

ANÁLISE DA TEMPERATURA MÉDIA DE CAFEZEIROS COM DIFERENTES CÂMERAS TERMOGRÁFICAS

LUANA MENDES DOS SANTOS¹, FELIPE AUGUSTO FERNANDES², GABRIEL
ARAÚJO E SILVA FERRAZ³, MARCO ANTONIO ZANELLA⁴, DANIELE DE
BRUM⁵, PATRÍCIA FERREIRA PONCIANO FERRAZ⁶

¹ Eng^o Agrícola, Doutora em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras/MG, luanna_mendess@yahoo.com.br

² Estatístico, Doutor em Estatística e Experimentação Agropecuária, UFLA, Lavras/MG, fernandesfelipepest@gmail.com

³ Eng^o Agrícola, Prof. Depto. de Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras/MG, gabriel.ferraz@ufla.br

⁴ Eng^o Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras/MG, marco.a.zanella@gmail.com

⁵ Agrônoma, Doutoranda em Fitopatologia, UFLA, Lavras/MG, daniele.brum@estudante.ufla.br

⁶ Zootecnista, Prof. Depto. de Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras/MG, patricia.ponciano@ufla.br

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023

18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O Brasil é o maior produtor e consumidor de café no mundo e a cultura possui importância socioeconômica para o país. Entretanto, o país ainda carece de estudos para alavancar o desenvolvimento da cafeicultura de precisão e uso de sensores nas lavouras cafeeiras. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados obtidos por duas câmeras termais testadas na coleta de temperatura média em plantas de cafeeiros, obtidas do lado direito e esquerdo das plantas e durante os meses de maio e outubro. O estudo foi realizado em uma lavoura experimental do Setor da cafeicultura do Departamento de Agricultura-DAG, na Universidade Federal de Lavras- UFLA no município de Lavras, MG. Foi encontrada diferença significativa entre as câmeras testadas para os valores de temperatura média nas plantas de cafeeiros, durante o mês de maio. Com os resultados obtidos no mês de outubro não se verificou diferença significativa entre as câmeras testadas. Com base nos resultados obtidos, é recomendado prosseguir com a realização de testes em diversos períodos do ano, a fim de confirmar os achados e fornecer subsídios para as futuras aplicações das câmeras termográficas na cafeicultura de precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Termografia; cafeicultura de precisão; *coffea arabica*.

ANALYSIS OF THE AVERAGE TEMPERATURE OF COFFEE PLANTS WITH DIFFERENT THERMOGRAPHIC CAMERAS

ABSTRACT: Brazil is the largest producer and consumer of coffee in the world and this culture has socioeconomic importance for the country. However, the country still lacks studies to leverage the development of precision coffee farming and the use of sensors in coffee crops. So, the objective of this work was to evaluate the results obtained by two thermal cameras tested in the collection of average temperature in coffee plants, obtained from the right and left sides of the plants and during the months of May and October. The study was carried out in an experimental crop of the Coffee Sector of the Department of Agriculture-DAG, at the Federal University of Lavras-UFLA in the municipality of Lavras, MG. A significant difference was found between the tested cameras for average temperature values in coffee plants, during the month of May. With the results obtained in October, there was no significant difference between the tested cameras. Based on the results obtained, it is recommended to carry out tests in different periods of the year, in order to confirm the findings and provide subsidies for future applications of thermographic cameras in precision coffee growing.

KEYWORDS: thermography; precision coffee farming; *coffea arabica*.

INTRODUÇÃO: O café (*coffea arabica*) é uma commodity agrícola, com importância na pauta de exportação brasileira. Além disso, é um produto de destaque na história do desenvolvimento do país, sendo uma bebida de grande receptividade, com consumo habitual, além de ter agradável aroma e sabor (BLISKA et al., 2009). O avanço da agricultura digital aliada ao desenvolvimento de ferramentas tecnológicas como sensores ópticos (câmeras termais), tem possibilitado a coleta de dados como parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas, com rapidez, precisão e sem danificar a lavoura, podendo, além disto, identificar problemas fitossanitários causadas por patógenos ou insetos pragas. Dentre os sensores ópticos, as câmeras termais (termografia) podem ser usadas potencialmente na agricultura, especialmente na área de fisiologia vegetal (BESSA, 2021). Segundo Viana et al. (2018), a utilização de câmeras termais na agricultura tem uma vasta aplicabilidade, porém, o Brasil ainda carece de avanço em pesquisa que use tais câmeras na agricultura, tendo capacidade de expansão e desenvolvimento. A literatura científica documenta ainda que, quando plantas são expostas a patógenos, elas podem sofrer danos que resultam em alterações significativas na taxa de transpiração e no fluxo de água em diferentes partes da planta ou em órgãos específicos, resultando aumento da temperatura em partes localizadas das plantas (VIANA et al., 2018). Nesse contexto, o uso de câmeras térmicas para capturar imagens se apresenta como uma estratégia viável para detectar precocemente infecções causadas por patógenos em plantas que ainda não apresentam sintomas de doenças (MAHLEIN, 2016; BERDUGO et al. 2014). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados obtidos por duas câmeras termais testadas na coleta de temperatura média em plantas de cafeeiros, obtidas do lado direito e esquerdo das plantas e durante os meses de maio e outubro.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma lavoura experimental do Setor da cafeicultura do Departamento de Agricultura-DAG, na Universidade Federal de Lavras-UFLA, em Lavras-MG. As imagens foram coletadas nos dias 01 de maio de 2020, cuja temperatura no início da coleta estava em torno 20 °C, e no dia 28 de outubro de 2020, cuja temperatura no início da coleta foi em torno de 26 °C, no horário entre 9h30 e 11h30, do lado direito (face leste) e do lado esquerdo (face oeste), que são faces de exposição solar dos cafeeiros, de 20 plantas de cafeeiro, cultivar Topázio, espaçamento de 1,80 metros nas entrelinhas de plantio e 0,70 metros entre as plantas. Utilizou-se duas câmeras termográficas: termal FLIR DUO, com faixa espectral variando de 7,5 a 13,5 µm e a termal FLIR E75, com faixa espectral 7,5 a 14,0 µm. As imagens capturadas a 1,5 metros de distância na frente de cada planta e foram armazenadas em um Cartão SD e analisadas no software FLIR Tools. A fim de verificar se as médias diferiram entre si, foi realizado o teste estatístico T, ao nível de 5% de significância. Tais análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (R Core Team, Viena, Áustria).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com base nos resultados deste trabalho, verificou-se que a diferença nas médias de temperatura obtida pelas câmeras FLIR DUO e FLIR E75 no mês de maio foi estatisticamente significativa, indicando que houve uma mudança significativa entre a temperatura média medida pelas duas câmeras em ambos os lados das plantas. Para as temperaturas médias obtidas pelo lado esquerdo das plantas, a câmera FLIR DUO apresentou média de 25,24 °C, enquanto que a câmera FLIR E75 apresentou média de temperatura no valor de 22,31 °C. Os resultados sugerem que câmera FLIR E75 observou uma temperatura média menor que a câmera FLIR DUO, com uma diferença estimada entre as médias de aproximadamente 2,38 °C a 3,46 °C, a um nível de 5% de significância. Já para o lado direito, a câmera FLIR DUO apresentou média de 25,35 °C, enquanto que a câmera FLIR E75 apresentou média de temperatura no valor de 22,32 °C, na qual também houve uma redução na temperatura média da câmera FLIR E75 em relação à câmera FLIR DUO (FIGURA 1).

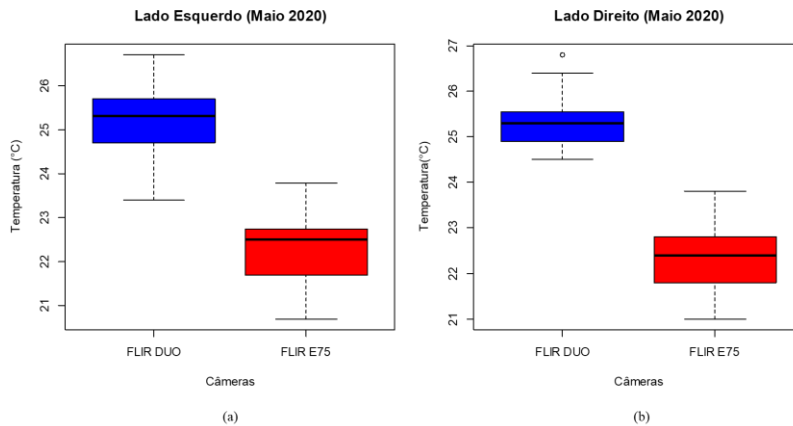


FIGURA 1. Gráficos de boxplot para visualizar a distribuição das temperaturas mês Maio a) lado esquerdo das plantas b) lado direito das plantas

Em contrapartida, os resultados obtidos no mês de outubro do lado esquerdo, evidenciam que a diferença nas médias de temperatura obtida pelas câmeras FLIR DUO e FLIR E75 não foi estatisticamente significativa, pois o valor p (0,2217). Isso sugere que não há evidências estatísticas suficientes para concluir que houve uma diferença significativa nas temperaturas médias entre as câmeras FLIR DUO e FLIR E75. Assim como o lado esquerdo, o lado direito apresentou resultados semelhantes, na qual o valor p (0,3192) foi maior que o nível de significância. Assim, a média de temperatura no valor de 33,54 °C da câmera FLIR DUO medida do lado direito é semelhante e ligeiramente maior que a média da temperatura no valor de 32,93 °C da câmera FLIR E75. Portanto, com base nessas análises, não podemos afirmar que houve uma mudança significativa nas temperaturas médias obtidas pelas câmeras no mês estudado (FIGURA 2).

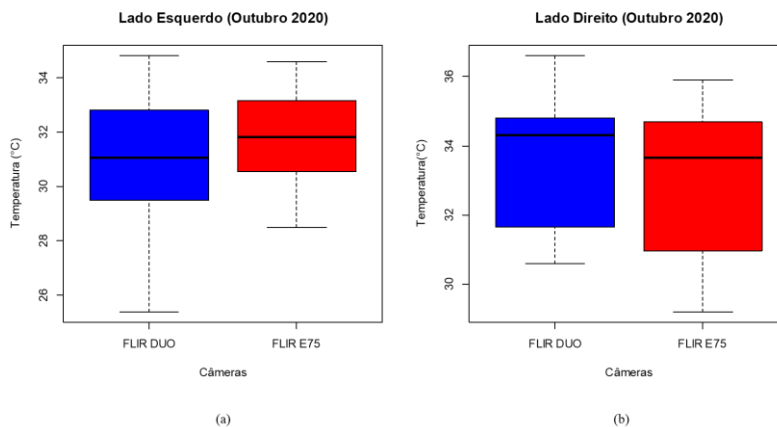


FIGURA 2. Gráficos de boxplot para visualizar a distribuição das temperaturas mês outubro a) lado esquerdo das plantas b) lado direito

Tais resultados podem ser atribuídos devido a diferença de sensor nas câmeras estudadas. A câmera FLIR DUO é classificada como uma câmera térmica não resfriada com design pequeno e leve sujeita a desvios de medição devido a alteração no corpo e indicada para ser acoplada em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), já a câmera FLIR E75 possui sensor que são resfriados a uma temperatura específica para manter a precisão da medição, no entanto são câmeras grandes e pesadas (MAGUIRE et al., 2021). Salienta-se que as temperaturas foram obtidas em meses diferentes, no qual o mês de maio é um mês que apresentou temperaturas amenas, já o mês de outubro é um mês que apresentou temperaturas máximas mais elevadas comparada ao mês de maio. Com isso, pode-se inferir que a FLIR

DUO é mais sensível a temperatura e que as variações de temperatura influenciaram os resultados deste estudo. Considerando que a precisão da FLIR E75 é melhor do que a FLIR DUO, pode-se inferir ainda que, mesmo em condições ambientais com temperaturas mais altas, a diferença da precisão entre as câmeras não foi estatisticamente significativa. Isso sugere que a FLIR DUO pode ser uma opção viável em determinadas situações, podendo ser embarcadas em ARPs, onde o design pequeno e leve é um fator importante. Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a continuidade de testes em diferentes meses para ratificar os resultados, realizar testes adicionais em condições ambientais extremas (altas temperaturas e baixas temperaturas) para verificar a precisão das câmeras, recomenda-se ainda explorar outros fatores que podem ter afetado a precisão das câmeras como: umidade relativa e presença de ventos, afim de contribuir com as aplicações futuras de câmeras termográficas na cafeicultura de precisão.

CONCLUSÕES: As câmeras termais testadas neste estudo apresentaram diferenças nos valores de temperatura média, em plantas de café durante as coletas de imagens no mês de maio. Para o mês de outubro não houve diferença nos valores de temperatura média com as câmeras testadas. Recomenda-se prosseguir com a realização de testes em diversos períodos do ano, a fim de confirmar os resultados obtidos e fornecer subsídios para as futuras aplicações das câmeras termográficas na cafeicultura de precisão.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FAPEMIG (Projeto APQ-00661-22 e BPD-00040-22), CNPq (Projeto 305953/2020-6), EMBRAPA CAFÉ (projeto 10.18.20.041.00.00) e CAPES.

REFERÊNCIAS:

BERDUGO, C. A.; ZITO, R.; PAULUS, S.; MAHLEIN, A.-K. Fusion of sensor data for the detection and differentiation of plant diseases in cucumber. *Plant Pathology*, v.63: 1344-1356, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12219>

BESSA, R. T. Termografia na avaliação da temperatura de mudas de *Tagetes erecta* cultivadas em diferentes ambientes com e sem hidroretentor. 2021. 54 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58879/3/2021_tcc_rtbessa.pdf.

BLISKA, F. M. M.; VEGRO, C. L. R.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; MOURÃO, E. A. B.; CARDOSO, C. H. S. Custo de produção do café nas principais regiões produtoras do País. *Informações Econômicas*, [S. l.], v.39, n.09, p.5-20, 2009.

MAGUIRE, M. S., NEALE, C. M., & WOLDT, W. E. (2021). Improving accuracy of unmanned aerial system thermal infrared remote sensing for use in energy balance models in agriculture applications. *Remote Sensing*, 13(9), 1635.

MAHLEIN, A.K. Plant Disease Detection by Imaging Sensors- Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping. *APS Journals*, v.100(2): 241-251, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>

VIANA, L. A., ZAMBOLIM, L., SOUSA, T. V., & TOMAZ, D. C. (2018). Potencial uso de câmera termal acoplada a VANT para monitoramento de culturas. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 12(3), 286-298.