

IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DO FEJOEIRO COM EMPREGO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Jefferson Souza e Silva, Francisco Ramos de Melo, Carlos Renato Ferreira,
Sabrina Dias de Oliveira

jeffersonarar@gmail.com, francisco.melo@ueg.br, crfac3@gmail.com, sabrina9632oliveira@gmail.com

Universidade Estadual de Goiás - UEG, Mestrado em Engenharia Agrícola, Anápolis, Goiás

RESUMO: O conhecimento da área foliar (AF) possibilita o monitoramento do crescimento das plantas. Com isso, este estudo foi realizado com o intuito de estimar a AF da cultura do feijão utilizando a análise de imagens digitais. Foram utilizadas 10 folhas da cultura, onde primeiramente foi mensurada a AF utilizando um laser portátil. Posteriormente, para a aplicação do método de imagens digitais, foi desenvolvido um algoritmo no software R para obter as estimativas. Com o intuito de verificar a eficiência do método proposto foi calculado o coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), coeficiente de correlação (r), e o índice de desempenho (c), onde os parâmetros analisados demonstraram relação entre os métodos avaliados. Constatou-se que a técnica de análise de imagens digitais consiste em um método eficiente e econômico para a determinação da área foliar do feijoeiro, possibilitando a substituição do laser portátil.

Palavras-Chave: Laser portátil. Superfície foliar. *Phaseolus vulgaris* L.

IDENTIFICATION OF THE BEAN LEAF AREA USING DIGITAL IMAGE PROCESSING

ABSTRACT: Knowledge of the leaf area (PA) allows the monitoring of plant growth. With this, this study was carried out with the purpose of estimating the PA of the bean crop used the analysis of digital images. We used 10 leaves of the crop, where the PA was first measured using a portable leisure. Subsequently, for the application of the digital imaging method, an algorithm was developed in the R software to obtain the estimates. In order to verify the efficiency of the proposed method, the coefficient of determination (R^2), agreement index (d), correlation coefficient (r), and performance index (c) were calculated, where the analyzed parameters showed a relationship between the evaluated methods. It was found that the technique of analysis of digital images consists of an efficient and economical method for the determination of the leaf area of the bean, allowing the replacement of portable leisure.

Keywords: Portable leisure. Leaf surface. *Phaseolus vulgaris* L.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da área foliar possibilita o monitoramento do crescimento das plantas, onde para sua obtenção podem ser utilizados diretos e indiretos (HARA et al., 2019). Onde métodos indiretos são realizados medições do comprimento e largura da folha (dimensões lineares) para o conhecimento da superfície foliar. Já os métodos diretos possibilitam a determinação da AF de forma rápida e precisa, visto que são utilizados equipamentos portáteis, entretanto são considerados caros, como é caso dos lazeres foliares (integrador foliar), e são necessárias calibrações constantes desses equipamentos (CASTRO et al., 2021).

Com isso, a utilização de imagens digitais na investigação de problemas agrônômicos torna-se interessante, visto que consiste em um método econômico e viável. Portanto, diante deste cenário, a análise de imagens assume a função principal de fornecer insumos para a interpretação, sendo utilizada a manipulação das ferramentas para a extração das informações necessárias tais como a cor, a textura e a tonalidade da imagem, ainda com a análise de imagens pode-se verificar padrões identificados para que sejam correlacionados e se identifique distorção no padrão da folhagem (PEDRINI, 2008).

Estudos com o intuito de averiguar a aplicabilidade da análise de imagens digitais dentro do âmbito da agricultura são constantes. Lucena et al. (2018) estudou a aplicação da análise de imagens para determinar a área foliar do capim-corrente e verificar sua relação com as variáveis: produto do comprimento e largura máxima do limbo foliar e área foliar real, através de modelos de regressão (linear potência e potência) e conclui que as imagens digitais podem ser utilizadas para estimar a área foliar do capim-corrente.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi de estimar a área foliar da cultura do feijoeiro utilizando a análise de imagens digitais, e verificar sua eficiência em substituição ao lazer portátil modelo LICOR (CI-202).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta importância econômica e social, visto que é um alimento básico na dieta do brasileiro (CARNEIRO et al., 2020). É uma cultura explorada principalmente por pequenos produtores, sendo cultivada em diversas regiões do Brasil por apresentar fácil adaptabilidade (BELADELI et al., 2021).

Para o acompanhamento do desenvolvimento do feijoeiro são utilizadas variáveis de crescimento, dentre elas, a área foliar que pode ser classificada como bom indicativo de produtividade da planta, uma vez que, o processo de fotossíntese depende da interceptação de energia luminosa e sua conversão em energia química (HAIM et al., 2012).

Barbosa et al. (2018) desenvolveu um algoritmo para determinar a área foliar do tomateiro utilizando técnicas de processamento digital de imagens e constatou que o emprego de técnicas de processamento de imagens se mostra viável na tarefa de automação de cálculo da área foliar, podendo ser aplicada a outras tarefas equivalentes. O autor sugere estudos futuros para o aprimoramento do algoritmo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade estadual de Goiás - Campus Central - Sede: Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo - CET situada no município de Anápolis – GO com altitude de 1040 m, longitude 48°42'23" O e latitude 16°22'44" S.

As amostras foram coletadas na estação experimental da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Foram escolhidas aleatoriamente e identificadas 10 folhas. Foi utilizado medidor foliar a laser portátil modelo LICOR (CI-202) (Figura 1).



Figura 1 – a laser portátil modelo LICOR (CI-202).
Fonte: Autor (2021).

Na figura 2 é possível observar os processos seguidos para a determinação da área foliar utilizando o laser portátil.

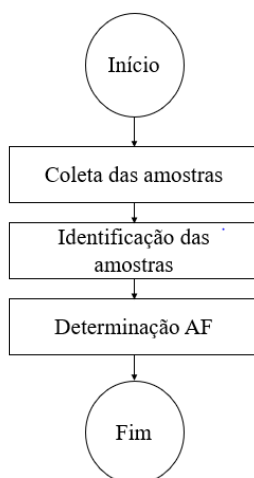


Figura 2 – Fluxograma de exemplificação das etapas seguidas para a determinação da área foliar utilizando o laser portátil.

Fonte: Autor (2021).

Para a aplicação do método de análise de imagens digitais, foi utilizada uma câmera digital de aparelho de celular da marca Apple (Iphone 6, versão IOS 12.5.3, resolução da câmera de 12 megapixels). Para a captura das fotos utilizou-se um fundo branco, onde foi adotado para a captura a mesma condição de luz e uma altura padrão (Figura 3).



Figura 3 – Imagem captura do feijoeiro.

Fonte: Autor (2021).

As etapas seguidas para o desenvolvimento do algoritmo para a determinação da AF podem ser observadas na Figura 4.

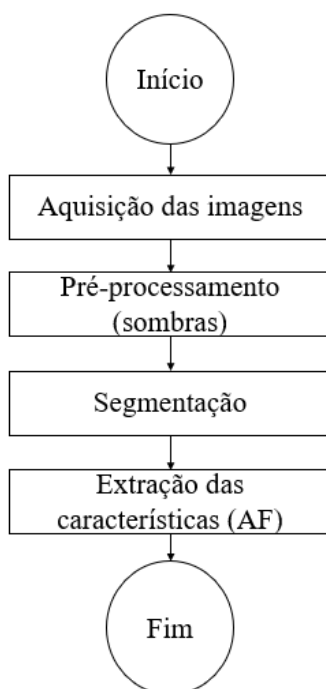


Figura 4 – Fluxograma de exemplificação das etapas seguidas para o desenvolvimento do algoritmo.
Fonte: Autor (2021).

Para estimar a área foliar das folhas de feijão foi desenvolvido um algoritmo no software R versão 4.1.0 e para manipulação das imagens instalou o pacote EBImage. No algoritmo foram utilizadas 3 imagens de base uma como referência de escala (Figura 5a), a segunda com as cores das folhas de feijão (Figura 5b), e a terceira como imagem de fundo imagem branca (Figura 5c). As medidas da imagem de referência foram utilizadas como escala, para o cálculo da área das folhas (Figura 6).

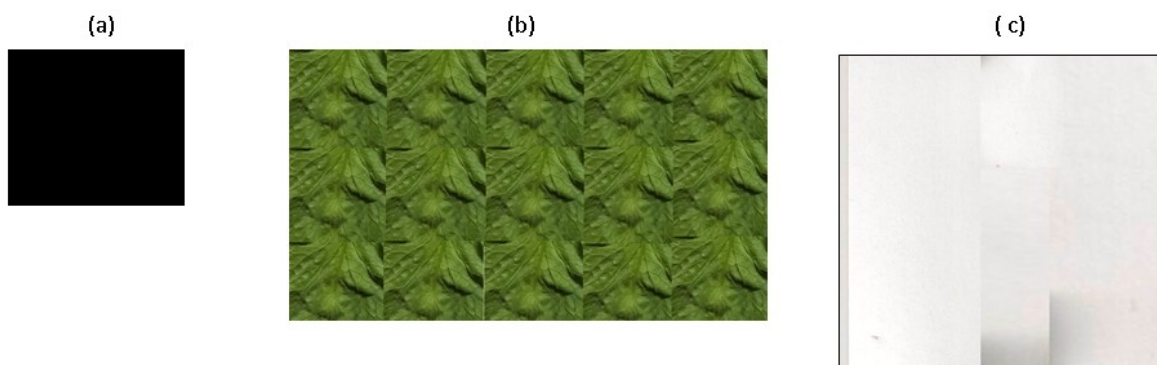


Figura 5 – a) Imagem de referência, b) imagem cor das folhas e c) imagem de fundo.
Fonte: Autor (2021).

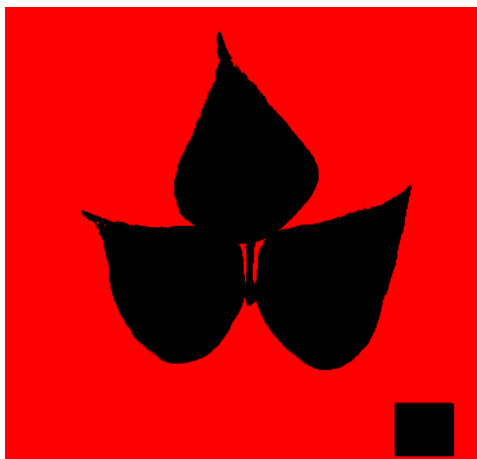


Figura 6 – Imagem gerada no programa R.
Fonte: Autor (2021).

Os valores de área foliar obtidos pelo laser portátil modelo LICOR (CI-202) foram comparados aos valores estimados pelo método de análise de imagens digitais. Foram calculados indicadores estatísticos para avaliar a eficiência das estimativas obtidas pelas imagens: Coeficiente de correlação (r) (SCHNEIDER, 1998), coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (d) (WILLMONT, 1981), e índice de desempenho (c) (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de análise digital de imagens possibilitou a estimativa da área foliar da cultura do feijoeiro. Foram obtidos valores médios de 41,2563 e 43,8350 cm² para as estimativas do laser portátil e o método de análise de imagens, respectivamente (Tabela 1).

Na tabela 1 é possível observar os resultados dos seguintes indicadores: Coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) e índice de desempenho (c).

Em relação ao coeficiente de correlação, foi obtido um valor de r de 0,9595, expressando uma correlação forte positiva entre os valores de área foliar obtidos por meio do laser portátil e o método de análise de imagens. Esse indicador avalia a força ou grau de associação entre as variáveis, e segundo Martins et al. (2016) quanto mais próximo de 1 melhor será o grau de associação.

Já o índice de concordância revelou uma concordância forte ($d = 0,9985$) entre os métodos avaliados para determinação da AF, muito próxima de 1. Flumignan et al. encontrou valores próximos de d e R^2 aos observados nesse estudo avaliando a área foliar do café. O autor afirma que o método de análise de imagens pode substituir, com vantagem, o método do medidor de AF (Lazer portátil), por ser não destrutivo e de baixo custo.

Avaliando o índice de desempenho do método proposto em relação ao medidor foliar encontrou-se um valor de $c = 0,9580$, classificado como ótimo ($>0,85$) de acordo com Carmargo e Sentelhas (1997), indicando que a análise de imagens propicia estimativas de AF para o feijoeiro muito próximas das obtidas pelo lazer.

Tabela 1 – Coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) e índice de desempenho (c) obtidos na comparação entre os dados de área foliar determinados pelo lazer portátil e por análise de imagens.

Var iável	Valores médios		Indicadores		
	Medidor foliar	Imagem Digital	R	d	C
AF (cm ²)	41,2563	43,8350	0,9 595	0,9 985	0,9 580

AF= área foliar (cm²); Desempenho: Critérios de Classificação de Camargo e Sentelhas (1997).

Fonte: Autor (2021).

A figura 7 apresenta a relação entre as estimativas obtidas através do medidor foliar e as imagens digitais. Foi encontrado um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9862, muito próximo de 1, demonstrando que as estimativas são muito próximas. Adami et al. (2008) encontrou resultados semelhantes e constatou que o método de imagem digital consiste em uma alternativa viável e eficiente para obter estimativas da AF, podendo substituir os medidores foliares.

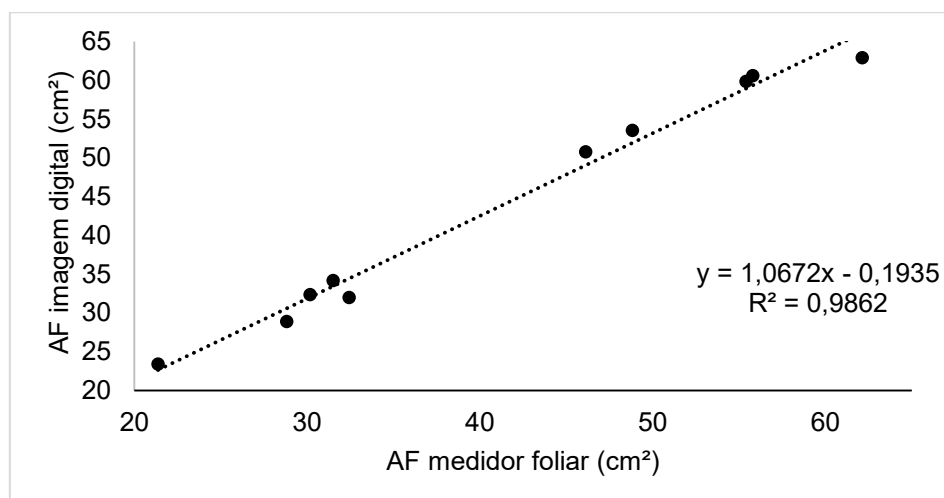


Figura 7 – Relação entre os valores obtidos laser portátil e os valores obtidos pelo método de análise de imagens.
Fonte: Autor (2021).

Os indicadores avaliados demonstraram que o método de análise de imagem apresenta correlações fortes em relação ao método utilizando o laser foliar LICOR (CI-202).

5. CONCLUSÃO

Foi possível estimar a área foliar do feijão utilizando imagens digitais. Os indicadores avaliados demonstraram relação entre os valores obtidos de área foliar pelos métodos analisados.

Constatou-se que a técnica de análise de imagens digitais consiste em um método eficiente e econômico para a determinação da área foliar do feijoeiro, possibilitando a substituição do laser portátil.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAM, D. L.; FARIA, T. de. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.
- BARBOSA, C. E. B.; MELO, F. R. de; ALVES, S. M. de F.; ROCHA, I. J. de F.; SILVA JÚNIOR, R. M. V.; FERREIRA, B; A.; GOMES, F. A.; ARAÚJO, R. S. L. de. Algoritmo de determinação de área foliar do tomate. In: XVI Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, 2018, Uberlândia.
- BELADELI, M. N.; COSTA, A. C. T. da; MISSIO, V. C.; DUARTE JÚNIOR, J. D.; GÊNERO, J. F. de S. Aplicação de fungicidas e *Trichoderma asperellum* para o manejo de doenças do feijoeiro na

safrá das águas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p.25143-25161, 2021.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 87–97, 1997.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 87–97, 1997.

CARNEIRO, A. R. T.; SANGIARD, A. M.; AZEVEDO, A. M.; SOUZA, T. L. P. O. de; PEREIRA H. S.; MELO, L. C.; CARNEIRO, P. C. S. Fuzzy logic applied to different adaptability and stability methods in common bean. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.55, 2020.

CASTRO, A. Q.; CONCEIÇÃO, G. S. de; BRITO, G. S. de; SANTOS, Q. B. dos; TOGNERE, J.; OLIVEIRA, V. de S.; ARANTES, S. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Método não destrutivo para determinação da área foliar de *Turnera Subuluta*. **Revista Ifes Ciência**, v.7, n.1, p. 01-09, 2021.

FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2008.

HAIM, P. G.; ZOFFOLI, B. C.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Diagnóstico nutricional de nitrogênio em folhas de feijoeiro pela análise digital de imagens. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1546-1549, 2012.

HARA, A. T.; GONÇALVES, A. C. A.; MALLER, A.; HASHIGUTI, T.; OLIVEIRA, J. M. de. Ajuste de modelo de predição de área foliar do feijoeiro em função de medidas lineares. **Revista de Engenharia na Agricultura**, v.27, n.2, p.179-186, 2019.

LUCENA, L. R. R.; LEITE, M. L. M. V.; CRUZ, M.G.; SÁ JÚNIOR, E. H. de. Estimativa da área foliar em *Urochloa mosambicensis* por dimensões foliares e imagens digitais. **Archivos de Zootecnia**, v. 67 n. 259, p. 408-413, 2018.

MARTINS, E. dos R. BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; DUTRA, G. C. Configuração de redes neurais artificiais para estimação do afilamento do fuste de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, pp. 33-38, 2016.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W.R. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2008.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: ed. UFSM/CEPEF, 1998. 236p.



WILLMONT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, Palm Beach, v.2, n. 2, p.184-194, 1981.