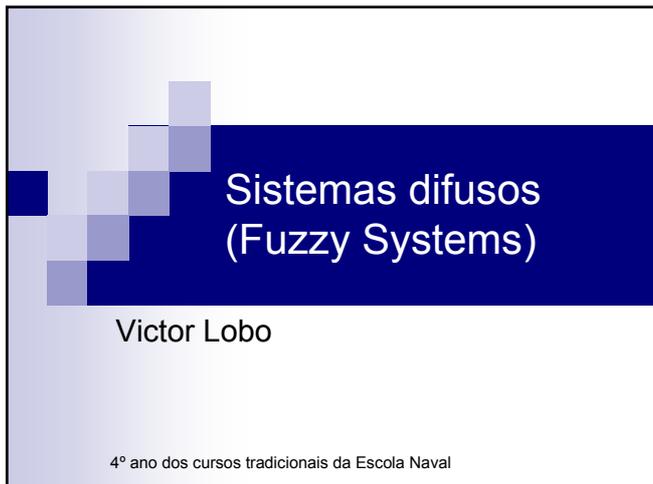


Sistemas Difusos

4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL

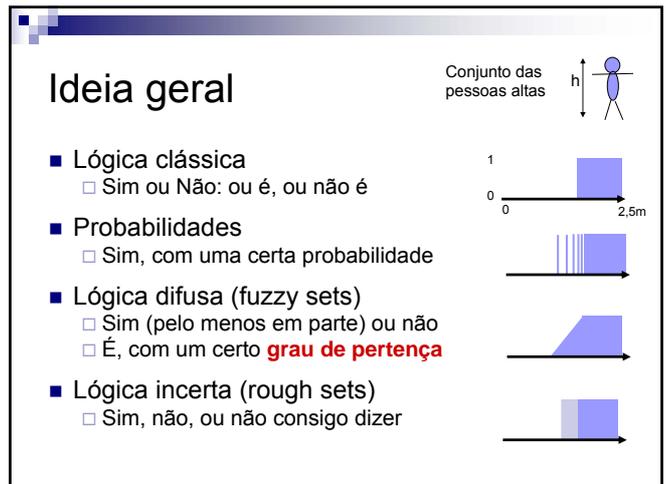
V 1.1, V.Lobo, EN 2008



Sistemas difusos (Fuzzy Systems)

Victor Lobo

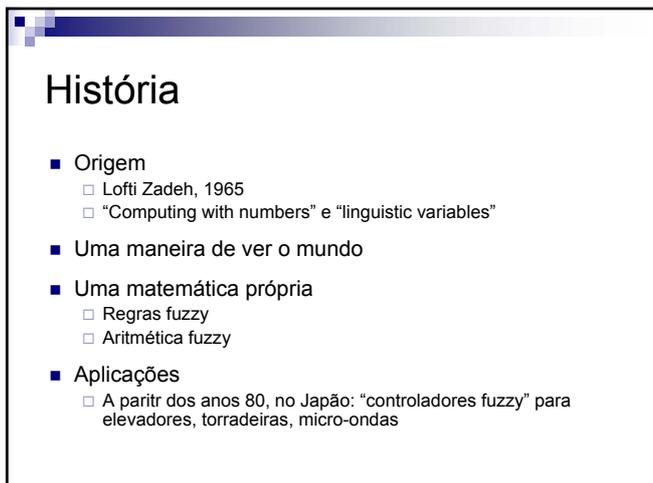
4º ano dos cursos tradicionais da Escola Naval



Ideia geral

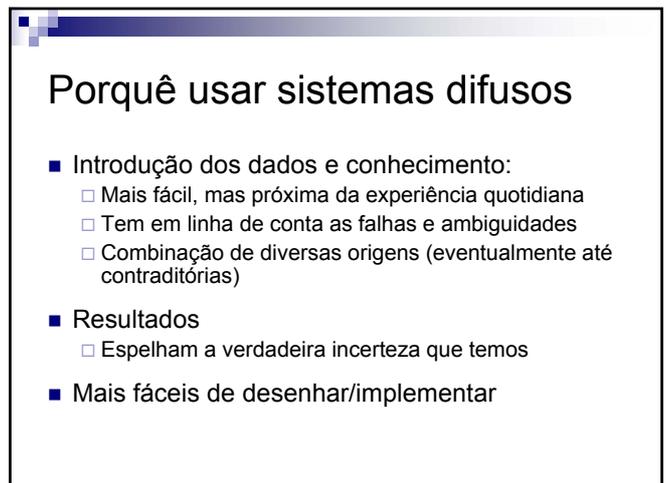
Conjunto das pessoas altas h

- Lógica clássica
 - Sim ou Não: ou é, ou não é
- Probabilidades
 - Sim, com uma certa probabilidade
- Lógica difusa (fuzzy sets)
 - Sim (pelo menos em parte) ou não
 - É, com um certo **grau de pertença**
- Lógica incerta (rough sets)
 - Sim, não, ou não consigo dizer



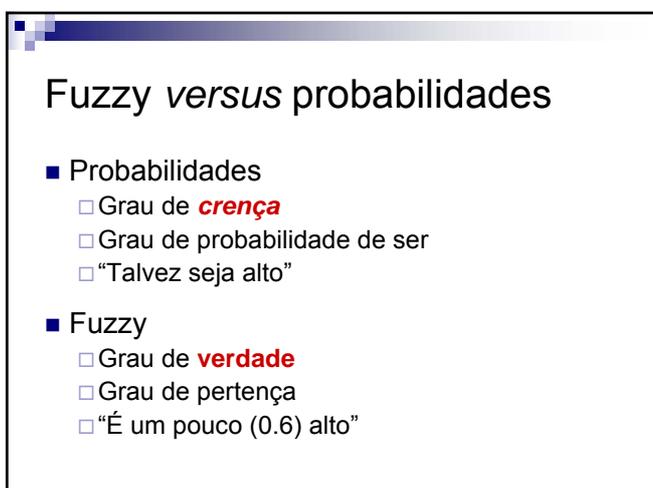
História

- Origem
 - Lofti Zadeh, 1965
 - "Computing with numbers" e "linguistic variables"
- Uma maneira de ver o mundo
- Uma matemática própria
 - Regras fuzzy
 - Aritmética fuzzy
- Aplicações
 - A partir dos anos 80, no Japão: "controladores fuzzy" para elevadores, torradeiras, micro-ondas



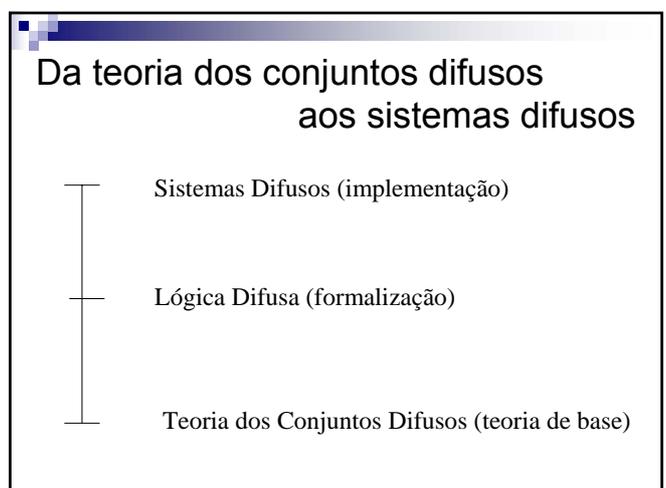
Porquê usar sistemas difusos

- Introdução dos dados e conhecimento:
 - Mais fácil, mas próxima da experiência quotidiana
 - Tem em linha de conta as falhas e ambiguidades
 - Combinação de diversas origens (eventualmente até contraditórias)
- Resultados
 - Espelham a verdadeira incerteza que temos
- Mais fáceis de desenhar/implementar



Fuzzy *versus* probabilidades

- Probabilidades
 - Grau de **crença**
 - Grau de probabilidade de ser
 - "Talvez seja alto"
- Fuzzy
 - Grau de **verdade**
 - Grau de pertença
 - "É um pouco (0.6) alto"



Da teoria dos conjuntos difusos aos sistemas difusos

Sistemas Difusos (implementação)

Lógica Difusa (formalização)

Teoria dos Conjuntos Difusos (teoria de base)

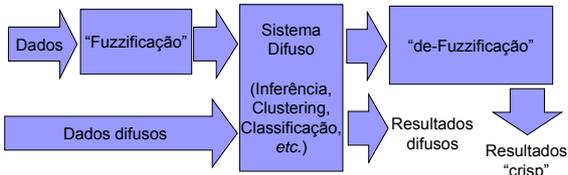
Sistemas Difusos

4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL
V 1.1.1, V.Lobo, EN 2008

Arquitectura de sistemas difusos

Entrada / saída

- Pode ou não ser difusa



Conjuntos difusos

Conjuntos clássicos

- Função característica μ de um objecto x a um conjunto A
- São valores binários

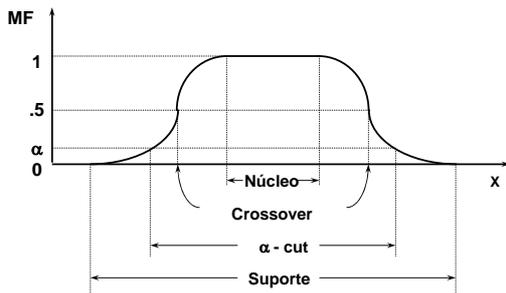
$$\mu_A(x) \in \{0,1\}$$

Conjuntos difusos

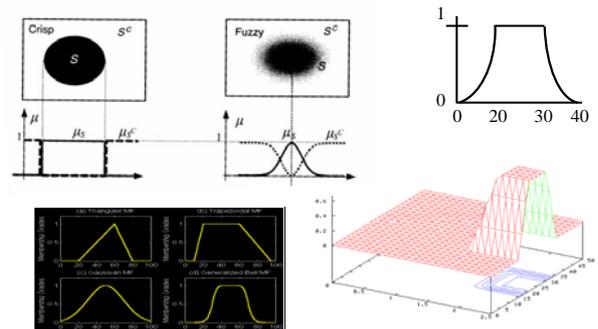
- Função de pertença μ de um objecto x a um conjunto A
- São valores reais

$$\mu_A(x) \in [0,1]$$

Funções de pertença $\mu_A(x)$



Exemplos de funções de pertença



Funções de pertença

Pertenças a vários conjuntos

- Pertenças probabilísticas
 - Soma das pertenças a todos os conjuntos =1
 - $\sum \mu = 1$
- Pertenças possibilísticas
 - Pertenças podem somar mais ou menos que 1
 - Para cada uma delas, $\mu \leq 1$

Como determiná-las ?

- Normalmente à priori, com valores max e min
- Métodos dedicados



Operações difusas

Como combinar conjuntos difusos ?

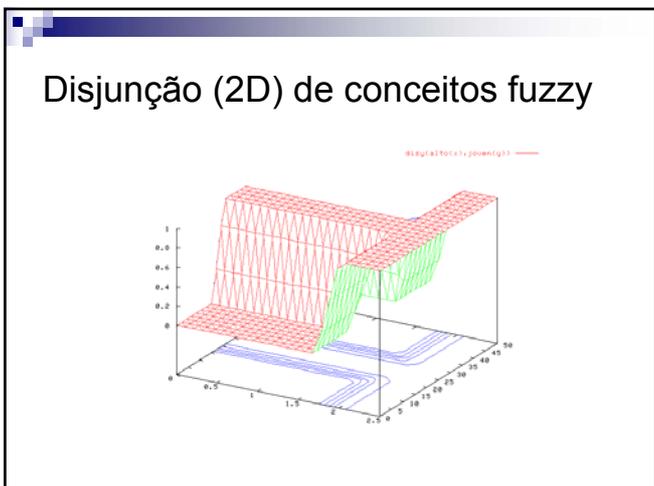
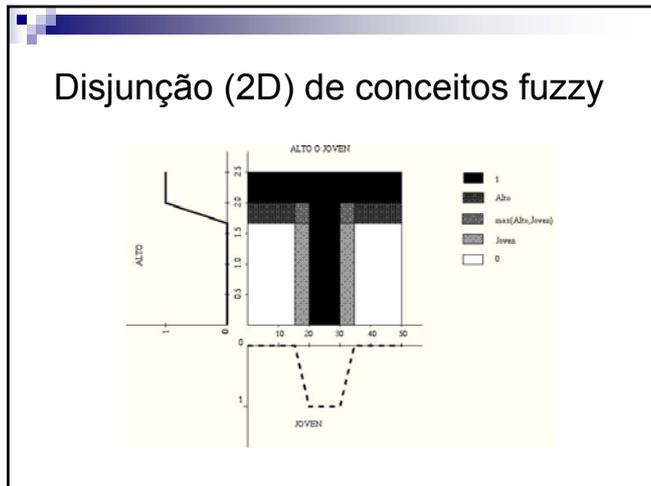
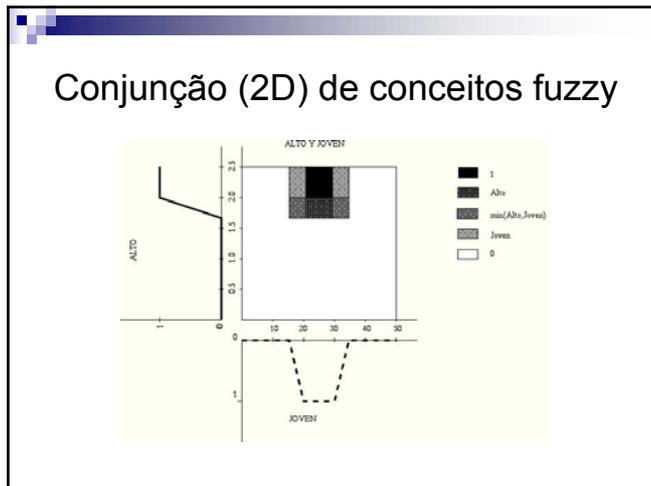
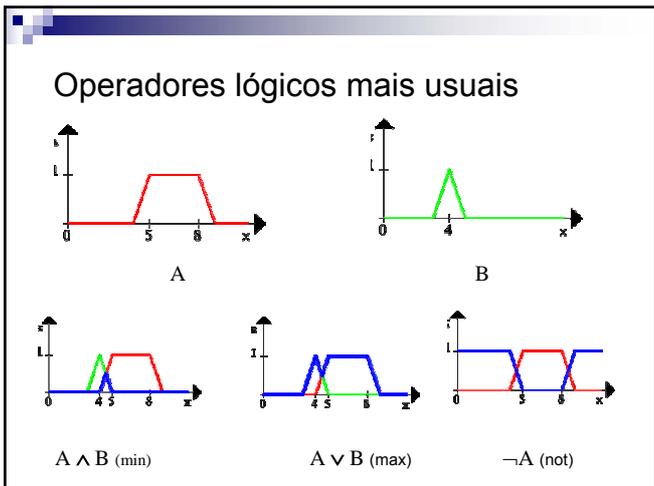
- $A = \neg B$
- $A = \alpha_x(B)$
- $A = B \wedge C$ (min)
- $A = B \vee C$ (max)
- Outros operadores
 - $A = B+C$
 - $A = B-C$
 - $A = B \times C$
 - $A = B/C$



Sistemas Difusos

4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL

V 1.1, V.Lobo, EN 2008



- ### Sistemas de inferência difusos
- Regras:
 - “se A então B” $A \rightarrow B$
 - “se A e B então C e D”
 - Se o antecedentes é difuso
 - A implicação é difusa ?
 - O conseqüente é difuso ?
 - Faz mais sentido

Sistemas Difusos

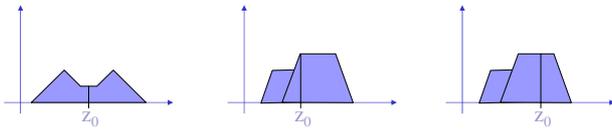
4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL

V 1.1, V.Lobo, EN 2008

De-fuzzificação

- Voltar a obter um valor inequívoco

Exemplos:



Centróide

First-of-Maxima

Critério Máximo

Principais técnicas baseadas em sistemas difusos (em SAD)

- FCM – Fuzzy C-Means
 - Alternativa “fuzzificada” ao k-médias
 - A pertença a cada conjunto é proporcional à distância ao centroide
- Regras Fuzzy
 - Regras com antecedentes difusos
 - Regras com consequentes difusos