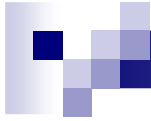




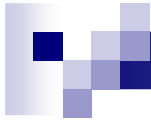
Lógica Fuzzy

Luís Fabrício W. Góes



Sumário

- Imprecisão
- Conceito
- Função de Pertinência
- Variáveis Fuzzy
- Regras Fuzzy
- Inferência
 - Fuzzificação
 - Defuzzificação
- Referências



Imprecisão

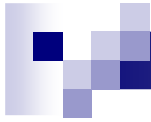
- A maioria dos fenômenos naturais são imprecisos

- Exemplos
 - Quanto é frio? 10°C , 0°C , -20°C , 17°C ??
 - Quando eu posso dizer que uma pessoa é alta? Quando ela tem 1,80m, 1,79m, 1,70m, 2,00m?



Conceito

- Sistemas artificiais interagem com o mundo real que possui muitos dados imprecisos
- Sistemas com lógica tradicional representaria um regra da seguinte forma: “Uma pessoa alta tem entre 1,75m e 2,00m”
 - Problema: Alguém com 1,74m não é alto.
- Sistemas com lógica fuzzy acabam com este problema com o conceito de grau de pertinência

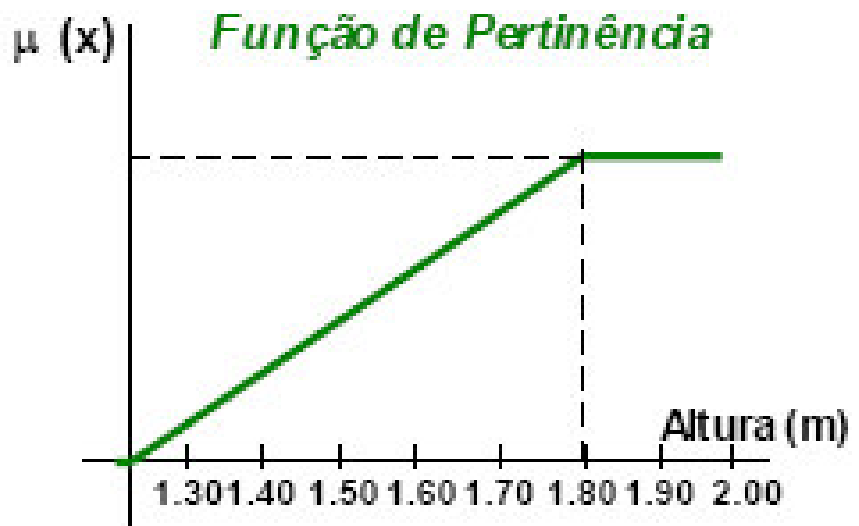
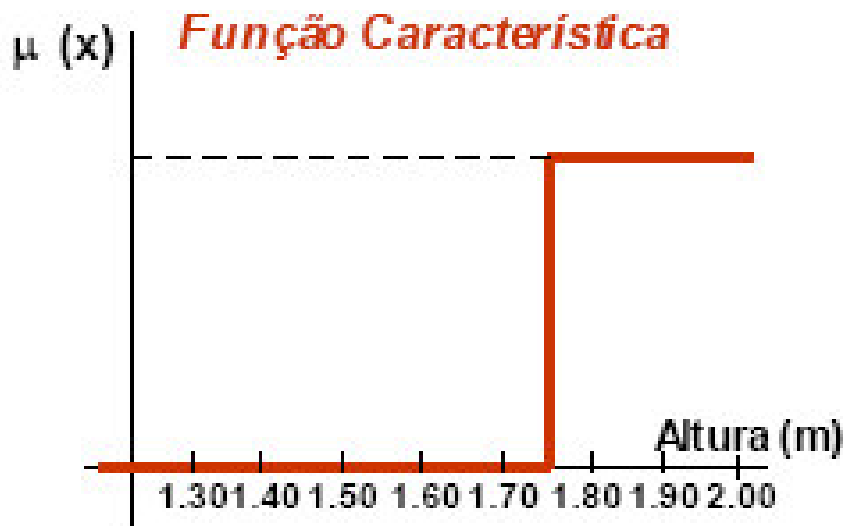


Grau de Pertinência

- A função de pertinência a um conjunto fuzzy indica com que grau um conceito específico é membro de um conjunto
- São funções que mapeiam o valor que poderia ser um membro do conjunto para um número entre 0 e 1
 - O grau de pertinência 0 indica que o valor não pertence ao conjunto
 - O grau 1 significa que o valor é uma representação completa do conjunto
- Em conjuntos tradicionais, o grau de pertinência pode ser apenas 0 ou 1.

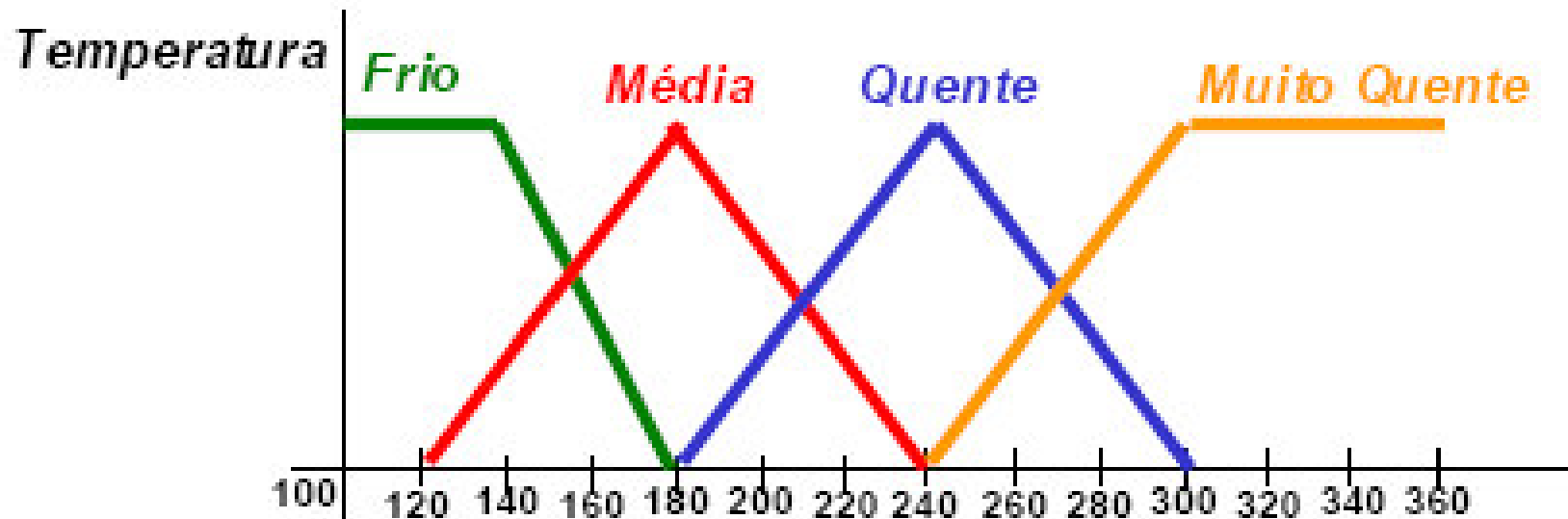
Função de Pertinência

- Função de pertinência para uma pessoa alta para um conjunto tradicional e um fuzzy



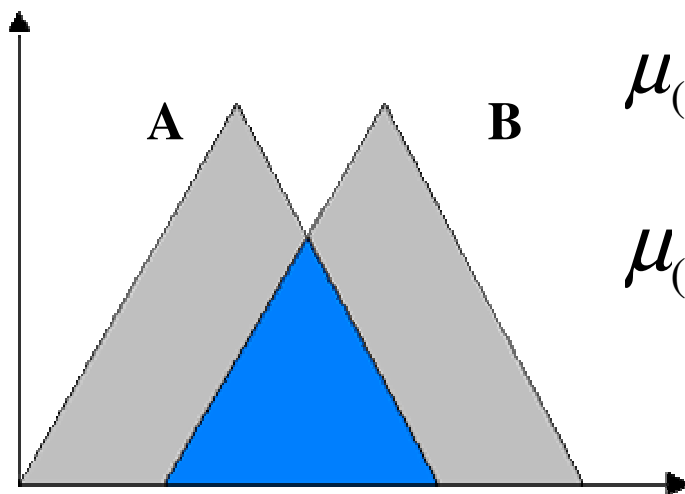
Variáveis Fuzzy

- O universo de variação dos valores da variável fuzzy temperatura. Note que as transições de um conjunto para outro é gradual



Operador Interseção

- Sejam X um conjunto de pontos
 A e B conjuntos contidos em X
- A interseção entre dois conjuntos fuzzy é
 o menor grau de pertinência deles

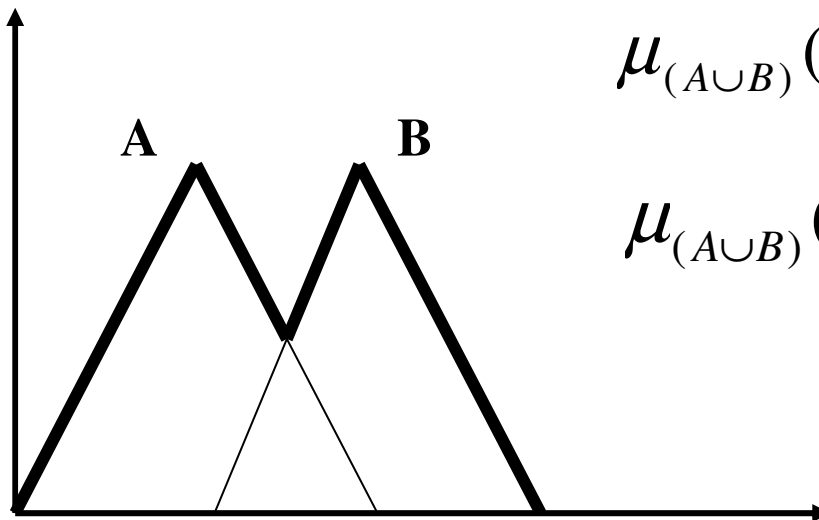


$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$

Operador União

- Sejam X um conjunto de pontos
 A e B conjuntos contidos em X
- A união dois conjuntos fuzzy é o maior grau de pertinência deles



$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$



Regras Fuzzy

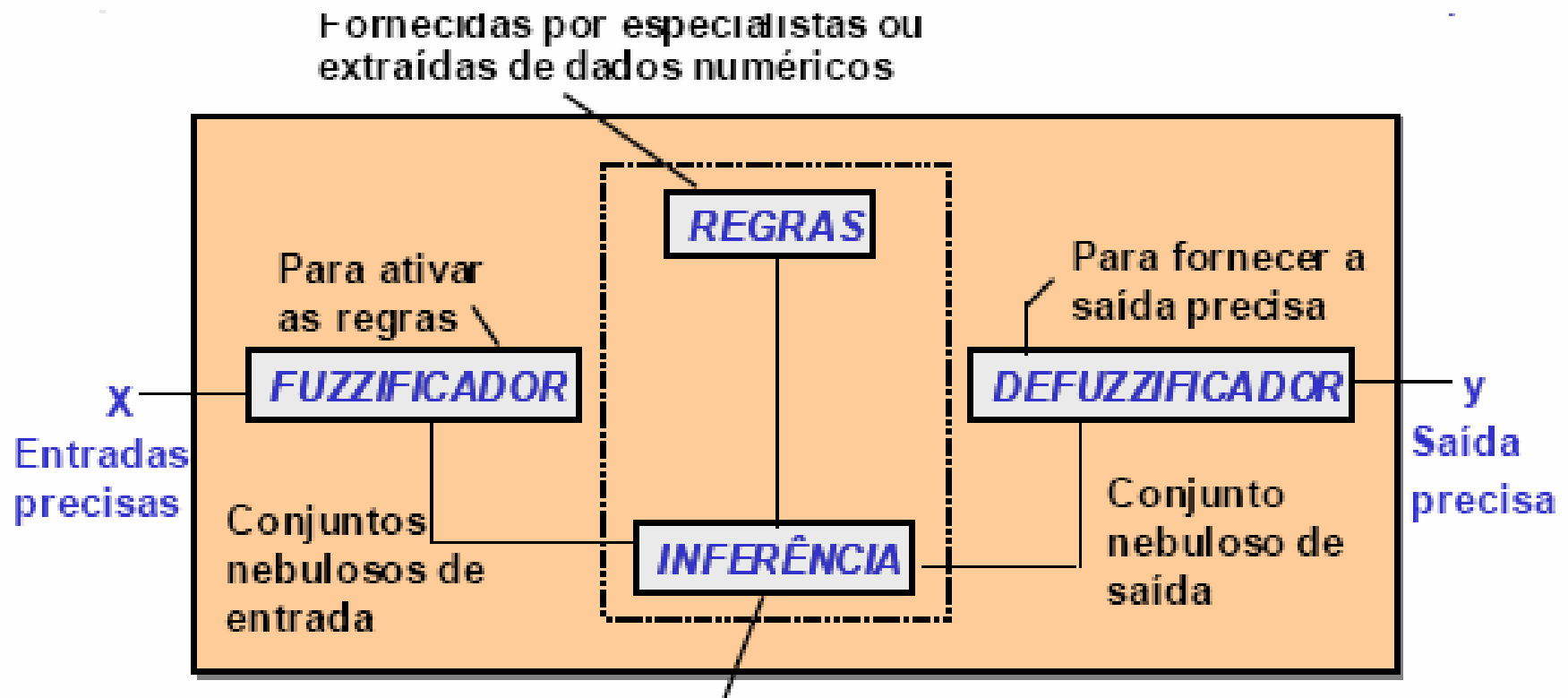
- Regras de sistemas especialistas tradicionais são modeladas da seguinte forma

**se altura > 1.75 e altura < 1.80
então peso é 80**

- Regras fuzzy de sistemas especialistas fornecem um método mais consistente e matematicamente mais forte para manipulação de dados imprecisos

se altura é ALTA então peso é PESADO

Inferência



- Mapeia fuzzy sets em fuzzy sets
- Determina como as regras são ativadas e combinadas



Exemplo

- Suponha um sistema para determinar o tempo de execução de um programa, com as seguintes entradas:
 - Número de Instruções Aritméticas
 - Número de Acessos a Disco
- Qual o tempo de execução para o seguinte programa?
 - Número de Instruções Aritméticas = 1×10^8
 - Número de Acessos a Disco = 1×10^5



Regras Fuzzy

**Se nº instruções = grande ou nº acessos = grande
Então tempo = alto**

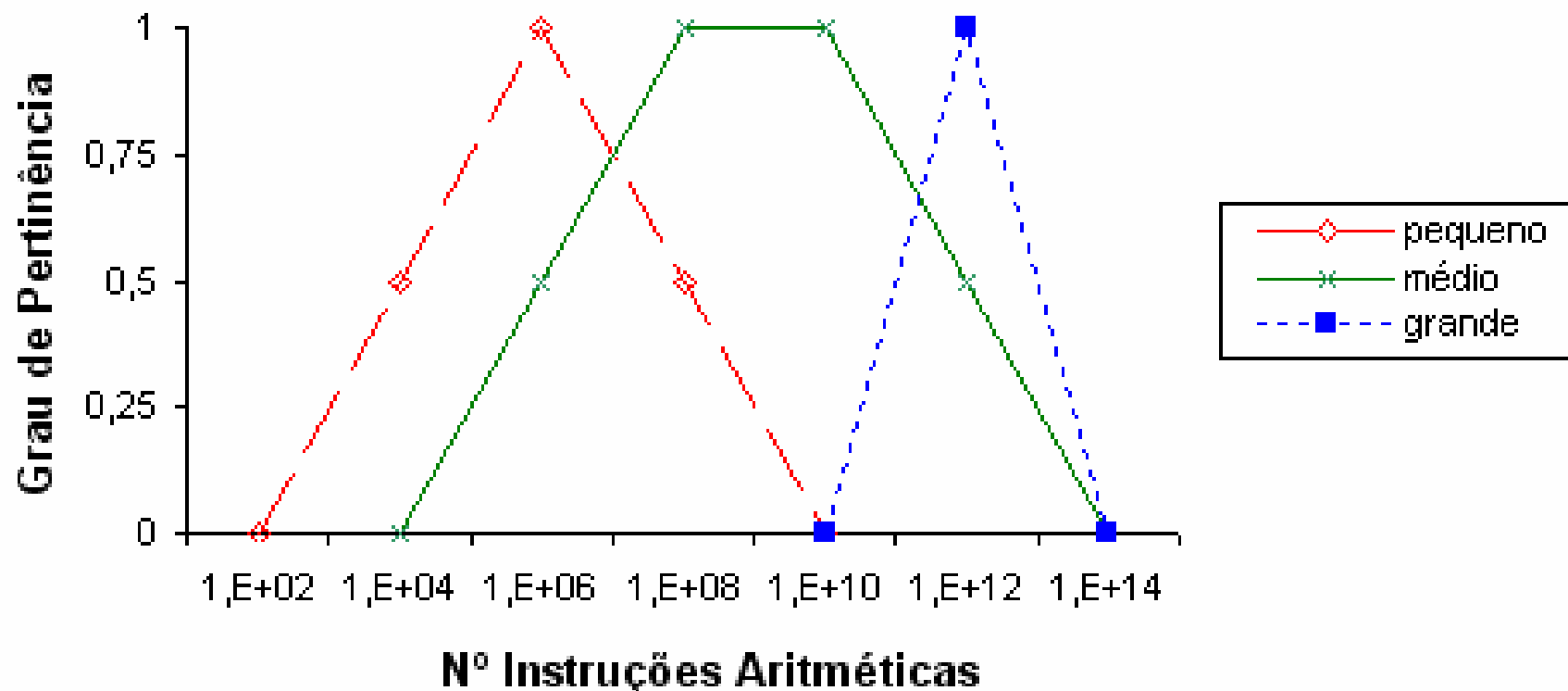
**Se nº instruções = pequeno e nº acessos = médio
Então tempo = médio**

**Se nº instruções = médio e nº acessos = pequeno
Então tempo = pequeno**

Variável Fuzzy

Nº de Instruções Aritméticas

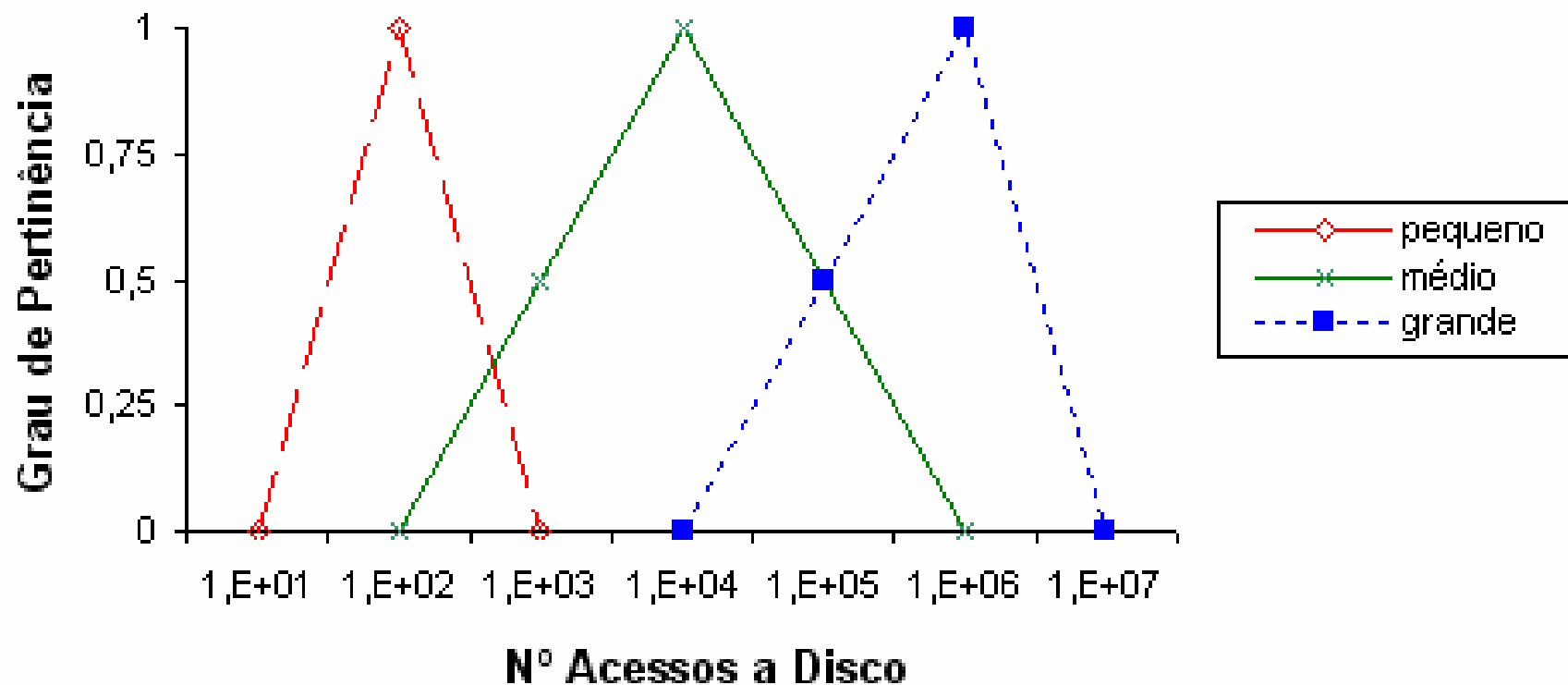
Grau de Pertinência x Nº Instruções Aritméticas



Variável Fuzzy

Nº de Acessos a Disco

Grau de Pertinência x Nº Acessos a Disco





Fuzzificação

- Para cada regra, avaliamos o grau de pertinência do valor de entrada para as premissas das regras, aplicando os operadores e obtendo o grau de pertinência da conclusão

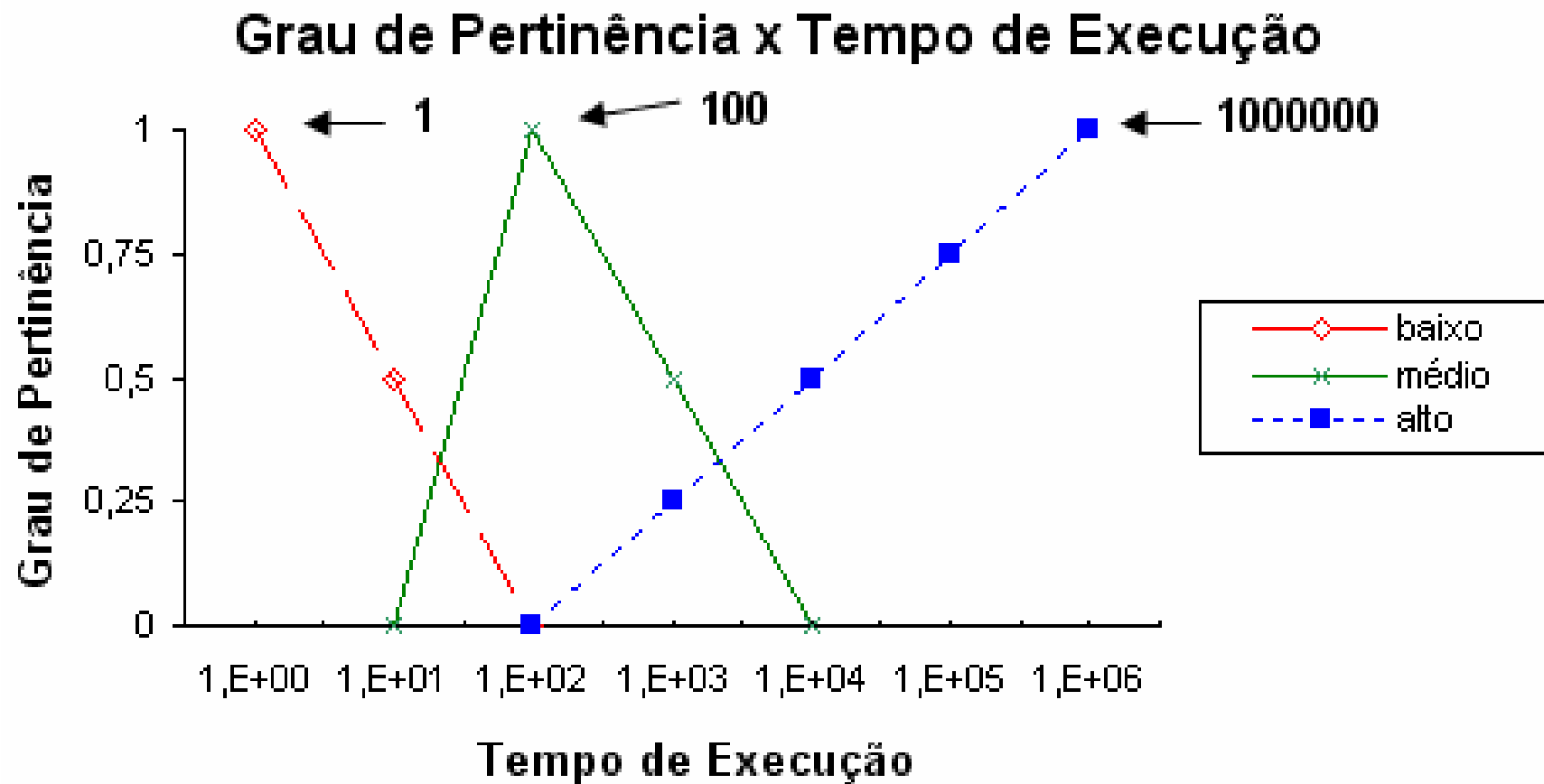
**Se nº instruções = grande ou nº acessos = grande
Então tempo = alto (0 ou 0.5 => 0.5)**

**Se nº instruções = pequeno e nº acessos = médio
Então tempo = médio (0.5 e 0.5 => 0.5)**

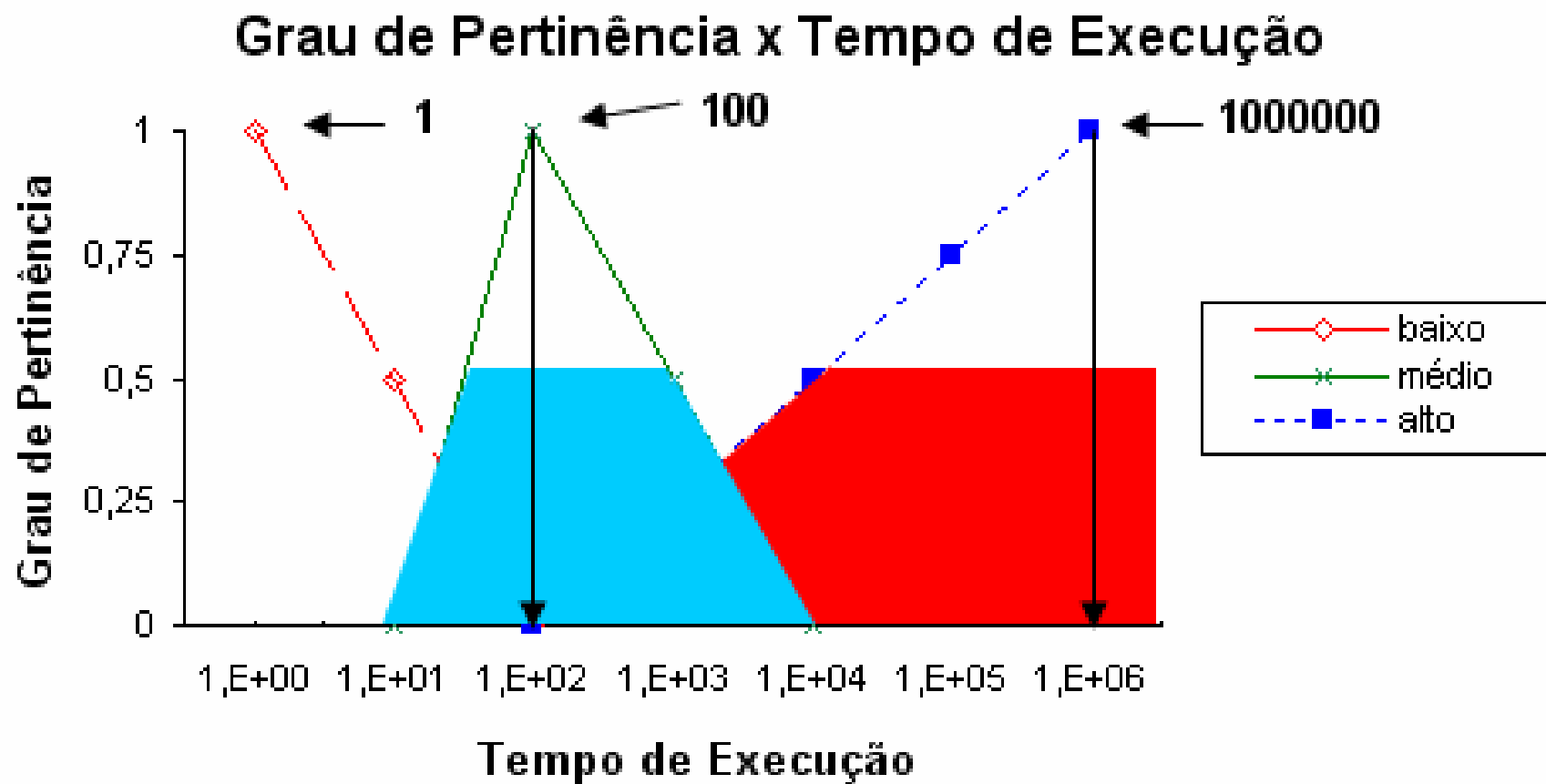
**Se nº instruções = médio e nº acessos = pequeno
Então tempo = pequeno (1 e 0 => 0)**

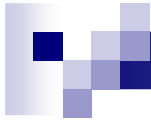
Variável Fuzzy de Saída

Tempo de Execução



Defuzzificação





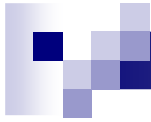
Defuzzificação

- No gráfico anterior, podemos ver a área de pertinência da solução do sistema.
- Agora convertemos as variáveis fuzzy para o valor de saída tradicional fazendo-se a média ponderada dos valores típicos de cada conjunto
- $(0.5 * 1000000 + 0.5 * 100 + 0 * 1) / (0.5 + 0.5 + 0) = 550000 / 1 = \mathbf{550000 \text{ segundos}}$



Conclusões

- Benefícios para os especialistas
 - Habilidade em codificar o conhecimento de uma forma próxima da linguagem usada pelos especialistas
- O processo de aquisição do conhecimento é
 - Mais fácil
 - Menos propenso a falhas e ambiguidades
- Fácil modelar sistemas envolvendo múltiplos especialistas
 - Nos sistemas do mundo real, há vários especialistas sob um mesmo domínio
 - Representam bem a cooperação múltipla, a colaboração e os conflitos entre os especialistas



Conclusões

- Lógica *Fuzzy* tornou-se uma tecnologia padrão é aplicada em análise de dados e sinais de sensores, finanças e negócios, ...
 - Aproximadamente 1100 aplicações bem sucedidas foram publicadas em 1996
 - Utilizada em sistemas de Máquinas Fotográficas, Máquina de Lavar Roupas, Freios ABS, Ar Condicionado, etc.