



UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
DCA – Departamento de Engenharia de Computação e Automação  
Inteligencia Artificial Aplicada

**Componentes:**

Cássio Daniel Pacheco de Sousa  
Evandro Carlos Barbosa dos Santos  
Graco Babeuf Vieira Silva

**Professor(a):**

Sergio Natan Silva

# Lógica *Fuzzy*

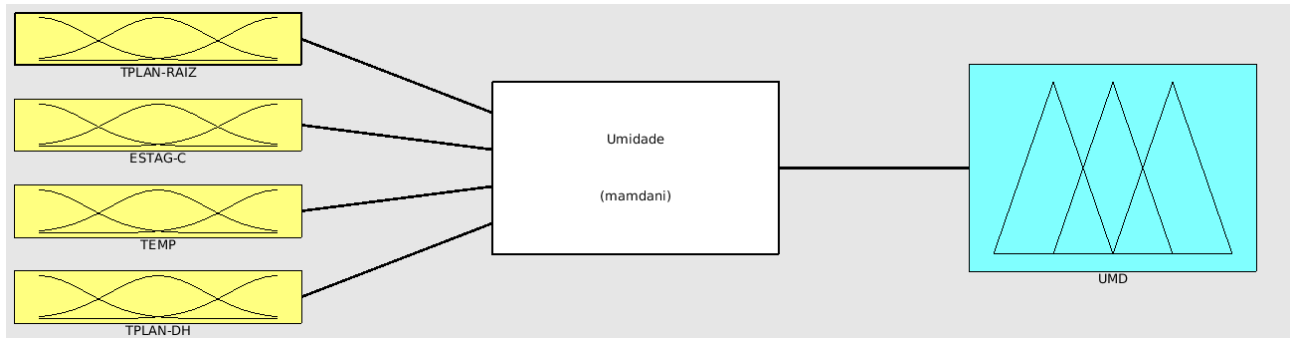
Sistema de umidade do solo

# Sumário

<b>1</b>	<b>Descrição</b>	<b>2</b>
1.1	Variáveis do Sistema - Variáveis de entrada . . . . .	2
1.1.1	TPLAN-RAIZ . . . . .	3
1.1.2	TPLAN-DH . . . . .	4
1.1.3	ESTAG-C . . . . .	5
1.1.4	TEMP . . . . .	6
1.2	Variáveis do Sistema - Variável de saída . . . . .	6
1.2.1	UMD . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Resultados</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Referências</b>	<b>9</b>

# 1 Descrição

O projeto de unidade (PU) tem como objetivo a implementação de um sistema *Fuzzy* para se saber a umidade do solo adequada para cada período (Germinação, Crescimento, Floração e Maturação) de um determinado tipo de plantação. Isso se deve ao motivo que cada planta possui as suas próprias características, como o tipo de raiz, o seu coeficiente de crescimento, capacidade de sobreviver a um determinado período sem a quantidade de água adequada.



**Figura 1:** Sistema *Fuzzy*

## 1.1 Variáveis do Sistema - Variáveis de entrada

As variáveis de entradas utilizadas foram:

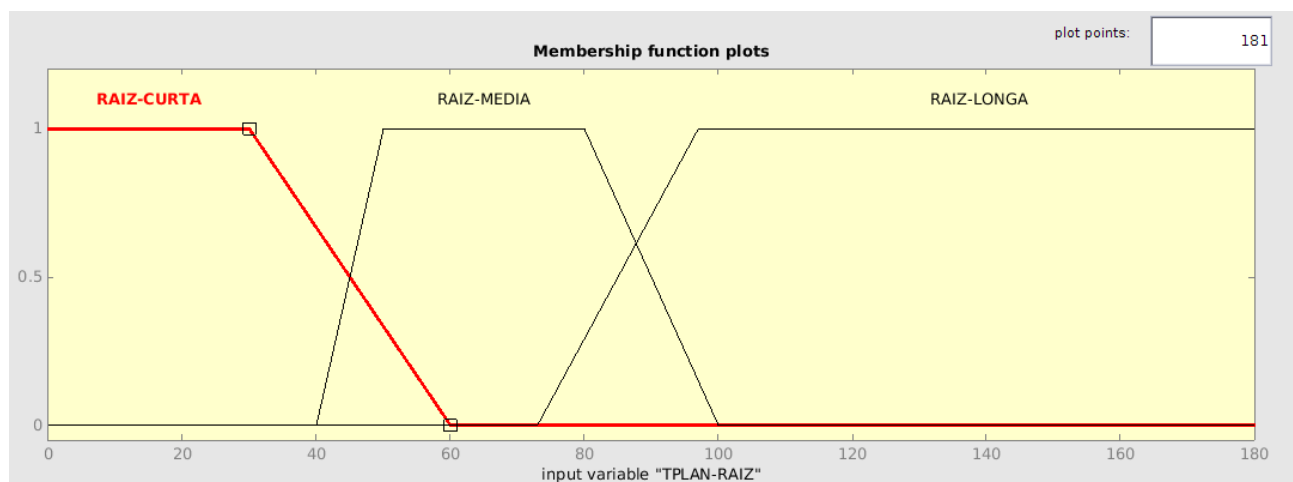
- TPLAN-RAIZ (tipo-de-planta-raiz);
- TPLAN-DH (tipo-de-planta-déficit-hídrico);
- ESTAG-C (estágio-de-crescimento-da-planta);
- TEMP (temperatura)

### 1.1.1 TPLAN-RAIZ

**TPLAN-RAIZ (TIPO-DE-PLANTA-RAIZ):** Essa variável está associada à profundidade do sistema radicular da planta no solo, ou, à Profundidade Efetiva das raízes da planta onde se concentram 80% de suas raízes. Quanto maior a profundidade das raízes, maior a necessidade de dotação hídrica.

**Tabela 1:** Profundidade efetiva das raízes

Cultura	Gomes (1994)	Pires et al. (1999)
Abacaxi	30-60	20-70
Hortaliças (ex. alface)	20-40	10-15
Arroz	-	10-25
Algodão	80-180	30
Cana-de-açúcar	50-100	70
Cítricos (ex. laranja)	90-150	60
Melancia	100-150	-
Melão	70-100	-
Milho	60-120	40
Morango	-	30
Tomate	60-120	50



**Figura 2:** Tipo de raiz de cada planta

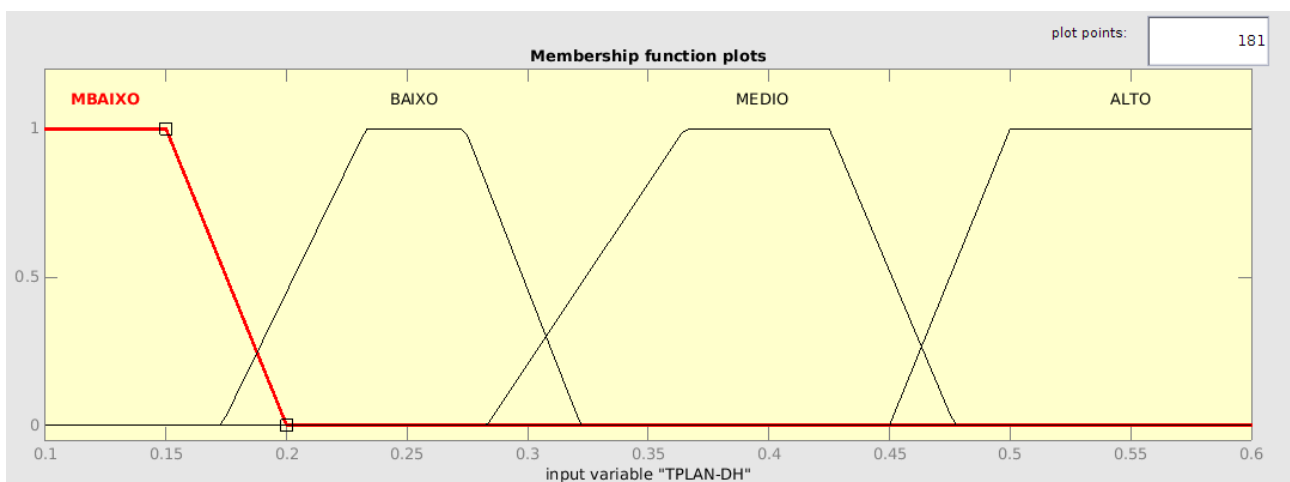
### 1.1.2 TPLAN-DH

**TPLAN-DH (TIPO-DE-PLANTA-DÉFICIT-HÍDRICO):** O deficit hídrico tolerável representa a tolerância das plantas à redução do conteúdo de água no solo, mantendo, ainda, sua capacidade de absorção de água.

**Tabela 2:** Déficit hídrico tolerável para diferentes culturas

Cultura	Déficit Hídrico Tolerável (%) Gomes(1994)
Alface	35
Cana-de-açúcar	15
Feijão	50
Laranja	35
Melão	20
Milho	40
Morango	10
Tomate	45

Exemplificando para o milho: a absorção de água pelas suas raízes fica comprometida quando a retirada é maior que 40% da capacidade de água disponível no solo.



**Figura 3:** Deficit hídrico da planta

### 1.1.3 ESTAG-C

**ESTAG-C (ESTÁGIO-DE-CRESCIMENTO-DA-PLANTA):** Em geral, a planta tem um aumento progressivo de consumo hídrico até o período de floração e frutificação. A variável **ESTAG-C**, assume diferentes valores de acordo com o tipo de cultura e a fase de crescimento da planta.

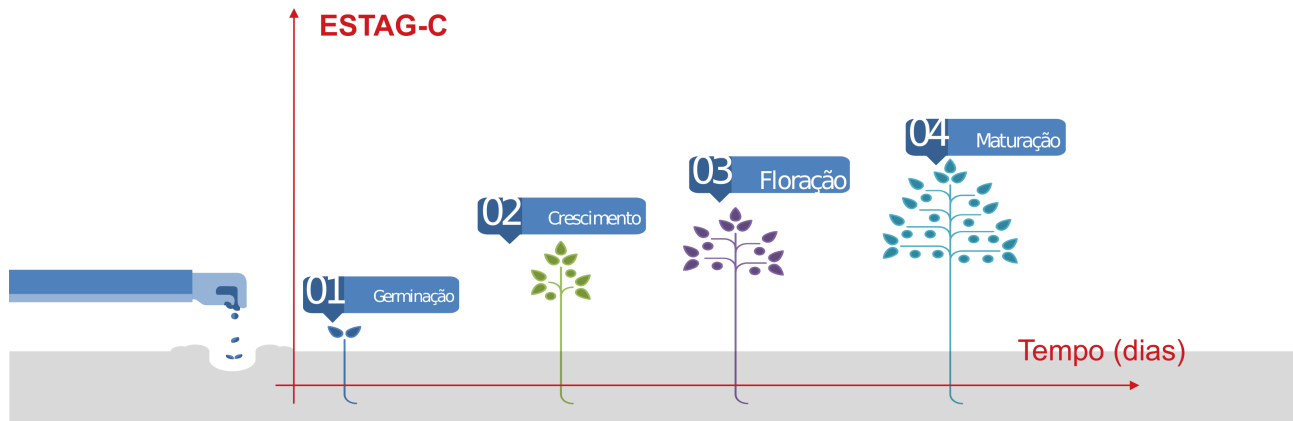


Figura 4

Tabela 3: Valores médios do coeficiente de cultivo

Cultura	Plantio-Germinação Período 1	Crescimento Período 2	Floração Período 3	Maturação Período 4
Alface	0,45	0,6	1	0,9
Cana-de-açúcar	0,5	1	1,1	0,65
Cítricos (ex. laranja)	0,65	0,7	1,7	0,65
Melão	0,45	0,75	1	0,75
Milho	0,4	0,8	1,15	1
Tomate	0,45	0,75	1,15	0,8

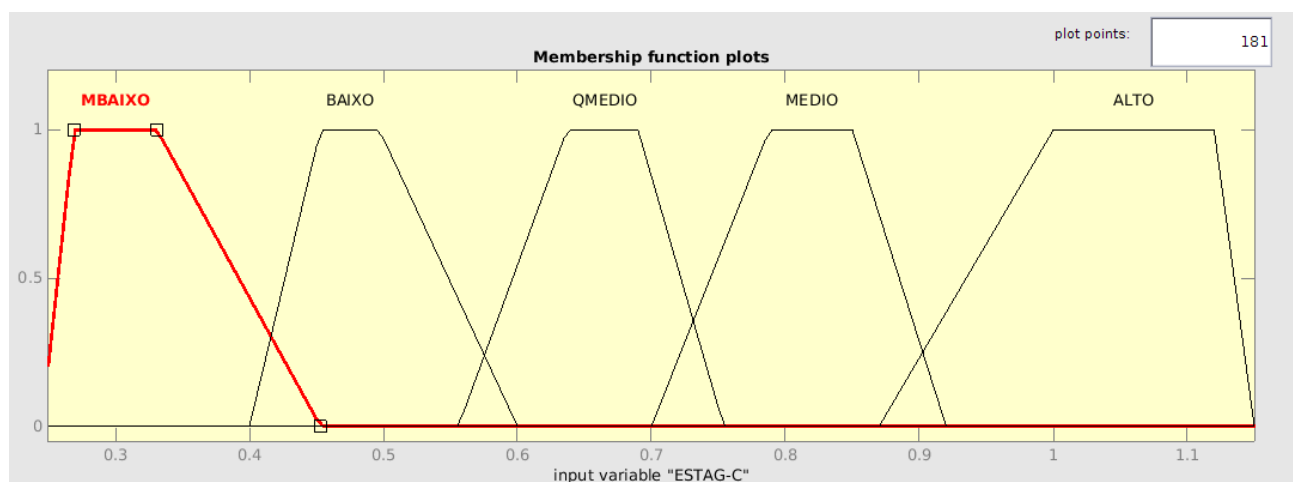
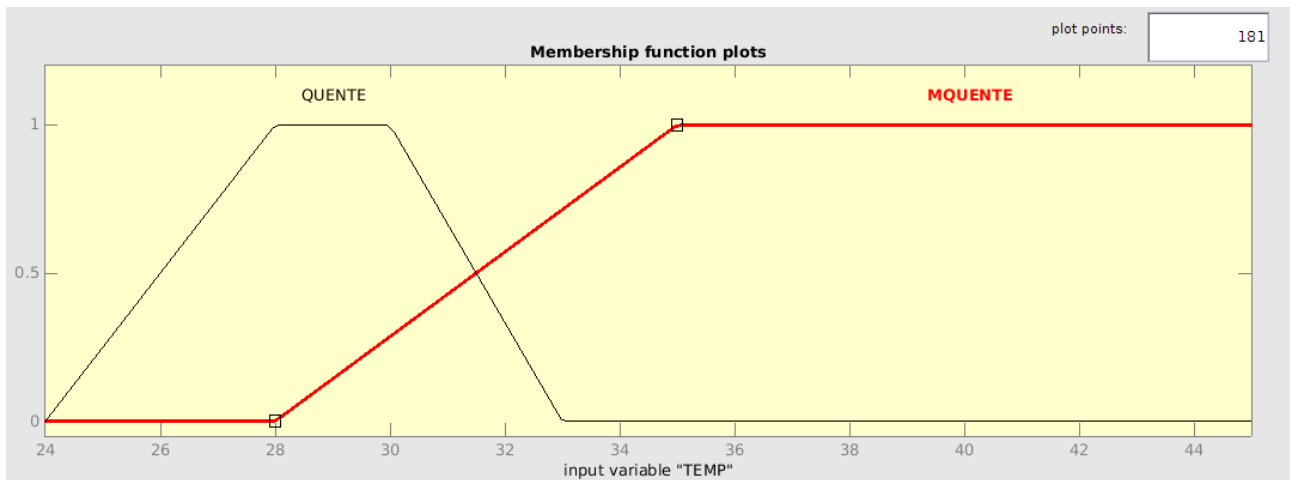


Figura 5: Estágio de crescimento da planta

### 1.1.4 TEMP

**TEMP (TEMPERATURA):** Essa variável está associada à temperatura (em graus Celsius).

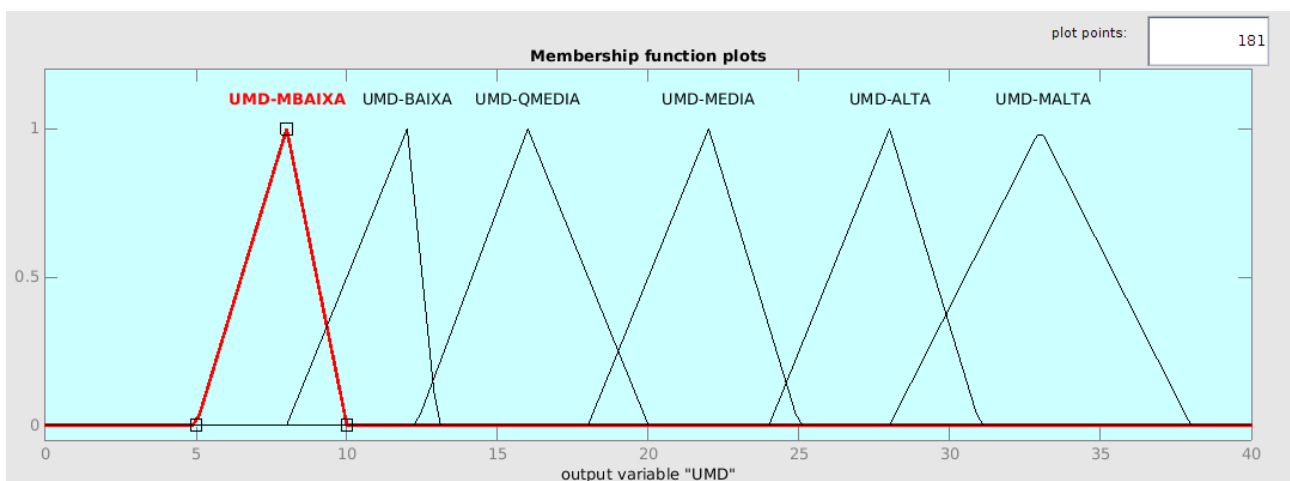


**Figura 6:** Temperatura do ambiente na plantação

## 1.2 Variáveis do Sistema - Variável de saída

### 1.2.1 UMD

**UMD (UMIDADE-DO-SOLO):** A variável de saída UMD estabelece a referência de umidade que o solo deve possuir para o tipo de plantação em conjunto com todas as variáveis de entrada para um determinado momento da vida da planta (Germinação, Crescimento, Floração e Maturação).



**Figura 7:** Umidade que se deseja para um determinado tipo de plantação

## 2 Resultados

O tipo de plantação base usado para esse trabalho foi a Cana-de-açúcar, mas outros tipos de plantio foram testados e se obteve o resultado desejado. Por esse motivo os resultados que serão apresentados, tem como plantio base a Cana-de-açúcar.

Segue abaixo algumas das regras de produção utilizadas:

1. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is MQUENTE) and (TPLAN-DH is MBAIXO) then (UMD is UMD-BAIXA) (1)  
 2. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is QUENTE) and (TPLAN-DH is BAIXO) then (UMD is UMD-BAIXA) (1)  
 3. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is QUENTE) and (TPLAN-DH is MEDIO) then (UMD is UMD-MBAIXA) (1)  
 4. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is QUENTE) and (TPLAN-DH is ALTO) then (UMD is UMD-MBAIXA) (1)  
 5. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is MQUENTE) and (TPLAN-DH is MBAIXO) then (UMD is UMD-BAIXA) (1)  
 6. If (TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA) and (ESTAG-C is MBAIXO) and (TEMP is MQUENTE) and (TPLAN-DH is BAIXO) then (UMD is UMD-BAIXA) (1)

If TPLAN-RAIZ is RAIZ-CURTA and ESTAG-C is MBAIXO and TEMP is MQUENTE and TPLAN-DH is MBAIXO Then UMD is UMD-BAIXA (1)

Connection: and Weight: 1

Buttons: Delete rule, Add rule, Change rule, Help, Close

**Figura 8:** Regras de produção

Como exemplo começaremos atribuindo os seguintes valores para as variáveis de entrada:

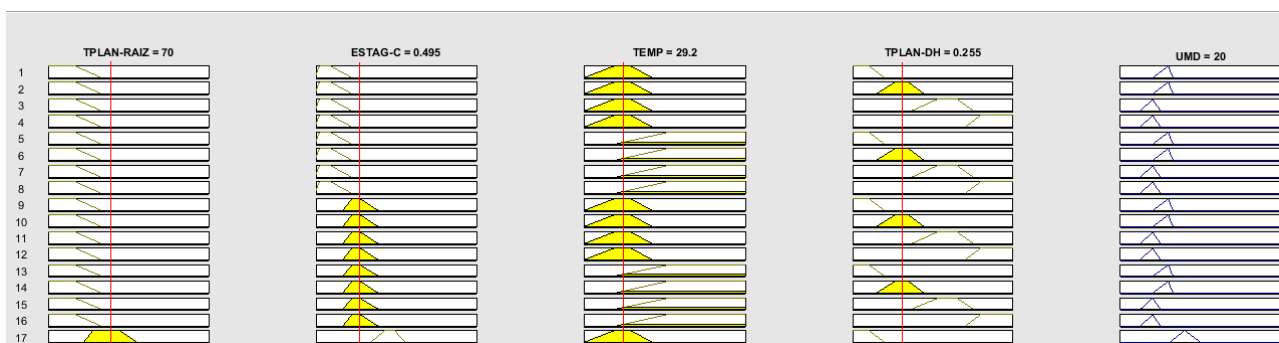
TPLAN-RAIZ: RAIZ-MEDIA

ESTAG-C: BAIXO

TEMP: QUENTE

TPLAN-DH: BAIXO

Obtemos o seguinte resultado:



**Figura 9:** Resultado 1

Nessas condições a variável de saída UMD é igual a 20. Se alterarmos as variáveis de entrada da seguinte forma:

TPLAN-RAIZ: RAIZ-MEDIA

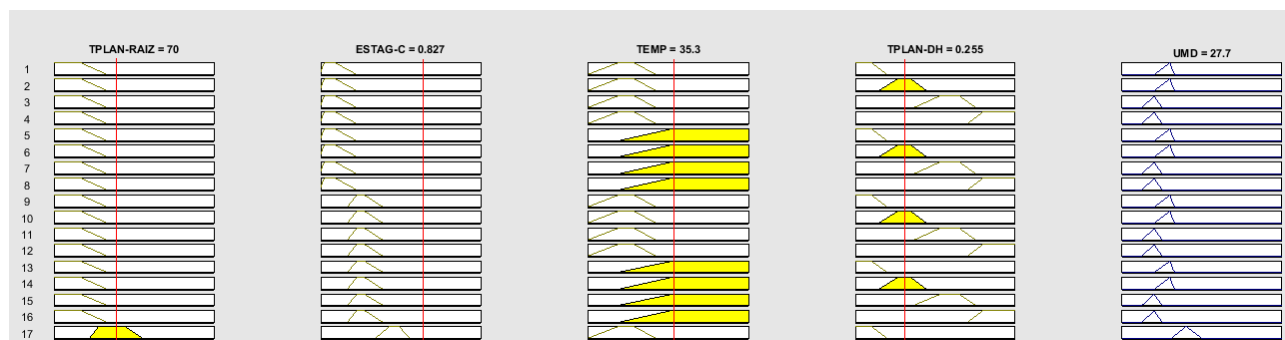
ESTAG-C: ALTO

TEMP: MQUENTE



TPLAN-DH: BAIXO

Obtemos o seguinte resultado:



**Figura 10:** Resultado 2

Como esperado com o estágio de crescimento da planta alterado para alto (floração), o qual requer um maior consumo hídrico, e a temperatura alterada para muito quente, a umidade ideal para o solo aumenta para 27,7. Com base nesses resultados concluimos que o sistema fuzzy implementado correspondeu as expectativas do projeto.

### 3 Referências

JANTZEN, Jan. *Tutorial On Fuzzy Logic*. Disponível em: [www.iau.dtu.dk/~jj/pubs/logic.pdf](http://www.iau.dtu.dk/~jj/pubs/logic.pdf). Acesso em: 27/08/2018.

FELICIANO, Rafaelle A. C. **Controle Fuzzy Espacialmente Diferenciado Para Um Sistema de Irrigação**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e da Computação, UFRN, 2009.

SILER, William. BUCKLEY, James J. *Fuzzy Expert Systems And Fuzzy Reasoning*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

J. M. Mendel. Fuzzy logic systems for engineering: A tutorial. *Proc. of the IEEE, Special Issue on Fuzzy Logic in Engineering Applications*, 83(3):345–377, Março de 1995.