

MODELAGEM FUZZY PARA A ANÁLISE DE DIFERENTES INTENSIDADES DE LUZ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO

PEDRO ALEXANDRE BEZERRA AMORIM¹, DIAN LOURENCONI², DÉBORAH C. T. C. DE BRITO³, SILVIA H. N. TURCO⁴, PABLO T. L. DE OLIVEIRA⁵

¹ Engenheiro agrícola e ambiental, mestrando em engenharia agrícola, UNIVASF, pedroalexandre6797@gmail.com

² Engenheiro agrícola, mestre e doutor em engenharia agrícola, UNIVASF

³ Engenheira agrícola e ambiental, UNIVASF

⁴ Engenheira agrícola, mestre e doutora em engenharia agrícola, UNIVASF

⁵ Engenheiro agrônomo, mestre em ciência animal, doutor em engenharia agrícola, IF Sertão

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O pimentão é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no Brasil, e o sucesso da sua produção depende em grande parte da utilização de mudas de qualidade. A iluminação suplementar através de LEDs pode auxiliar na produção de mudas, melhorando a qualidade destas. Objetivou-se com o presente trabalho, desenvolver um modelo *fuzzy* capaz de prever parâmetros agrônômicos de mudas de pimentão sob diferentes intensidades de luz. Para isso, foram utilizados dados do experimento realizado por Rocha et al. (2014) para desenvolver um modelo *fuzzy*, tendo como variável de entrada os níveis de iluminação, definidos em cinco conjuntos. O modelo prevê as variáveis de saída altura da muda, número de folhas, diâmetro do colo, número entrenó, massa fresca da parte aérea e massa fresca da parte radicular. A análise dos resultados permitiu concluir que a utilização de iluminação suplementar com nível de $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi a mais benéfica, produzindo mudas com mais folhas, maior diâmetro do colo, número entrenó e massa fresca. A avaliação das taxas de erro do modelo mostrou resultados satisfatórios para os valores previstos em todas as variáveis, mostrando assim a utilidade do modelo *fuzzy* para estimar os melhores níveis de iluminação.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação suplementar, LED, modelagem *Fuzzy*.

FUZZY MODELING FOR ANALYSIS OF DIFFERENT LIGHT INTENSITIES IN THE PRODUCTION OF PEPPER SEEDLINGS

ABSTRACT: Bell pepper is one of the most cultivated and consumed vegetables in Brazil, and the success of its production largely depends on the use of quality seedlings. Supplementary lighting through LEDs can help in the production of seedlings, improving their quality. The objective of this work was to develop a fuzzy model capable of predicting agronomic parameters of sweet pepper seedlings under different light intensities. For this, data from the experiment carried out by Rocha et al. (2014) to develop a fuzzy model, having lighting levels as input variable, defined in five sets. The model predicts the output variables seedling height, number of leaves, collar diameter, internode number, fresh mass of the aerial part and fresh mass of the root part. The analysis of the results allowed us to conclude that the use of supplemental lighting with a level of $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was the most beneficial, producing seedlings with more leaves, larger collar diameter, internode number and fresh mass. The evaluation of the model's error rates showed satisfactory results for the predicted values in all variables, thus showing the usefulness of the fuzzy model to estimate the best lighting levels.

KEYWORDS: Supplemental lighting, LED, Fuzzy model.

INTRODUÇÃO: O pimentão é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no Brasil (Santos et al., 2020). Para o sucesso da produção de hortaliças, o uso de mudas de qualidade é fundamental para diminuir os riscos de produção e aumentar a produtividade (Bezerra, 2003). Na produção de pimentão, estudos indicam que a iluminação suplementar com LED pode aumentar a quantidade de frutos (Joshi et al., 2019), com diferentes composições de espectro de luz produzindo resultados diferentes (Claypool & Lieth, 2020). Para tais situações que envolvem tomada de decisão em ambientes complexos e incertos, incluindo o campo agroalimentar, a teoria dos conjuntos *Fuzzy* é uma alternativa promissora para resolver esses problemas (Tomasiello & Alijani, 2021). No campo agrícola, os modelos *Fuzzy* têm sido amplamente utilizados em diversas áreas, como para avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação (Filho et al., 2022) e salinidade (Putti et al., 2022) sobre o rendimento de culturas irrigadas, desenvolvimento de modelos para a temperatura ocular de bovinos sob estresse calórico condições (Lins et al., 2021 b) e para o globo ocular e crista temperaturas de galinhas poedeiras (Lins et al., 2021 a). Considerando a iluminação suplementar em áreas protegidas cultivo de hortaliças, o uso de modelos *Fuzzy* pode ser útil para identificar as intensidades mais adequadas para a eficiência crescimento das culturas cultivadas e permitindo o desenvolvimento de controles inteligentes. Portanto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo *Fuzzy* prever os parâmetros agrônômicos de mudas de pimentão sob diferentes intensidades de luz.

MATERIAL E MÉTODOS: Neste estudo, empregou dados de um experimento conduzido por Rocha et al. (2014) no Regional Integrado Universidade do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim Campus, campo experimental do Rio Grande do Sul, entre 28 de janeiro e 5 de março de 2014, foi empregado. Cinco tratamentos foram testados, consistindo de diferentes níveis de iluminação usados no desenvolvimento de mudas: 0 (controle), 25, 50, 75 e 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A iluminação era fornecida com lâmpadas LED compostas por LEDs azuis e vermelhos (20% azul e 80% vermelho). O fotoperíodo foi de 16 horas de luz e 8 h de escuridão, e a temperatura ambiente média foi 28°C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados usando 20 repetições por tratamento, e a unidade experimental consistia em um vaso com uma planta. As mudas foram cultivadas por 36 dias após semeadura; ao final do experimento, as seguintes variáveis foram avaliadas: altura da planta (mm), número de folhas, diâmetro do caule (mm), número de internódios, rebentos frescos peso (g) e peso fresco da raiz (g). A altura da planta e diâmetro do caule foram medidos usando uma régua e um digital calibre, respectivamente. As massas frescas da parte aérea e da raiz foram determinadas após a retirada das mudas dos recipientes, lavados, secos com papel toalha, e as raízes foram separados dos brotos. Os dados obtidos foram analisados quanto à variância e o as médias foram comparadas pelo teste de Duncan. Os dados para o número variável de folhas foram transformados no quadrado raiz de $(x+0,5)$. Um nível de probabilidade de 5% foi usado para análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O modelo fuzzy desenvolvido que melhor se adequou aos dados teve como variável de entrada, os dados de níveis de iluminação aplicados no experimento, representada por curvas de pertinência triangulares (Figura 1), curvas estas escolhidas por reproduzirem melhor o conjunto de dados (SCHIASSI et al., 2015, LOURENÇONI et al., 2019).

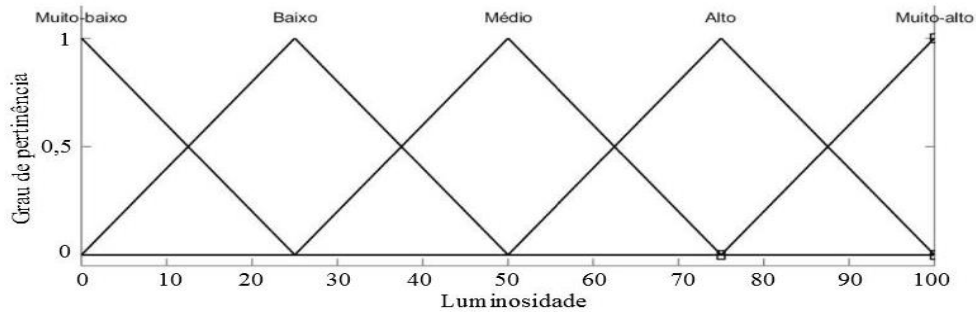


Figura 1. Funções de pertinência da variável de entrada (nível de iluminação)

Com base nas variáveis de entrada, o modelo prevê as variáveis de saída: altura da muda (mm), número de folhas, diâmetro do colo (mm), número entrenó, massa fresca da parte aérea (g) e massa fresca da parte radicular (g) (Figura 2). Todas as variáveis de saída foram representadas por curvas de pertinência triangular, tendo seu delimitador médio definido como o valor encontrado no experimento.

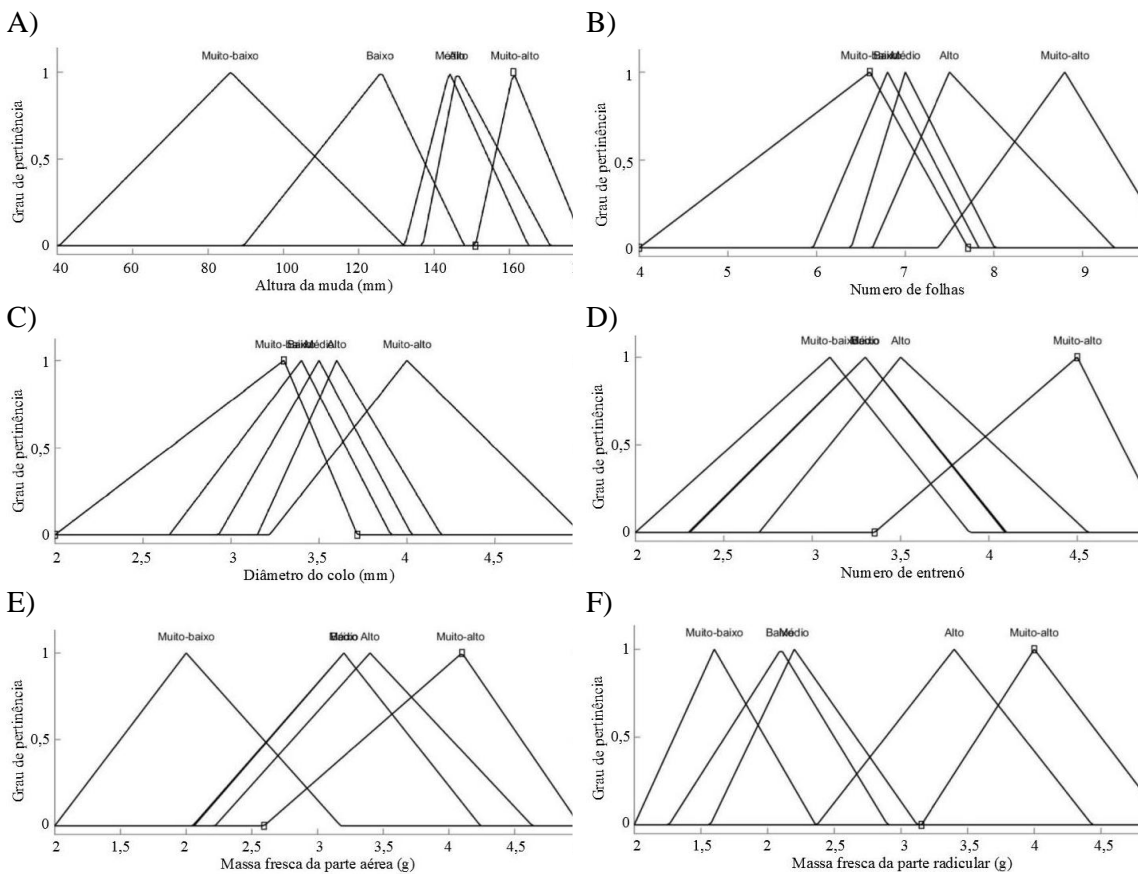


Figura 2. Funções de pertinência das variáveis de saída, A: altura da planta, B: número de folhas, C: diâmetro do colo, D: número entrenó, E: massa fresca da parte aérea e F: massa fresca da parte radicular.

O modelo *fuzzy* desenvolvido conseguiu prever todas as variáveis com boa eficiência, com correlações variando de 0,90 a 0,99. Diante disso, o modelo foi capaz de prever parâmetros agrônomicos de mudas de pimentão sob diferentes intensidades de luz.

CONCLUSÕES: O modelo fuzzy proposto permitiu a estimativa eficiente de parâmetros agrônomicos de mudas de pimentão sob diferentes intensidades luminosas, facilitando a

tomada de decisão para o controle eficiente da iluminação suplementar no cultivo de mudas de pimentão.

REFERÊNCIAS:

- BEZERRA, FC (2003) Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical. 22 p.
- CLAYPOOL, NB; LIETH, JH (2020) Physiological responses of pepper seedlings to various ratios of blue, green, and red light using LED lamps. *Scientia Horticulturae* 268:109371. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109371.
- FILHO LRA, SILVA AO, CREMASCO CP, PUTTI FF (2022) Fuzzy modeling of the effect of irrigation depths on beet cultivars. *Engenharia Agrícola* 42(1): e20210084. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n1e20210084/2022>
- JOSHI, NC; RATNER, K; EIDELMAN, O; BEDNARCZYK, D; ZUR, N; MANY, Y; SHAHAK, Y; AVIV-SHARON, E; ACHIAM, M; GILAD, Z; CHARUVI, D (2019) Effects of daytime intra-canopy LED illumination on photosynthesis and productivity of bell pepper grown in protected cultivation. *Scientia Horticulturae* 250: 81–88. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.039
- LINS ACSS, LOURENÇONI D, JÚNIOR TY, MIRANDA IB, SANTOS IEA (2021 a) Neuro-fuzzy modeling of eyeball and crest temperatures in egg-laying hens. *Engenharia Agrícola* 41(1):34-38.
- LINS ACSS, SOUZA IJS, LOURENÇONI D, JÚNIOR TY, SANTOS IEA (2021 b) Fuzzy logic modeling of the ocular temperature of cattle in thermal stress conditions. *Engenharia Agrícola* 41(4):418-426.
- LOURENÇONI, D., YANAGI, J., TADAYUKI, A. P. G. de, CAMPOS, A., T., YANAGI, S N. M. Productive responses from broiler chickens raised in different commercial production systems - part I: fuzzy modeling. *Engenharia Agrícola*, v.39, n. 1, p. 1-10, 2019.
- PUTTI FF, CREMASCO CP, JUNIOR JFS, FILHO LRA (2022) Fuzzy modeling of salinity effects on radish yield under reuse water irrigation. *Engenharia Agrícola* 42(1): e215144. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n1e215144/2022>
- ROCHA PSG, SANTOS AC, MENEGATTI PWS, AMARAL AS, RODRIGUES APC (2014) Produção de mudas de pimentão sob diferentes intensidades luminosas com LED's. In: 53º Congresso Brasileiro de Olericultura. Palmas, Associação Brasileira de Horticultura.
- SANTOS HCA, JUNIOR JAL, SILVA ALP, CASTRO GLS, GOMES RF (2020) Yield of fertigated bell pepper under different soil water tensions and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga* 33(1):172-183
- SCHIASSI, L., YANAGI JUNIOR, T., FERRAZ, P. F. P., CAMPOS, A. T., SILVA, G. R., ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 3, p. 390-396, 2015.
- TOMASIELLO S, ALIJANI Z (2021) Fuzzy-based approaches for agri-food supply chains: a mini-review. *Soft Computing* 25(11): 7479-7492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05707-3>