

CURVA FISIOLÓGICA DO ALGODOEIRO FM 966 SOB IRRIGAÇÃO PLENA E DEFICITÁRIA

Raires Liliane de Oliveira Cruz¹, Mirraelly de Sousa Inocencio Ferreira², Nathalia Karolliny Mendes Vasconcelos³, Francisco de Assis da Silva⁴, Maria de Fátima Caetano da Silva⁵, Pedro Dantas Fernandes⁶

RESUMO: As trocas gasosas são parâmetros importantes para a determinação do estado fisiológico das plantas sob condições adversas. Assim, objetivou-se avaliar a curva fisiológica do algodoeiro cv FM 966 através da determinação das trocas gasosas em diferentes horários do dia, em plantas sob condição de irrigação plena e deficitária. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Para a realização da curva fisiológica, foram realizadas 10 leituras de trocas gasosas ao longo do dia com intervalo de 1 hora (8h, 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h, 15h, 16h e 17h), em plantas sob irrigação plena e sob déficit hídrico de 60% da necessidade hídrica da cultura. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. As análises fisiológicas ocorreram aos 50 dias após a emergência das plantas. As plantas sob irrigação plena obtiveram maior condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂ na análise realizada às 12 horas. Enquanto que para o tratamento sob déficit hídrico, a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂ obtiveram maiores inputs às 10 h da manhã. Após os horários de inputs, houve decréscimo linear até às 17 horas, observado tanto no tratamento controle como no tratamento sob déficit hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L, trocas gasosas, estresse abiótico.

¹ Agroecóloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. Bolsista CAPES fone: (83) 99675-6150, e-mail: raierescrux@gmail.com;

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

³ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB;

⁴ Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. da Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Pará – PA;

⁵ Mestre em Ciências Agrárias, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande -PB;

⁶ Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Voluntario da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB;

PHYSIOLOGICAL CURVE OF COTTON FM 966 UNDER FULL AND DEFICTIVE IRRIGATION

ABSTRACT: Gas exchange is an important parameter for determining the physiological state of plants under adverse conditions. Thus, with this work, the objective was to evaluate the physiological curve of cotton cv FM 966 by determining gas exchange at different times of the day, under full and deficient irrigation conditions. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Agricultural Engineering unit of the Federal University of Campina Grande – UFCG. To create the physiological curve, 10 gas exchange readings were taken throughout the day at 1-hour intervals (8 am, 9 am, 10 am, 11 am, 12 pm, 1 pm, 2 pm, 3 pm, 4 pm and 5 pm), in plants under full irrigation and under a water deficit of 60% of the crop's water requirement. The treatments were distributed in a completely randomized design, with five replications. Physiological analyzes took place 50 days after plant emergence. Plants under full irrigation had higher stomatal conductance, transpiration and CO₂ assimilation rate at 12 h. While for the treatment under water deficit, stomatal conductance and CO₂ assimilation rate had the highest input at 10 am. After the input times, there was a linear decrease until 5 pm, observed both in the control treatment and in the deficit treatment.

KEYWORDS: *Gossypium hirsutum* L, gas exchange, abiotic stress

INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma commodity largamente cultivada em várias partes do mundo. Trata-se da mais importante fonte de fibra natural, sendo um produto de alta importância na indústria têxtil (Barros et al., 2020; James, 2018). De acordo com a CONAB (2023), a produção de algodão em caroço no Brasil, safra 2022/2023, foi de 7,35 milhões de toneladas. Esses valores são indicativos de uma alta de 17%, em comparação com a safra anterior.

Desde meados dos anos 90, a competitividade das fibras de algodão tem aumentado bastante entre os países produtores, de modo que as atuais cultivares comerciais têm atendido esse mercado por deterem vários atributos genéticos que permitem maior produção e adaptação ambiental (Barros et al., 2020). No entanto, a seca tem sido reportada como um dos fatores que mais limita a produtividade da cotonicultura na região semiárida (Ul-Allah et al., 2021; Shiraku et al., 2022).

Os impactos da seca no crescimento geram efeitos diferenciados, sendo mais leves até o surgimento do primeiro botão floral, e mais drásticos na floração e desenvolvimento dos frutos, levando a altos percentuais de shedding de botões florais e maçãs jovens. Na fase de abertura dos capulhos, a necessidade hídrica é reduzida, porém, o estresse hídrico provocado nessa fase afeta diretamente a qualidade da fibra (Hussain et al., 2020; Iqbal et al., 2017; Zonta et al., 2017).

Em nível celular, a supressão hídrica durante a fenologia do algodoeiro afeta as trocas gasosas, relações hídricas, síntese de solutos compatíveis, entre outros eventos, com consequências negativas no crescimento e desenvolvimento das plantas (Ul-Allah et al., 2021; Niu et al., 2018). A limitação de água no solo induz à produção e acúmulo de ácido abscísico (ABA), induzindo o fechamento estomático e consequentemente a translocação de assimilados para os tecidos reprodutivos, levando a uma redução no rendimento agrícola (Ul-Allah et al., 2021; Sharma et al., 2012; Taiz et al., 2017).

Tendo em vista a importância de se identificar o estado fisiológico da planta para uma boa produção, objetivou-se avaliar a curva fisiológica do algodoeiro cv. FM 966, através da determinação das trocas gasosas em diferentes horários do dia, em condição de irrigação plena e deficitária na fase de florescimento da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em condições de ambiente protegido (casa de vegetação) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande, Paraíba. Coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. O clima da região é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982).

Para a realização da curva fisiológica, foram realizadas 10 leituras de trocas gasosas ao longo do dia com intervalo de 1 hora (8h, 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h, 15h, 16h e 17h do dia), em plantas sob irrigação plena e sob déficit hídrico de 60% da necessidade hídrica da cultura. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Para a instalação do experimento, foram utilizadas sementes do algodoeiro cv. FM 966 de fibra branca, conforme as características resumidas na Tabela 1.

Tabela 1: Características agronômicas das cultivares a serem utilizada

Cultivar	Tipo	AA	Características
FM 966	H	Cerrado	FB, PA, ARM

H - Herbáceo; AA - Adaptação Ambiental; FB - Fibra Branca, PA - Produtividade Alta, ARM - Alto Rendimento de Maças Maduras.

Sementes das cultivares foram semeadas em vaso, contendo 25 dm³ de solo, fertilizado com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), nas quantidades de 100, 300 e 150 mg dm⁻³ de solo, conforme recomendação de Novaes (1991). Como fonte de N, P e K, foram utilizados a ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Em cada vaso foi adaptada uma mangueira transparente de 4 mm de diâmetro, conectada à sua base, de modo a facilitar a drenagem de cada lisímetro, acoplados a recipientes com capacidade volumétrica de 1,0 L, para coleta da água drenada.

O material de solo para preenchimento dos recipientes foi coletado em área situada no lado leste, próximo à cidade de Campina Grande, Paraíba. Amostras do material do solo foram utilizadas para determinação dos atributos químicos e físicos no laboratório.

de Irrigação e Salinidade (LIS) do CTRN/UFCG, conforme resultado descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Análise dos atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, 2023.

pH	P	K	Ca	Na	Mg	Al	H	SB	CTC	v	MO
5,9	mg dm ⁻³%	g dm ⁻³
	4,55	0,10	1,75	0,22	0,82	1,0	2,58	2,67	6,47	41,2	11,57
	Granulometria			D. do solo (g cm ⁻³)		Porosidade (%)		P. matriciais (atm)		Umidade (%)	Água disponível (%)
	Areia	Silte	Argila								
(%).....										
	80,77	12,94	6,29	1,18	43,38			0,10	19,14		8,28
	Classificação							15,00	5,81		
	Areia franca										

Método EMBRAPA. Extração: pH (H₂O) - potencial hidrogeniônico; P- fósforo; K⁺ - potássio; Ca²⁺ - cálcio; Na⁺ - sódio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - alumínio; H⁺ - hidrogênio; Mehlich (P, K, Na); Cloreto de potássio 1N (Ca, Mg e Al); Acetato de Cálcio pH 7,0 (H + Al) e M.O - matéria orgânica.

As irrigações foram realizadas diariamente, às 17 horas, com aplicação em cada lisímetro (vaso) do volume de água correspondente à demanda da planta no período, conforme o tratamento. O volume aplicado em cada evento de irrigação foi estimado por meio de balanço hídrico, tomando-se como base os termos da Eq. 1,

$$CH = Va - Vd \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

CH: consumo hídrico (mL)

Va: volume de água aplicado às plantas no dia anterior (mL)

Vd: volume drenado, quantificado na manhã do dia seguinte (mL)

Para as plantas sob déficit hídrico de 60%, foi utilizado o volume de água correspondente a 40% da água aplicada no tratamento controle (Irrigação plena).

No decorrer do experimento, a cultura foi mantida livre de plantas daninhas, eliminadas manualmente quando apareceram. Foi realizado tratamentos fitossanitários preconizados para as culturas do algodoeiro quando do surgimento de pragas.

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas aos 50 dias após a emergência das plantas (DAE), no período compreendido entre 8 horas da manhã e 17 horas da tarde. Os dados de condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) e taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram determinados por meio da utilização de um equipamento portátil de trocas gasosas (Infra Red Gas Analyser-RGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro). As determinações foram realizadas na terceira folha completamente expandida, do ápice para a base, conduzidas sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO_2 e com fonte artificial de radiação de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de homogeneidade das variâncias (Kolmogorov-Smirnov), em seguida, submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e aplicado o teste de Tukey para comparar os tratamentos, utilizando-se do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1A, observa-se que a condutância estomática do algodoeiro FM 966 sob irrigação plena oscilou entre $0,23 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (8 horas da manhã) e $0,04 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (17 horas). O maior input foi observado ao meio-dia ($0,29 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com aumento percentual de 26,72% e 600% em comparação à primeira e última avaliação do dia, respectivamente.

Para as plantas sob déficit hídrico, observa-se ainda na Figura 1A, maior condutância estomática ($0,22 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) às 10 horas da manhã. Constata-se que as plantas irrigadas

possuem melhor estabilidade na abertura estomática com progressão até o meio-dia, horário mais quente, enquanto que sob restrição hídrica a estabilidade dos estômatos foi menor. O fechamento parcial dos estômatos duas horas antes do observado nas plantas irrigadas ocorreu em virtude da quantidade de água disponível no solo. As plantas sob restrição hídrica tendem a reduzir a abertura estomática como estratégia para minimizar a perda de água por transpiração (Taiz et al. 2017). No entanto, quando a planta reduz de forma drástica a abertura estomática, o fluxo de CO₂ nos cloroplastos é comprometido, diminuindo a disponibilidade de substrato para a reação de carboxilação da Rubisco (Zhou et al. 2014). Tais fatores tendem a influenciar na absorção de carbono e, conseqüentemente, no processo de produção da fotossíntese.

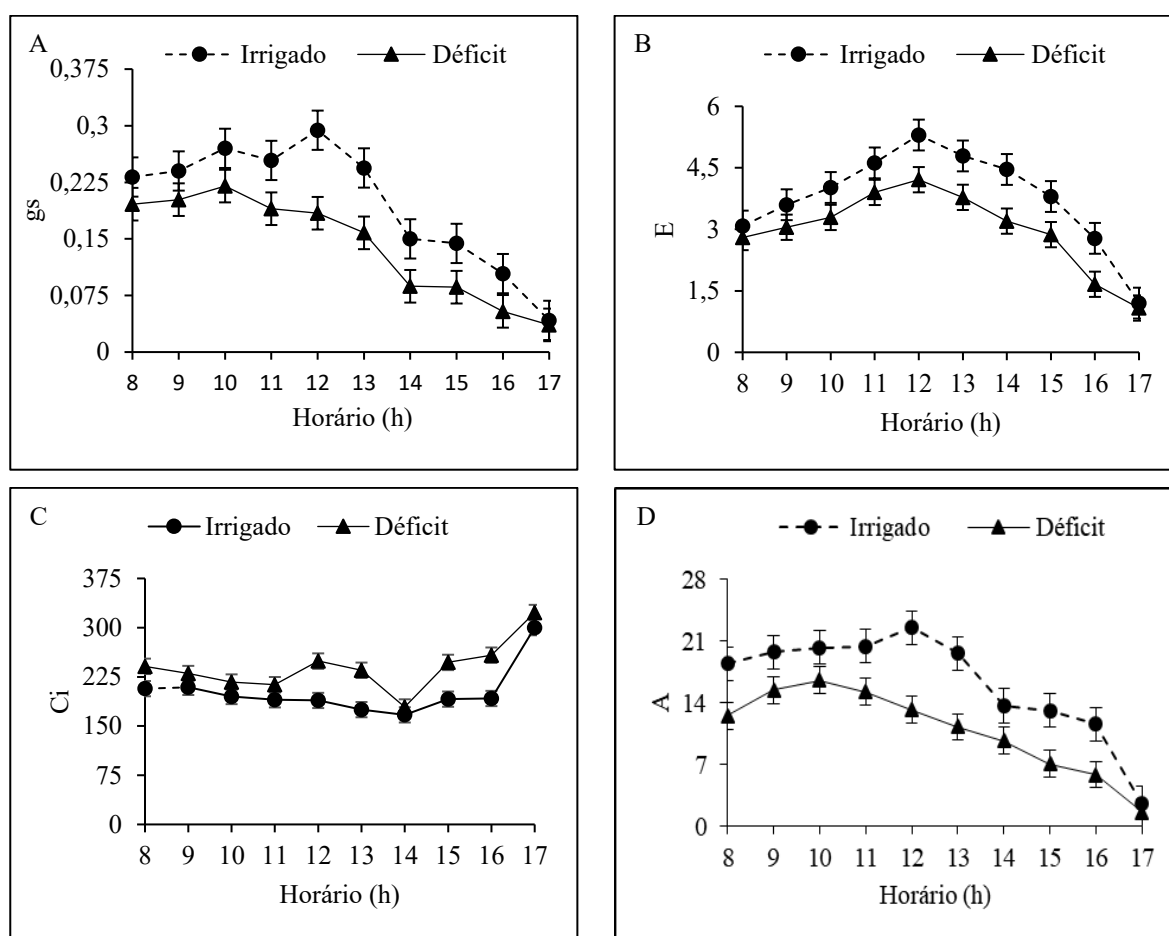


Figura 1. Condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de carbono (Ci) e taxa de assimilação de CO₂ (A) em função do horário do dia, aos 50 DAE.

Os resultados obtidos com a condutância estomática refletiram na taxa de transpiração. A maior taxa transpiratória nas plantas sob irrigação foi de 1,2 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹, observada ao meio-dia (12 horas). No entanto, para as plantas sob restrição hídrica, os resultados de transpiração não foram semelhantes aos obtidos na condutância estomática, sendo constatado aumento da transpiração até as 12 horas (Figura 1B).

A concentração interna de CO₂ é outro parâmetro importante, pois está intrinsicamente relacionada com a taxa fotossintética (Barbosa et al., 2021). Na Figura 1C, observa-se que a Ci oscilou durante todo o dia, sendo constatado aumento ao final do dia em ambas as condições hídricas. Esse aumento de carbono ao final do dia possivelmente ocorreu em virtude do acúmulo de carbono no interior da célula.

A taxa de assimilação de CO₂ (Figura 1D) teve maior input (22,53 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) às 12 horas do dia, observado em plantas sob condição de irrigação plena, e de 16,56 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, às 10 horas do dia, constatado em plantas sob condição deficitária de água.

As trocas gasosas são parâmetros intrinsicamente interligados, sendo a taxa de assimilação de CO₂ o processo final decorrente da abertura estomática e da assimilação de carbono. A restrição hídrica comprometeu de forma substancial todos os parâmetros de trocas em todos os horários do dia, exceto no final da tarde.

CONCLUSÕES

O algodoeiro FM 966, em condições irrigadas, obtém maiores valores de trocas gasosas às 12 horas do dia, no entanto, em condição de déficit hídrico de 60%, a estabilidade ocorre até as 10 horas da manhã.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo espaço cedido para realização da pesquisa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, D. D.; Fernandes, P. D.; Marcelino, A. D. A. de L.; Silva, F. de A.; Dias, M. dos S.; Silva, C. R. C.; Santos, R. C. Exogenous pyruvate mitigates the detrimental effects of water

stress in contrasting peanut genotypes. **Genetics and Molecular Research**. v.20, p.1-14, 2021. <https://doi.org/10.4238/gmr18907>

Barros, M.A.L., Silva, C.R.C., Lima, L.M.L., Farias, F.J.C., Ramos, G.A. and Santos, R.C. A Review on evolution of cotton in Brazil: GM, white, and colored cultivars. **Journal of Natural Fibers**, vol. 19, no. 1, pp. 209-221, 2020. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1738306>

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Hussain, S., Ahmad, A., Wajid, A., Khaliq, T., Hussain, N., Mubeen, M., Farid, H.U., Imran, M., Hammad, H.M., Awais, M.; Ali, A.; Aslam, M., Amin, A., Akram, R., Amanet, K. and Nasim, W. **Irrigation scheduling for cotton cultivation**. Em: Ahmad, S. and Hasanuzzaman, M. (eds) Cotton Production and Uses. Springer, pp. 59-80, 2020.

Iqbal, M., Ui-Allah, S., Naim, M., Ijaz, M., Sattar, A. and Sher, A. Response of cotton genotypes to water and heat stress: from field to genes. **Euphytica**, vol. 13, no. 131, pp. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1916-2>

James, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in. ISAAA Brief No. 54. Ithaca, NY, USA: **International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications**. 2018.

Niu, J.; Zhang, S.; Liu, S.; Ma, H.; Chen, J.; Shen, Q.; Zhao, X. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. **Journal of plant physiology**, v.224, p.30-48, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.03.001>

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. 1991, p.189-253.

Sharma, P.; Jha, A. B.; Dubey, R. S.; Pessarakli, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, p.1-26, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>

Shiraku, M. L.; Magwanga, R. O.; Zhang, Y.; Hou, Y.; Kirungu, J. N.; Mehari, T. G.; Xu, Y.; Wang, Y.; Wang, K.; Cai, X.; Zhou, Z.; Liu, F. Late embryogenesis abundant gene LEA3 (Gh-A08G0694) enhances drought and salt stress tolerance in cotton. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.207, p.700-714, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.110>

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

Ul-Allah, S.; Rehman, A.; Hussain, M.; Farooq, M. Fiber yield and quality in cotton under drought: Effects and management. **Agricultural Water Management**, v.255, p.106994, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106994>

Zhou S, Medlyn B, Sabaté S, Sperlich D, Prentice IC, Whitehead D. Short-term water stress impacts on stomatal, mesophyll and biochemical limitations to photosynthesis differ consistently among tree species from contrasting climates. **Tree Physiol** 34: 1035–1046, 2014. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpu072>

Zonta, J. H.; Brandão, Z. N.; Rodrigues, J. I. da S.; Sofiatti, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. **Revista Caatinga**, v.30, p.980-990, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n419rc>