

CAVICHIOLLI, A. et al. Software baseado em regras fuzzy para avaliação da vitalidade da orquídea catasetum fimbriatum. In: ENCONTRO COMPETÊNCIAS DIGITAIS PARA AGRICULTURA FAMILIAR, 2., 2015, Tupã, Presidente Prudente. **Anais eletrônicos...** Tupã: CoDAF, 2015. p. 130-139. Disponível em: < http://codaf.tupa.unesp.br/eventos-codaf/anais/ii-e-codaf>. Acesso em:

SOFTWARE BASEADO EM REGRAS *FUZZY* PARA AVALIAÇÃO DA VITALIDADE DA ORQUÍDEA *CATASETUM FIMBRIATUM*

Adriane Cavichiolli[1]
Camila Pires Cremasco Gabriel[2]
Luís Roberto Almeida Gabriel Filho[3]
Fernando Ferrari Putti[4]
Deyver Bordin[5]

Resumo: A Lógica Fuzzy estuda meios de raciocínio que são aproximados ao contrário do raciocínio exato usado na lógica clássica. É utilizada no desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e controle de processos, possibilitando a redução da complexidade de projeto e implementação, visando solucionar problemas difíceis de serem tratados por técnicas clássicas. O desenvolvimento de sistemas inteligentes que sirvam de apoio à tomada de decisão na área das ciências agrárias tem despertado grande interesse dos produtores rurais. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um software baseado em regras *fuzzy* para auxiliar no manejo da espécie *Catasetum Fimbriatum*.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Sistemas. Temperatura. Sombreamento.

SOFTWARE BASED ON FUZZY RULES TO EVALUATE VITALITY OF CATASETUM FIMBIRATUM SPECIES

Abstract: The Fuzzy Logic studies reasoning means that are approximated to the opposit of the accurate reasoning used in classical logic. It is used to develop process modeling and control methods and algorithms, enabling the reduction of the complexity of a project and its implementation, aiming to solve problems that are hardly treated by classic techniques. The development of intelligent systems that serve to support decision-making in the area of agricultural science has aroused great interest of farmers. Therefore, this work has as its target to develop a software based in fuzzy rules to help managing *Catasetum Fimbriatum* specie.

Keywords: Mathematical modeling. Systems. Temperature. Shading.

[1] Mestre em Ciência da Computação, FATEC de Presidente Prudente
[2] Doutora em Agronomia, UNESP - Campus de Tupã
[3] Livre Docente em Matemática Aplicada e Computacional, UNESP - Campus de Tupã;
[4] Doutor em Irrigação e Drenagem, Unifenas-Fundação de Ensino e Tecnologia de Alfena
[5] Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento, UNESP - Campus de Tupã;

1 INTRODUÇÃO

Sistemas *fuzzy* suportam os modos de raciocínio que são aproximados, ao invés de exatos, como naturalmente costuma-se trabalhar na lógica clássica. Esses sistemas admitem infinitos valores lógicos intermediários entre o falso e o verdadeiro e têm sido usados nas mais diversas áreas de conhecimento.

Para auxiliar a tomada de decisões podem ser aplicados conceitos de lógica *fuzzy*, baseada em inteligência artificial capaz de imitar parte do raciocínio humano, possibilitando a criação de um programa computacional baseado em regras criadas a partir desta lógica, denominado sistema baseado em regras *fuzzy*.

Assim, o presente trabalho visa desenvolver um software baseado em regras *fuzzy* para a determinação da vitalidade da orquídea *Catasetum Fimbriatum*. A implementação computacional do sistema baseado em regras *fuzzy* será desenvolvido no software Matlab pelo pacote *Fuzzy Logic Toolbox* e, em seguida, será implementado um software em linguagem Delphi para distribuição aos produtores.

2 SISTEMAS BASEADOS EM REGRAS *FUZZY* E SUA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA

As grandes transformações socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas que ocorrem em escala mundial aumentaram a complexidade da atividade agrícola e, consequentemente, dos processos de tomada de decisão nesse setor. Essa realidade, exige do produtor rural, habilidades gerenciais que permitam implantar sistemas de gestão capazes de assegurar maior acerto na tomada de decisões e melhor desempenho econômico e financeiro de seu negócio (SÃO PAULO, 2013).

Na área da agricultura, a utilização de sistemas inteligentes, que auxiliem os produtores no gerenciamento de suas propriedades, e possibilitem o apoio à tomada de decisão tem despertado grande interesse (GABRIEL FILHO et al., 2012).

Dentre as várias técnicas que podem ser utilizadas no desenvolvimento deste tipo de sistema, as mais utilizadas são as redes neurais e a lógica *fuzzy*. As redes neurais apresentam a capacidade de aprendizado e podem aprender através de dados previamente coletados. Já os sistemas *fuzzy* utilizam-se de termos lingüísticos e podem obter o conhecimento a partir de especialistas. Unindo as vantagens de cada uma destas técnicas pode-se gerar os chamados sistemas inteligentes híbridos (MEDEIROS, 2001).

Com a aplicação da lógica *fuzzy* é possível criar condições de tratar as informações lógicas seguindo regras naturais de raciocínio. Isto representa a análise de uma determinada

condição que terá uma determinada conseqüência (SHAW; SIMÕES, 1999). Os fundamentos desta teoria têm origem nos conjuntos nebulosos (*fuzzy sets*), que permitem a manipulação de valores não precisos.

Dado o alto grau de complexidade da modelagem baseada na lógica *fuzzy* é necessário um grande esforço computacional para que as expressões verbais sejam convertidas em números.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um software baseado em regras *fuzzy* para auxiliar no manejo da espécie *Catasetum Fimbriatum*, pois se trata de uma espécie de difícil cultivar, e de alto valor agregado (PEREIRA; BARRETO, 2004).

2.1 Metodologia

A modelagem matemática dos experimentos foi realizada utilizando Sistemas Baseados em Regras *Fuzzy* (SBRF).

Segundo Barros e Bassanezi (2006), a lógica *fuzzy* estabelece a criação de algoritmos capazes de imitar parte do raciocínio humano. Estes métodos são sintetizados, criando-se um programa computacional baseado em regras determinadas a partir desta lógica, surgindo então um sistema baseado em regras *fuzzy*. Esta teoria, que busca aplicar à matemática conceitos difusos, foi introduzida por Lotfi Asker Zadeh em 1965, e visa aproximar o raciocínio humano por conjuntos *fuzzy*, descritos também em variáveis linguísticas (ZADEH, 1965).

Com a elaboração do sistema *fuzzy* foi possível a determinação de superfícies de respostas das funções elaboradas e mapa de contorno de representação dos sistemas, bem como o estabelecimento de um software de resposta, possibilitando ao produtor verificar qual a real condição para o cultivo de orquídea. Foi necessário definir um processador de entrada, um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída, que gera um número real como saída (RIBACIONKA, 1999).

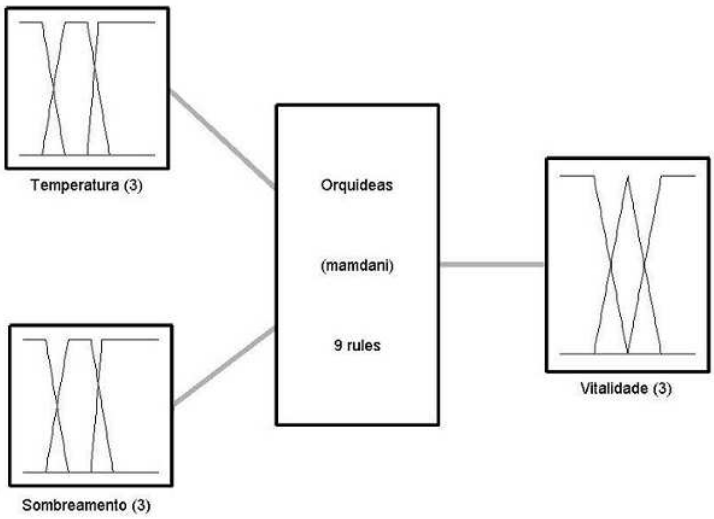
O sistema *fuzzy* proposto utiliza o método de inferência de Mamdani para o cálculo do valor numérico da variável de saída e foi implementado com a ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* do software MATLAB® 7.0, Copyright 1984-2004 The MathWorks Inc. (AMENDOLA; SOUZA; BARROS, 2005).

Após a implementação do sistema desenvolvido no software Matlab, serão simuladas todas as combinações entre as variáveis de entrada de modo a criar uma base de dados. A base de dados servirá como base para a utilização pelo software a ser desenvolvido, em Linguagem Delphi.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para encontrar a condição ideal de temperatura e sombreamento, consideradas como as principais características para o manejo adequado foi criado um sistema baseado em regras *fuzzy*, definindo um processador de entrada (ou fuzzificador), um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída (ou defuzzificador), que gera um número real como saída. O sistema baseado em regras *fuzzy* proposto está representado pela Figura 1.

Figura 1 - Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* para Cultivo da Espécie *Catasetum Fimbriatum*



Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

As variáveis de entrada do sistema baseado em regras *fuzzy* proposto foram "Temperatura" e "Sombreamento", ideais para a espécie *Catasetum Fimbriatum*. Para cada variável, foram definidas funções de pertinência denominadas "Baixa" (B), "Média" (M) e "Alta" (A).

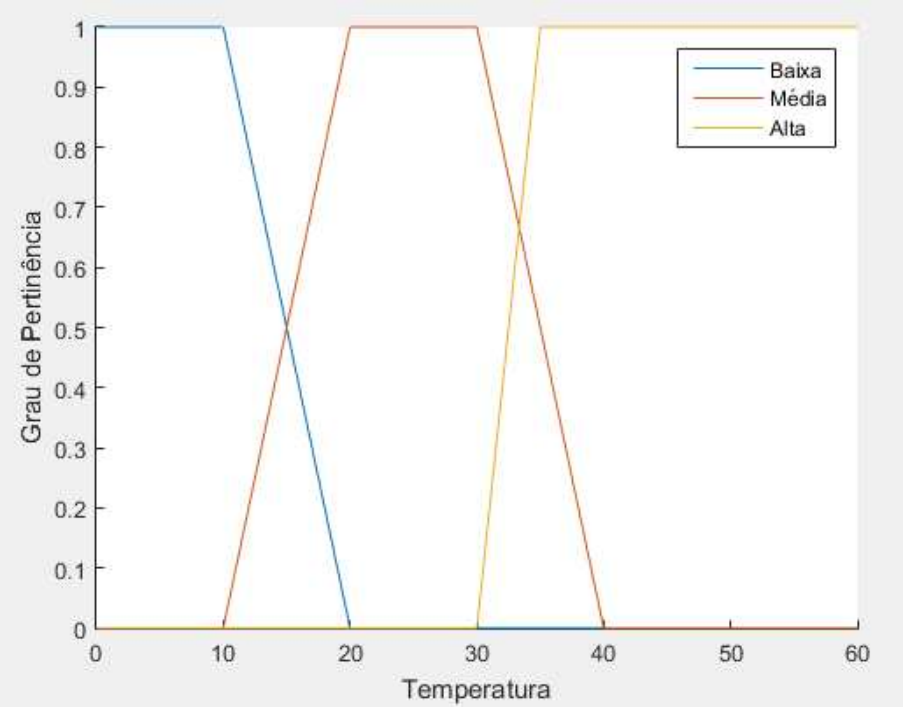
Para a variável "Temperatura", foi definida a função de pertinência de acordo com a Tabela 1 e Gráfico 1.

Tabela 1 - Definição das funções de pertinência para a variável de entrada “Temperatura”

Conjunto *Fuzzy*	**Tipo**	**Delimitadores**
Baixa	Trapezoidal	[-1 0 10 20]
Média	Trapezoidal	[10 20 30 40]
Alta	Trapezoidal	[30 35 60 61]

Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

Gráfico 1 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de entrada “Temperatura”



Fonte: PUTTI, et al. (2014)

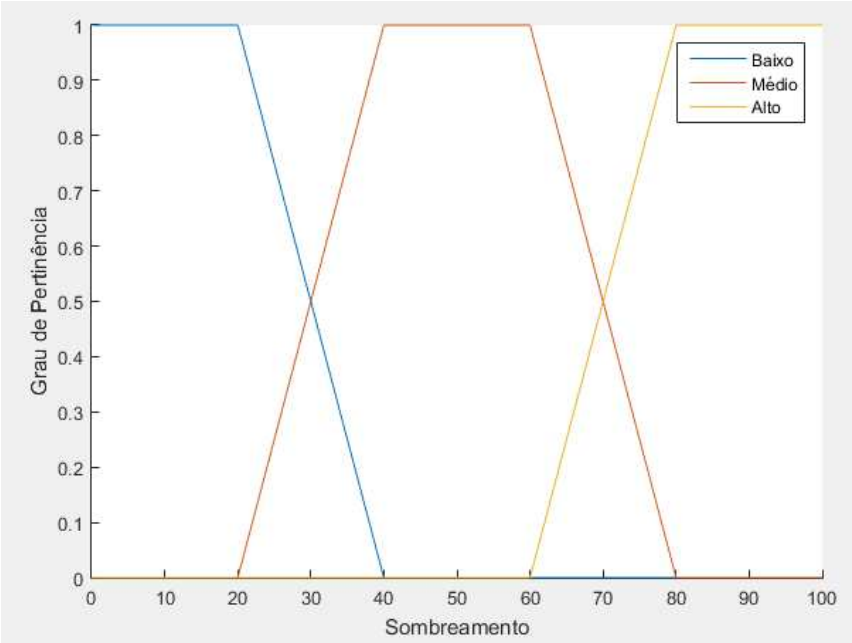
Para a variável “Sombreamento”, foi definida a função de pertinência de acordo com a Tabela 2 e Gráfico 2.

Tabela 2 - Definição das funções de pertinência para a variável de entrada “Sombreamento”

Conjunto *Fuzzy*	**Tipo**	**Delimitadores**
Baixo	Trapezoidal	[-1 0 20 40]
Médio	Trapezoidal	[20 40 60 80]
Alto	Trapezoidal	[60 80 100 101]

Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

Gráfico 2 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de entrada “Sombreamento”



Fonte: PUTTI, et al. (2014)

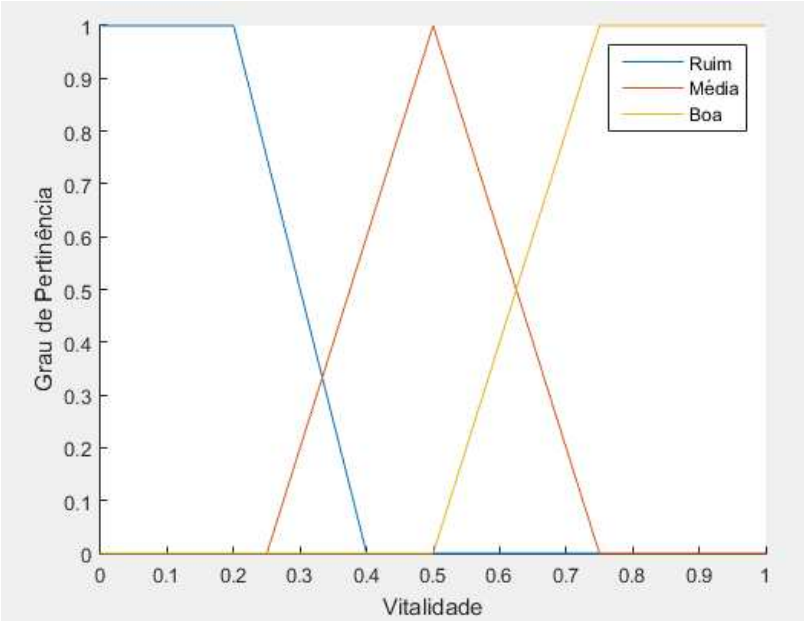
A variável de saída do sistema *fuzzy* foi denominada “Vitalidade *Fuzzy*”, e irá gerar um número real no intervalo [0,1]. As funções de pertinência desta variável foram denominadas “Ruim” (R), “Média” (M) e “Boa” (B), de acordo com a Tabela 3 e Gráfico 3.

Tabela 3 - Definição das funções de pertinência para a variável de saída “Vitalidade *Fuzzy*”

Conjunto *Fuzzy*	**Tipo**	**Delimitadores**
Ruim	Trapezoidal	[-1 0 0.25 0.5]
Média	Triangular	[0.25 0.5 0.75]
Alta	Trapezoidal	[0.5 0.75 1 2]

Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

Gráfico 3 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de saída "Vitalidade *Fuzzy*"



Fonte: PUTTI, et al. (2014)

Para a obtenção da base de regras do sistema *fuzzy*, considerou-se as 9 (3x3) combinações entre os conjuntos *fuzzy* das duas variáveis de entrada (temperatura e sombreamento), sendo tratadas de forma lingüística com a estrutura "se-então". As regras definidas para este trabalho foram elaboradas de acordo com WATANABE (2002), cujas primeira regra *fuzzy* é representada como segue:

Se (Temperatura é "Baixa") **e** (Sombreamento é "Baixo")

então (Vitalidade é "Ruim");

(...)

A base de conhecimento de todas as regras aplicadas é descrita no Quadro 1.

Quadro 1- Base de Regras do Sistema *Fuzzy*

		Temperatura		
		Baixa	**Média**	**Alta**
Sombreamento	**Baixo**	Ruim	Média	Ruim
	Médio	Ruim	Boa	Ruim
	Alto	Ruim	Boa	Ruim

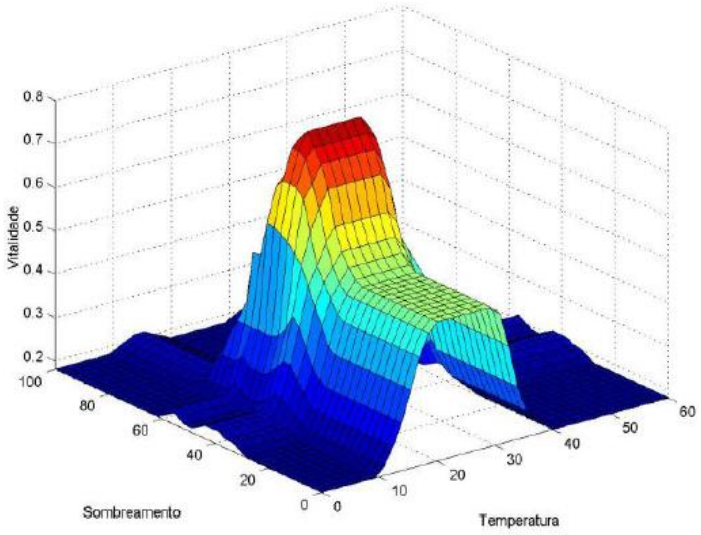
Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

O método de inferência para o cálculo do valor numérico da variável de saída foi o de Mamdani, escolhido devido à sua maior simplicidade computacional. E para a defuzificação foi

adotado o método do Centro de Gravidade ou Centróide, por se tratar da técnica mais comumente usada.

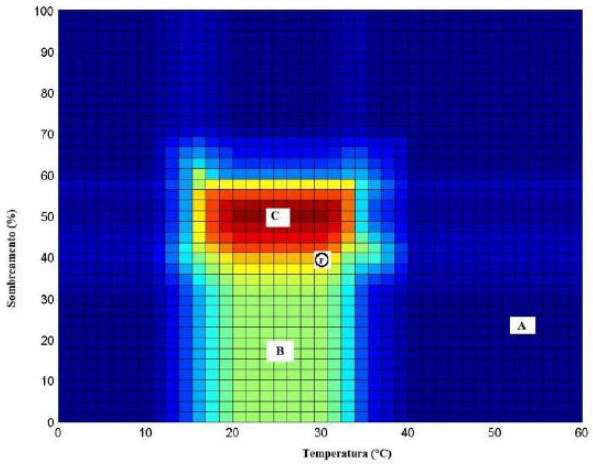
Com o auxílio da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* do software Matlab foi possível criar um sistema baseado em regras *fuzzy* computacionalmente, obtendo-se a superfície dada pela Figura 2 e o mapa de contorno dado pela Figura 3 que representam o sistema.

Figura 2- Vitalidade *Fuzzy* para a Espécie *Catasetum Fimbriatum*, representado tridimensionalmente



Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

Figura 3- Mapa de Contorno da superfície Vitalidade *Fuzzy*



Fonte: PUTTI; GABRIEL FILHO; CREMASCO (2013)

A Figura 3 demonstra a região do plano Temperatura x Sombreamento que estabelece os maiores e menores valores de Vitalidade *Fuzzy*, estabelecendo um excelente instrumento de tomada de decisão para o orquidófilo tentar realizar um manejo mais adequado oferecendo uma condição de ambiente mais propícia, pois o manejo de orquídeas é de extrema complexidade. A

Região A representa condições desfavoráveis para o cultivo, pois apresentam temperatura baixas ou temperaturas altas, deste modo sendo classificada como "Ruim". A região B apresenta condições melhores do que a região A, mas apresenta baixo sombreamento, deste modo não sendo o mais indicado para o manejo, apresentando classificação "Média". E, a região C possui as melhores condições para o manejo da espécie *Catasetum Fimbriatum*, apresentando temperatura média e sombreamento médio ou alto, sendo classificado como "Boa".

4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O presente trabalho estabelece um método computacional baseado em regras *fuzzy* capaz de interpretar as condições adequadas para o manejo da espécie *Catasetum Fimbriatum.*

O método estabelecido avalia como diferentes temperaturas e sombreamentos são capazes de afetar diretamente a floração da espécie.

No entanto, o desenvolvimento do sistema *fuzzy* utilizando o software Matlab não é de fácil utilização, tornando-se inadequado para o uso de produtores rurais.

Portanto, torna-se necessária a criação de um software que utilize o sistema baseado em regras *fuzzy* desenvolvido nesse trabalho, com a finalidade de melhorar sua usabilidade para auxiliar orquidófilos no manejo desta espécie.

REFERÊNCIAS

AMENDOLA, M.; SOUZA, A.; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no MATLAB 6.5**. 2005. Disponível em: http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/ manual_fuzzy_matlab.pdf. Acesso em: 10 out. 2015.

BARROS, L. C., BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas: UNICAMP/IMECC, 2006. (Coleção IMECC - Textos didáticos, v. 5).

GABRIEL FILHO, L. R. A. et al. Software para avaliação bovina a partir de sistemas baseados em regras Fuzzy em rebanhos nelores Sul-mato-grossenses. CONGRESSO NACIONAL DE MATEMATICA APLICADA E COMPUTACIONAL (CNMACC), 34., 2012, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** São Carlos: SBMAC, 2012. Disponível em: <http://www.sbmac.org.br/eventos/cnmac/xxxiv_cnmac/pdf/521.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. Tese (Doutorado) -UFV, Minas Gerais, 2001.

PEREIRA, O. L., BARRETO, R. W. First report of sphenospora kevorkianii (Raveneliaceae) on the orchid Catasetum fimbratum in Brazil. **Plant Pathology**, London, v. 53, n. 2, p. 256, 2004.

PUTTI, F. F; GABRIEL FILHO, L. R. A; CREMASCO, C. P. **Sistema baseado em regras Fuzzy para avaliação da vitalidade da Espécie Catasetum Fimbriatum (Orchidacea).** CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 2013, Bauru. **Anais eletrônicos...** São Carlos: SBMAC, 2013. Disponivel em: <http://www.sbmac.org.br/cmacs/cmac-se/2013/trabalhos/PDF/4728.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

PUTTI, F. F. et al. FUZZY logic evaluate vitality of catasetum fimbriatum species (Orchidacea). **Revista Irriga,** Botucatu, v. 19, n. 3, p. 405-413, 2014.

RIBACIONKA, F. **Sistemas computacionais baseados em lógica fuzzy.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Mackenzie, São Paulo, 1999.

SÃO PAULO. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo. **Caracterização socioeconômica das regiões do Estado de São Paulo:** Região Administrativa de Presidente Prudente**.** São Paulo, 2013.

SHAW, I. S., SIMÕES, M. G. **Controle e modelagem Fuzzy.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999.

WATANABE, D. **Orquídeas:** manual de Cultivo. 2. ed. São Paulo: AOSP, 2002.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Informat Control,** 8, p.338-353, 1965.