

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SOBRE AS TROCAS GASOSAS FOLIARES DO ALGODOEIRO

ADRIANA CRUZ DE OLIVEIRA¹; ANTONIO FLAVIO BATISTA DE ARAUJO²;
CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA³; JUVENALDO FLORENTINO CANJÁ⁴;
LUCIANA LUZIA PINHO⁵ E NAARA IORRANA GOMES SOUSA⁶

¹ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: drica_fj@hotmail.com.br

² Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: antonioflaviobatistadearaujo@gmail.com

³ Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: cfeitosa@ufc.br

⁴ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: batchi juve@gmail.com

⁵ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: englucianaufc@gmail.com

⁶ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Av. Mister Hull, s/n -Pici, Centro de Ciências Agrárias, Bloco 804, CEP: 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: naara_iorrana@hotmail.com

1 RESUMO

O uso de águas residuárias na irrigação tem crescido como suplementação para driblar a escassez hídrica. Contudo, pouco se sabe sobre as respostas das culturas sobre sua aplicação. Assim, objetivou-se avaliar os impactos da irrigação suplementar com águas residuárias tratadas sobre as trocas gasosas do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L), simulando-se cenários hídricos considerados normais, seca e seca severa, na presença e ausência de NPK. O experimento foi conduzido no município de Russas – CE, em área vizinha à lagoa de estabilização da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, em DBC, no esquema de parcelas subsubdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram cenários hídricos (normal, seca e seca severa); a subparcela foi a suplementação ou não com água residuária tratada nos veranicos simulados; a subsubparcela foi a aplicação ou não de NPK. A cultivar utilizada foi BR 433. Aos 25 dias após a semeadura foram analisadas fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO₂ e temperatura foliar. Os cenários de seca e seca severa apresentaram pequeno impacto sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. Entretanto, a irrigação suplementar reduziu a temperatura foliar e atenuou os efeitos do cenário de seca sobre a fotossíntese, independente da aplicação ou não de NPK.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L, Reúso de água, Seca.

**OLIVEIRA, A. C. de; ARAUJO, A. F. B. de; LACERDA, C. F. de; CANJÁ, J. F.;
PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G.**
**INFLUENCE OF SUPPLEMENTAL IRRIGATION WITH WASTEWATER ON
COTTON LEAF GAS EXCHANGE**

2 ABSTRACT

The use of wastewater in irrigation has grown as a supplement to circumvent water scarcity. However, little is known about the responses of cultures to its application. Thus, the objective was to evaluate the impacts of supplementary irrigation with treated wastewater on gas exchange of cotton (*Gossypium hirsutum* L), simulating water scenarios considered normal, drought and severe drought, in the presence and absence of NPK. The experiment was conducted in the municipality of Russas - CE, in an area next to the stabilization pond of CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará, in DBC, in the subdivided plot scheme, with four blocks. The plots were water scenarios (normal, drought and severe drought); the subplot was supplemented or not with wastewater treated in the simulated summer days; the sub-installment was the application or not of NPK. The cultivar used was BR 433. At 25 days after sowing, photosynthesis, transpiration, internal CO₂ concentration and leaf temperature were analyzed. The drought and severe drought scenarios had little impact on the cotton leaf gas exchange. However, supplementary irrigation reduced leaf temperature and attenuated the effects of drought scenario on photosynthesis, whether or not NPK was applied.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L, Water reuse, Drought.

3 INTRODUÇÃO

Regiões semiáridas tropicais apresentam fontes potenciais de estresses abióticos como seca, salinidade, elevada radiação solar e temperaturas altas (CAVALCANTI et al., 2004). Pode se afirmar inclusive que o déficit hídrico nessas regiões é um o fator mais limitante para a maioria das culturas, principalmente devido aos longos períodos de estiagem, nos quais, além da baixa disponibilidade, a qualidade das fontes hídricas é reduzida pelo aumento na concentração de sais.

Uma estratégia para reduzir os efeitos de veranicos em regiões semiáridas é a irrigação suplementar com águas residuárias. Essa alternativa visa não somente lidar com a baixa disponibilidade de recursos hídricos, mas também ser mais sustentável para os cultivos irrigados, permitindo que águas de melhor qualidade

sejam utilizadas para outros fins, como o consumo humano e animal.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar os impactos da irrigação suplementar com águas residuárias tratadas sobre as trocas gasosas da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L), simulando-se as condições de umidade do solo baseada em uma série histórica de dados de precipitação para a região do Baixo Jaguaribe-CE, considerando-se cenários normais, seca e seca severa, na presença e ausência de NPK.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Russas – CE, sob as coordenadas geográficas: 4°56'25"S, 37°58'33"W, 20,5 m de altitude, em área vizinha à lagoa de estabilização da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto

do Estado do Ceará. O ensaio foi instalado em delineamento em blocos casualizados, no esquema de parcelas subsubdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram formadas pelos cenários hídricos (normal, seca e seca severa), definidos com base em série histórica de 30 anos da região do Baixo Jaguaribe-CE. As subparcelas foram compostas pela utilização ou não de suplementação com água residuária tratada, sendo que as lâminas aplicadas nos veranicos (pelo menos 5 dias sem chuvas) foram calculadas pela evapotranspiração da cultura, de acordo com Allen et al. (1998), e utilizando-se dados de série histórica de evapotranspiração de referência para a região (GONDIN et al., 2010) e os coeficientes da cultura do algodoeiro.

Antes da realização da semeadura foi aplicada uma lâmina de 30 mm de água de abastecimento fornecida pela CAGECE, simulando-se uma condição de umidade do solo que permite uma germinação adequada. Nos primeiros 25 dias após a semeadura (DAS) foram aplicados 135; 55,0 e 35 mm de água de abastecimento nos cenários Normal, Seca e Seca severa, respectivamente, nos tratamentos sem irrigação suplementar. As lâminas de irrigação suplementar com água residuária tratada, no mesmo período, foram de 9,7, 48,6 e 51,3 mm, para os cenários Normal, Seca e Seca severa, respectivamente. As plantas nos cenários de Seca e Seca severa foram submetidas a dois veranicos ao longo dos 25 DAS, o primeiro com duração de 11 dias e o segundo com duração de 10 dias. No cenário hídrico Normal, por sua vez, as plantas foram submetidas apenas a um veranico de 8 dias, entre 3 e 11 dias após a semeadura.

Foram utilizadas sementes da cultivar BR 433, cedidas pela Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Estado do Ceará - SEDET, as quais foram semeadas em espaçamento de 0,7 x 0,3 m e, após o desbaste, foram deixadas duas plantas por cova. As subsubparcelas foram definidas

pela realização ou não da adubação NPK, com cinco linhas de plantio de 4,5 m de comprimento cada uma. As doses de nitrogênio, P_2O_5 e K_2O foram, respectivamente, 60, 60 e 50 kg ha⁻¹.

Aos 25 dias após o plantio foram realizadas as medições das taxas de fotossíntese, transpiração, concentração interna de CO₂ e temperatura foliar com um analisador portátil de gases no infravermelho – IRGA (modelo LCI, ADC, BioScientific, UK), sendo realizadas duas leituras em cada unidade experimental. Por fim, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey utilizando-se o Software Sisvar versão 5,7 (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir encontra-se a Tabela 1, onde é possível observar que aos 25 dias de experimento, apenas as taxas de fotossíntese líquida das plantas sofreram efeitos significativos da interação entre os cenários hídricos e a irrigação suplementar com água residuária tratada. A temperatura foliar, no entanto, expressou efeito significativo para a suplementação isoladamente. Não foi verificado efeito significativo da fertilização com NPK isoladamente, nem da interação deste com os demais fatores para todas as variáveis analisadas neste trabalho.

Um dado interessante da Tabela 1 é a falta de efeitos isolados dos cenários hídricos sobre as trocas gasosas foliares, mesmo as plantas sob cenários de seca e seca severa tendo sido submetidas a dois veranicos durante os primeiros 25 dias após a semeadura, o primeiro com duração de 11 dias e o segundo com duração de 10 dias. Mesmo quando se avaliou a interação entre cenário hídrico e suplementação (Tabela 2), se observa que os efeitos foram relativamente pequenos e significativos apenas no cenário de seca. Esses resultados demonstram que o algodoeiro consegue sobreviver a estresses prolongados na fase

inicial de crescimento, com pouco impacto sobre a taxa de assimilação líquida de carbono por unidade de área foliar. Essa tolerância do algodoeiro ao déficit hídrico

foi demonstrada também por outros autores (ULLAH; ASHRAF; ZAFAR, 2008; YEATES; CONSTABLE; MCCUMSTIE, 2010).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as trocas gasosas foliares da cultura do algodoeiro sob irrigação suplementar. Transpiração – *E*; Fotossíntese- *A*; Concentração interna de CO₂ – *Ci*.

| Fontes de Variação | G. L. | Quadrados médios | | | |
|--------------------|-------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | Temperatura foliar | <i>E</i> | <i>A</i> | <i>Ci</i> |
| Blocos | 3 | 29,14** | 32,95** | 26,56 ^{ns} | 1886,81 ^{ns} |
| Cenário (C) | 2 | 2,69 ^{ns} | 3,96 ^{ns} | 8,83 ^{ns} | 1865,44 ^{ns} |
| Resíduo (C) | 6 | 0,58 | 1,44 | 15,07 | 796,08 |
| Suplementação (S) | 1 | 1,33* | 9,72 ^{ns} | 58,78 ^{ns} | 3400,33 ^{ns} |
| C x S | 2 | 0,15 ^{ns} | 3,17 ^{ns} | 150,60** | 49,39 ^{ns} |
| Resíduo (S) | 9 | 0,15 | 2,17 | 17,15 | 314,93 |
| NPK (F) | 1 | 0,08 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | 60,75 ^{ns} |
| F x C | 2 | 0,27 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 8,41 ^{ns} | 69,81 ^{ns} |
| F x S | 1 | 0,33 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 108,00 ^{ns} |
| F x S x C | 2 | 0,15 ^{ns} | 1,24 ^{ns} | 12,46 ^{ns} | 657,44 ^{ns} |
| Resíduo (F) | 18 | 0,15 | 0,39 | 13,69 | 336,49 |
| Total | 47 | | | | |
| CV – C (%) | | 2,02 | 13,41 | 13,26 | 12,08 |
| CV – S (%) | | 1,04 | 16,45 | 14,15 | 7,60 |
| CV – F (%) | | 1,04 | 7,04 | 12,64 | 7,85 |

ns, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, C.V. – coeficiente de variação. Gl – grau de liberdade.

No cenário de seca notou-se redução significativa na taxa de fotossíntese líquida, efeito que foi atenuado naquelas plantas que receberam suplementação com água residuária. Sob estresse hídrico, a fotossíntese é afetada principalmente em função do fechamento estomático. Com a intensificação desse estresse e as reduções no influxo de CO₂ atmosférico, a atividade fotorrespiratória em plantas de metabolismo C3 como o algodoeiro é intensificada, o que resulta em menor produção de biomassa (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; FOYER et al., 2009).

As médias de temperatura foliar do algodoeiro sob suplementação não diferiram entre os cenários hídricos, contudo, a irrigação suplementar reduziu a temperatura foliar no cenário de seca severa. Quando há

baixa umidade no solo, a transpiração das plantas sofre reduções, reduzindo a dissipação do calor latente pelas plantas e resultando no aumento da temperatura foliar. Por isso, plantas sob estresse hídrico apresentam temperatura foliar superior àquelas cultivadas sob plena disponibilidade hídrica (TESTI et al., 2008).

Numericamente, as taxas de transpiração e concentração interna de CO₂ expressaram incrementos sob suplementação, no entanto não foi evidenciado efeito significativo estatisticamente, o que pode ter ocorrido em virtude do tempo de exposição ao estresse de 25 dias. De modo geral, as reduções nas trocas gasosas foliares foram pequenas, evidenciando a tolerância do algodoeiro ao déficit hídrico.

Tabela 2. Resumo dos testes de Tukey para as trocas gasosas foliares de plantas de algodão em função do cenário hídrico simulado e da suplementação com água residuária tratada.

| Tratamentos | Normal | Seca | Seca Severa |
|--|----------|----------|-------------|
| Taxa de fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) | | | |
| Com Suplementação | 26,75aB | 32,64aA | 31,75aAB |
| Sem Suplementação | 31,12aA | 24,87bB | 28,50 aAB |
| Taxa de Transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) | | | |
| Com Suplementação | 9,03aA | 9,24aA | 9,94aA |
| Sem Suplementação | 9,10aA | 7,57aA | 8,82aA |
| Concentração Interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) | | | |
| Com Suplementação | 252,0aA | 230,75aA | 243,37aA |
| Sem Suplementação | 237,50aA | 215,63aA | 222,50aA |
| Temperatura Foliar ($^{\circ}\text{C}$) | | | |
| Com Suplementação | 37,12aA | 37,50aA | 37,75aA |
| Sem Suplementação | 37,25aB | 37,87aAB | 38,25bA |

¹As médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÃO

Os cenários de seca e seca severa apresentaram pequeno impacto sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. Entretanto, a irrigação suplementar com águas residuárias reduziu a temperatura foliar e atenuou os efeitos do cenário hídrico de seca sobre as taxas de fotossíntese do algodoeiro na fase inicial de desenvolvimento, independente da presença ou ausência da adubação com NPK.

7 AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e à Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Estado do Ceará (SEDET), pela concessão de bolsas de estudos e pelo auxílio financeiro para a realização da pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, J. T. A.; MARTINS-MIRANDA, A. S.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G., Superoxide dismutase, catalase and peroxide activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. **New Phytologist**, Lancaster, v. 163, n. 3, p. 563-571, 2004.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Exeter, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Computer Analysis System to Fixed Effects Split Plot Type Designs. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019.

FOYER, C. H.; BLOOM, A. J.; QUEVAL, G.; NOCTOR, G. Photorespiratory Metabolism: Genes, Mutants, Energetics, and Redox Signaling. **Annual Review Plant Biology**, Palo Alto, v. 60, n. 1, p. 455-484, 2009.

GONDIN, R. S.; FUCK JUNIOR, S. C. F.; MAIA, A. H. N.; EVANGELISTA, R. S. M. **Balço hídrico na bacia do Jaguaribe, Ceará, utilizando evapotranspiração de referencia Penman-Monteith FAO estimada com dados mínimos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 36).

TESTI, L.; GOLDHAMER, D. A.; INIESTA, F.; SALINAS, M. Crop water stress index is a sensitive water stress indicator in pistachio trees. **Irrigation Science**, Genebra, v. 26, n. 1, p. 395-405, 2008.

ULLAH, I.; ASHRAF, M.; ZAFAR, Y. Genotypic variation for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): Leaf gas exchange and productivity. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Amsterdam, v. 203, n. 2, p. 105-115, 2008.

YEATES, S. J.; CONSTABLE, G. A.; MCCUMSTIE, T. Irrigated cotton in the tropical dry season. II. Biomass accumulation, partitioning and RUE. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 116, n. 3, p. 290-299, 2010.