

## METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS DAS FOLHAS DO PEPINEIRO

ANA CAROLINA M. LIMA<sup>1</sup>, TAMARA MARIA GOMES<sup>2</sup>, FABRÍCIO ROSSI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Ciências (Engenharia de Sistemas Agrícolas), USP/Piracicaba-SP, (019) 3565.6814, ana.murad.lima@usp.br

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Profa. Doutora, Departamento de Eng. de Biosistemas, USP/Pirassununga-SP, tamaragomes@usp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Eng. de Biosistemas, USP/Pirassununga-SP, fabricio.rossi@usp.br

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** A termografia permite obter a temperatura de cada pixel da imagem capturada. Essa técnica tem sido utilizada em diferentes culturas para verificar estresses fisiológicos por fatores bióticos e abióticos. Entretanto, a seleção dos pixels a serem analisados na imagem pode ser feita de diferentes formas. O presente estudo comparou três formas de obtenção das temperaturas da folha do pepineiro. A seleção dos pixels da imagem foi feita utilizando-se a ferramenta “forma livre”, “elipse” e pela combinação de duas linhas livres, a que se chamou de “perfil”. A temperatura máxima obtida pela forma de processamento do tipo “perfil” diferiu estatisticamente, enquanto as formas de processamento “elipse” e “forma livre” não diferiram entre si para as temperaturas avaliadas. Nesse sentido, destaca-se a “elipse” como a melhor forma de processamento para as imagens termográficas da folha do pepineiro, pois é uma metodologia simples, representativa da folha e menos suscetível a variações.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cucumis sativus*, instrumentação, termografia, termovisão.

### METHODOLOGY FOR OBTAINING MAXIMUM, AVERAGE AND MINIMUM TEMPERATURES OF CUCUMBER LEAF THERMOGRAPHIC IMAGES

**ABSTRACT:** The thermography allows obtaining the temperature of each pixel in the captured image. This technique has been used in different cultures to verify physiological stresses by biotic and abiotic factors. However, the selection of the pixels to be analyzed in the image can be done in different ways. The present study compared three ways of obtaining minimum, maximum and average leaf cucumber temperatures. The selection of the image pixels was made using the tool "free form", "ellipse" and the combination of two free lines, which was called "profile". The maximum temperature obtained by the "profile" processing type differed statistically from the other two, while the "ellipse" and "free form" processing forms did not differ from each other for the evaluated temperatures. In this sense, "ellipse" stands out as the best form of processing for the thermographic images of the cucumber leaf, since it is a simple methodology, representative of the whole leaf and less susceptible to variations.

**KEYWORDS:** *Cucumis sativus*, instrumentation thermography, thermovision.

**INTRODUÇÃO:** A câmera termográfica é um equipamento capaz de medir temperaturas através da captação de imagens no comprimento de onda do infravermelho. É possível obter a temperatura de cada pixel da imagem por meio de análise em software adequado e, dessa forma, conhecer as temperaturas máxima, mínima e média de cada imagem. Através da termografia estudos já foram capazes de estimar o índice de área foliar em condições de estresse por umidade (BANERJEE; KRISHNAN; MRIDHA, 2017), o status de água na planta e a produtividade de grãos de trigo (ELSAYEDA et al., 2017) e comparar as respostas dessa cultura ao estresse salino e ao hídrico (HACKL et al., 2012). Também foi possível selecionar genótipos de milho mais resistentes à seca através da diferença de temperatura entre plântulas irrigadas e sob condições de estresse hídrico (COSTA et al., 2015), e estabelecer relação entre as temperaturas da planta *Euonymus japonica* e sua atividade estomacal, sendo possível utilizar a temperatura do dossel como indicador preciso para agendamento dos sistemas de irrigação (GÓMEZ-BELLOT et al., 2015). Na cultura do pepino a termografia foi usada para acompanhar a dinâmica de resposta dessa cultura à infecção por *Fusarium* (WANG et al., 2012; 2013) e para comparar a murcha dessa infecção com aquela causada por estresse hídrico (SUN et al., 2017). A câmera termográfica é um instrumento de avaliação não destrutivo e de resposta rápida. Entretanto, para obtenção de dados é importante que as imagens termográficas sejam adequadamente trabalhadas. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo comparar três formas de seleção de imagem termográfica para análise em software adequado para obtenção das temperaturas máxima, média e mínima das folhas dos pepineiros.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Seis imagens termográficas foram feitas utilizando-se a câmera termográfica Testo® em folhas de seis diferentes pepineiros do tipo japonês com 70 dias após o transplântio, cultivado em casa de vegetação. Os dados de umidade relativa e temperatura ambiente foram registrados no momento da obtenção das fotos para inserção no software no momento da análise. Todas as imagens foram processadas no IRSoft® (FIGURA 1), com seleção da imagem de três formas diferentes para análise no software.

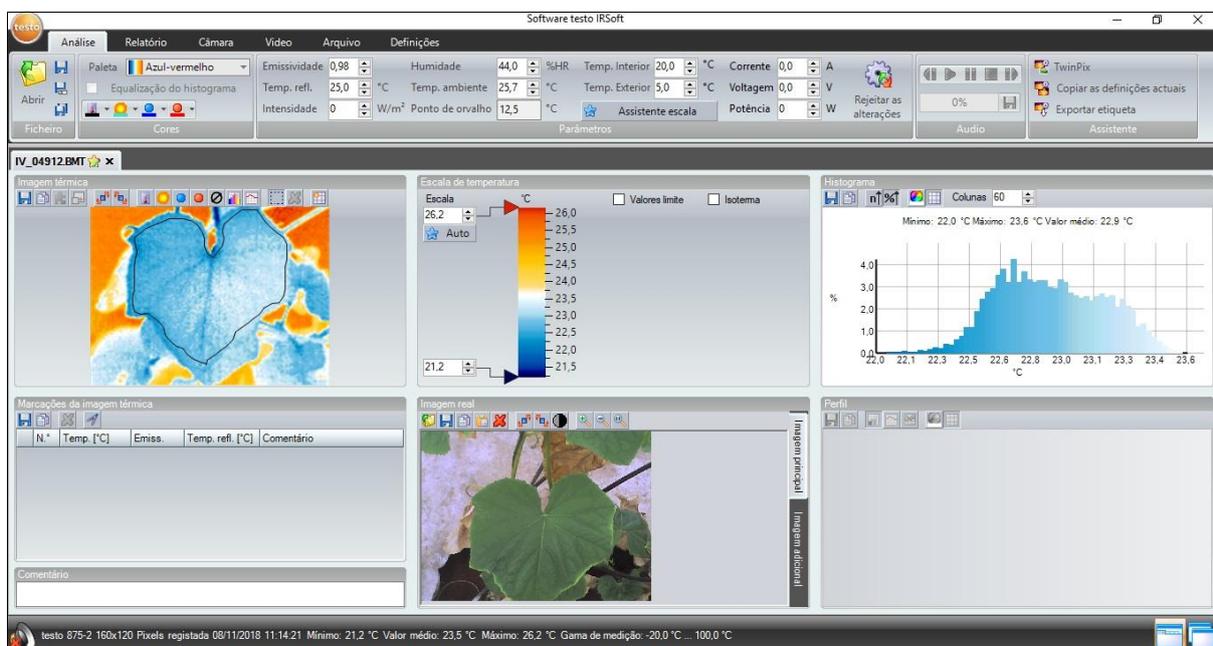


FIGURA 1. Processamento da imagem termográfica no software IRSoft®.

O processamento do tipo “forma livre” (FIGURA 2 – A) foi realizado contornando a folha do pepineiro e obtendo as temperaturas mínima, máxima e média através do histograma gerado,

que inclui as temperaturas de todos os pixels dentro da forma selecionada. O processamento do tipo “elipse” (FIGURA 2 – B) foi feito de forma a adequar uma elipse no centro da folha tocando as suas extremidades laterais e superior, sendo que os pixels abrangidos pela área da elipse também geraram um histograma. Para o processamento do tipo “perfil” (FIGURA 2 – C) foram traçadas duas linhas na folha, sendo uma delas da extremidade superior até a extremidade inferior da folha, e outra da extremidade esquerda até a extremidade direita da folha.

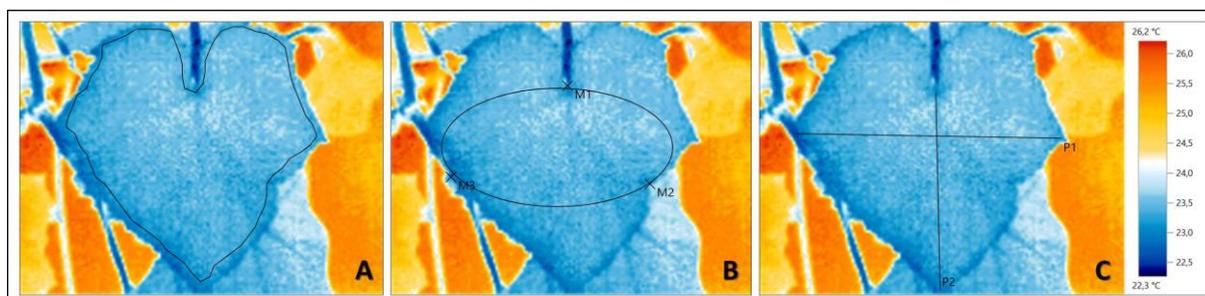


FIGURA 2. Imagem termográfica da folha do pepineiro analisada de diferentes formas para obtenção dos dados de temperatura mínima, máxima e média. A: forma livre. B: elipse. C: perfil.

Os pixels da cada linha geraram um perfil de temperatura ao longo da linha, então realizou-se uma média com a temperatura mínima, máxima e média de cada linha para obtenção das temperaturas do perfil. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 10% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados da análise estatística mostraram diferença entre os tipos de seleção de imagem para análise apenas para temperatura máxima e média, sendo que a forma de processamento “perfil” obteve temperatura máxima estatisticamente inferior àquelas obtidas pelo processamento da imagem como “elipse” ou “forma livre” (TABELA 1). Isto ocorreu possivelmente devido ao menor número de pixels analisado pela seleção na imagem tipo “perfil”.

TABELA 1. Médias das temperaturas mínimas, máximas e médias encontradas para as diferentes formas de análise da imagem termográfica da folha de pepino no software IRSoft®.

Seleção da Imagem	Temperatura (°C)		
	Mínima	Máxima	Média
Forma livre	23,37 a	25,07 a	24,47 ab
Elipse	23,37 a	25,05 a	24,52 a
Perfil	23,53 a	24,87 b	24,43 b
C.V. (%)	0,76	0,22	0,23

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a um nível de 10% de significância pelo teste de Tukey. C.V.: coeficiente de variação.

A temperatura média determinada pela termovisão das folhas de pepino foram inferiores na seleção “perfil” em relação à “elipse”, sem, no entanto, diferir da forma livre. As formas de processamento “forma livre” e “elipse” não apresentaram diferença estatística para nenhuma das temperaturas avaliadas. Isso indica que o processamento da imagem como “elipse”, apesar de não avaliar todos os pixels da folha, processa um número de pixels suficiente para gerar os dados de temperatura mínima, máxima e média da folha. O processamento do tipo “elipse” é mais rápido de ser realizado no software e sobre menos interferência entre as fotos,

visto que suas delimitações não são desenhadas livremente pelo operador do software, mas sim posicionando a figura conforme o bordo foliar na imagem. Os resultados apontam para uma metodologia de processamento de imagem térmica para a folha do pepineiro, o que é de grande importância, já que a forma de processamento das imagens térmicas é raramente detalhada em trabalhos da área. OERKE et al. (2006) descrevem em seu trabalho o processamento das imagens termográficas da folha de pepino através do desenho de um polígono representativo da folha sobre a imagem. Entretanto, alguns softwares de processamento podem não oferecer tais recursos, enquanto ferramentas de desenho como a elipse são mais comuns.

**CONCLUSÕES:** Ao processar imagens termográficas da folha do pepineiro no IRSoft<sup>®</sup>, a forma de seleção do tipo “elipse” para análise apresenta-se como a mais adequada para obtenção das temperaturas mínima, máxima e média da folha, visto que é uma forma de processamento simples, representativa da folha e menos sujeita a variações dependentes do operador.

**AGRADECIMENTOS:** O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### **REFERÊNCIAS:**

- BANERJEE, K.; KRISHNAN, P.; MRIDHA, N. Application of thermal imaging of wheat crop canopy to estimate leaf area index under different moisture stress conditions. **Biosystems Engineering**, v. 166, p. 13-27, 2018.
- COSTA, J. M. et al. Thermal imaging to phenotype traditional maize landraces for drought tolerance. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 334-343, 2015.
- ELSAYED, S. et al. Thermal imaging and passive reflectance sensing to estimate the water status and grain yield of wheat under different irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v. 189, p. 98-110, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GÓMEZ-BELLOT, M. J. et al. Sensitivity of thermal imaging and infrared thermometry to detect water status changes in *Euonymus japonica* plants irrigated with saline reclaimed water. **Biosystems Engineering**, v. 133, p. 21-32, 2015.
- HACKL, H. et al. A comparison of plant temperatures as measured by thermal imaging and infrared thermometry. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 198, n. 6, p. 415-429, 2012.
- OERKE, E. C. et al. Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 9, p. 2121-2132, 2006.
- SUN, Y. et al. Wilted cucumber plants infected by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* do not suffer from water shortage. **Annals of Botany**, v. 120, n. 3, p. 427-436, 2017.
- WANG, M. et al. Detection of the dynamic response of cucumber leaves to fusaric acid using thermal imaging. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 66, p. 68-76, 2013.
- WANG, M. et al. Thermographic visualization of leaf response in cucumber plants infected with the soil-borne pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 61, p. 153-161, 2012.