



Estimativa da altura de plantas de milho usando MDE baseadas em RPA

Gabriel A. J. FERRAZ¹; José L. de A. R. PEREIRA²; Fernando da S. BARBOSA³; Marcelo A. J. FERRAZ⁴; Evandro R. SANTOS⁵.

RESUMO

A altura de plantas é um parâmetro relevante nos programas de caracterização agrônômica de cultivares de milho e a agricultura de precisão oferece a possibilidade de aumentar a eficiência nas avaliações manuais e otimizar os ensaios de competição. Dessa forma, objetivou-se estimar a altura de plantas de milho por meio de imagens aéreas obtidas por uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA). As avaliações manuais de altura de planta foram realizadas no campo nos estádios V4, V9 e VT e no mesmo dia realizado o voo com RPA para obtenção das imagens. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear. Em suma, a altura de planta é um parâmetro agrônômico que pode ser estimado através do processamento digital de imagens. O modelo de regressão apresentou boa precisão ($R^2 = 0,92$) e acurácia (RMSE = 28,08 cm). Foi encontrado alta correlação ($r = 0,97$) entre os valores de altura observados e estimados pelo modelo de regressão.

Palavras-chave: *Zea mays*; Análise de imagens; Aeronave remotamente pilotada; Imagens aéreas.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento das culturas por meio de plataformas de sensoriamento remoto é uma prática que está se tornando cotidiana no setor agrícola, especialmente, pelo uso de aeronave remotamente pilotada (RPA) devido sua maior flexibilidade, facilidade de operação e alta resolução espacial. A estimativa da altura de plantas é um parâmetro agrônômico importante em programas de melhoramento genético e ensaios de competição de cultivares, em função da relação direta com o desenvolvimento e adaptação ao ambiente, taxa de absorção de nutrientes e susceptibilidade a acamamento (GAO; YANG; WEI; LIU, 2022).

A avaliação de altura de planta geralmente é realizada no campo, demanda mão de obra, tempo e pode ocorrer interpretações errôneas. O sensoriamento remoto permite a coleta de dados da cultura do milho e pode ser uma ferramenta complementar nas avaliações de altura de planta (MARTELLO, 2017). Recentemente, a estimativa da altura de plantas de milho está sendo realizadas por meio da análise de imagens baseadas em RPA e emprego de técnicas de regressão. O que é uma alternativa interessante para melhorar a eficiência das avaliações e promover maior precisão das informações da cultura, além da alta correlação encontrada entre os valores de altura observados no campo e

¹Bolsista PIBIC/CNPq, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: gabriel.junqueira@alunos.ifsuldeminas.edu.br.

²Coorientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: joseluz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br.

⁴UFLA – *Campus* Lavras. E-mail: harasmjf@gmail.com.

⁵IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: evandro.renan@alunos.ifsuldeminas.edu.br.

estimados por modelos de regressão. Dessa forma, objetivou-se realizar a estimativa da altura de planta de milho no campo por meio de MDE baseadas em RPA e modelo de regressão linear.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada em Inconfidentes-MG, na Fazenda-Escola do IFUSLDEMINAS Campus Inconfidentes, situada a 940 m de altitude (22°18'47" S, 46°19'55" W). A área foi dividida em 42 parcelas, sob sistema de plantio convencional, espaçamento de 0,8 m entre linhas, população final de 75.000 plantas ha⁻¹, semeadura realizada no dia 26 de outubro de 2022 e utilizado 14 híbridos.

Altura de planta foi obtida manualmente com auxílio de uma trena topográfica, considerando a superfície do solo até a inserção da folha bandeira e dez plantas selecionadas aleatoriamente. Da mesma forma, o levantamento das imagens aéreas foi realizado nos mesmos dias que as avaliações manuais, em três estádios fenológicos: V4, V9 e VT (florescimento). Em cada parcela foi realizado uma média aritmética das alturas de plantas. Para aquisição das imagens foi utilizado uma RPA DJI Phantom 4 Pro V2 e seguindo critérios de voo como altura de 40 m.

No processamento das imagens seguiu-se um fluxo de trabalho, a começar pelo alinhamento das imagens, geração do modelo de textura e do modelo digital de superfície (MDS). Para a extração das alturas de planta baseados na RPA, foi calculado o modelo digital de elevação (MDE) (Equação 1) no software QGIS 3.24.5 em cada estágio fenológico e o primeiro voo realizado no dia da semeadura foi definido como o modelo digital do terreno (MDT) (YU et al., 2021; ZHANG et al., 2018).

$$MDE = MDS - MDT \quad (1)$$

Posteriormente, no software QGIS 3.24.5, foi utilizado a ferramenta Estatística Zonal para extrair os valores referentes à altura média de cada parcela resultantes do MDE. A partir dos dados de estágio fenológico (V4, V9 e VT) foi construído um banco de dados utilizado como entrada para o modelo de regressão linear, na qual foi definido como variável independente os valores de altura baseados na RPA e como variável dependente a altura manual obtida no campo. A precisão e acurácia do modelo foi analisado através do coeficiente de determinação (R²) e raiz do erro quadrado médio (RMSE). As análises foram realizadas utilizando linguagem Python 3.1 e biblioteca Scikit-learn (SCIKIT-LEARN, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as informações obtidas manualmente no campo e pelas imagens de RPA foram positivas. No estágio V4 houve correlação de 0,44 entre altura manual e altura baseada na RPA e no VT uma correlação de 0,53. Vale destacar a forte correlação no

estádio V9 com valor de 0,83 (FIGURA 1).

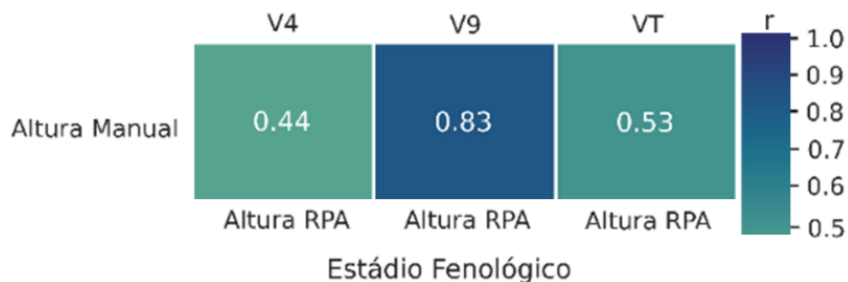


Figura 1 – Correlação de Pearson (r) entre altura de planta obtida manualmente e por RPA.

Da mesma forma, uma alta correlação ($r = 0,97$) foi obtida entre os valores altura observada no campo e estimados pelo modelo de regressão. A performance do modelo de regressão foi avaliada segundo os valores de R^2 e RMSE. O modelo apresentou boa precisão ($R^2 = 0,92$) e acurácia (RMSE = 28,08 cm) (FIGURA 2), mostrando ser uma ferramenta promissora para a avaliação de altura de plantas no campo e podendo ser aplicada em larga escala.

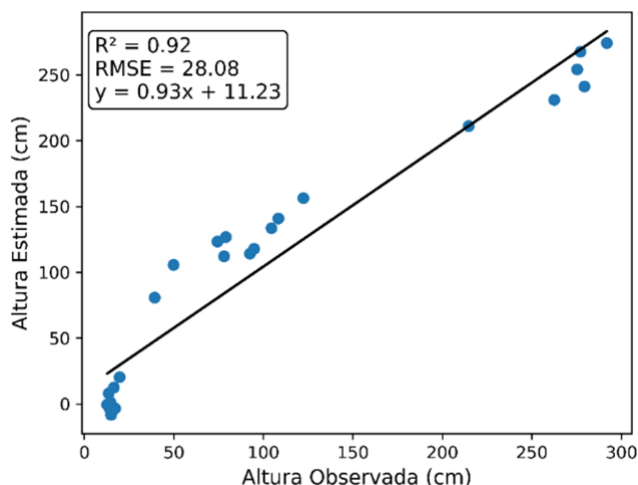


Figura 2 – Estimativa da altura de plantas de milho para modelo de regressão linear.

O banco de dados considerou os estádios V4, V9 e VT por serem de grande importância para a cultura, uma vez que nessas etapas a planta define o potencial produtivo, quantidade de grãos com potencial e período de florescimento, respectivamente. Vale destacar que o modelo apresentou um erro de 28,08 cm de altura e uma maior correlação entre altura manual e de RPA no estágio de V9, ou seja, a aplicação do modelo para estimar altura de planta é mais adequado próximo e durante este estágio. No início do desenvolvimento, foi possível observar que o modelo tende a subestimar altura de planta, isso pode ocorrer devido a erros de georreferenciamento das imagens, dossel pouco fechado no início, poucos pontos de controle distribuídos entorno da área experimental (HE et al., 2018; MEDEIROS, 2007) e por considerar a altura da planta como uma distância vertical do início do MDT até o topo do dossel (BENDIG et al., 2013).

5. CONCLUSÃO

A estimativa da altura de plantas de milho no campo pode ser realizada por meio do MDE

baseadas em RPA. O modelo de regressão linear obteve boa precisão e acurácia ($R^2 = 0,92$ e RMSE = 28,08 cm) ao estimar a altura do dossel e alta correlação entre os valores observados no campo e estimados pelo modelo ($r = 0,97$). Essa ferramenta pode ser uma alternativa eficiente de avaliação nos programas de caracterização agrônômica na cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, aos professores, ao grupo GEAGRO e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

BENDIG, J; WILLKOMM, M; TILLY, N; GNYP, M. L; BENNERTZ, S; QIANG, C; MIAO, Y; BARETH, G. Very high resolution crop surface models (CSMs) from UAV-based stereo images for rice growth monitoring In Northeast China. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. XL, n. p. 4-6, 2013. Disponível em: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-1-W2/45/2013/isprsarchives-XL-1-W2-45-2013.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023.

GAO, Min; YANG, Fengbao; WEI, Hong; LIU, Xiaoxia. Individual Maize Location and Height Estimation in Field from UAV-Borne LiDAR and RGB Images. *Remote Sensing*, [S.L.], v. 14, n. 10, p. 2292, 10 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs14102292>. Acesso em: 10 mai. 2023

HE, F; ZHOU, T; XIONG, W; HASHEMINNASAB, S; HABIB, A. Automated Aerial Triangulation for UAV-Based Mapping. *Remote Sensing*, v. 10, n. 12, p. 1952, 4 dez. 2018. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/rs10121952>. Acesso em: 04 jul. 2023.

MARTELLO, M. **Estimativa de altura e produtividade da cana-de-açúcar utilizando imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada**. 2017. 81 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002856104>. Acesso em: 14 mai. 2023.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7584>. Acesso em: 24 mai. 2023.

SCIKIT-LEARN, 2011. Disponível em: <https://scikit-learn.org/stable/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

YU, J; WANG, J; LEBLON, B. Evaluation of Soil Properties, Topographic Metrics, Plant Height, and Unmanned Aerial Vehicle Multispectral Imagery Using Machine Learning Methods to Estimate Canopy Nitrogen Weight in Corn. *Remote Sensing*, v. 13, n. 16, p. 3105, 6 ago. 2021. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/rs13163105>. Acesso em: 28 jul. 2023.

ZHANG, H; SUN, Y; CHANG, L; QIN, Y; CHEN, J; QIN, Y; DU, J; YI, S; WANG, Y. Estimation of Grassland Canopy Height and Aboveground Biomass at the Quadrat Scale Using Unmanned Aerial Vehicle. *Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 851, 31 maio 2018. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/rs10060851>. Acesso em: 13 mai. 2023.