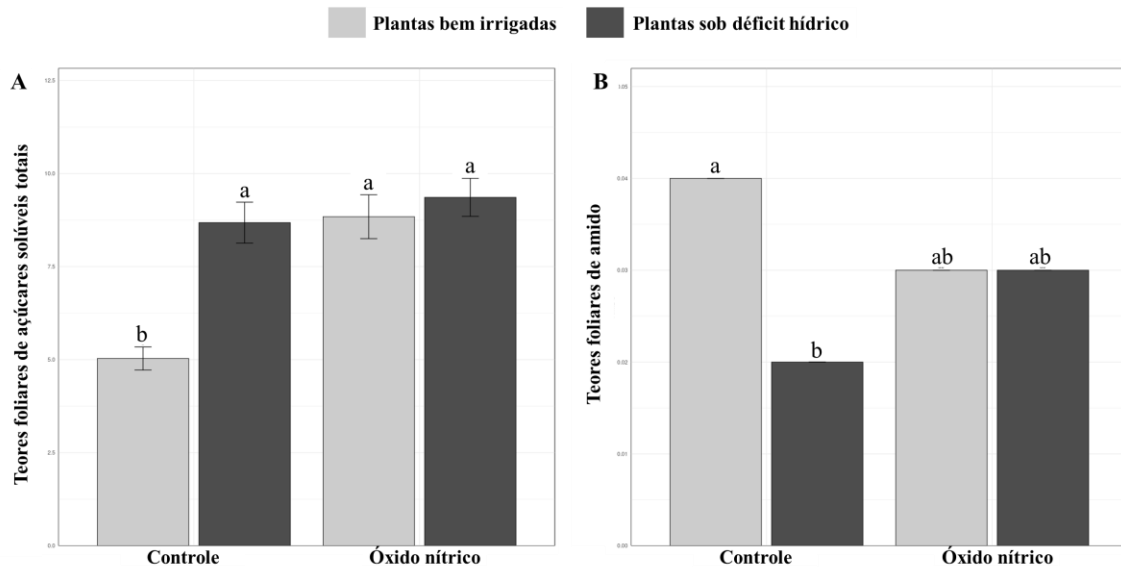


FIGURA 2. Teores foliares de açúcares solúveis totais (A) e teores foliares de amido (B) de *Schinus terebinthifolia* submetida a irrigação regular ou suspensão de rega, com e sem aplicação de doador óxido nítrico (ON).