

# Inteligência Artificial

Professor: Ricardo Fiera

[ricardofiera@esucri.com.br](mailto:ricardofiera@esucri.com.br)

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

2

- Primeiras noções da lógica dos conceitos "vagos" foi desenvolvida por um lógico polonês Jan Lukasiewiczem 1920;
- Introduziu conjuntos com graus de pertinência sendo 0 ,  $\frac{1}{2}$  e 1;
- Mais tarde, expandiu para um número infinito de valores entre 0 e 1;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

- Publicação do artigo "Fuzzy Sets" (1965) por Lofthi Zadeh = criou a teoria dos conjuntos difusos;
- Professor em Berkeley, Universidade da California.
- Criou a lógica "fuzzy" combinando os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo graus de pertinência;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

- Entre 1970 e 1980 as aplicações industriais da lógica "fuzzy" aconteceram com maior importância na Europa;
- Após 1980, o Japão iniciou seu uso com aplicações na indústria;
- Algumas das primeiras aplicações foram em um tratamento de água feito pela Fuji Electric em 1983 e pela Hitachi em um sistema de metrô inaugurado em 1987;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

5

- Por volta de 1990 é que a lógica "fuzzy" despertou um maior interesse em empresas dos Estados Unidos;
- A lógica "fuzzy" tem uma ampla aceitação na área de controle de processos industriais.

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

6

- Tenta imitar o trabalho do cérebro humano;
- Aplicado em processos que se modelam de forma semelhante ao pensamento;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

7

- Permite inferir uma resposta aproximada;
- Conhecimento inexato, incompleto ou não totalmente confiável;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

- Usado no cotidiano para considerar certas situações:
  - Siga em frente "alguns metros" .
  - O dia está "parcialmente" nublado.
  - Preciso perder "alguns" quilos para ficar "bem".
  - Estamos com uma moeda "estável".



# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

- Ou ainda:
  - A classificação de certos objetos como "largo", "sujo";
  - A classificação de pessoas pela idade tal como "velho", "jovem";
  - A descrição de características humanas como "saudável", "alto";
- os termos entre aspas são "fuzzy" no sentido que envolvem imprecisões e são conceitos vagos.

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

10

- Objetivo:
  - modelar o modo aproximado de raciocínio, tentando imitar a habilidade humana de tomar decisões racionais em um ambiente de imprecisão;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

11

- Para abranger as infinitas graduações entre 0 e 1, expandiu-se a idéia de um conjunto clássico para um conjunto nebuloso;
- A lógica fuzzy trabalha com graus de pertinência;
- Algo pode ser parcialmente verdadeiro e parcialmente falso ao mesmo tempo;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

12

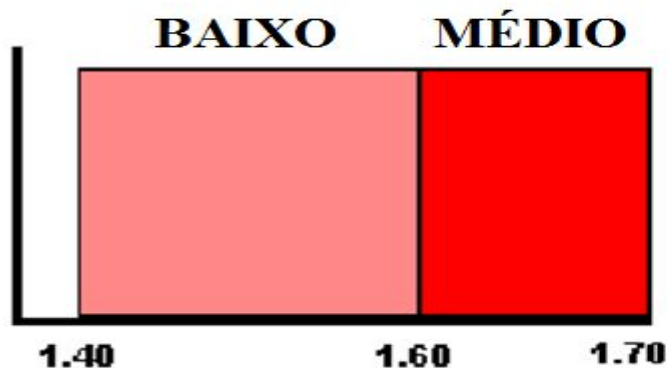
- Na lógica booleana, a transição de um conjunto para outro é instantânea;
- Na lógica fuzzy a transição é gradual;
- Dessa forma, uma pequena mudança na variável pode causar uma reação significativa no sistema;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

13

➤ Exemplo: Altura;

## Conjuntos Convencionais



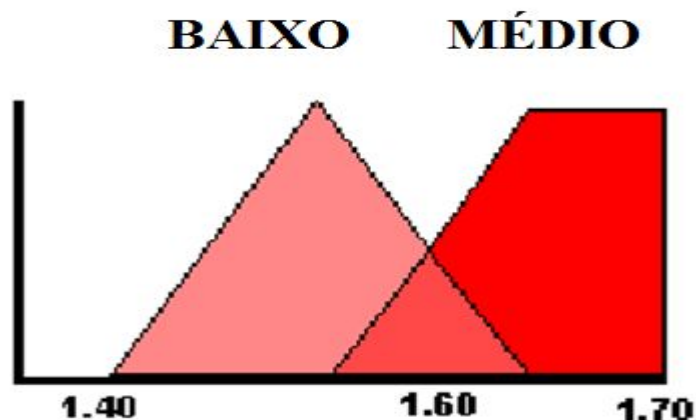
Em um conjunto tradicional, utilizando a lógica booleana, a transição de um conjunto para o outro é instantânea.

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

14

➤ Exemplo: Altura;

## Conjuntos Difusos



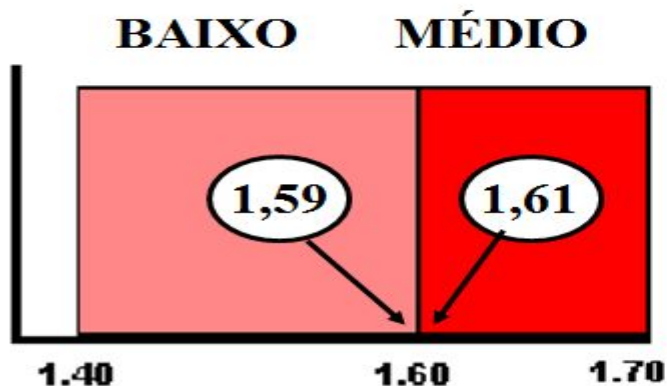
Em um conjunto difuso, a transição de um conjunto para outro é gradativa, uma variável pode pertencer a dois conjuntos ao mesmo tempo.

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

15

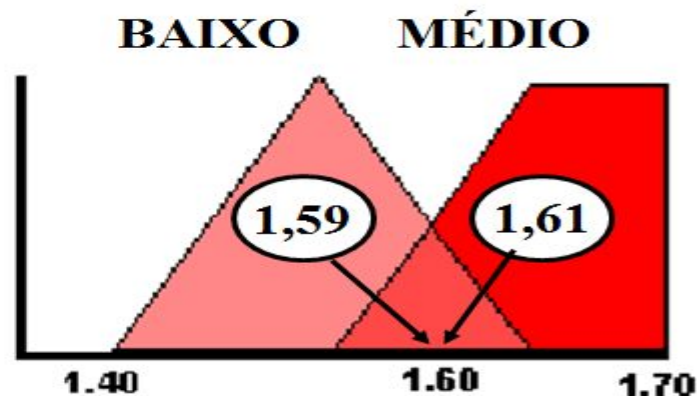
➤ Exemplo: Altura;

**Conjuntos Convencionais**



**Valores próximos podem pertencer a Conjuntos diferentes**

**Conjuntos Difusos**



**Valores próximos podem pertencer aos mesmos conjuntos**

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

- Conjuntos tradicionais (conjuntos crisp);
  - Elemento pertence ou não ao conjunto;
  - Assume apenas dois valores  $\{0, 1\}$ ;
- Conjuntos difusos (conjuntos fuzzy)
  - Funções que representam elementos;
  - Assume valores reais  $[0, 1]$ ;



# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

17

- Elemento pode\_\_\_\_\_a um conjunto difuso:
  - Pertencer muito ou pouco;
  - Não pertencer;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

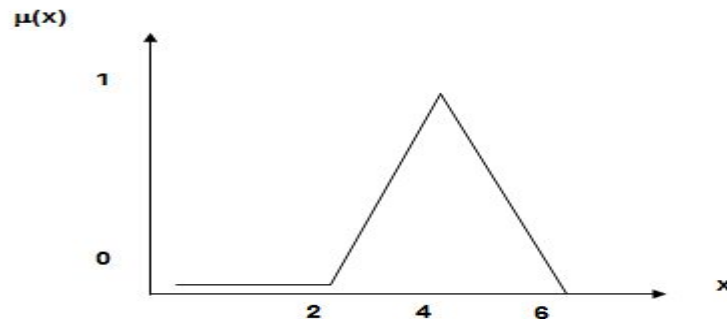
18

- Grau de pertinência
  - Varia de 0 a 1;
  - Completa exclusão;
  - Total pertinência;
  - Pode assumir todos os valores intermediários;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

19

## ➤ Grau de pertinência



**$0 \leq x < 2$ ,  $x$  não pertence**

**$2 \leq x < 4$ ,  $x$  pertence cada vez mais**

**$4 \leq x < 6$ ,  $x$  pertence cada vez menos**

**$x \geq 6$ ,  $x$  não pertence**

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

20

- O grau de pertinência em um conjunto difuso é medido pela generalização de uma função característica chamada função de pertinência;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

21

- Função de pertinência mapeia  $x$  no domínio dos números reais definidos no intervalo desde 0 a 1, inclusive. A função de pertinência é um número real definido por:
- Onde:
$$0 \leq \mu_A \leq 1$$
  - 0 = não pertinência ;
  - 1 = total pertinência ao conjunto;
  - Por exemplo, um valor particular qualquer como 0.4 é chamado grau de pertinência de um elemento  $x$  a um conjunto  $A$ .

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

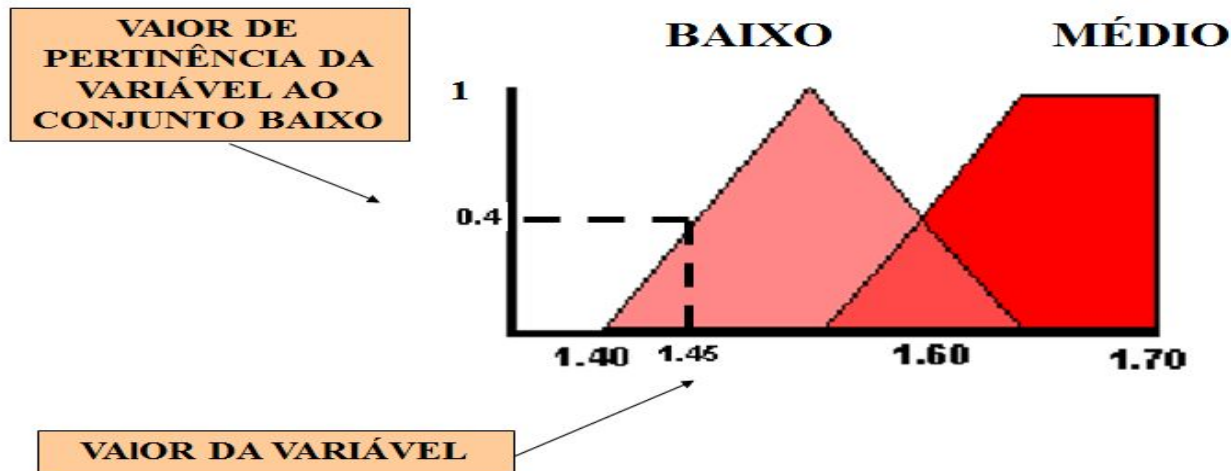
22

- Grau de pertinência:
  - É o valor que define quanto um elemento pertence a um determinado conjunto;
  - É calculado a partir de uma função, cujo nome chama-se função de pertinência;
  - Essa função representa o desenho gráfico do conjunto difuso.

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

23

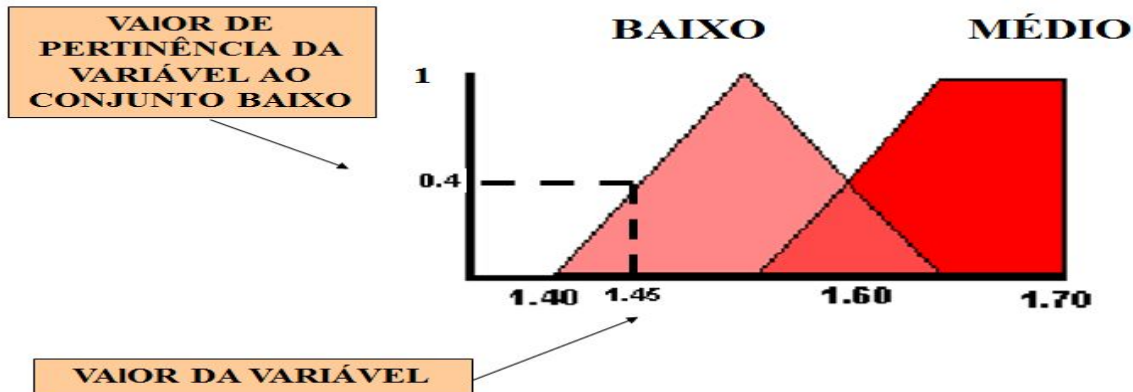
- Grau de pertinência:



# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

24

- Grau de pertinência - Características:
  - Eixo x = universo de discurso do sistema;





# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

25

- Sistemas baseados em lógica fuzzy podem ser usado para gerar estimativas, tomadas de decisão, sistemas de controle mecânico;
  - Ar condicionado;
  - Controles de automóveis;
  - Casas inteligentes;
  - Controladores de processo industrial;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

26

- O Japão é um dos maiores utilizadores e difusores da lógica fuzzy;
- Aspiradores de pó e máquinas de lavar da empresa Matsushita - carrega e ajusta automaticamente à quantidade de detergente necessário, a temperatura da água e o tipo de lavagem;

# Conjuntos Difusos e Lógica Difusa

27

- O Japão é um dos maiores utilizadores e difusores da lógica fuzzy;
  - TVs da Sony utilizam lógica fuzzy para ajustar automaticamente o contraste, brilho, nitidez e cores;
  - A Nissan utiliza lógica fuzzy em seus carros no sistema de transmissão automática e freios antitravamento.