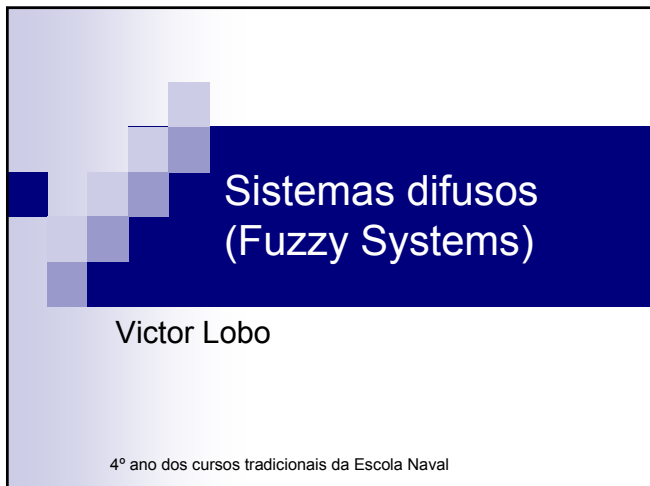


Sistemas Difusos

4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL

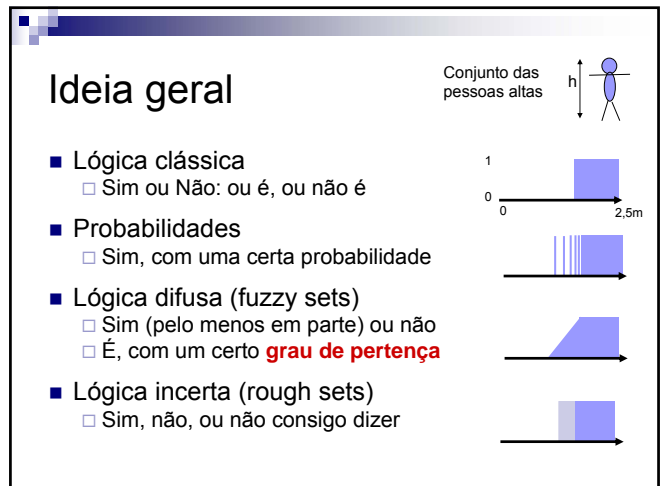
V 1.1, V.Lobo, EN 2008



Sistemas difusos (Fuzzy Systems)

Victor Lobo

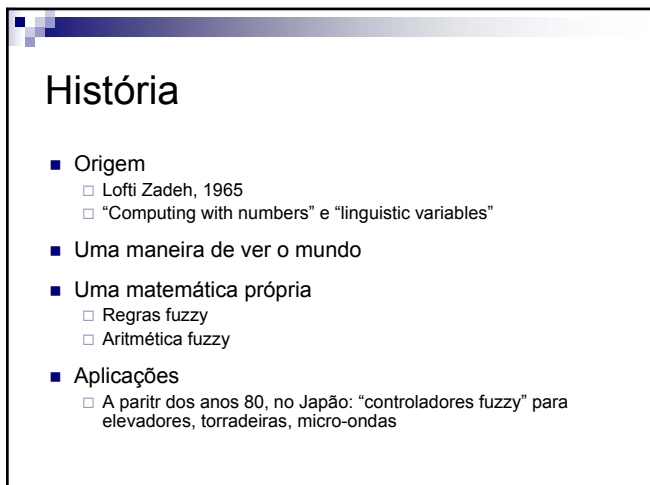
4º ano dos cursos tradicionais da Escola Naval



Ideia geral

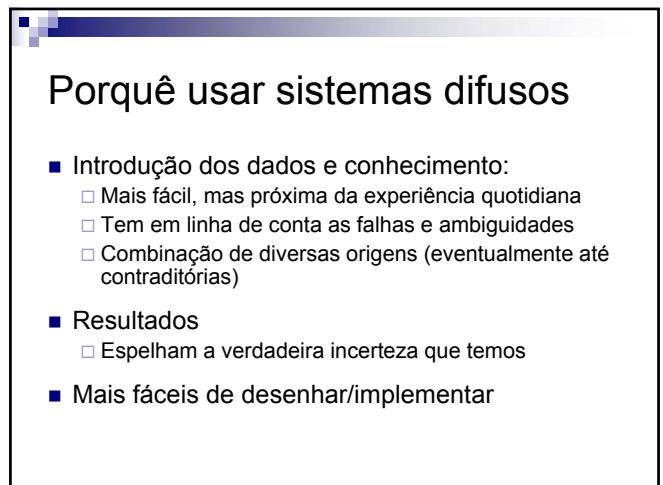
Conjunto das pessoas altas h

- 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



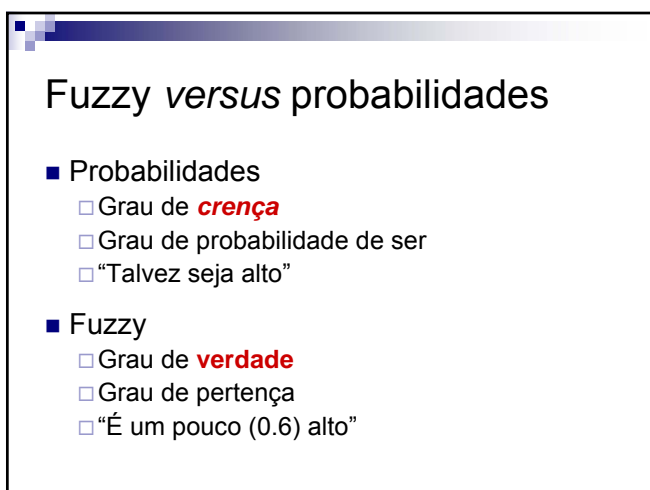
História

- 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



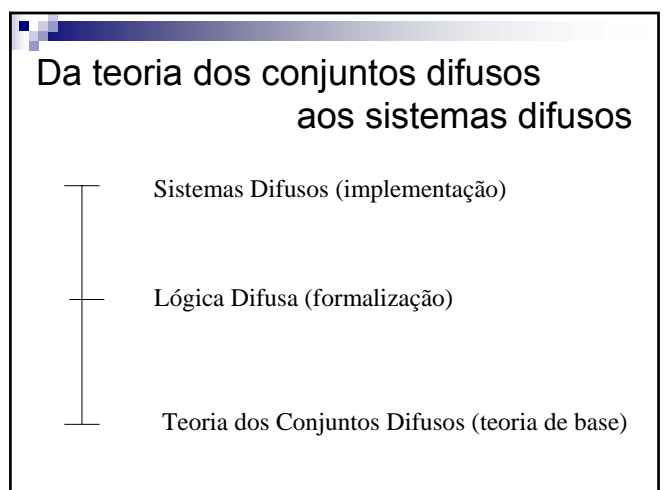
Porquê usar sistemas difusos

- 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)

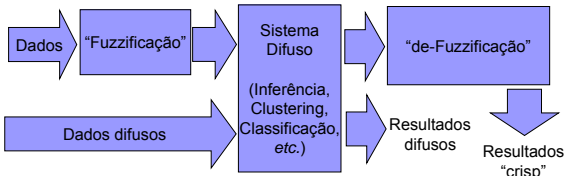
Sistemas Difusos

4º Ano 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

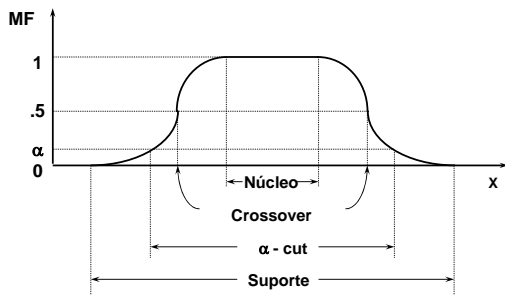
$$\mu_A(x) \in \{0,1\}$$

Conjuntos difusos

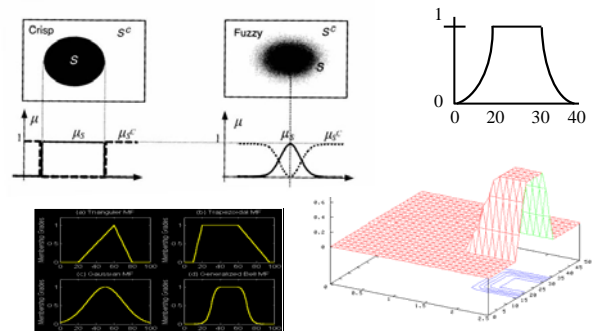
- Função de pertença μ de um objecto x a um conjunto A
- São valores reais

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

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 ?

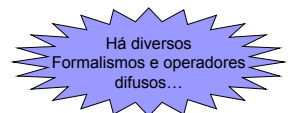
- Normalmente à priori, com valores max e min
- Métodos dedicados



Operações difusas

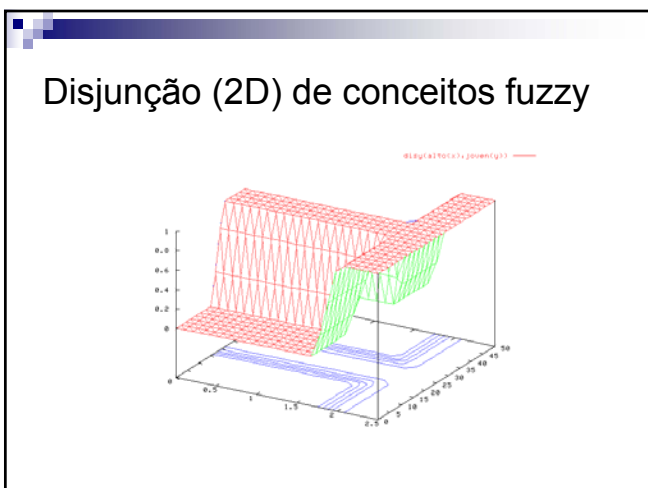
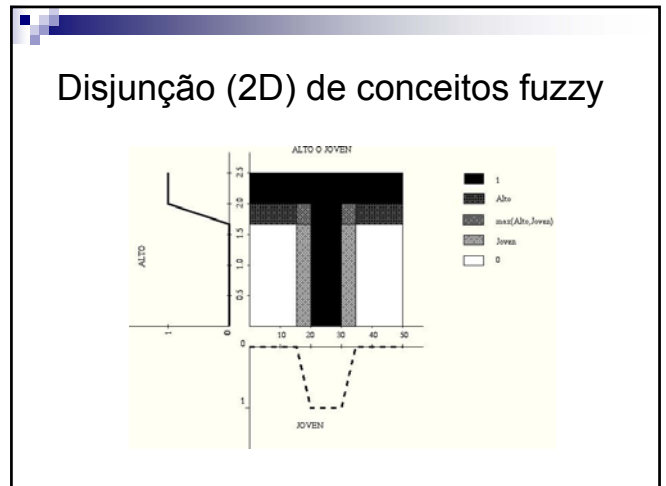
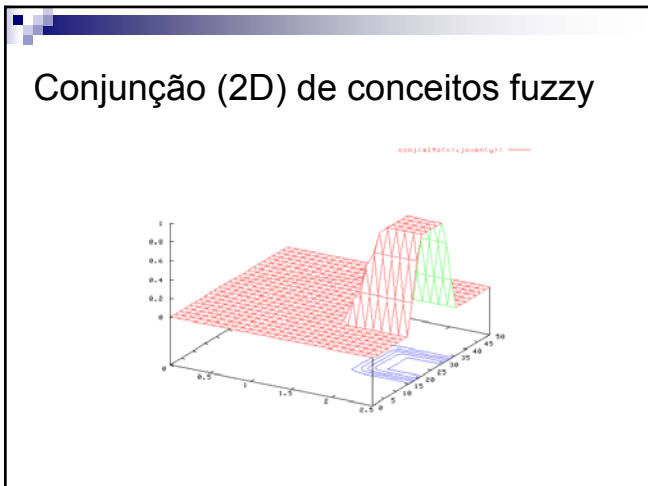
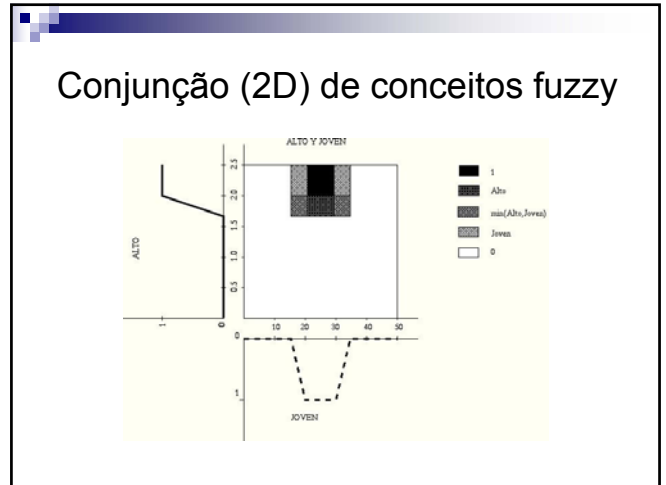
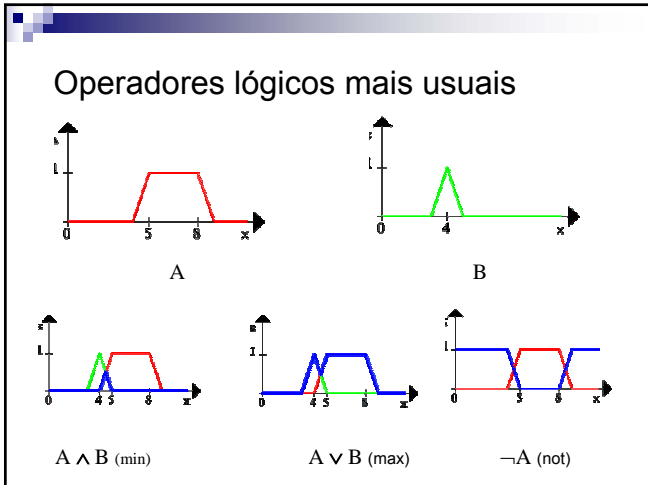
Como combinar conjuntos difusos ?

- $A = \neg B$
- $A = \alpha_x(B)$
- $A = B \wedge C$ (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

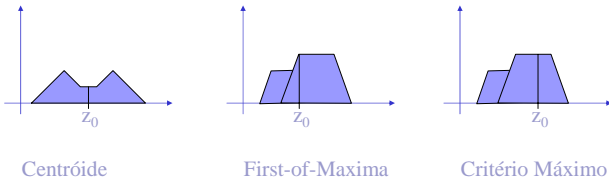
4ºAno M, AN,FZ,EN-MEC,EN-AEL

V 1.1, V.Lobo, EN 2008

De-fuzzificação

- Voltar a obter um valor inequívoco

Exemplos:



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