

SISTEMA BASEADO EM REGRAS FUZZY DA PRODUTIVIDADE DA ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE

**FERNANDO FERRARI PUTTI¹, LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO²;
ANTONIO EVALDO KLAR³, CAMILA PIRES CREMASCO⁴**

¹Mestre em Agronomia/Irrigação, Professor Substituto UNESP, Tupã – SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, fernandoputti@tupa.unesp.br.

²Licenciado em Matemática, Doutor em Agronomia/Energia na Agricultura, Professor Assistente Doutor, UNESP, Tupã - SP, e Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, gabrielfilho@tupa.unesp.br.

³ Professor Emérito em Agronomia (Irrigação e Drenagem), UNESP-FCA-BOTUCATU - Univ Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho- Botucatu (Rua Doutor José Barbosa de Barros, 1780 - CEP 18610-307, Botucatu - SP)

⁴Licenciada em Matemática, Doutora em Agronomia/Energia na Agricultura, Professor Assistente Doutor, UNESP, Tupã - SP, e Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, camila@tupa.unesp.br.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: O aumento da demanda por alimentos e a otimização do uso da terra é motivo de pesquisas sobre técnicas para alavancar os índices produtivos. Uma destas estuda o tratamento magnético da água. Uma alternativa eficaz para avaliações dos efeitos observados pode-se utilizar modelos matemáticos fuzzy. O objetivo do presente trabalho foi verificar os reais benefícios que o tratamento magnético da água apresentou para a cultura da alface utilizando modelos fuzzy. O experimento foi conduzido em casa de vegetação adotou um delineamento em blocos casualizados, no qual foram adotadas 5 lâminas de irrigação (25% 50%, 75%, 100% e 125% da ETc) e 2 tipos de água (tratada magneticamente e convencional). De forma geral, observou-se que ocorreu um maior desenvolvimento para os tratamentos irrigados com água tratada magneticamente. A aplicação da lógica fuzzy para avaliação de experimentação agrônômica apresentou modelos dos resultados próximos aos valores observados.

PALAVRAS-CHAVE: Lógica fuzzy, Água magnetizada, Irrigação

SYSTEM BASED ON FUZZY RULES OF LETTUCE WITH PRODUCTIVITY IRRIGATED MAGNETICALLY TREATED WATER

ABSTRACT: The increasing demand for food and the optimization of land use is research on technical reason to leverage the production indices. One of these studies the magnetic treatment of water. An efficient alternative for evaluation of the effects observed may use fuzzy mathematical models. The aim of this study was to assess the real benefits that the magnetic treatment of water presented to the lettuce crop using fuzzy models. The experiment was conducted in a greenhouse adopted a randomized block design, in which were adopted 5 irrigation levels (25% 50%, 75%, 100% and 125% of ETc) and two types of water (magnetically treated and conventional). In general, it was observed that a higher development for the treatment irrigated with magnetically treated water. The application of fuzzy logic to agronomic trial evaluation models presented results similar to the observed values.

KEYWORDS: Fuzzy logic, Magnetized water, Irrigation

INTRODUÇÃO

Com uma expectativa populacional mundial em torno de 9,6 bilhões de pessoas (ONU, 2014), o aumento na produção alimentar, que deveria ocorrer concomitantemente a ela, tem gerado preocupações. Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization) (2014), um aumento de 70% seria necessário na produção agrícola em relação aos níveis atuais, porém uma discussão recorrente é sobre o uso da terra. Para atingir tais índices, o uso do solo deve ser intensificado a fim de gerar consequências imensuráveis.

Diante dessas consequências das mudanças provocadas pela magnetização da água, diversos autores apresentaram resultados em suas publicações explanando a ocorrência significativa de incrementos. Podemos exemplificar para a cultura do aipo, vagem e ervilha (MAHESHWARI e GREWAL, 2009), trigo (HOZAYN e QADOS, 2010), pinhão manso (LOPES et al., 2007).

Os experimentos realizados foram analisados diante de técnicas estatísticas para verificar as diferenças significativas. Da mesma forma, pela complexidade de analisar efeitos da experimentação, técnicas de modelagem matemática vêm sendo empregadas. Desde modo, a modelagem baseada em regras *fuzzy* vem contribuir para apresentar a generalização dos resultados, bem como a modelagem entre os intervalos pontuais analisados (ROSS, 2010; COPPI et al., 2006; BLANCO-FERNÁNDEZ et al., 2014).

Entretanto, deve-se ressaltar que a utilização dos modelos baseados em regras *fuzzy* vem sendo de grande importância em diversas áreas (sociais, exatas, agrárias) para explicar fatos que a matemática clássica não consegue modelar. Assim, os sistemas baseados em regras *fuzzy* apresentam uma gama de aplicações para solucionar tais fatos até antes não explicado.

A modelagem *fuzzy* permite ao cientista verificar condições incertas e nebulosas, pela complexidade do entendimento do fato observado; a modelagem pode apresentar condições que tornem mais clara a compreensão. Neste caso, muitos experimentos são analisados pontualmente por meio de técnicas que não apresentam o comportamento entre os pontos analisados. Assim, a modelagem permite o entendimento dos intervalos intermediários. Podem-se destacar diversas aplicações recentes nas ciências agrárias, tais como modelos na área de análise de condições para cultivo de orquídeas (PUTTI et al., 2014), crescimento de mosquitos (CASTANHO et al., 2014), sistema de suporte à adubação nitrogenada (PAPADOPOULOS et al., 2011), crescimento dinâmicos de populações (BARROS et al., 2000) e produção de clorofila (PEREIRA et al., 2009).

O objetivo do trabalho desta seção foi desenvolver um modelo *fuzzy* visando estimar os valores das variáveis biométricas da cultura da alface em tipos de água e em todos os valores intermediários entre as taxas mínima e máxima dos níveis de reposição hídrica adotada, bem como, elaborar uma metodologia específica para o experimento realizado para a elaboração do sistema *fuzzy*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de janeiro a abril, em que conduziu em ambiente protegido, situado no Departamento de Engenharia Rural da Unesp, Faculdade Ciências Agrônômicas, Fazenda Experimental Lageado, localizado no município de Botucatu, São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22° 51' S, longitude 48° 26' W e altitude de 786 m (ESCOBEDO et al., 2009). De acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928), a região apresenta clima do tipo Cfa (Clima Subtropical úmido). A análise estatística foi realizada por Putti (2014).

O solo da casa de vegetação foi classificado de acordo com Carvalho et al. (1983), como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, apresentando moderada estrutura média/argilosa.

O solo foi analisado no laboratório de fertilidade do solo (FCA-Botucatu), que apresentava as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 5,9; M.O. = 24 g.dm⁻³; P (resina) = 191 mg.dm⁻³; K = 4,8 mmolc.dm⁻³; Ca = 68 mmolc.dm⁻³; Mg = 25 mmolc.dm⁻³; H+Al = 17 mmolc.dm⁻³; SB = 67 mmolc.dm⁻³; B = 0,51 mmolc.dm⁻³; Cu = 4,8 mmolc.dm⁻³; Fe = 20 mmolc.dm⁻³; Mn = 10,10 mmolc.dm⁻³; Zn = 8 mmolc.dm⁻³ CTC = 114 mmolc.dm⁻³; V = 85%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com dez tratamentos em esquema fatorial 5 × 2 e cinco repetições, sendo a repetição uma planta de alface. Os tratamentos foram constituídos das lâminas de irrigação correspondente à reposição de 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da evaporação da cultura (ETc) e duas formas de irrigação, tratada magneticamente (ATM) e água convencional (AC).

Para a magnetização da água, utilizou-se o equipamento Sylocymol rural da empresa Timol. Foram implantados dois sistemas independentes de irrigação por gotejamento (1 para cada tipo de água), que era constituído de uma linha principal e fitas gotejadoras inseridas diretamente sendo as fitas do tipo Amamdani, fabricado pela Petroísa Irrigações LTDA. A mangueira possuía espaçamento de 0,30 m entre gotejadores, sendo sua vazão média de 1,47 L.h⁻¹, quando submetido a 10 m.c.a. de pressão.

A irrigação e a leitura do tanque classe A foram realizadas diariamente às 8 h, sendo possível determinar o tempo de irrigação, utilizando-se a seguinte equação:

$$Ti = 6000 \cdot \frac{Kc \cdot Kp \cdot Eca \cdot Sl \cdot Sg \cdot TR}{Ei \cdot Vg} \quad (1)$$

em que *Ti* é o tempo de irrigação, *Kc* é o coeficiente de cultura, *Kp* é o coeficiente de tanque, *Eca* é a evaporação do tanque “Classe A” (mm.dia⁻¹), *Sl* é o espaçamento entre laterais (m); *Sg* é o espaçamento entre gotejadores (m), *Tr* é o turno de irrigação, *Ei* é a eficiência de irrigação (%) e *Vg* é a vazão de gotejadores (L.h⁻¹).

O cálculo da lâmina total de irrigação a ser aplicada foi feita a partir do método proposto por Snyder (1992), deve-se ressaltar que foi desconsiderado o vento dentro da casa vegetação, em que é dado o coeficiente do tanque (*Kp*) pela seguinte equação:

$$Kp = 0,0482 + 0,024 \ln(B) - 0,00376 \cdot V + 0,0045 \cdot UR, \quad (2)$$

em que *Kp* é o coeficiente de tanque, *B* é a bordadura da área de vegetação em torno do tanque (m), *V* é a velocidade do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹) e *UR* é a média da umidade relativa (%).

Os valores do *Kc* utilizados foram de acordo com a FAO (1998), em que é adotado 0,7 no início do ciclo, 1 na meia estação do ciclo e 0,95 no final do ciclo.

As variáveis de saída foram escolhidas elegendo-se as variáveis das análises biométricas, observadas que não apresentaram diferenças significativas (p<0.001), de acordo com Putti (2013).

No desenvolvimento dos conjuntos *fuzzy*, para a variável tipo de água, adotou-se um conjunto *fuzzy* com função de pertinência do tipo triangular, por se tratar de uma variável “discreta”. Logo, nas simulações realizadas, foi somente utilizado o valor que apresente o grau de pertinência igual a 1, a saber: tipo de água igual = 0 (água convencional) ou tipo de água = 1 (água tratada magneticamente).

Adotaram-se dois conjuntos, para a variável de entrada “lâmina de irrigação” (AC e ATM) (Tabela 1).

TABELA 1. Definições dos conjuntos *fuzzy* com suas respectivas funções de pertinência da variável de entrada “tipo de água”. **Definitions of fuzzy sets with their respective membership functions of the input variable "type of water".**

Conjunto <i>Fuzzy</i>	Tipo	Delimitadores
AC	Triangular	[-0,5 0 0,5]
ATM	Triangular	[0,5 1 1,5]

Para a variável de entrada “lâminas de irrigação”, foram considerados cinco conjuntos *fuzzy* denotados por $L_i, i = 1, 2, 3, 4, 5$. Tal definição deve-se ao fato de, no experimento agrônômico realizado, existirem cinco lâminas de irrigação dimensionadas de acordo com os níveis da ETc, a saber $(25i)\%, i = 1, 2, 3, 4, 5$. Foram adotadas as funções de pertinência (trapezoidais) dos conjuntos L_i , pois de acordo com Yet (2009), por se tratar de um conjunto que apresenta uma variável contínua, o modelo trapezoidal adapta-se melhor na resposta do modelo (Figura 1).

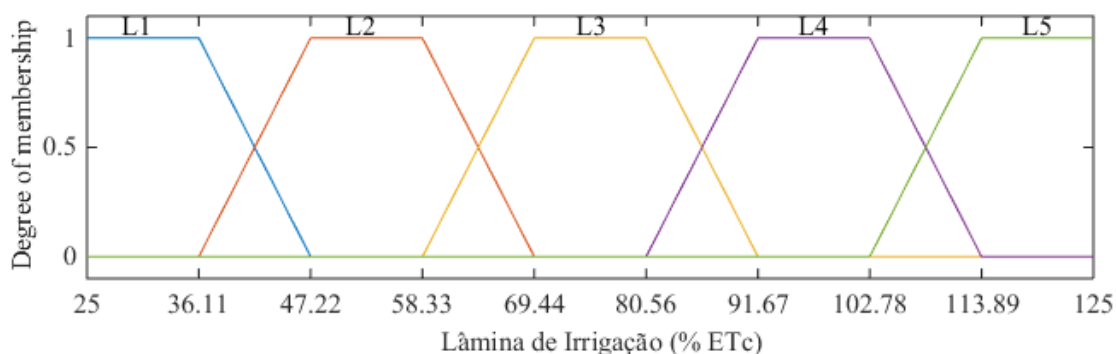


FIGURA 1. Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* da variável de entrada “lâmina de irrigação (% ETc)”. **Membership functions defined for the fuzzy sets of the input variable "irrigation depth (% ETc)."**

Assim, o que acarretou a utilização das cinco variáveis (NF, FVR, FSR), definindo-se dez conjuntos *fuzzy* $C_n, n = 1, 2, \dots, 10$, com funções de pertinência trapezoidais, em que foi adotada a metodologia similar à das variáveis de entrada (Figura 2).

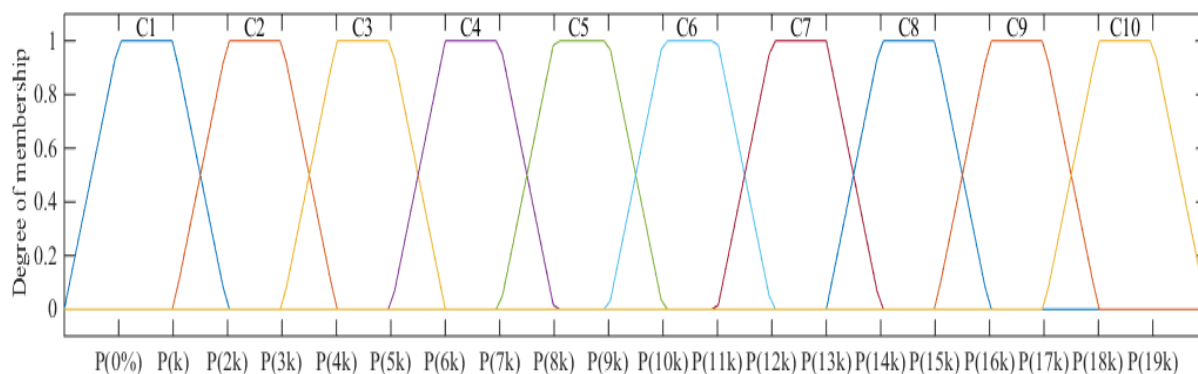


FIGURA 2. Funções de pertinência definidas para os conjuntos *fuzzy* das variáveis de saída. **Membership functions defined for the fuzzy sets of output variables.**

A partir das variáveis de entrada, foi possível a criação de dez pares de regras (*lâmina de irrigação* × *tipo de água*) e associada as cinco variáveis de saída. A base de regras criadas para o modelo *fuzzy* proposto foi criada utilizando a metodologia proposta em Cremasco et al. (2010) e Gabriel Filho et al. (2011). Para o cálculo da defuzzyficação do sistema, foi considerado o método centro de área ou centroide

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema *fuzzy* elaborado

A partir da metodologia de elaboração das funções de pertinência das variáveis de saída, para cada ciclo, foi elaborado os conjuntos *fuzzy* que permitiram a classificação de cada tratamento (maior grau de pertinência), assim podendo ser realizada a elaboração da base de regras (Figuras 3). Em apêndice podem se observar os pontos que determinam os vértices de cada conjunto *fuzzy*.

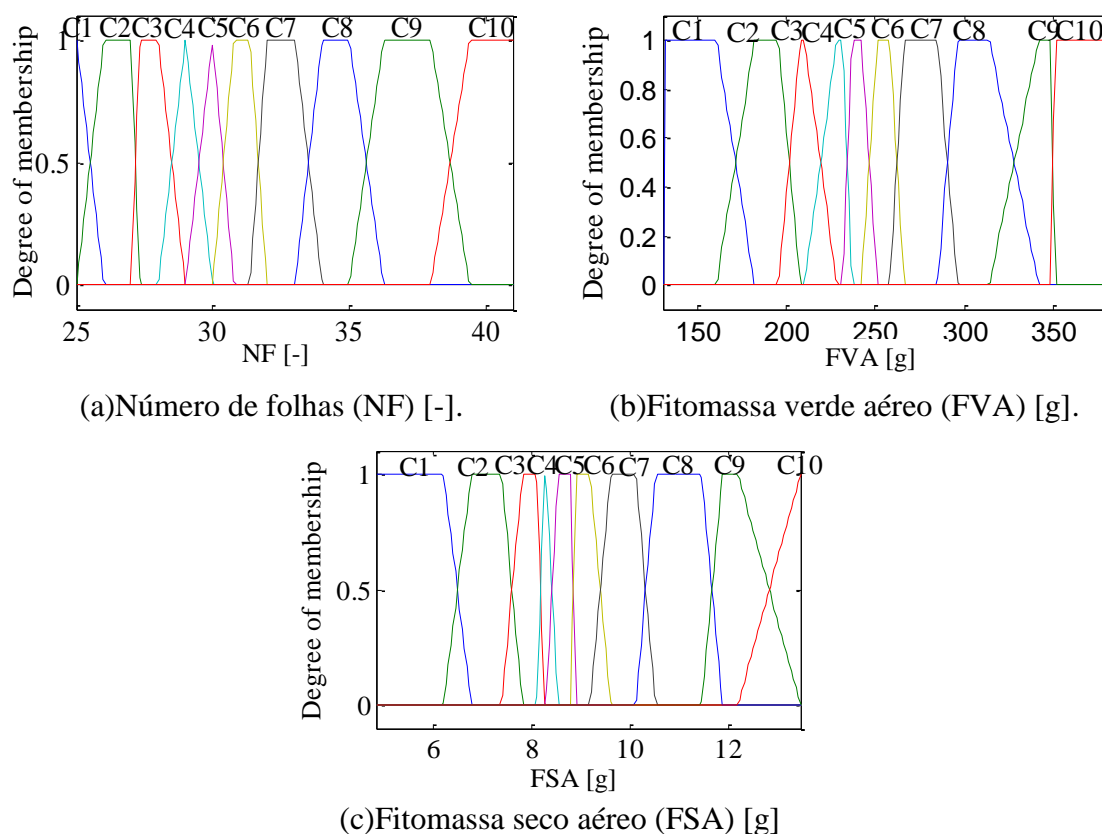


FIGURA 3. Funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy* para as variáveis de saída da cultura da alface submetida a diferentes tipos de água e lâminas de irrigação, para o 1º ciclo. **Membership functions of fuzzy sets for the output variables of the lettuce crop under different water types and water depths, for the 1st cycle.**

Após definidas as funções de pertinência, foi possível elaborar a base de regras do sistema *fuzzy*. Para isso, associou-se o maior grau de pertinência para a variável biométrica referente ao tipo de tratamento que foi aplicado para a cultura da alface. Assim, foi possível

verificar em que situação se encontrava a variável em análise comparando-a com os demais tratamentos. A Tabela 2 apresenta as regras *fuzzy*, para os 1°.

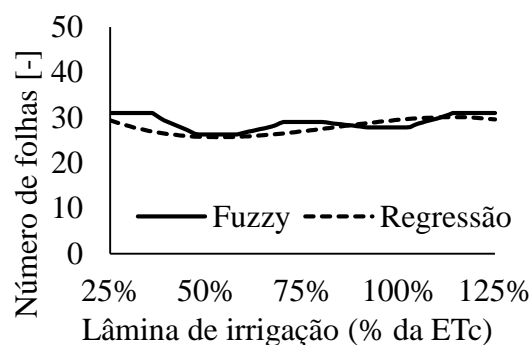
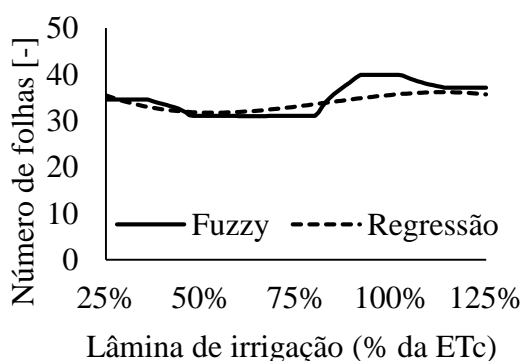
TABELA 2. Base de regras do sistema baseado em lógica *fuzzy*, para o 1° ciclo da cultura da alface submetida em diferentes taxas de reposição e tipo de água. **Basic rules of the fuzzy logic-based system, for the 1st crop cycle of lettuce submitted at different rates of replacement and type of water.**

Variáveis de entrada			Variáveis de saída					
Lâmina de irrigação								
Conjunto <i>fuzzy</i>	Ponto com grau de pertinência associado a 1	Tipo de água	NF	Conjunto <i>fuzzy</i>	FVA	Conjunto <i>fuzzy</i>	FSA	Conjunto <i>fuzzy</i>
L1	25%	AC	30	C6	236,2	C5	8,42	C5
L2	50%	AC	25	C2	186,1	C2	7,45	C3
L3	75%	AC	28	C4	234,6	C5	8,28	C5
L4	100%	AC	27	C3	200,1	C3	8,26	C4
L5	125%	AC	30	C6	291,5	C8	12,20	C10
L1	25%	ATM	33	C8	266,3	C7	8,99	C6
L2	50%	ATM	30	C6	217,1	C4	8,31	C5
L3	75%	ATM	31	C6	294,6	C8	9,17	C7
L4	100%	ATM	39	C10	351,3	C10	12,13	C10
L5	125%	ATM	35	C9	292,2	C8	11,47	C9

Legenda: L1: lâmina de 25% da ETc; L2: lâmina de 50% da ETc; L3: Lâmina de 75% da ETc; L4: lâmina de 100% da ETc; L5: lâmina de 125% da ETc; ATM: água tratada magneticamente; AC: água convencional; NF número de folha; FVA fitomassa verde aéreo; FSA fitomassa seco aéreo.

Após desenvolvidos os modelos *fuzzy*, foi implementada a função *evalfis*, que possibilita simular cenários dentro do ambiente Matlab, assim foi possível verificar os níveis intermediários de irrigação para cada tipo de água, antes não observados experimentalmente. Também se realizaram as simulações para os modelos de regressão múltiplas, possibilitando a elaboração dos gráficos abaixo para as variáveis de saída.

O resultado do modelo *fuzzy*, desenvolvido para o número de folha, é apresentado na Figura 4. Pode-se observar que, de forma geral, a irrigação utilizando água tratada magneticamente apresentou maior incremento.



(a) (c)

FIGURA 4. Modelos *fuzzy* e de regressão do número de folhas de plantas submetidas a diferentes níveis de reposição hídrica e com ATM (a) 1º ciclo e com AC (b) 1º ciclo. **Fuzzy Models and regression in the number of leaves of plants exposed to different levels of fluid and with ATM (a) 1st cycle and AC (b) 1st cycle.**

A partir da modelagem *fuzzy*, para a análise do 1º ciclo, foi possível determinar que a máxima produção para os tratamentos irrigados com ATM ocorreu próximo à lâmina de reposição de 91% da ETc, atingindo a produção de 40 folhas (Figura 4a). Já para os tratamentos irrigados com AC, a produção foi em torno de 31 folhas sendo irrigado com 113% da ETc (Figura 4c), acarretando em aumento na máxima produção de 28%.

Verificou-se que a relação água-solo-plantas é alterada quando ocorre a irrigação com ATM. Amiri e Dadkhah (2006), Mostafazadeh-Fard et al., (2011) e Khoshravesh et al. (2011) verificaram que houve a redução da umidade do solo, facilitando deste modo a disponibilidade de água para as plantas.

A fitomassa verde aérea apresentou alta relação com o número de folhas, com o comportamento bem próximo em ambos os ciclos, verificando-se maior desenvolvimento quando irrigada com ATM. (Figura 5).

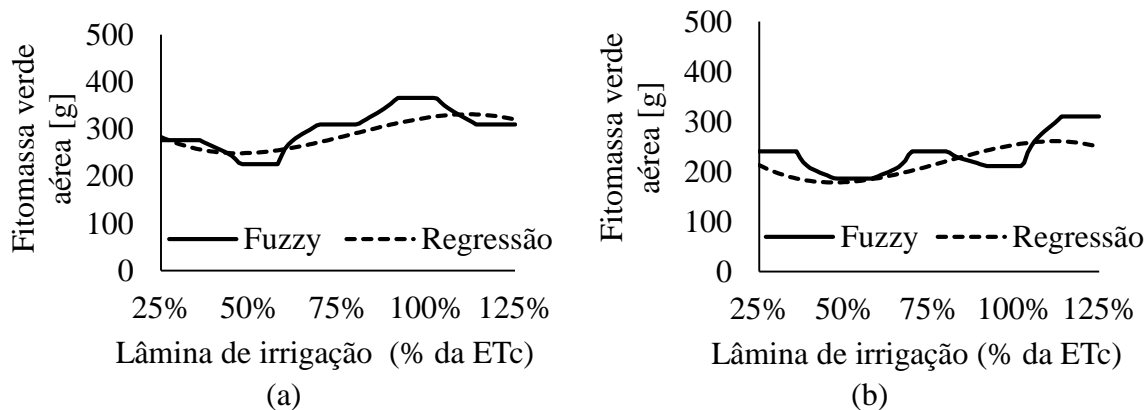


FIGURA 5. Modelos *fuzzy* e de regressão da fitomassa verde aérea de planta submetida em diferentes níveis de reposição hídrica e com ATM (a) 1º ciclo e com AC (b) 1º ciclo. **Fuzzy Models and regression in the number of leaves of plants exposed to different levels of fluid and with ATM (a) 1st cycle and AC (b) 1st cycle.**

Com o modelo *fuzzy*, foi possível inferir que os tratamentos submetidos à irrigação com ATM apresentaram maior desenvolvimento, sendo que a máxima fitomassa verde aérea foi de 366,49 g.planta⁻¹ irrigado com 91,67% da ETc (Figura 5a). Os tratamentos irrigados com AC apresentaram máximo acúmulo em torno de 309 g planta⁻¹, com taxa de reposição de 113% da ETc (Figura 5c). Deve-se ressaltar que, para atingir a mesma produção máxima da alface irrigada com AC, seria necessário apenas uma taxa de reposição de 70% da ETc irrigada com ATM. Para a cultura do feijão, Moussa (2011) observou incremento significativo para a fitomassa fresca da planta e na produtividade utilizando irrigação com ATM, corroborando com o observado por Qados e Hozan (2010).

O acúmulo da fitomassa seca aérea apresentou comportamento similar à fitomassa verde aérea, sendo que os maiores acúmulos ocorreram para os tratamentos irrigados com ATM, e próximos às taxas de reposição de 90% da ETc, podendo verificar o aumento do acúmulo da FSA (Figura 6).

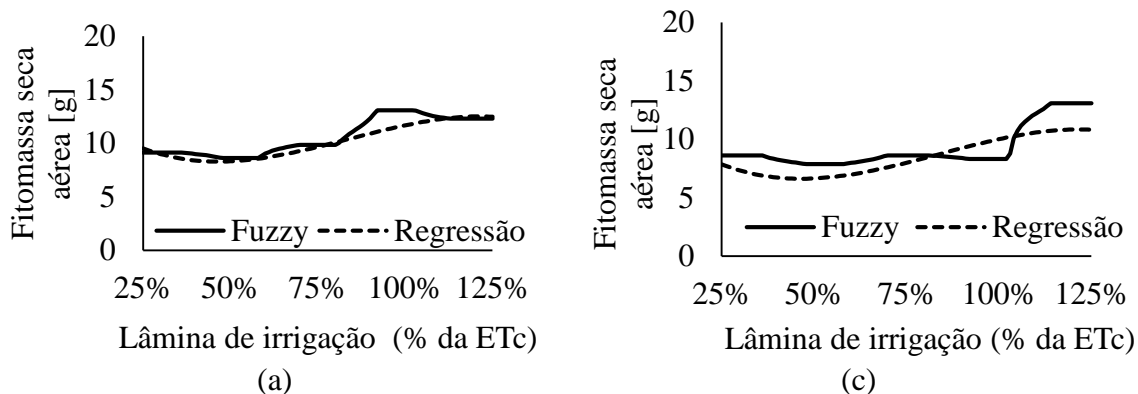


FIGURA 6. Modelos *fuzzy* e de regressão do fitomassa seca aérea de planta submetida em diferentes níveis de reposição hídrica e com ATM (a) 1º ciclo, (b) 2º ciclo; AC (c) 1º ciclo e (d) 2º ciclo. **Fuzzy models and regression of plant dry mass of air submitted at different levels of fluid replacement and ATM (a) 1st cycle, (b) 2nd cycle; AC (c) 1st cycle and (d) the 2nd cycle.**

Com o modelo *fuzzy* desenvolvido, foi possível inferir que para o 1º ciclo, ocorreu o maior acúmulo de fitomassa seca aérea para ambos os tipos de água adotado na irrigação. Porém, houve diferença na taxa de reposição, em que a irrigação utilizando AC atingiu a maior fitomassa com lâmina de irrigação de 113% da ETc, enquanto a irrigação com ATM, ocorreu com 91% da ETc (Figuras 6a e c).

A fitomassa seca aérea está diretamente relacionada com a fitomassa verde aérea e foi observado por Sayed (2014), que as plantas da ervilha quando submetidas à irrigação com ATM apresentaram aumento em seu acúmulo de fitomassa seca. Mohamed (2013) também encontrou resultados em que houve maior acúmulo para a cultura do tomate, também verificado por Selim e El-Nady (2011).

CONCLUSÕES

O tratamento magnético da água resultou em aumento na produção da cultura da alface, assim como no sistema radicular. Também, verificou-se que pelo desenvolvimento da planta, pode-se atingir a mesma produção máxima da alface irrigada com AC, com volume inferior com ATM, sendo que tal técnica pode alavancar a produção de alimentos e otimizar o uso da terra. O modelo *fuzzy* apresentou um ajuste mais preciso quando comparado com os dados coletados do que o modelo de regressão.

REFERÊNCIAS

AMIRI, M. C.; DADKHAH, A. A. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. **Colloids and Surfaces A**. v. 278, p. 252-255, 2006.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C.; TONELLI, P. A. *Fuzzy* modelling in population dynamics. **Ecological Modelling**, v. 128, p. 27-33, 2000.

BLANCO-FERNÁNDEZ, A. CASALS, M.R.; COLUBI, A.; CORRAL, N.; GARCÍA-BÁRZANA, M.; GIL, M. A.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, G.; LÓPEZ, M.T.; LUBIANO, M.A.; M. MONTENEGRO, M.; RAMOS-GUAJARDO, A. B.; DE LA ROSA DE SÁA, S.;

SINOVA, B. A distance-based statistical analysis of *fuzzy* number-valued data. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 55, p. 1487-1501, 2014.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". Boletim Científico - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, v.1, p.1-95, 1983.

CASTANHO, M. J. P.; MATEUS, R.P.; HEIN, K.D. *Fuzzy* model of *Drosophila medio punctata* population dynamics. **Ecological Modelling**, v. 287, p. 9–15, 2014.

COPPI, R.; GIL, M. A.; KIERS, H. A. L. The *fuzzy* approach to statistical analysis **Computational statistics & data analysis**. v.51, p.1-14, 2006.

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.

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SORAES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v.86, p.299-309, mar. 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>> Acesso em: 11 nov. 2014.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements – FAO** - Irrigation and drainage. Local: FÉ, 1998. 56p.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C.P.; PUTTI, F. F.; CHACUR, M. G. M. Application of *fuzzy* logic for the evaluation of livestock slaughtering. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.4 p.813-825, 2011.

HOZAYN, M.; QADOS, A. M. S A. Irrigation with magnetized water growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicerarietinum* L.) **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, n.4, p. 671-676, 2010.

KHOSHRAVESH, M.; MOSTAFAZADEH-FARD, B.; MOUSAVI, S. F. e KIANI, A. R. Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. **Soil use management**. v.27, n.4, p.515-522, 2011.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LOPES, G. N.; KROETZ, V. J.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J. Irrigação magnética. **Agro@ambiente On-Line**. v.1, n.1, 2007.

MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**. v.96, p.1229-1236, 2009.

MOHAMED, A. I. Effects of Magnetized Low Quality Water on Some Soil Properties and Plant Growth. **International journal of research in chemistry and environment**. v. 3, n.2, p.140-147, 2013.

MOSTAFAZADEH-FARD, B.; KHOSHRAVESH, M.; MOUSAVI, S.F. E KIANI, A. R. Effects of Magnetized Water and Irrigation Water Salinity on Soil Moisture Distribution in Trickle Irrigation. **Journal of irrigation and drainage engineering**. v.137, p. 398-402, 2011.

MOUSSA, H. R. The Impact of Magnetic Water Application for Improving Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production, **New York Science Journal**, v.4, n.6, 2011.

ONU - Organizações das Nações Unidas. 2014. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/apesar-de-reducao-uma-em-cada-oito-pessoas-ainda-sofre-de-fome-cronica-no-mundo-diz-onu/>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

PAPADOPOULOS, A.; KALIVAS, D.; HATZICHRISTOS, T. Decision support system for nitrogen fertilization using *fuzzy* theory. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.78, p.130-139, 2011

PEREIRA, G. C.; EVSUKOFF, A.; EBECKEN, N. F. F. *Fuzzy* modelling of chlorophyll production in a Brazilian upwelling system. **Ecological Modelling**, v.220, p. 1506–1512, 2009.

PUTTI, F. F. **Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado - Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.2014.

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA, A. O. da; LUDWIG, R.; GABRIEL, C. P. C. *Fuzzy* logic to evaluate vitality of *catasetum fimbriatum* species (Orchidacea). **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.3, p. 405-413, julho-setembro, 2014

ROSS, T. J. *Fuzzy* logic with engineering applications CRC Press. 607p. 2010.

SAYED, H.; EL SAYED, A. Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant. **American Journal of Experimental Agriculture**, v.4, n.4, p.476-496, 2014.

SELIM, A. F. H.; EL-NADY, M. F. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. **Acta Astronautica**, v.69, p.387-396, 2011.