

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor ,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 30/07/2020.

JÉSSICA MAIARA DE SOUZA FERRARI

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE E DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DO
RABANETE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE UTILIZANDO MODELAGEM NEURO-*FUZZY***

Botucatu

2018

JÉSSICA MAIARA DE SOUZA FERRARI

**ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE E DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DO
RABANETE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
TRATADA MAGNETICAMENTE UTILIZANDO MODELAGEM NEURO *FUZZY***

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientadora: Prof^a. Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Ferrari, Jéssica Maiara de Souza, 1991-
F375a Análise da produtividade e das variáveis biométricas do rabanete sob diferentes lâminas de irrigação com água tratada magneticamente utilizando modelagem neuro *fuzzy* / Jéssica Maiara de Souza Ferrari. - Botucatu: [s.n.], 2018
103 p.: ils. color., grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Camila Pires Cremasco Gabriel
Inclui bibliografia

1. Rabanete - Produtividade. 2. Rabanete - Irrigação. 3. Redes neurais - Computação. 4. Evapotranspiração. I. Gabriel, Camila Pires Cremasco. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE E DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DA CULTURA DO RABANETE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE UTILIZANDO MODELAGEM NEURO FUZZY”

AUTORA: JÉSSICA MAIARA DE SOUZA FERRARI

ORIENTADORA: CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof.ª Dr.ª CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL
Coordenadora do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã/SP


Prof. Dr. DANIEL DOS SANTOS VIAIS NETO
Câmpus de Presidente Prudente / Faculdade de Tecnologia- FATEC


Prof. Dr. RAÚL ANDRES MARTINEZ URIBE
Coordenador do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã/SP

Botucatu, 30 de julho de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Virgem Maria pela presença todo Santo dia.

Aos meus pais, Rose e Augusto, por todo amor e apoio incondicional, por estarem ao meu lado cada segundo desta caminhada.

Aos meus irmãos Luis e Léo, por todo carinho e torcida.

Aos meus sobrinhos Luís Otávio e Davizinho que nunca deixaram faltar cheirinhos e abraços carinhosos, durante toda caminhada.

As minhas cunhadas Maria e Vivian, por todo incentivo e amor.

A minha orientadora, Prof^a. Camila, por acreditar em mim, por todo apoio e carinho desde o início da orientação.

Ao Prof. Beto por todo apoio e amizade desde o início do mestrado.

Ao meu Prof. Edson Tanaka, que foi o primeiro a acreditar que este sonho seria possível.

A minha amiga Ana Estela, metade da minha alma, parceira de vida e de luta.

Ao Maurício, meu bem, por todo carinho e paciência desde de que o conheci.

Aos meus amigos que Botucatu me deu, e que sempre tornaram meu caminho mais leve, em especial Ricardo, Tati, Rafael, Junior, Regiane, Jhonatan, Pamela e Flavia, agradeço pelos cafés, sorvetes, as longas conversas, conselhos e risadas, que farão de vocês eternos no meu coração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Não creias impossível o que apenas improvável parece.”

- William Shakespeare

RESUMO

O rabanete é um dos vegetais mais antigos, tendo origem nas regiões mediterrâneas. A irrigação da cultura geralmente é feita com água proveniente de fontes superficiais, muitas vezes com qualidade inferior ao perfil utilizado mais comumente, contendo uma alta concentração de sais dissolvidos. O presente trabalho teve como finalidade, investigar a possibilidade de elaborar modelagens neuro *fuzzy* para estimativa do desenvolvimento e produtividade do rabanete, quando submetido a irrigação com água convencional e tratada magneticamente sob diferentes lâminas de irrigação, baseados na evapotranspiração da cultura (ET_c). Os dados utilizados para alimentar o sistema foram provenientes de experimento realizado em ambiente protegido, localizado no Departamento de Engenharia Rural da UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Fazenda Experimental Lageado, no município de Botucatu/SP. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado 2x5, com cinco lâminas de irrigação (25%; 50%; 75%, 100% e 125% da ET_c), com água em duas condições (magnetizada e convencional) e cinco repetições de plantas. Para isto, o trabalho foi dividido em 4 capítulos, em que utiliza-se o modelo híbrido para estimativa da produtividade e fatores biométricos do rabanete, utilizando dados aferidos 35 dias após transplântio. As variáveis de entrada foram: Lâmina de Irrigação e Característica da Água (convencional ou magnetizada), e as variáveis de saída selecionadas foram: Produtividade e as Análises Biométricas. Os modelos se mostraram satisfatórios, e também possibilitou visualizar resultados nos níveis intermediários, não somente nos que já foram realizados no experimento, formalizando assim uma generalização dos resultados do experimento.

Palavras-chave: Otimização hídrica, *Raphanus sativus* L., redes neurais, ANFIS.

ABSTRACT

The radish is one of the oldest vegetables, originating in the Mediterranean regions. Culture irrigation is usually done with water from surface sources, often of inferior quality to the profile most commonly used, containing a high concentration of dissolved salts. The present work had the purpose of investigating the possibility of elaborating neuro *fuzzy* models to estimate radish development and productivity, when submitted to irrigation with conventional water and magnetically treated under different irrigation slides based on crop evapotranspiration (ET_c). The data used to feed the system came from an experiment carried out in a protected environment, located in the Department of Rural Engineering of UNESP, Faculty of Agronomic Sciences (FCA), Experimental Farm Lageado, in the city of Botucatu / SP. The experimental design was completely randomized 2x5, with five irrigation slides (25%, 50%, 75%, 100% and 125% of ET_c), with water in two conditions (magnetized and conventional) and five replicates of plants. For this, the work was divided in 4 chapters, using the hybrid model to estimate the productivity and biometric factors of the radish, using data verified 35 days after transplanting. The input variables were: Irrigation Blade and Water Characteristic (conventional or magnetized), and the selected output variables were: Productivity and Biometric Analysis. The models were satisfactory, and also allowed to visualize results at intermediate levels, not only those that were already performed in the experiment, formalizing a generalization of the results of the experiment.

Key words: Water optimization, *Raphanus sativus* L., neural networks, ANFIS.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1 - PRODUTIVIDADE DO RABANETE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO MODELAGEM NEURO FUZZY	18
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
1.2.1 Descrição do experimento.....	20
1.2.2 Análise de regressão quadrática	23
1.2.3 Modelagem matemática nebulosa (<i>fuzzy</i>).....	23
1.2.4 Modelagem Neuro fuzzy	24
1.2.5 Etapas da confecção da modelagem.....	26
1.2.6 Índices estatísticos	29
1.2.7 <i>Softwares</i> utilizados.....	30
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
1.5 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO 2 - MODELAGEM NEURO FUZZY DA PRODUTIVIDADE DO RABANETE IRRIGADO COM ÁGUA MAGNETIZADA	38
2.1 INTRODUÇÃO	39
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.2.1 Descrição da área experimental.....	40
2.2.2 Delineamento experimental e coleta.....	41
2.2.3 Tratamento dos dados	43
2.2.4 Modelagens.....	44
2.2.5 Avaliação do desempenho do modelo	47
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.4 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 3 - ESTIMATIVA BIOMÉTRICA DA CULTURA DO RABANETE SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO MODELAGEM NEURO FUZZY	56
3.1 INTRODUÇÃO	57

3.2	MATERIAL E MÉTODOS	58
3.2.1	Descrição experimental.....	58
3.2.2	Elaboração das modelagens matemáticas.....	61
3.3	RESULTADOS E DISCUSÃO	66
3.4	CONCLUSÃO	74
	REFERENCIAS.....	74
CAPÍTULO 4 - MODELAGEM NEURO FUZZY DOS FATORES BIOMÉTRICOS DO RABANETE IRRIGADO COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE		
		77
4.1	INTRODUÇÃO.....	78
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	80
4.2.1	Material	80
4.2.2	Modelagem Neuro fuzzy (ANFIS) para obtenção dos dados biométricos do rabanete.....	81
4.2.3	Análise do desempenho do modelo.....	84
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
4.5	CONCLUSÃO	96
	REFERÊNCIAS.....	96
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERÊNCIAS.....	101

Tabela 7. Índices estatísticos dos modelos: Regressão quadrática, Modelagem fuzzy e modelagem ANFIS da produtividade do rabanete sob diferentes lâminas de irrigação.

Índices	Modelo <i>fuzzy</i>	Modelo ANFIS	Regressão polinomial $y = -0.003.x^2 + 0.439.x + 7.772$
χ^2	67,489 (p=0)	57,277 (p=0,0002)	125,262 (p=0)
R^2	0,504 (p=0,0001)	0,537 (p=0)	0,104 (p=0,116)
RMSE	6,898	6,332	8,808
MAE	5,943	5,135	7,831

Os índices estatísticos de maneira geral apresentaram-se mais satisfatórios na modelagem neuro *fuzzy*, que em todos os índices foram mais baixos nesta modelagem, representando menor erro nas estimativas da produtividade do rabanete.

1.5 CONCLUSÃO

A maior produtividade do rabanete foi encontrada nas lâminas de irrigação próximas das lâminas de 100% de reposição hídrica.

O estudo mostre-se favorável a elaboração de modelagem ANFIS, para estimativa da produtividade do rabanete, cultivado sob diferentes lâminas de irrigação, em ambiente protegido.

O modelo ANFIS, apresentou valores menores nos índices estatísticos avaliados, em relação aos modelos lógica *fuzzy* e regressão quadrática, mostrando-se satisfatório e de maior confiabilidade de estimativas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p
- ALVES, E.S.; 1; LIMA, D.F.; BARRETO, J.A.S.; SANTOS, D.P.; SANTOS, M.A.L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. Irriga, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- AZEVEDO, L. P. Uso de dois espaçamentos entre gotejadores na mesma linha lateral e seus efeitos sobre a formação do bulbo molhado, produtividade e qualidade de rabanete (*Raphanus sativus* L). 2008, 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- CARVALHO, D. F de; OLIVEIRA, L. F. C de. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. Viçosa, MG: UFV. 2012. 68p.

CARVALHO, W. A., ESPÍNDOLA, C. R., PACCOLA, A. A. Legenda atualizada do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice” Boletim CI. FCA/UNESP, Botucatu, n.1, 1983. 95 p. Legenda Complementar Atualizada, 2000.

CREMASCO, C. P.; Gabriel Filho, L. R. A. ; PUTTI, F. F. ; LUDWIG, R. ; SILVA JUNIOR, J.F. . Resposta da cultura do rabanete irrigado com água tratada magneticamente e convencional. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA), São Pedro-SP. v. 54. p. 1-9, 2015.

ESCOBEDO, J.F., GOMES, E.N., OLIVEIRA, A.P., SOARES, J. RATIOS of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil. *Renew. Energy* 36, 169–178, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.

GABRIEL FILHO, L. R. A. *Sistemas Fuzzy aplicados nas Ciências Agrárias*. 2015. 258p. Tese (Livre-Docência em Matemática Aplicada e Computacional) - FCE/UNESP, Tupã, 2015.

GHOUSH, M. A.; SAMHOURI, M.; AL-HOLY, M.; HERALD, T. Formulation and *fuzzy* modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 84, n. 2, p.348-357, 2008.

GIUSTI, E.; MARSILI-LIBELLI, S. A *Fuzzy* Decision Support System for irrigation and water conservation in agriculture. *Environmental Modelling & Software*, v. 63, p. 73-86, 2015.

HALLAL, M. O. C.; SCHÖFFEL, E. R; BRIXNER, G. F.; RADÜNZ, A. L. Estimativa da evapotranspiração de referência e sua relação com a precipitação ocorrida na região de Pelotas – RS. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 85-98, 2013.

JANG, J. S. R.; SUN C. T. Neuro fuzzy modeling and control. *Proceeding of IEEE*, v.83, p.378-406, 1995.

JANG, J-R.R. Adaptive-network based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v.23, n.3:665-685, 1993.

KOETZ, M., MASCA, M.G.C.C., CARNEIRO, L.C., RAGAGNIN, V.A., SENA JUNIOR; GOMES FILHO, R.R. Produção de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de goiás. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.2, n.1, p.09–15, 2008.

LACERDA, V. R., GONÇALVES, B. G., OLIVEIRA, F. G., SOUSA, Y. B., CASTRO, I. L., Características Morfológicas E Produtivas Do Rabanete Sob Diferentes Lâminas De Irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.11, nº.1, p. 1127 - 1134, 2017.

LANCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. p. 519.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 342-346, 2006.

MATHWORKS The student edition of MatLab: version 4 user's guide. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. 834 p.

NELSEN, T. C. The state of statistics in agricultural science. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, v.7, n. 3, p. 313-319, 2002.

PUTTI, F. F. *Análise dos indicadores biométricos e nutricionais da cultura da alface (Lactuca sativa L.) irrigada com água tratada magneticamente utilizando modelagem fuzzy*. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2015.

RIBEIRO, A. C. S.; FREITAS, A. L. P. Análise de regressão múltipla para identificação de fatores relevantes na qualidade do transporte rodoviário intermunicipal de passageiros. *Caderno do IME- Série Estatística*, v. 32, p.15-31, 2012.

SANTOS, J. C. C.; SILVA, C. H.; SANTOS, C. S.; SILVA, C. S.; MELO, E. B.; BARROS, A. C. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. *Revista Verde*, Mossoró, v. 9, n.1, p. 151 - 156, 2014.

SHAFIQ, S AKRAM, N. A., ASHRAF. M. Does exogenously-applied trehalose alter oxidative defense system in the edible part of radish (*Raphanus sativus L.*) under water-deficit conditions. *Scientia Horticulturae*. V.185 p. 68–75, 2015.

SILVA, A. A. V.; SILVA, I. A. F.; FILHO, M.C. M.T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA, M. C. M. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.180–187, 2014.

SILVA, I. N.; SPATTI, S. H.; FLAUZINO R. A. *Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas*. São Paulo: Artliber, 2010. 399p.

SILVA, J.M., FERREIRA, R.S., MELO, A.S., SUASSUNA1, J.F., DUTRA, A.F., GOMES, J.P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, n.1, p.40–46, 2013.

SILVA, R. T. da.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, F. de A. de.; TARGINO, I. S. de O.; SILVA, M. L. do N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. *Revista Verde*, Mossoró, v. 7, n.1, p. 25-33, jan./mar. 2012.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *Journal of Irrigation and Drainage*. Engineering of ASCE, v.118, n.6, p.977-980, 1992.

TANSCHKEIT, R.; GOMIDE, F.; TEIXEIRA, M. C. M. Modelagem e controle nebuloso. In: AGUIRRE, L. A. (Ed.) Enciclopédia de automática. São Paulo: Edgard Blucher, v. 3, p. 283-324, 2007.

VIAIS NETO, D. S. Modelagem *fuzzy* para avaliação do desenvolvimento do tomate em tensões de água no solo e doses de salinidade na irrigação. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2016.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J. DE; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, p.117-124, 2011.

ZADEH L. A. Fuzzy sets. Information and Control, v.8, p.338- 353, 1965.

ZAVALA, A. A. Z.; BOLFARINE, H.; DE CASTRO, M. Consistent estimation and testing in heteroscedastic polynomial errors-in-variables models. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, v. 59, n. 3, p. 515-530, 2007.

A simplicidade da compreensão do modelo, acarreta em facilidades em tomadas de decisão, podendo conhecer índices produtivos de dados desconhecidos.

A modelagem mais eficiente provou que é possível utilizar água magnetizada na cultura do rabanete, para fins lucrativos, pois produz mais com menos quantidade de água.

REFERÊNCIAS

- ALISHAH, O., AHMADIKHAH, A. The effects of drought stress on improved cotton varieties in Golestan province of Iran. *International Journal of Plant Production*, v. 3, p. 17-26, 2009.
- AKRAM, N.A., ASHRAF, M., Regulation in plant stress tolerance by a potential plant growth regulator, 5-aminolevulinic acid (ALA). *J. Plant Growth Regul.* v. 32, p. 663–679, 2013.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.
- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação Do Coeficiente De Cultivo Para A Cultura Do Rabanete Através De Lisimetria De Drenagem. *Irriga, Botucatu*, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- CAMARGO, G. A.; CONSOLI, L.; LELLIS, I. C. S.; MIELI, J.; SASSAKI, E. K. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.1, p.181-195, 2007.
- CARVALHO, W. A., ESPÍNDOLA, C. R., PACCOLA, A. A. *Legenda atualizada do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice” Boletim Ci. FCA/UNESP, Botucatu*, n.1, 1983. 95 p. *Legenda Complementar Atualizada*, 2000.
- CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A. ; PUTTI, F. F. ; LUDWIG, R. ; SILVA JUNIOR, J.F. . Resposta da cultura do rabanete irrigado com água tratada magneticamente e convencional. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA), São Pedro-SP. v. 54. p. 1-9, 2015.
- ESCOBEDO, J.F., GOMES, E.N., OLIVEIRA, A.P., SOARES, J. RATIOS of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil. *Renew. Energy* 36, 169–178, 2011.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290, 2003.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2007.

- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.
- GHOUSH, M. A.; SAMHOURI, M.; AL-HOLY, M.; HERALD, T. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 84, n. 2, p.348-357, 2008.
- JANG, J-R.R. Adaptive-network based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v.23, n.3:665-685, 1993.
- JANG, J.S.R; SUN, CHUEN, T.S.A.I. Neuro-fuzzy modeling and control. *Proceedings of the IEEE*, New York, v. 83, n. 3, p. 378-406, 1995.
- LACERDA, V. R., GONÇALVES, B. G., OLIVEIRA, F. G., SOUSA, Y. B., CASTRO, I. L., Características Morfológicas E Produtivas Do Rabanete Sob Diferentes Lâminas De Irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.11, nº.1, p. 1127 - 1134, 2017.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 342-346, 2006.
- MELLO, M. F.; LUENGO, R. F. A.; MATOS, M. J. L. F.; TAVARES, S. A.; LANA, M. M. Embrapa hortaliças. Disponível em: < http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/rabanete.htm>. Acesso em: 26 maio de 2018.
- MORENO-FONCECA, L. P. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Uma revisión. *Agronomía Colombiana*, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 179-191, 2009.
- OLIVEIRA, F. R. A. de. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 41, n. 4, p. 519-526, 2010.
- PEREIRA, A.J.; BLANK, A.F.; SOUZA, J.R. OLIVEIRA, P.M.; LIMA, L.A. 1999. Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 117-120.
- PULITI, J. P. M.; REIS, H. B.; PAULINO, H. D. M.; RIBEIRO, T. C. M.; TEIXEIRA, M. Z.; CHAVES, A. S.; RIBEIRO, B. R.; MACIEIRA, G. A. A.; YURI, J. E. Comportamento da cultura do rabanete em função de fontes e doses de cálcio. *Horticultura Brasileira*, v. 27, p. 3003-3008, 2009
- SILVA, R. T. da.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, F. de A. de.; TARGINO, I. S. de O.; SILVA, M. L. do N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. *Revista Verde*, Mossoró, v. 7, n.1, p. 25-33, jan./mar. 2012.
- SHAFIQ, S., AKRAM, N.A., ASHRAF, M., ARSHAD, A., Synergistic effects of drought and ascorbic acid on growth, mineral nutrients and oxidative defense system in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Physiol. Plant*, v. 36, p.1539–1553, 2014.

SHAFIQ, S AKRAM, N. A., ASHRAF. M. Does exogenously-applied trehalose alter oxidative defense system in the edible part of radish (*Raphanus sativus* L.) under water-deficit conditions. *Scientia Horticulturae*. V.185 p. 68–75, 2015.

SILVA, R. T., SOUZA, A. A. T., OLIVEIRA, F. A., TARGINO, I. S. O., SILVA, M. L. N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. *Revista Verde*. v.7, n.1, p. 25 - 33, 2012.

SILVA, A. A. V.; SILVA, I. A. F.; FILHO, M.C. M.T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA, M. C. M. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.180–187, 2014.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE*, v.118, n.6, p.977-980, 1992. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1992\)118:6\(977\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1992)118:6(977)).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TANSCHKEIT, R.; GOMIDE, F.; TEIXEIRA, M. C. M. Modelagem e controle nebuloso. In: AGUIRRE, L. A. (Ed.) *Enciclopédia de automática*. São Paulo: Edgard Blucher, v. 3, p. 283-324, 2007.

YILMAZ I.; KAYNAR O. Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils. *Expert systems with applications*, v.38, p.5958-5966, 2011.

ZADEH L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v.8, p.338- 353, 1965.

Os resultados dos índices estatísticos calculados, mostram que a predição dos dados biométricos do rabanete submetidos a diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido, foram satisfatórias para a modelagem neuro *fuzzy*, visto que os índices de erro para estimação de todas as variáveis foram menores em relação a regressão.

3.4 CONCLUSÃO

O presente estudo mostra que é possível utilizar modelagem ANFIS pra estimativa de dados biométricos da cultura do rabanete em função de lâminas de água com precisão, utilizando dados provenientes de experimento em ambiente protegido.

A modelagem neuro *fuzzy* possibilita a estimativa biométrica do rabanete com mais precisão que a regressão polinomial quadrática, visto que apresenta índice de erros e ajuste menores.

O modelo matemático ANFIS, mostrou-se satisfatório, podendo ser utilizado como ferramenta de tomada de decisão, para avaliações biométricas da cultura do rabanete cultivados sob taxas de irrigação de 25, 50, 75, 100 e 125%, de maneira eficiente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p
- BREGONCI, I.S.; ALMEIDA, G.D.; BRUM, V.J.; ZINI JÚNIOR, A.; REIS, E.F. Desenvolvimento do sistema radicular do rabanete em condição de estresse hídrico. IDESIA (Chile) Volumen 26, Nº 1, Enero-Abril, 2008.
- CARVALHO, W. A., ESPÍNDOLA, C. R., PACCOLA, A. A. Legenda atualizada do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice” Boletim CI. FCA/UNESP, Botucatu, n.1, 1983. 95 p. Legenda Complementar Atualizada,2000.
- COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. 2006. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. Horticultura Brasileira, v. 24, p. 118-122.
- CREMASCO, C.P.; GABRIEL FILHO, L. R. A. ; PUTTI, F. F. ; LUDWIG, R. ; SILVA JUNIOR, J.F. . Resposta da cultura do rabanete irrigado com água tratada magneticamente e convencional. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA), São Pedro-SP. v. 54. p. 1-9, 2015.

- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. 1992. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (ed). Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 6, p. 85-96.
- FILGUEIRA, F.A.R. 2003. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290.
- FILGUEIRA, F.A.R. 2003. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290.
- FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: CERES, v. 2, 1982. p. 62-65 1982.
- GRIFFITHS, H.; PARRY, M. A. J. Plant Responses to Water Stress. *Annals of Botany*, v. 89, p. 801-802, 2002.
- JANG, J. S. R.; SUN C. T. Neuro fuzzy modeling and control. *Proceeding of IEEE*, v.83, p.378-406, 1995.
- JANG, J-R.R. Adaptive-network based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v.23, n.3:665-685, 1993.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*.Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wallmap 150cm x 200cm.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 342-346, 2006.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. 2001. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa/CNPQ, 111 p.
- MATHWORKS The student edition of MatLab: version 4 user's guide. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. 834 p.
- MILLER, D.E.; MARTIN, M.W.. Effect of daily irrigation rate and soil texture on yield quality of russet bubank potatoes. *American Potato Journal*, v. 60, p. 745-757, 1983.
- MINAMI, K.; CARDOSO, A.I.I.; COSTA, F.; DUARTE, F.R. 1998. Efeito do espaçamento sobre a produção em rabanete. *Bragantia*, v. 57, p. 169-173.
- PEREIRA, A.J.; BLANK, A.F.; SOUZA, R.J.; OLIVEIRA, P.M.; LIMA, L.A. Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.1, p.117-120, 1999.
- RIBEIRO, A. C. S.; FREITAS, A. L. P. Análise de regressão múltipla para identificação de fatores relevantes na qualidade do transporte rodoviário intermunicipal de passageiros. *Caderno do IME- SérieEstatística*, v. 32, p.15-31, 2012.
- SANTOS, J.C.C., SILVA, C.H., SANTOS, C.S., SILVA, C.S., MELO, E.B., BARROS, A.C. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido

a diferentes lâminas de água. *Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL)*, v. 9, n.1, p. 151 -156, 2014.

SILVA, A. A. V.; SILVA, I. A. F.; FILHO, M.C. M.T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA, M. C. M. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.180–187, 2014.

SILVA, I. N.; SPATTI, S. H.; FLAUZINO R. A. *Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas*. São Paulo: Artliber, 2010. 399p.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE*, v.118, n.6, p.977-980, 1992.

TANSCHKEIT, R.; GOMIDE, F. A. C.; TEIXEIRA, M. C. M. Modelagem e controle nebuloso. In: L. A. Aguirre (org). *Enciclopédia de Automática*. 1.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2007. v.3, p.283-323.

TEJEDA, M. T.; ARREDONDO, J.; PÉREZ-STAPLES, D.; RAMOS-MORALES, P.; LIEDO, P.; DÍAZ-Fleischer, F. Effects of size, sex and teneral resources on the resistance to hydric stress in the tephritid fruit fly *Anastrepha ludens*. *Journal of insect physiology*, v. 70, p. 73-80, 2014.

ZADEH L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v.8, p.338- 353, 1965.

ZAVALA, A. A. Z.; BOLFARINE, H.; DE CASTRO, M. Consistent estimation and testing in heteroscedastic polynomial errors-in-variables models. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, v. 59, n. 3, p. 515-530, 2007.

seja, as estimativas dos valores intermediários, foram mais próximas possível dos teores biométricos estudos intermediários, podendo, portanto, explicar de forma precisa os valores obtidos nas lâminas desconhecidas, através do método de estimativa proposto.

Os percentuais de ajustes dos modelos comparando regressão quadrática e a curva ANFIS apresentaram-se melhores no segundo modelo, visto que os percentuais alcançados foram sempre menores para esta curva. Os resultados de p-valor encontrados foram sempre coerentes e mais satisfatórios em comparação ao modelo mais comumente utilizado para explicar fenômenos agrônômicos. Porém o bom ajuste também depende da variação dos dados.

4.5 CONCLUSÃO

Os modelos obtidos a partir do sistema neuro *fuzzy*, mostrou-se satisfatório, podendo-se concluir que pode perfeitamente ser utilizado como ferramenta para tomada de decisão, na avaliação de desenvolvimento do rabanete em função de lâminas de irrigação.

Os modelos de regressão quadrática são inferiores na estimativa biométrica da cultura do rabanete, comparado a ANFIS, pois os resultados dos índices estatísticos se mostraram muito mais baixos no segundo modelo e ainda mostrando valores eficientes quando comparado as lâminas medidas.

Os fatores biométricos dos tratamentos irrigados com água tratada magneticamente, apresentaram resultados mais satisfatórios, em relação a produtividade e desenvolvimento do rabanete, comparado aos tratamentos com água convencional em todos fatores analisados.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.

ALVES, M. C.; POZZAB, E. A.; COSTA, J. C. B.; CARVALHO, L. G.; ALVES, L. S. Adaptive neuro fuzzy inference systems for epidemiological analysis of soybean rust. *Environmental Modeling & Software*, v.26, p.1-8, 2011.

BENINI, L. C. Modelagem neuro-fuzzy com apoio do matlab. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) UNESP/FCA, Botucatu, 2007.

BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.R. 1973. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. *Experientiae*, v. 15, p. 1-21.

BREGONCI, I. S.; ALMEIDA G. D.; BRUM, V. J.; ZINI JÚNIOR, A.; REIS, E. F., Desenvolvimento do sistema radicular do rabanete em condição de estresse hídrico. *IDESIA* (Chile) Vol. 26, Nº 1; 33-38, 2008.

COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 118-122, 2006.

CREMASCO, C. P.; Gabriel Filho, L. R. A. ; PUTTI, F. F. ; LUDWIG, R. ; SILVA JUNIOR, J.F. . Resposta da cultura do rabanete irrigado com água tratada magneticamente e convencional. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA), São Pedro-SP. v. 54. p. 1-9, 2015.

CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores fuzzy para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. *Revista Energia na Agricultura*, v. 25, p. 21-39, 2010.

CALDEIRA, A.M.; MACHADO, M.A.S.; SOUZA, R.C.; TANSCHKEIT, R. OLIVEIRA JUNIOR, A.H (Coord.). 2007; *Inteligência computacional aplicada à administração, economia e engenharia em Matlab®*. São Paulo: Tomson Learning, 2007.

COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 118-122, 2006.

CHAVES, L. E. Modelos computacionais *fuzzy* e *neuro-fuzzy* para avaliarem os efeitos da poluição do ar. Guaratinguetá, 2013. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Doutorado em Engenharia Mecânica na área de Projetos.

CHIU, S.L. Selecting input variables for fuzzy models. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, v.4, n.4, 243-256, 1996.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. 1982. Manual de olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: CERES, v. 2, p. 62-65.

FILGUEIRA, F.A.R. 2003. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290.

FULLÉR, R. *Neural Fuzzy Systems*. Abdo Akademi University, 1995.

GABRIEL FILHO, L. R. A. *Sistemas Fuzzy aplicados nas Ciências Agrárias*. 2015. 258p. Tese (Livre-Docência em Matemática Aplicada e Computacional) - FCE/UNESP, Tupã, 2015.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; LOURENZANI, A. E. B. S. ; PIGATTO, G. A. S. . Fuzzy rule-based system for evaluation of uncertainty transaction in cassava chain. *Engenharia Agrícola*, v. 35, p. 350-367, 2015.

HUANG, Y.; LAN, Y.; THOMSON S. J.; FANG A.; HOFFMANN W. C.; LACEY, R. E. Development of soft computing and applications in agricultural and biological engineering. *Computers and Eletronics in Agriculture*, v.71, p.107-127, 2010.

JANG, J.S.R. ANFIS: Adaptive-Network-Based *Fuzzy* Inference System. Department of Eletrictal Engineering and Computer Science University of California, Berkeley, CA 94720. *IEEE Trans on Systems, Man and Cyberneticcs*, vol 23, n. 23, p. 665-685,1993.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. 1995. *Water relations of plants and soils*. San Diego: cademic, 495 p.

MATHWORKS The student edition of MatLab: version 4 user's guide. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. 834 p.

PEREIRA, A.J.; BLANK, A.F.; SOUZA, J.R. OLIVEIRA, P.M.; LIMA, L.A.. Efeito dos níveis de reposição e freqüência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 117-120, 1999.

PUTTI, F. F. ; KUMMER, A. C. B. ; GRASSI FILHO, H. ; GABRIEL FILHO, L. R. A. ; CREMASCO, C. P. Fuzzy modeling on wheat productivity under different doses of sludge and sewage effluent. *Engenharia Agrícola*, v. 37, p. 1103-1115, 2017.

REZENDE, O. L. T. O uso da lógica *fuzzy* no controle das temperaturas de um conjunto gaseificador/combustor de biomassas. 2012. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) - UFV. Viçosa, 2012.

RODRÍGUEZ, E.; PECHE, R.; GARBISU, C.; GOROSTIZA, I.; EPELDE, L.; ARTETXE, U.; IRIZAR, A.; SOTO, M.; BECERRIL, J. M.; ETXEBARRIA, J. Dynamic Quality Index for agricultural soils based on *fuzzy* logic. *Ecological Indicators*, v. 60, p. 678-692, 2016.

SILVA, A. A. V.; SILVA, I. A. F.; FILHO, M.C. M.T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA, M. C. M. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.180–187, 2014.

SILVA, I. N.; SPATTI, S. H.; FLAUZINO R. A. Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas. São Paulo: Artliber, 2010. 399p.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. Journal of Irrigation and Drainage. Engineering of ASCE, v.118, n.6, p.977-980, 1992.

STONE, L.F.; PORTES, T.A.; MOREIRA, J.A.A. 1988. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 23, p. 503-510.

VIAIS NETO, D. S. Modelagem *fuzzy* para avaliação do desenvolvimento do tomate em tensões de água no solo e doses de salinidade na irrigação. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2016.

YILMAZ I.; KAYNAR O. Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potencial of clayey soils. Expert systems with applications, v.38, p.5958-5966, 2011.

Zadeh L. A. Fuzzy sets. Information and Control, v.8, p.338- 353, 1965.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho obteve os objetivos propostos, a elaboração dos modelos matemáticos, com sistema de interferência neuro *fuzzy*, para estimativa da produtividade do rabanete nos pontos das lâminas de irrigação do experimento, bem como na previsão entre as lâminas estudadas. Também foi elaborado e validado os modelos dos fatores biométricos, nas condições distintas de lâminas de irrigação e tipos de tratamentos de água. Pode-se concluir através destes modelos, que a modelagem matemática ANFIS, é capaz de estimar a produção e o desenvolvimento de planta do rabanete, submetidos a diferentes tratamentos, não amostrados com precisão.

O modelo neuro *fuzzy*, apresentou melhor desempenho, quando comparado as duas outras modelagens matemáticas regressão quadrática e mandani (lógica *fuzzy*).

A técnica neuro *fuzzy* é uma técnica eficiente para generalização dos dados.

O uso da água magnetizada para irrigação do rabanete atinge produtividade mais elevada, quando comparado a irrigação com água convencional, encontrando-se uma economia de 40% de água, e ainda apresenta resultados satisfatórios quanto aos fatores biométricos da cultura.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. Tópicos de lógica *fuzzy* e biomatemática. 2ª ed. UNICAMP/IMECC. Campinas, 2010.
- BENINI, L. C. Estimação da densidade de solos utilizando sistemas de inferência fuzzy. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). – UNESP/FCA, Botucatu, 2007.
- BENINI, L. C.; MENEGUETTE JUNIOR, M. Uma abordagem para modelagem de dados com o uso de sistemas neuro-fuzzy: aplicações geoespaciais. In: BARBELOS, C.A. Z.; ANDRADE, E. X. L.; BOAVENTURA, M. (Ed.). XXXII CNMAC. SBMAC. São Carlos, 2009.
- COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSO, P.C.; LEITE, I.C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 118-122, 2006.
- COSTA, D.; SILVA, L. C. S.; SALES, F. H. S. Efeitos da Água Tratada Magneticamente em Sementes de Mamona (*Ricinius Commus L.*). Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas-TO, 2012.
- FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290, 2003.
- FONCECA, L. P M. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Uma revisión. *Agronomia Colombiana*, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 179-191, 2009.
- GIUSTI, E.; MARSILI-LIBELLI, S. A *fuzzy* decision support system for irrigation and water conservation in agriculture. *Environmental Modelling & Software*, v. 63, p. 73-86, 2015.
- GRACIOSO, A. C. N. R.; SOUZA FILHO, R. A. M.; GONZAGA, A.; FERNANDEZ, F.J.R. Sistema computacional para auxílio ao diagnóstico em exames de tuberculose animal. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia.*, v.65, n.2, p.622-626, 2013.
- JALOTA SK; SOOD AGBS; CHAHAL BU. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum L.*) – wheat (*Triticum aestivum L.*) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. *Agricultural Water Management* 84: 137-146, 2006.
- KARATAS BS; AKKUZU E; UNAL HB; ASIK S; AVCI M. Using satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management* 96: 982-990, 2009.
- KERBAUY, G.B. *Fisiologia Vegetal*, 2º ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013, 431 p.

LÓPEZ-MATA E; TARJUELLO JM; JUAN JA; BALLESTEROS R; DOMÍNGUEZ A. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. *Agricultural Water Management* 98: 190-198, 2010.

MAHMOOD, S.; USMAN, M. Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed Emergence in Sand Culture. *Journal Agr. Sci. Tech.* v. 16. p47-55. 2014.

MALAMAN, C. S. *Aplicação de lógica fuzzy na elaboração de planta de valores genéricos*. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas). FCT/UNESP. Presidente Prudente, 2014.

MOHAMED, A. I.; EBEAD, B. M. Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition.. *International Journal of Agricultural Policy and Research*. p. 24-40. 2013.

OLIVEIRA, A. M.; DIAS, N. S.; FREITAS, K. K. C.; SILVA, M. K. B. Cultivo de rabanete irrigado com água salina. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, n.4, p.01-05, 2012.

PEREIRA LS; PAREDES P; EHOLPANKULOV ED; INCHENKOVA OP; TEODORO PR; HORST MG. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management* 96: 723-735, 2009.

PETKOVIĆ, D.; ČOJBAŠIĆ, Ž.; NIKOLIĆ, V. Adaptive neuro-fuzzy approach for Wind turbine power coefficient estimation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v.28, pp.191-195, 2013.

PUTTI, F. F. *Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente* Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2014.

PUTTI, F. F. *Análise dos indicadores biométricos e nutricionais da cultura da alface (Lactuca sativa L.) irrigada com água tratada magneticamente utilizando modelagem fuzzy*. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2015.

SANDRI D; MATSURA EE; TESTEZLAF R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Engenharia Agrícola e Ambiental* 11: 17-29, 2007.

SILVA, A. A. V.; SILVA, I. A. F.; FILHO, M.C. M.T.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA, M. C. M. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.180–187, 2014.

SILVA, I. N.; SPATTI, S. H.; FLAUZINO R. A. *Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas*. São Paulo: Artliber, 2010. 399p.

VIAIS NETO, D. S. Modelagem *fuzzy* para avaliação do desenvolvimento do tomate em tensões de água no solo e doses de salinidade na irrigação. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – UNESP/FCA, Botucatu, 2016.

ZADEH L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, v.8, p.338- 353, 1965.