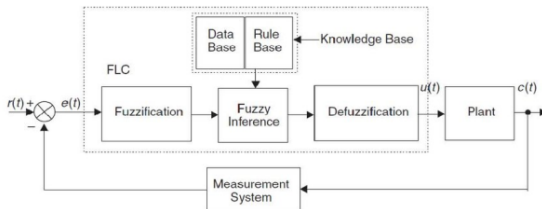


# Sistemas Embarcados (C213)

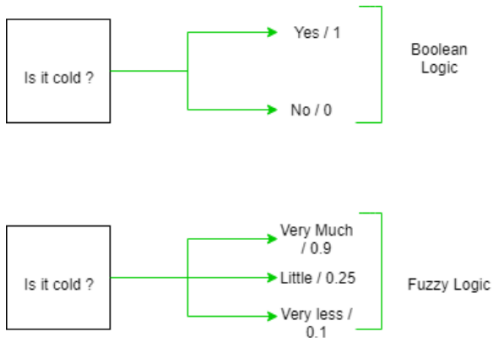
Prof. Samuel Baraldi Mafra



## Sistemas de controle baseados em Fuzzy



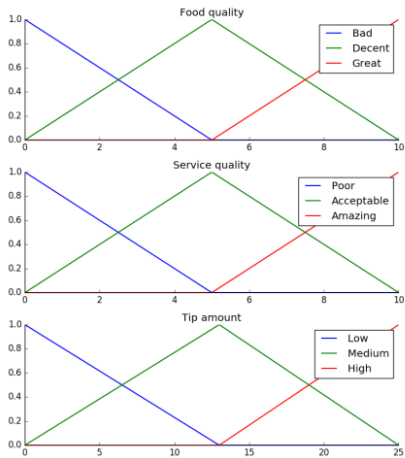
- O termo difuso ou nebuloso refere-se a coisas que não são claras ou são vagas.
- No mundo real, muitas vezes encontramos uma situação em que não podemos determinar se o estado é verdadeiro ou falso, sua lógica fuzzy fornece uma flexibilidade muito valiosa para o raciocínio.



Segundo o Lotfi Zadeh:

- "Na maioria das vezes, as classes de objetos encontrados no mundo físico real não possuem critérios de associação precisamente definidos",
- "No entanto, permanece o fato de que essas 'classes' definidas de forma imprecisa desempenham um papel importante no pensamento humano, particularmente nos domínios de reconhecimento de padrões, comunicação de informações e abstração"

# Gorjeta



## O que é Controle Fuzzy?

- É uma técnica para incorporar pensamentos semelhantes aos humanos em um sistema de controle.
- Pode não ser projetado para fornecer um raciocínio preciso, mas é projetado para fornecer um raciocínio aceitável.
- Ele pode emular o pensamento dedutivo humano, ou seja, o processo que as pessoas usam para inferir conclusões a partir do que sabem.
- Quaisquer incertezas podem ser facilmente tratadas com a ajuda da lógica fuzzy.

## Aplicações

- o controle da temperatura ambiente com a ajuda de ar-condicionado,
- sistema anti-frenagem usado em veículos,
- controle de semáforos,
- máquinas de lavar.

- Ao aplicar o controle tradicional, é preciso conhecer o modelo e a função objetivo formulados em termos precisos. Isso torna muito difícil de aplicar em muitos casos.
- Aplicando a lógica difusa para controle, podemos utilizar o conhecimento e a experiência humana para projetar um controlador.
- As regras de controle fuzzy, basicamente as regras IF-THEN, podem ser melhor utilizadas no projeto de um controlador.



Ao projetar o sistema de controle fuzzy, as seguintes seis suposições básicas devem ser feitas:

- A planta é observável e controlável - Deve-se assumir que as variáveis de entrada, saída e de estado estão disponíveis para fins de observação e controle.
- Existência de um corpo de conhecimento - Deve-se supor que existe um corpo de conhecimento com regras linguísticas e um conjunto de dados de entrada-saída de onde as regras podem ser extraídas.
- Existência de solução - Deve-se supor que existe uma solução.

- Uma solução 'boa o suficiente' é suficiente - A engenharia de controle deve procurar uma solução 'boa o suficiente' em vez de uma solução ótima.
- Faixa de precisão - O controlador lógico fuzzy deve ser projetado dentro de uma faixa aceitável de precisão.
- Questões relativas à estabilidade e otimalidade - As questões de estabilidade e otimalidade devem estar abertas no projeto do controlador lógico fuzzy ao invés de serem abordadas explicitamente

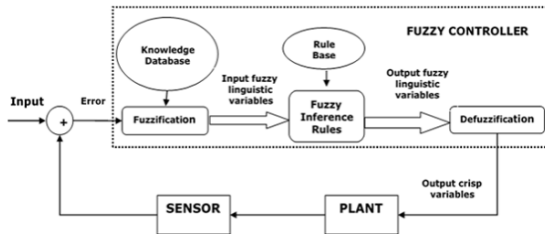
## Vantagens

- Mais barato - Desenvolver um controle fuzzy é comparativamente mais barato do que desenvolver um controlador baseado em modelo ou outro controlador em termos de desempenho.
- Robusto - Os controles fuzzy são mais robustos que os controladores PID devido à sua capacidade de cobrir uma grande variedade de condições operacionais.
- Customizável
- Emular o pensamento dedutivo humano - Basicamente, o controle fuzzy foi projetado para emular o pensamento dedutivo humano, o processo que as pessoas usam para inferir conclusões a partir do que sabem.
- Confiabilidade - O controle fuzzy é mais confiável que o sistema de controle convencional.
- Eficiência - A lógica fuzzy proporciona mais eficiência quando aplicada em sistema de controle.

## Desvantagens

- Útil no caso de dados históricos moderados.
- Necessita de alta experiência humana - Esta é uma desvantagem, pois a precisão do sistema depende do conhecimento e experiência dos seres humanos.
- Necessita de atualização regular das regras - As regras devem ser atualizadas com o tempo.

## Arquitetura Fuzzy

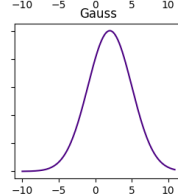
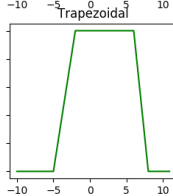
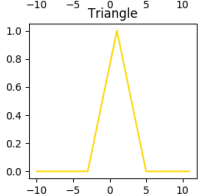
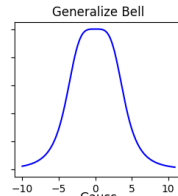
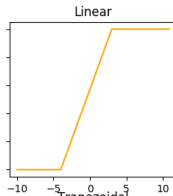
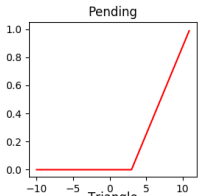


## Sistema de aquecimento: sistema SISO

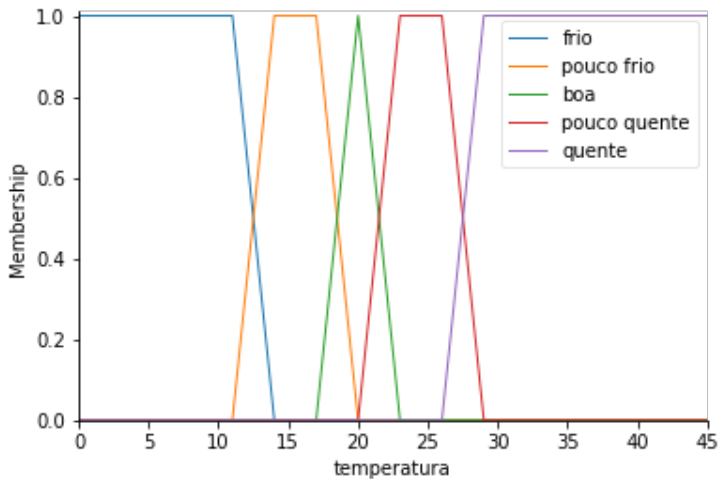


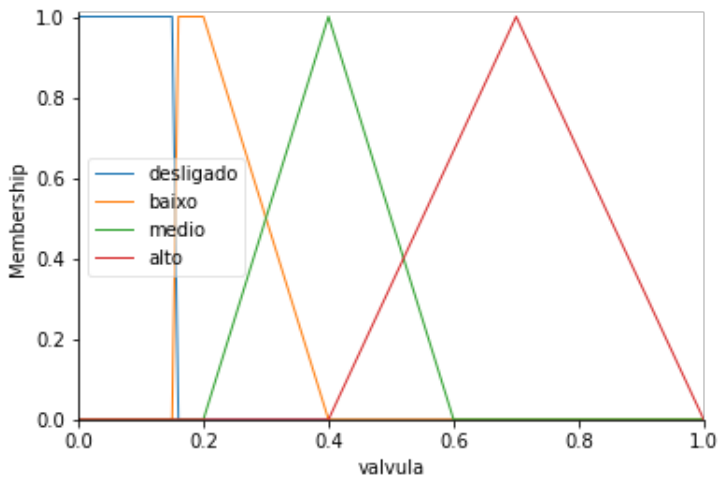
- Fuzzyficação:
- Definição das funções de pertinência (triangular, trapezoidal e outras);
- Definição das variáveis linguísticas;
- Avaliação das entradas de acordo com as regras
- Tem como saída um nível de pertinência que expressa o grau de cada regra

## Membership functions









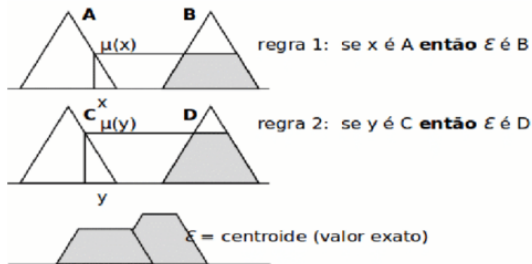
- Inferência:
- Definição das regras do sistema, nos formatos condicionais (SE - ENTÃO), podendo conter múltiplas entradas e saídas.
- Criadas as regras, as preposições são analisadas paralelamente.

### Tabela de regras

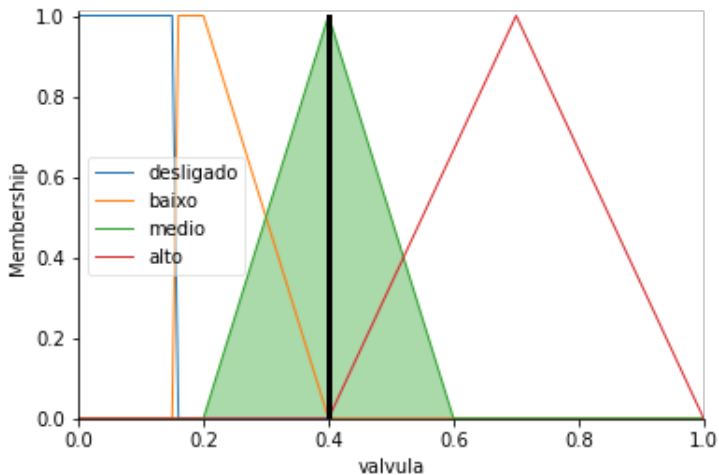
Temperatura	valvula
frio	alto
pouco frio	médio
boa	médio
pouco quente	baixo
quente	desligado

- Desfuzzificação:
- As regiões que resultam da inferência são convertidas em valores numéricos para a variável de saída.
- Alguns métodos são empregados para a desfuzzyficação:  
Método do Centroide, Centro das Somas, Média dos Máximos.
- Centroide

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \mu(x_i)}{\sum_i \mu(x_i)}$$



Saída para uma entrada de 17 graus Celsius



## Freio automático

