

## CRESCIMENTO DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO E DA APLICAÇÃO DE TRIFOSFATO DE ADENOSINA

Raires Liliane de Oliveira Cruz<sup>1</sup>, Mirraelly de Sousa Inocência Ferreira<sup>2</sup>, Francisco de Assis da Silva<sup>3</sup>, Pedro Dantas Fernandes<sup>4</sup>, José Jaime de Vasconcelos Cavalcanti<sup>5</sup>, Maria de Fátima Caetano da Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** O algodoeiro (*Gossypium* spp.), planta da família Malvaceae, no Brasil, a cotonicultura tem se destacado pela alta produtividade e qualidade da fibra, sendo uma importante fonte de exportação e renda para produtores rurais. Em regiões de baixa disponibilidade hídrica ou chuvas mal distribuídas, a irrigação surge como uma estratégia essencial para garantir a produtividade e a qualidade do algodão. Paralelamente, a aplicação exógena de uma molécula energética, como o trifosfato de adenosina (ATP), tem sido investigada como forma de estimular o metabolismo vegetal e ampliar o desempenho fisiológico da cultura. Diante disso, objetivou-se avaliar a interação entre as lâminas de irrigação e a aplicação exógena do trifosfato de adenosina sobre as variáveis morfofisiológicas do algodoeiro cv FM 966, em condições de ambiente protegido. O experimento foi conduzido no município de Campina Grande - PB, em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial (4×2), correspondendo a quatro lâminas de irrigação (40, 60, 80 e 100% da necessidade hídrica da cultura) com e sem aplicação exógena de ATP (10 mM) via foliar, com cinco repetições. A irrigação em níveis adequados, especialmente com lâminas equivalentes a 80% e 100% da necessidade hídrica da cultura, promoveu melhorias expressivas nas variáveis de crescimento do algodoeiro FM 966. A aplicação exógena de trifosfato de adenosina (ATP) também apresentou efeito positivo, potencializando o crescimento em altura, o diâmetro da haste e o acúmulo de massa seca de raiz e caule

**PALAVRAS-CHAVE:** *Gossypium* spp., manejo hídrico, respiração celular

<sup>1</sup> Agroecóloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. Bolsista CAPES fone: (83) 99675-6150, e-mail: [rairescrux@gmail.com](mailto:rairescrux@gmail.com);

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. Bolsista CAPES;

<sup>3</sup> Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. da Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Pará – PA;

<sup>4</sup> Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Voluntário da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB;

<sup>5</sup> Dr. em Biologia Molecular, Pesquisador Sênior da Embrapa-Algodão, Campina Grande -PB; Mestre em Ciências Agrárias, UEPB, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB;

<sup>6</sup> Mestre em Ciências Agrárias, UEPB, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB;

## COTTON GROWTH AS A FUNCTION OF IRRIGATION DEPTH AND ADENOSINE TRIPHOSPHATE APPLICATION

**ABSTRACT:** Cotton (*Gossypium* spp.), a plant of the Malvaceae family, stands out in Brazil for its high productivity and fiber quality, and is an important source of exports and income for rural producers. In regions with low water availability or poorly distributed rainfall, irrigation has emerged as an essential strategy to ensure cotton productivity and quality. At the same time, the exogenous application of an energy molecule, such as adenosine triphosphate (ATP), has been investigated as a way to stimulate plant metabolism and increase the physiological performance of the crop. Therefore, the objective of this study was to evaluate the interaction between irrigation depths and the exogenous application of adenosine triphosphate on the morphophysiological variables of cotton cv FM 966, under protected environment conditions. The experiment was conducted in the city of Campina Grande - PB, in a randomized block design, in a factorial scheme ( $4 \times 2$ ), corresponding to four irrigation levels (40, 60, 80 and 100% of the crop's water requirement) with and without exogenous application of ATP (10 mM) via foliar application, with five replicates. Irrigation at adequate levels, especially with levels equivalent to 80% and 100% of the crop's water requirement, promoted significant improvements in the growth variables of FM 966 cotton. The exogenous application of adenosine triphosphate (ATP) also showed a positive effect, enhancing growth in height, stem diameter and accumulation of root and stem dry mass.

**KEYWORDS:** *Gossypium* spp., water management, cellular respiration

### INTRODUÇÃO

O algodão é uma das principais culturas agrícolas do mundo, sendo fundamental para a indústria têxtil por fornecer a fibra natural mais utilizada globalmente. Além disso, ele desempenha papel econômico e social relevante, especialmente em países em desenvolvimento, ao gerar empregos e movimentar cadeias produtivas. No Brasil, a cotonicultura tem se destacado pela alta produtividade e qualidade da fibra, sendo uma importante fonte de exportação e renda para produtores rurais (Abraoa, 2023). Na safra mais recente (2024/2025), a produção de algodão no país ultrapassou a marca de 3,76 milhões de toneladas, superando líderes tradicionais como os Estados Unidos e a Índia. Esse crescimento reflete o uso intensivo de tecnologias agrícolas modernas, como a rotação de culturas, mecanização, e manejo eficiente

de insumos. (Conab, 2025). A sustentabilidade tem sido um dos principais diferenciais do algodão brasileiro. Cerca de 83% da produção nacional é certificada com o selo socioambiental ABR (Algodão Brasileiro Responsável), de acordo com a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa). Essa certificação assegura boas práticas ambientais e condições dignas de trabalho nas lavouras, o que tem contribuído para a aceitação do algodão brasileiro em mercados exigentes, como China, Vietnã e Bangladesh (ABRAPA, 2025). O cultivo de algodão irrigado tem se destacado como uma estratégia crucial para maximizar a produtividade e a qualidade da fibra em regiões onde ocorre a má distribuição ou escassez de chuvas. A irrigação permite um melhor controle sobre as condições de crescimento, garantindo que as plantas recebam a umidade necessária durante os períodos críticos de desenvolvimento. Esta estratégia tem se mostrado especialmente relevante em áreas do Brasil, onde a irrigação por gotejamento e pivô central tem sido amplamente adotada. Estudos indicam que a irrigação não apenas aumenta a produção de algodão, mas também contribui para a sustentabilidade das práticas agrícolas, ao otimizar o uso da água e minimizar desperdícios (ALMEIDA; PEREIRA, 2023). Além do impacto ambiental positivo, o crescimento das exportações de algodão também traz benefícios econômicos relevantes, como a geração de empregos, fortalecimento da indústria têxtil e movimentação da cadeia do agronegócio. Com isso, o Brasil caminha para se consolidar como um fornecedor estratégico e confiável no mercado global, ampliando sua participação em importantes corredores comerciais e atraindo novos investimentos (ABRAPA, 2025). O uso eficiente da água de irrigação pode otimizar o desempenho do algodoeiro, com impactos significativos não apenas no volume de produção, mas também nas características qualitativas da fibra, como comprimento, resistência e maciez. A lâmina de irrigação, quando ajustada de forma adequada às necessidades da cultura em diferentes estágios de crescimento, pode resultar em um aumento tanto na produtividade quanto na qualidade do produto (SANTOS et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2020). A aplicação exógena de ATP tem demonstrado efeitos positivos na atividade fotossintética, na eficiência do uso da água e na integridade das membranas celulares, promovendo maior tolerância ao déficit hídrico em condições de campo irrigado. Além disso, o uso combinado de irrigação controlada com bioestimulantes pode otimizar a eficiência fisiológica e produtiva do algodoeiro, refletindo em ganhos agronômicos e na qualidade da fibra (SOUZA et al., 2021). O trifosfato de adenosina (ATP) tem sido estudado em diversas plantas, incluindo o algodão (*Gossypium* spp.), devido ao seu papel crucial nos processos de crescimento, desenvolvimento e resistência a estresses ambientais. A ATP está envolvida em uma série de processos bioquímicos essenciais nas células vegetais, como o transporte ativo de íons, a síntese de biomoléculas e a regulação do ciclo celular. Em algodão, a ATP é fundamental

para o processo de germinação das sementes, o crescimento das raízes e a fotossíntese, além de desempenhar um papel nas respostas a estresses bióticos e abióticos (RAO et al., 2011). Estudos indicam que a produção de ATP no algodão pode ser afetada por fatores como a disponibilidade de água, nutrientes e a presença de patógenos. Por exemplo, a redução da produção de ATP devido a condições de estresse hídrico pode afetar a capacidade das células do algodão de manter a homeostase iônica e de realizar processos vitais como a síntese de proteínas e a divisão celular (ZHANG et al., 2006). Além disso, pesquisas demonstram que a ATP também desempenha um papel nas respostas de defesa do algodão contra patógenos, ativando vias de sinalização que resultam na produção de compostos antimicrobianos e na indução de respostas de resistência (YANG et al., 2013). A interação entre diferentes lâminas de irrigação e a aplicação exógena de ATP pode influenciar significativamente a morfofisiologia das culturas, promovendo alterações em processos como fotossíntese, absorção de nutrientes e desenvolvimento radicular. A irrigação adequada garante a disponibilidade hídrica para o funcionamento eficiente do metabolismo vegetal, enquanto o ATP aplicado exogenamente atua como sinalizador celular, favorecendo respostas fisiológicas ao estresse hídrico e contribuindo para o aumento do vigor e da tolerância das plantas. Estudos indicam que a disponibilidade simultânea de água e energia pode potencializar o crescimento de tecidos, a expansão foliar e a manutenção da turgescência, o que resulta em ganhos expressivos no desenvolvimento e produtividade das culturas (TAIZ et al., 2017; TAIZ; ZEIGER, 2013; ALVAREZ et al., 2020).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Campina Grande – PB (7°13'50"S, 35°52'52"O, altitude de 550 m). O ambiente protegido foi composto por estrutura metálica com cobertura de polietileno transparente de 150 µm e laterais revestidas com tela de sombreamento de 50%, visando reduzir a interferência de fatores externos, como vento e chuva, e manter condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 × 2, com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os fatores estudados consistiram em quatro lâminas de irrigação, correspondentes a 40, 60, 80 e 100% da necessidade hídrica da cultura (NHC), combinadas com dois tratamentos foliares: aplicação de trifosfato de adenosina (ATP) a 10 mM e aplicação de água destilada (controle). A cultivar utilizada foi o algodoeiro FM 966, de fibra branca, escolhida por sua ampla utilização comercial

e bom desempenho em condições irrigadas. As sementes foram semeadas em vasos plásticos com capacidade para 20 L, contendo um sistema de drenagem individual formado por tubos de PVC conectados a lisímetros adaptados, permitindo a coleta e medição precisa do volume drenado para determinação do consumo hídrico. O substrato foi constituído por solo classificado como Neossolo Flúvico, peneirado e corrigido conforme análise química prévia, sendo posteriormente adubado com base nas recomendações de Novais et al. (1991) para vasos, com doses equivalentes a  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de N,  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, aplicados de forma fracionada para evitar perdas e promover melhor absorção. O manejo da irrigação foi realizado diariamente, sempre no final da tarde às 17h, utilizando-se regadores graduados para aplicação manual e uniforme da lâmina de água. O volume aplicado foi calculado com base no balanço hídrico diário, determinado pela diferença entre o volume aplicado ( $V_a$ ) e o volume drenado ( $V_d$ ), conforme a equação  $CH = V_a - V_d$ , onde CH representa o consumo hídrico diário. Para os tratamentos com aplicação de ATP, o produto foi diluído em água destilada na concentração de 10 mM e aplicado via pulverização foliar, utilizando pulverizador costal manual de pressão prévia, em duas épocas: aos 35 e aos 45 dias após a emergência (DAE). Durante a aplicação, foram adotadas medidas para evitar deriva, como direcionamento do jato diretamente sobre a parte aérea, aplicação em dias sem vento e uso de anteparos laterais para evitar contato com plantas de outros tratamentos. As variáveis morfofisiológicas avaliadas foram altura de planta (cm), medida da base do caule até o ápice do meristema principal com régua milimetrada; diâmetro da haste (mm), determinado a 2 cm acima do colo da planta com paquímetro digital de precisão 0,01 mm; massa seca da raiz (g), obtida após lavagem em água corrente para remoção de solo e secagem em estufa de circulação forçada a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  por 72 h; e massa seca da haste (g), determinada por secagem e pesagem semelhantes à das raízes. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

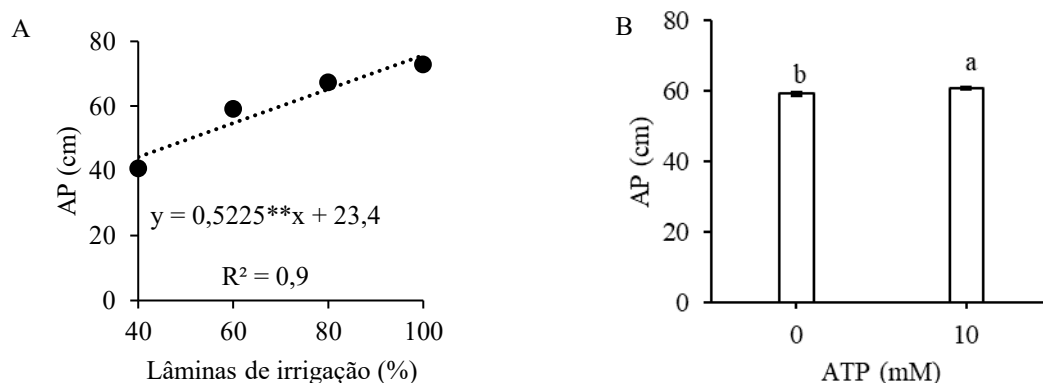
#### **Análise estatística:**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e, quando significativo, realizou-se análise de regressão para as lâminas de irrigação e teste F para o fator ATP, com nível de significância de 5%, utilizando o software estatístico Sisvar 5.8

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

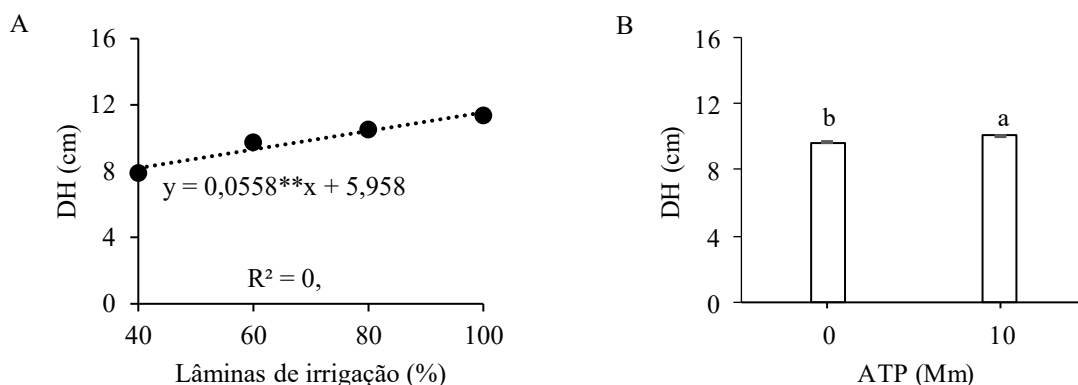
As lâminas de irrigação influenciaram significativamente todas as variáveis de crescimento analisadas, com destaque para os níveis de 80% e 100% da necessidade hídrica da

cultura, que promoveram melhores respostas morfológicas. Na Figura 1A, Observa-se que a altura da planta aumentou proporcionalmente com o aumento da lâmina de irrigação, indicando que a disponibilidade de água é essencial para o bom desenvolvimento vegetal. Além disso, a aplicação de ATP exógeno (Figura 1 B) também resultou em incremento (2,78%) na altura das plantas em comparação ao controle. Isso sugere que o ATP pode atuar como um regulador fisiológico, contribuindo para processos relacionados ao crescimento, como o transporte de nutrientes e a ativação de respostas metabólicas.



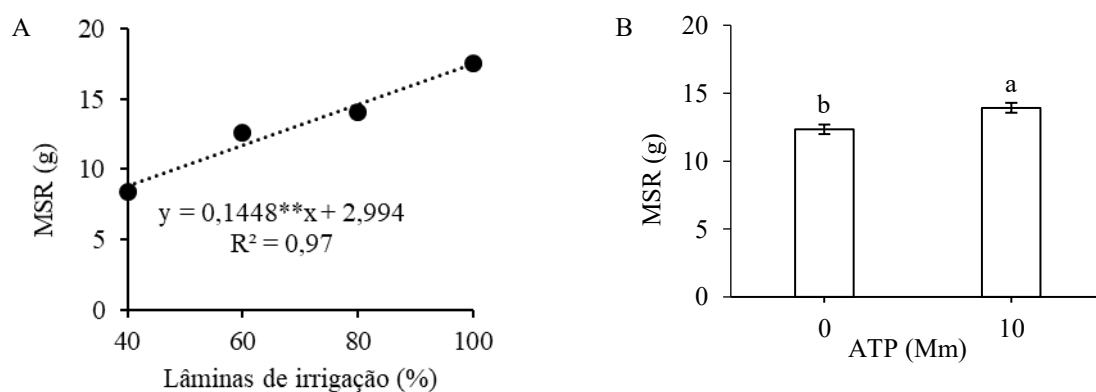
**Figura 1.** Altura de planta em função das lâminas de irrigação (A) e da aplicação de ATP (B)

De acordo com a Figura 2 A, o diâmetro da haste das plantas aumentou conforme foram aplicadas maiores lâminas de irrigação, indicando que a água teve um papel importante no desenvolvimento estrutural da planta. Plantas que foram submetidas a maiores lâminas (80% e 100%) apresentaram hastes mais robusta, o que pode estar relacionado ao melhor transporte de nutrientes e maior acúmulo de biomassa. Além disso, a aplicação de ATP (Figura 2 B) também influenciou positivamente essa característica. As plantas tratadas com ATP obtiveram aumento (4,55%) no diâmetro da haste em comparação ao controle, com diferença estatística significativa. Isso sugere que o ATP pode ter atuado como um estímulo fisiológico, favorecendo o crescimento da planta mesmo em pequenas quantidades.



**Figura 2.** Diâmetro da haste em função das lâminas de irrigação (A) e da aplicação de ATP (B)

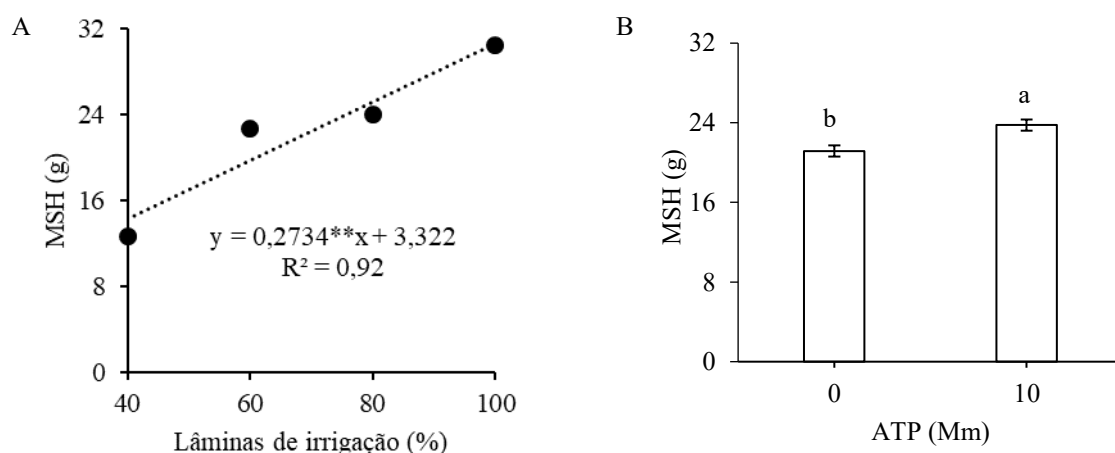
De acordo com a Figura 3, o comportamento das plantas foi influenciado tanto pela aplicação de ATP quanto pelos diferentes níveis de irrigação. Demonstrando que a aplicação de 10 (mM) de ATP promoveu um aumento significativo na MSR em comparação ao controle 0 (mM), indicando que o ATP favorece o crescimento radicular. Da mesma forma, o aumento das lâminas de irrigação resultou em maior MSR, mostrando uma relação positiva entre a disponibilidade de água e o desenvolvimento das raízes. Esses resultados sugerem que tanto o suprimento de energia (via ATP) quanto a adequada irrigação são fatores importantes para o crescimento radicular das plantas. Para a massa seca da raiz (Figura 3A) os aumentos das lâminas de irrigação subsidiaram maior acúmulo de massa de raízes, isso ocorreu em virtude do crescimento gradual na formação de raízes tornando-as mais desenvolvidas. Isso indica que a água, além de ser essencial para os processos vitais da planta, também estimula o crescimento do sistema radicular, que é responsável por absorver nutrientes e manter a planta firme no solo (TAIZ et al., 2017). Em relação a aplicação de ATP (Figura 3B), as plantas que receberam ATP obtiveram maior porcentagem de massa seca de raiz (12,8%) em comparação àquelas que não foram tratadas. Isso sugere que o ATP pode ter atuado como um reforço metabólico, ajudando a planta a crescer de forma mais eficiente mesmo sob condições controladas. De forma geral, podemos atribuir que tanto a irrigação adequada quanto o uso de ATP contribuíram positivamente para o crescimento radicular, o que é essencial para garantir o bom desenvolvimento da planta como um todo e melhorar sua capacidade de suportar variações no ambiente.



**Figura 3.** Massa seca da raiz em função das lâminas de irrigação (A) e da aplicação de ATP (B)

As lâminas de irrigação também influenciaram a massa seca da haste (MSH). À medida que se aplicaram maiores volumes de água, observou-se um crescimento significativo da parte estrutural da planta, o que demonstra que a irrigação adequada favoreceu o acúmulo de biomassa (Figura 4A). Tais resultados comprovam que o fornecimento de água em quantidades

suficientes é essencial para o desenvolvimento saudável da haste, que é responsável por sustentar a planta e transportar nutrientes (TAIZ et al., 2017). Além disso, também foi possível verificar que a aplicação de ATP (Figura 4B) contribuiu para o aumento da massa seca da haste. As plantas tratadas com ATP obtiveram hastes mais desenvolvidas em comparação às que não receberam o composto. Essa diferença foi estatisticamente significativa, o que reforça o papel do ATP como potencial estimulador do crescimento vegetal, possivelmente atuando em processos relacionados ao metabolismo e à eficiência no uso dos recursos disponíveis.



**Figura 4.** Massa seca da haste em função das lâminas de irrigação (A) e da aplicação de ATP (B)

## CONCLUSÕES

A irrigação em níveis adequados, especialmente com lâminas equivalentes a 80% e 100% da necessidade hídrica da cultura, promoveu melhorias expressivas nas variáveis de crescimento do algodoeiro FM 966. A aplicação exógena de trifosfato de adenosina (ATP) também apresentou efeito positivo, potencializando o crescimento em altura, o diâmetro da haste e o acúmulo de massa seca de raiz e caule.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, pelo espaço para realização da pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. Relatório de sustentabilidade da cotonicultura brasileira – safra 2023/2024. [S. l.]: **ABRAPA**, 2024.
- ALMEIDA, F. A. C.; PEREIRA, D. A. Uso de bioestimulantes na cultura do algodão: efeitos fisiológicos e produtivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 210-218, 2023.
- ALVAREZ, J. P.; GARCÍA, S. R.; MARTÍNEZ, A. L. ATP signalling in plant stress responses: mechanisms and applications. **Plant Science**, v. 295, p. 110-122, 2020.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: algodão, safra 2024/2025 – 8º levantamento. Brasília, DF: **Conab**, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 4 maio 2025.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D. Crescimento e trocas gasosas do algodoeiro sob salinidade da água e combinação nitrogênio-potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 470–479, abr.–jun. 2020.
- RAO, S. Y.; YANG, Z. M.; FENG, J. L. Role of ATP in growth and stress response in cotton. **Plant Physiology**, v. 45, n. 3, p. 567-574, 2011.
- SOUZA, L. S. B.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, L. A. A. Interação entre salinidade da água de irrigação e doses de potássio no crescimento inicial do algodoeiro. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 935-945, 2021.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- YANG, J.; LI, C.; ZHANG, X.; WANG, Y. Exogenous ATP promotes cotton growth under stress conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 70, n. 1, p. 45-53, 2013.
- ZHANG, X.; WANG, Y.; YANG, S.; LI, Q.; GUO, H. ATP regulation of photosynthesis and growth in cotton under drought stress. **Journal of Plant Research**, v. 119, n. 4, p. 299-306, 2006.