



# Sistemas Fuzzy

## AULA 10 – Lógica Fuzzy Tipo-2

Prof. Ivan Nunes da Silva



### 1. Introdução à Lógica Fuzzy Tipo-2

#### *Resumo histórico*

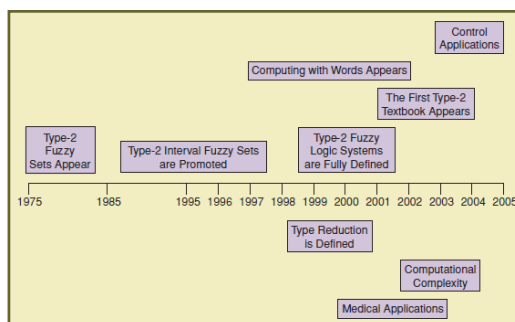
- Zadeh introduziu os Sistema Fuzzy em **1965**.
- No início parecia contraditório que a palavra fuzzy carrega um conceito de muita incerteza, então o quê fazer quando as funções de pertinência trazem também incertezas (juntamente com as regras)?
- A resposta dada em **1975** pelo inventor do sistema Fuzzy, Prof. Lotfi A. Zadeh, propondo sistemas fuzzy mais sofisticados como o Fuzzy tipo-2, que permite incorporar incertezas nas funções de pertinência.
  - Isso foi uma forma de endereçar as críticas feitas ao Fuzzy tipo-1.
- O **Type-2 fuzzy** generalizou o **Type-1 fuzzy** de maneira que mais incerteza pode ser trabalhada.
- Quando não há incertezas nas funções de pertinência, o Fuzzy tipo-2 é reduzido para o Fuzzy tipo-1.
- Em **1976**, Zadeh lançou um paper com o **Type-n Fuzzy**.

# 1. Introdução à Lógica Fuzzy Tipo-2

## Aspectos diferenciais

### ● Características principais:

- **Lógica Fuzzy Tipo-1** (Mamdani e Takagi-Sugeno) é realizada inferência por meio de regras descritas por “palavras”, ou seja, por regras linguísticas. **{Aplicada quando a incerteza é baixa}**
- **Lógica Fuzzy Tipo-2** nos leva um passo a frente no uso de computadores para representar percepções humanas (advindas de múltiplos especialistas, por exemplo). **{Aplicada quando a incerteza é alta ou imprevisível}**



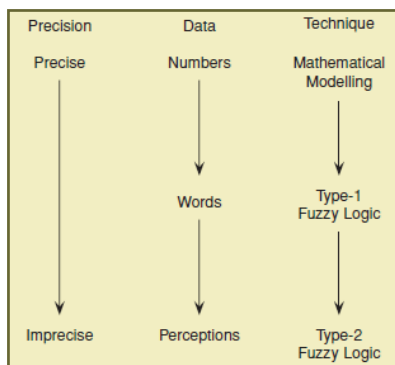
3

# 1. Introdução à Lógica Fuzzy Tipo-2

## Aspectos de empregabilidade

### ● Quando a lógica tipo-2 é utilizada:

- Na medida em que o dados são disponibilizados de maneira ainda mais imprecisa e vaga.
- Na medida em que se aumenta o nível de incerteza e abstração em relação ao processo a ser mapeado.



4

## 1. Introdução à Lógica Fuzzy Tipo-2

### Problema da incerteza

- Existe um conjunto de aplicações em que a incerteza é parte inerente do problema devido a dados ausentes ou imprecisos, ou ainda, em virtude de relações causa-efeito não determinísticas.

#### Exemplo:

Especialista	Tratamento Prescrito	
A	600-800mg, 3 vezes por dia	Impreciso
B	400mg, 1 vez por dia; ou 100mg, 4 vezes ao dia	Inconsistente
C	500mg	Incompleto
D	Cerca de 650mg, 2 a 3 vezes por dia	Vago

#### ● RACIOCÍNIO COM INCERTEZA EXIGE:

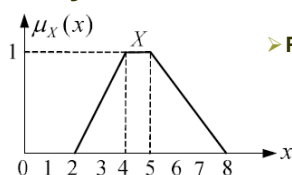
- QUANTIFICAÇÃO DE INCERTEZA
- MÉTODO DE COMBINAÇÃO DOS VALORES INCERTOS
- ASPECTOS DA INCERTEZA DA INCERTEZA

5

## 2. Funções de Pertinência Tipo-2

### Aspectos de representação

#### ● Função de Pertinência Fuzzy Tipo-1:



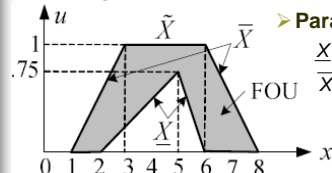
- Para cada x do universo, tem-se um número.

$$X = 0/2 + 0.5/3 + 1/4 + 1/5 + 0.67/6 + 0.33/7 + 0/8$$

$$\text{Para } x=3 \Rightarrow \mu_X = 0.5$$

$$\text{Para } x=4 \Rightarrow \mu_X = 1$$

#### ● Função de Pertinência Fuzzy Tipo-2:



- Para cada x do universo, tem-se uma faixa.

$$\underline{X} = 0/1 + 0/2 + 0.25/3 + 0.5/4 + 0.75/5 + 0/6 + 0/7 + 0/8$$

$$\bar{X} = 0/1 + 0.5/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 0.5/7 + 0/8$$

$$\text{Para } x=3 \Rightarrow \mu_{\bar{X}} \in [0.25; 1]$$

$$\text{Para } x=4 \Rightarrow \mu_{\bar{X}} \in [0.5; 1]$$

$\underline{X} \Rightarrow$  Função de pertinência inferior

$\bar{X} \Rightarrow$  Função de pertinência Tipo-2

$\bar{X} \Rightarrow$  Função de pertinência superior

FOU  $\Rightarrow$  Footprint Of Uncertainty (Área entre  $\underline{X}$  e  $\bar{X}$ )

6

### 3. Sistema Fuzzy Tipo-2

#### Aspectos de projeto

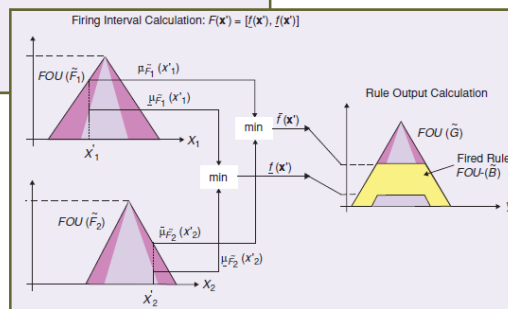
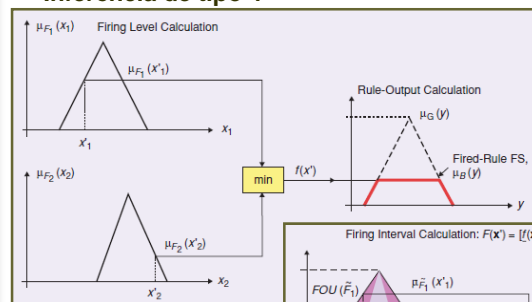
- Quatro modos principais que podem ocorrer num sistema fuzzy:
  - As palavras usadas como antecedentes ou consequentes das regras podem ter significados diferentes para pessoas diferentes;
  - Os consequentes obtidos por um grupo de experts são frequentemente diferentes de uma única regra (discordância).
  - Apenas dados ruidosos estão disponíveis para a sintonia (otimização) dos parâmetros de um sistema Fuzzy tipo-2;
  - Medições ruidosas ativam o sistema.
- As regras, oriundas de experts ou extraídas de dados numéricos, são expressas em coleções de sentenças IF-THEN.
  - Por exemplo, **IF** “temperatura é “moderada” **E** “pressão é “alta”, **THEN** “abra um pouco a válvula”.
  - Num sistema Fuzzy tipo-1, todas as funções são tipo 1. Num sistema Fuzzy tipo-2, pelo menos uma função de pertinência é de tipo-2.
- As funções  $\underline{X}$  e  $\bar{X}$  são ambos conjuntos Fuzzy tipo-1”. Consequentemente, é possível utilizar a matemática já desenvolvida para o Fuzzy tipo-1 para o Fuzzy tipo-2.

7

### 3. Sistema Fuzzy Tipo-2

#### Mecanismo de inferência (I)

##### ● Inferência de tipo-1

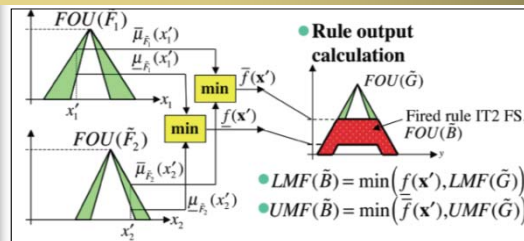


8

##### ● Inferência de tipo-2

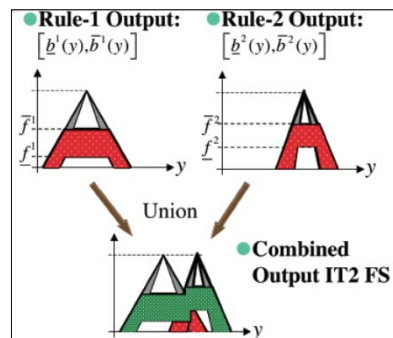
### 3. Sistema Fuzzy Tipo-2

*Mecanismo de inferência (II)*



#### 1 Regra Fuzzy Tipo-2 Ativada

Contribuições de 2 Regras Fuzzy Tipo-2 Ativadas e conjunto União



### 4. Aplicação de Sistema Fuzzy Tipo-2

*Aspectos comparativos*

