

PREDIÇÃO DE NITROGÊNIO FOLIAR EM MORANGOS 'SAN ANDREAS' COM USO DE CNN POR MEIO DE IMAGENS RGB

JAMILE RAQUEL REGAZZO¹, THIAGO LIMA DA SILVA², MARCOS SILVA TAVARES³, CAROLINE GOULART FIGUEIREDO⁴, TAMARA MARIA GOMES⁵, MURILO MESQUITA BAESSO⁶

¹Mestranda em Eng. de Sistemas Agrícolas, Departamento Eng. de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, jamile.regazzo@usp.br

²Doutorando em Eng. de Sistemas Agrícolas, Departamento Eng. de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, thiagolim@usp.br.

³Doutorando em Eng. de Sistemas Agrícolas, Departamento Eng. de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, ms.tavares@usp.br.

⁴Doutoranda em Eng. de Sistemas Agrícolas, Departamento Eng. de Biossistemas, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, carolgoulartbio@usp.br.

⁵Professora Associada, Departamento Eng. de Biossistemas, FZEA/USP, Pirassununga - SP, tamaragomes@usp.br.

⁶Professor Associado, Departamento Eng. de Biossistemas, FZEA/USP, Pirassununga - SP, baesso@usp.br.

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023 18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A produção de morango no Brasil está em crescimento devido à alta demanda interna e externa. Como isso, torna-se fundamental garantir uma nutrição adequada para alcançar alta produtividade e promover a sustentabilidade. Nesse sentido, o uso de ferramentas tecnológicas é essencial para determinar o estado nutricional por meio de análise de imagens digitais. Essas abordagens não apenas reduzem significativamente o tempo necessário em comparação com as análises convencionais, mas também aprimoram a eficiência na aplicação de fertilizantes. Neste estudo, o objetivo foi avaliar o desempenho da rede neural convolucional (CNN) na predição de nitrogênio foliar em morangos usando imagens RGB. O delineamento experimental incluiu três tratamentos com diferentes doses de adubação e cinco repetições. Os resultados mostraram que a utilização da CNN resultou em AUC (área sobre a curva) de 78% para o tratamento 1 (50% da dose recomendada nitrogenada). Essa abordagem tecnológica reduz o tempo necessário para análise e melhora a eficiência na aplicação de fertilizantes, oferecendo uma alternativa viável para determinar a condição nutricional das plantas de morango.

PALAVRAS-CHAVE: ferramentas tecnológicas, condição nutricional, imagens digitais

CNN EVALUATION ON LEAF NITROGEN PREDICTION IN 'SAN ANDREAS' STRAWBERRIES USING RGB IMAGES

ABSTRACT: Strawberry production in Brazil is growing due to high internal and external demand. As a result, it becomes essential to ensure adequate nutrition to achieve high productivity and promote sustainability. In this sense, the use of technological tools is essential to determine nutritional status through digital image analysis. These approaches not only significantly reduce the time required compared to conventional analyses, but also improve the efficiency of fertilizer application. In this study, the objective was to evaluate the performance of the convolutional neural network (CNN) in the prediction of leaf nitrogen in strawberries using RGB images. The experimental design included three treatments with

different fertilization doses and five replications. The results showed that the use of CNN resulted in an AUC (area under the curve) of 78% for treatment 1 (50% of the recommended nitrogen dose). This technological approach reduces the time required for analysis and improves the efficiency of fertilizer application, offering a viable alternative to determine the nutritional status of strawberry plants.

KEYWORDS: technological tools, nutritional condition, digital images

INTRODUÇÃO: O setor agrícola brasileiro tem um papel importante na economia, gerando empregos e renda. Nesse contexto, o cultivo de morangos é uma cultura relevante no país, e investimentos em tecnologia e pesquisa são feitos para atender à demanda crescente. O manejo nutricional adequado é crucial para o crescimento saudável das plantas e a qualidade da produção. Abordagens convencionais de análise nutricional são, comumente, morosas e de natureza destrutiva, tornando-se necessárias alternativas mais rápidas e eficientes. Janani e Jebakumar (2023) utilizaram imagens RGB para detecção e classificação da extração do nível de nutrientes da folha de amendoim. O uso de redes neurais convolucionais (CNN) para extrair características de imagens se mostra promissor na determinação do estado nutricional das plantas. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de uma rede neural convolucional na predição de nitrogênio foliar em morangos usando imagens RGB, analisando acurácia e erro de predição dos modelos.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na FZEA/USP em Pirassununga, em uma casa de vegetação de 100 m² com controle climático. Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados, com três tratamentos e cinco repetições. Foram utilizados 30 vasos, cada um contendo plantas da cultivar de morango San Andréas, com capacidade de 3L. Os tratamentos consistiram em três doses de adubação, correspondendo a 50%, 100% e 150% da recomendação de nitrogênio de Passos *et al.* (2013). Para a coleta de dados das folhas na fase de indução floral, foi utilizado um scanner de mesa de alta resolução (HP Scanjet 3800) com 1200 DPI. Em seguida, as imagens foram segmentadas utilizando o software Matlab para identificar áreas de interesse para montar o banco de imagens. A arquitetura implementada da rede neural convolucional em MATLAB consiste em um total de 4 camadas de convolução. Essas camadas aplicam diferentes filtros e geram mapas de características, sendo essenciais para extrair informações relevantes das imagens durante o processo de aprendizado da rede neural. Para treinar esse modelo, foram utilizadas 15 épocas de treinamento. Além disso, foi empregada a validação cruzada com 5 folds. Em cada iteração, 80% das imagens (1200 blocos) foram usados para treinamento, enquanto os 20% restantes (300 imagens) foram destinados ao teste. Isso permitiu uma avaliação abrangente em diferentes conjuntos de dados. Para avaliar o desempenho da CNN, foram utilizadas métricas como AUC (área sobre a curva) e matriz de confusão, juntamente com medidas derivadas, acurácia, recall e g-mean. Além disso, foram realizadas análises químicas foliares no laboratório da Universidade de São Paulo, seguindo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SILVA, 2009). Vários elementos foram analisados e os resultados foram submetidos a uma análise estatística utilizando o teste de Tukey no software SISVAR versão 5.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O resultado da análise de variância considerando os valores dos parâmetros químicos das amostras foliares, apresentaram diferença significativa para probabilidade de 5% aplicando o teste de Tukey, especialmente, nos elementos Manganês (Mg) e Magnésio (Mn). O tratamento T1 e T3 apresentaram diferenças significativas para o Mg, enquanto todos os tratamentos diferiram significativamente para o Mn. Essa diferença no teor de magnésio pode ter afetado a coloração das folhas,

influenciando os resultados de classificação da CNN. O magnésio é fundamental na molécula de clorofila, relacionada à refletância verde, o que pode ter gerado um padrão de cor distinto durante as convoluções da CNN e auxiliado na discriminação das classes (BORIN *et al.*, 2013). Ao analisar as métricas de avaliação do modelo observa-se que o tratamento T1 apresentou valores mais altos em comparação com T2 e T3. A AUC foi de 78% para T1, enquanto T2 e T3 obtiveram 67% e 64%, respectivamente. A acurácia foi de 50% para todos os tratamentos, e a recall foi de 66% para T1, 43% para T2 e 42% para T3. O g-mean foi de 53% para T1 e 48% para T2 e T3. Esses resultados sugerem que o tratamento T1, que recebeu 50% da dose nitrogenada recomendada, provavelmente influenciou na coloração das folhas, o que auxiliou o modelo na classificação.

CONCLUSÕES: A utilização da rede neural convolucional (CNN) para a predição de nitrogênio foliar em morangos por meio de imagens RGB apresentou resultados satisfatórios. A análise demonstrou a capacidade da CNN em estimar o teor de nitrogênio foliar com certa precisão, revelando a relação entre os dados visuais e as concentrações químicas. Salienta-se a necessidade de ampliação de pesquisas relacionadas à essa temática, visando o aprimoramento desse modelo, considerando fatores como o tamanho da amostra, a representatividade dos dados e a generalização para diferentes condições e variedades de morangos.

AGRADECIMENTOS: Ao apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Código de Financiamento 001 e a Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.

REFERÊNCIAS:

BORIN, Ana Luiza Dias Coelho *et al.* **Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais do Algodoeiro**. 134. ed. Campina Grande: Embrapa, 2013. 11 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90282/1/CIRTEC134.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2023.

SILVA, Fábio Cesar da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2009. Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 17 jul. 2023.

JANANI, M.; JEBAKUMAR, R.. Detection and classification of groundnut leaf nutrient level extraction in RGB images. **Advances In Engineering Software**, [S.L.], v. 175, p. 103320, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103320>.

PASSOS, Francisco A. *et al.* **Calagem e adubação do morangueiro**. 2013. Instituto Agrônomo de Campinas. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/88.pdf. Acesso em: 17 jul. 2023.