

TROCAS GASOSAS EM FUNÇÃO DE ÍNDICES TÉRMICOS DO MELOEIRO SOB IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA

James do Nascimento Costa¹, Marcio Facundo Aragão ², Luis Gonzaga Pinheiro Neto ³, Benito Moreira de Azevedo ⁴, Francisco Walisson do Nascimento Costa ⁵

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo observar as correlações entre as trocas gasosas e índices térmicos avaliados na fase III (floração e frutificação) do meloeiro sob diferentes imposições de irrigação deficitária, com medições realizadas no período da manhã. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 4 repetições de 9 tratamentos de irrigação (4 referentes a SI e 5 caracterizando a RDI). Os índices térmicos ($\Delta T_{\text{dossel-ar}}$, CWSI e IG) foram calculados a partir de imagens termográficas capturadas às 8:00h. Neste horário também foram realizadas as medições de trocas gasosas (condutância estomática e transpiração foliar). A partir dos resultados, conclui-se que medições de trocas gasosas e índices térmicos pela manhã, não proporcionam fortes correlações no meloeiro sob tratamentos de irrigação deficitária, quando a demanda atmosférica é baixa. O mesmo sob condições nubladas, como observado no ciclo I.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* L., termografia infravermelha, déficit hídrico.

GAS EXCHANGE AS A FUNCTION OF THERMAL INDEXES OF MELON PLANT UNDER DEFICIT IRRIGATION

ABSTRACT: This study aimed to observe the correlations between gas exchange and thermal indices evaluated in phase III (flowering and fruiting) of melon plants under different impositions of deficit irrigation, with measurements taken in the morning. The experimental design adopted was a randomized block design with 4 replicates of 9 irrigation treatments (4 referring to SI and 5 characterizing RDI). Thermal indexes ($\Delta T_{\text{canopy-air}}$, CWSI and IG) were calculated from thermographic images captured at 8:00h. At this time, gas exchange measurements (stomatal conductance and leaf transpiration) were also taken. From the results, it is concluded that measurements of gas exchange and thermal indices in the morning do not provide strong correlations in melon plants under deficit irrigation treatments, when atmospheric demand is low. The same is true under cloudy conditions, as observed in cycle I.

KEYWORDS: *Cucumis melo* L., infrared thermography, water deficit.

INTRODUÇÃO

A temperatura foliar é um importante indicador da resposta da planta a fatores ambientais, como por exemplo a disponibilidade de água (GATES, 1964). A compreensão mais simples é de que a temperatura expressada pela planta é resultante das interações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, caracterizada pela transpiração foliar, ou seja, pela troca de vapor entre a planta e a

¹Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza - CE, Fone: (88) 99440-2538, jamescosta078@gmail.com

²Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, marcioaragao26@gmail.com

³Dr em Fitotecnia, Prof. do Eixo de Recursos Naturais, IFCE, Campus Sobral – CE, luis.neto@ifce.edu.br

⁴Dr em Irrigação e Drenagem, Prof. associado, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, benito@ufc.br

⁵Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, graduando do IFCE, Campus Sobral – CE, francisco.walisson.nascimento08@aluno.ifce.edu.br

atmosfera durante a absorção de gás carbônico, controlado diretamente pelo movimento células-guarda adjacentes ao poro estomático.

O uso da termografia infravermelha para monitoramento do estresse hídrico de plantas tem sido amplamente utilizado. A técnica é reconhecida por ser uma opção rápida e não invasiva, e baseia-se no conhecimento de que a temperatura foliar aumenta em situações de estresse em função do fechamento estomático, logo, a transpiração diminui ou para, e a radiação absorvida não é dissipada, causando o aumento da temperatura da folha (JONES et al., 2002; BELFIORE et al., 2019).

Belfiore et al. (2019) comenta que em relação ao horário do dia para aquisição de imagens térmicas, alguns autores recomendam a parte mais quente do dia (entre 12:00 e 15:30) quando a demanda atmosférica é máxima, e podem ser observadas diferenças claras. Em seu trabalho, ele relata sobre a cultura da videira.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo observar as correlações entre as trocas gasosas e índices térmicos avaliados na fase III (floração e frutificação) do meloeiro sob diferentes imposições de irrigação deficitária, com medições realizadas no período da manhã.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento caracterizou-se em dois ciclos de cultivo, conduzidos no município de Sobral, Ceará (3° 42' 40" S; 40° 28' 55" O; altitude de 220 m). O clima predominante é do tipo “Aw”, conforme a classificação de Köppen. Os ciclos foram conduzidos no solstício de inverno e no equinócio de primavera para o hemisfério sul, período em que as chuvas são mínimas ou inexistentes.

Coletado na profundidade de 0,0 m – 0,2 m, o solo da área experimental foi analisado no Laboratório de Solos do IFCE, campus de Sobral. Os resultados obtidos foram os seguintes: pH = 6,2; matéria orgânica (MO) = 0,83 dag/kg; fósforo (P) = 1,32 mg/kg; potássio (K) = 0,23 cmolc/kg; capacidade de troca de cátion (CTC) = 5,23 cmolc/kg; condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) = 0,33 dS/m; argila = 56,65 g/kg; Silte = 151,79 g/kg; areia = 791,56 g/kg; densidade do solo = 1,32 g/cm³; porosidade total = 47%; classificação textural = areia franca. Sendo assim, a adubação segundo Crisóstomo *et al.* (2002) foi de 120 kg ha⁻¹ de N, 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 240 kg ha⁻¹ de K₂O.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 4 repetições de 9 tratamentos referentes à reposição da evapotranspiração de cultivo (ETc), definidos na Tabela 1.

O método de irrigação foi o localizado (gotejamento), composto por uma linha principal PN 40 de 1” e linhas laterais PN 30 de 1/2” com emissores autocompensantes de 2,0 L h⁻¹ (pressão máxima de 150 kPa), pressurizado por uma eletrobomba com potência de 3/4 de cv. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) obtido foi de 97%.

Tabela 1. Definição dos tratamentos de irrigação sustentada (SI) e por déficit regulado (RDI) em função da evapotranspiração de cultivo (% da ETc), para as diferentes fases fenológicas do meloeiro.

Fases fenológicas	Kc ¹	DAT	Tratamentos de irrigação (% da ETc)									
			SI				RDI					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
Inicial (I)	0,5	0-22	125	100	75	50	75	50	100	100	75	
Crescimento (II)	0,5–1,05	23-40	125	100	75	50	100	100	75	50	100	
Floração e frutificação (III)	1,05	41-58	125	100	75	50	100	75	75	100	50	
Maturação (IV)	0,75	59-66	125	100	75	50	75	75	50	100	50	

Fonte: ¹Allen *et al.* (1998); Kc – coeficiente de cultivo; DAT – Dias após o transplantio.

O manejo da irrigação foi via tanque Classe “A” (ALLEN *et al.*, 1998), com reposições estimadas diariamente. O valor do coeficiente do tanque (Kp) foi igual a 0,75, mantido fixo durante todo o período de condução, em decorrência de não se dispor de dados locais de velocidade do vento. O coeficiente de localização (Kr) foi calculado segundo Freeman e Garzoli (VERMEIREN e JOBLING, 1997) apresentado no manual FAO-36. O tempo de irrigação foi obtido com o *software* “Sistema Ômega de Manejo da Microirrigação”, (VALNIR JÚNIOR *et al.*, 2017), com informações sobre o cultivo, sistema de irrigação e intensidade de reposição previamente inseridas.

Os índices térmicos foram obtidos na fase de floração e frutificação (Fase III) da cultura do meloeiro - respectivamente aos 45 DAT no ciclo I e aos 42 DAT no ciclo II -, calculados conforme equações apresentadas em García-Tejero *et al.* (2016). Os índices térmicos foram o $\Delta T_{(T_c - T_a)}$ (diferença de temperatura entre o dossel da planta e o ar), o CWSI (*Crop Water Stress Index*) e o IG *Stomatal Conductance Index*).

As imagens termográficas foram capturadas às 8:00h com uma câmera térmica portátil, modelo FLIR E5xt, com emissividade (ϵ) ajustada em 0,95, e distância de captura de 1,0 m. Na estimativa da Tc foi utilizada a ferramenta *ellipse* do *software* Flir Thermal Studio Suite (modelo Starter). Para cada imagem termográfica obtida (duas por tratamento), foram distribuídas cinco *elipses*, resultando em 40 pontos (n = 40) por tratamento.

As trocas gasosas foram mensuradas no intervalo entre 08:00h e 09:00h, antecedendo as irrigações e concomitante com a captura de imagens térmicas, sendo selecionada a quarta folha contada a partir do ápice do ramo do meloeiro para a medição, com duas medições por tratamento. As mensurações foram realizadas utilizando um analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo Li-6400XT da LI-COR Biosystems®. As variáveis examinadas foram a condutância estomática (*gs*) e taxa de transpiração foliar (*E*).

Tabela 2. Equações, coeficientes de determinação (R^2) e significância estatística (p -valor) das regressões lineares entre as trocas gasosas (gs e E) e os índices térmicos ($\Delta T_{(T_c - T_a)}$, CWSI e IG).

Interação	CICLO 1	
	SI	RDI
$\Delta T_{T_c - T_a} \times gs$	$y = 0,342 + 0,032x; R^2 = 0,36; p = 0,402$	$y = 0,286 - 0,009x; R^2 = 0,02; p = 0,831$
$\Delta T_{T_c - T_a} \times E$	$y = 7,457 + 0,601x; R^2 = 0,51; p = 0,286$	$y = 5,172 - 0,803x; R^2 = 0,30; p = 0,339$
CWSI $\times gs$	$y = 0,221 + 0,434x; R^2 = 0,35; p = 0,410$	$y = 0,311 - 0,062x; R^2 = 0,004; p = 0,916$
CWSI $\times E$	$y = 5,155 + 8,254x; R^2 = 0,50; p = 0,292$	$y = 8,077 - 9,891x; R^2 = 0,25; p = 0,393$
IG $\times gs$	$y = 0,325 - 0,006x; R^2 = 0,14; p = 0,632$	$y = 0,291 + 0,002x; R^2 = 0,008; p = 0,884$
IG $\times E$	$y = 7,230 - 0,127x; R^2 = 0,25; p = 0,501$	$y = 5,269 + 0,227x; R^2 = 0,26; p = 0,375$
	CICLO 2	
	SI	RDI
$\Delta T_{T_c - T_a} \times gs$	$y = 0,368 + 0,018x; R^2 = 0,93; p = 0,038$	$y = 0,436 - 0,028x; R^2 = 0,88; p = 0,018$
$\Delta T_{T_c - T_a} \times E$	$y = 8,22 + 0,154x; R^2 = 0,93; p = 0,035$	$y = 8,88 - 0,267x; R^2 = 0,94; p = 0,006$
CWSI $\times gs$	$y = 0,333 + 0,365x; R^2 = 0,92; p = 0,041$	$y = 0,491 - 0,579x; R^2 = 0,88; p = 0,019$
CWSI $\times E$	$y = 7,917 + 3,140x; R^2 = 0,93; p = 0,037$	$y = 9,403 - 5,452x; R^2 = 0,94; p = 0,0061$
IG $\times gs$	$y = 0,440 - 0,005x; R^2 = 0,95; p = 0,027$	$y = 0,325 + 0,011x; R^2 = 0,79; p = 0,046$
IG $\times E$	$y = 8,832 - 0,045x; R^2 = 0,92; p = 0,043$	$y = 7,828 + 0,100x; R^2 = 0,86; p = 0,023$

Relações entre índices térmicos e trocas gasosas realizadas por García-Tejero *et al.* (2016) também demonstraram baixas correlações às 08:00h entre a gs com o $\Delta T_{(T_c - T_a)}$, com o CWSI e com o IG para duas variedades de videiras submetidas a irrigação sustentada (SI) e irrigação por déficit regulado (RDI), ocorrendo o mesmo em avaliações às 20:00h, e diferenciando quando os dados foram coletados às 11:00, 14:00 e 17:00h onde as correlações foram mais robustas.

Adicionalmente, relações entre a gs e E com os índices térmicos $\Delta T_{(T_c - T_a)}$ e CWSI realizadas por García-Tejero *et al.* (2017) apresentaram relações não significativas quando utilizado informações térmicas coletadas da parte superior de plantas oliveiras às 8:30h, enquanto que em horários mais estressantes, como às 12:30h, todas as correlações apresentaram coeficientes robustos e significativos a 1%. Em amendoeiras, García-Tejero *et al.* (2018) observou que a relação entre a gs e os índices térmicos apresentaram correlações em diferentes horários do dia, contudo, às 8:30h apenas o CWSI apresentou correlação significativa, com o $\Delta T_{(T_c - T_a)}$ e o IG sendo não significativos. Correlações da gs em função do CWSI e do IG realizadas por Belfiore *et al.* (2019) com videiras (variedades Merlot e Moscato) e coleta de dados nas horas mais quentes do dia (entre 13:00h e 14:30h) apresentaram R^2 entre 0,5 e 0,85, significativas a $p \leq 0,001$.

CONCLUSÕES

Medições de trocas gasosas e índices térmicos pela manhã, não proporcionam fortes correlações no meloeiro sob tratamentos de irrigação deficitária, quando a demanda atmosférica é baixa. O mesmo sob condições nubladas, como observado no ciclo I.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAGÃO, M. F.; PINHEIRO NETO, L. G., VIANA, T. V. D. A. et al. Evaluation of crop water status of melon plants in tropical semi-arid climate using thermal imaging. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 6, p. 447-456, 2023.

BELFIORE, N.; VINTI, R.; LOVAT, L.; et al. Infrared thermography to estimate vine water status: Optimizing canopy measurements and thermal indices for the varieties Merlot and Moscato in northern Italy. **Agronomy**, [S.l.] v. 9, n. 12, p. 821, 2019.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; RAIJ, B. van. et al. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21 p. (Circular Técnica, 14).

GARCÍA-TEJERO, I. F.; COSTA, J. M.; EGIPTO, R.; et al. Thermal data to monitor crop-water status in irrigated Mediterranean viticulture. **Agric. Water Manag.**, [S.l.] v. 176, p. 80-90, 2016.

GARCÍA-TEJERO, I. F.; HERNÁNDEZ, A.; PADILLA-DÍAZ, C. M. et al. Assessing plant water status in a hedgerow olive orchard from thermography at plant level. **Agric. Water Manag.**, [S.l.] v. 188, p. 50-60, 2017.

GARCÍA-TEJERO, I. F.; RUBIO, A. E.; VIÑUELA, I. et al. Thermal imaging at plant level to assess the crop-water status in almond trees (cv. Guara) under deficit irrigation strategies. **Agric. Water Manag.**, [S.l.] v. 208, p. 176-186, 2018.

GATES, D. M. Leaf temperature and transpiration 1. **Agronomy Journal**, [S.l.] v. 56, n. 3, p. 273-277, 1964.

JONES, H. G.; STOLL, M.; SANTOS, T. et al. Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.] v. 53, n. 378, p. 2249-2260, 2002.

VALNIR JUNIOR, M.; RIBEIRO, F. C.; ROCHA, J. P. A. et al. Developing a *software* Microirrigation Management. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 2, p. 1324, 2017.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Tradução de H.R. Gheyi, F.A.V. Damasceno, L.G.A. Silva Jr.; J.F. de Medeiros, Campina Grande, UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).