

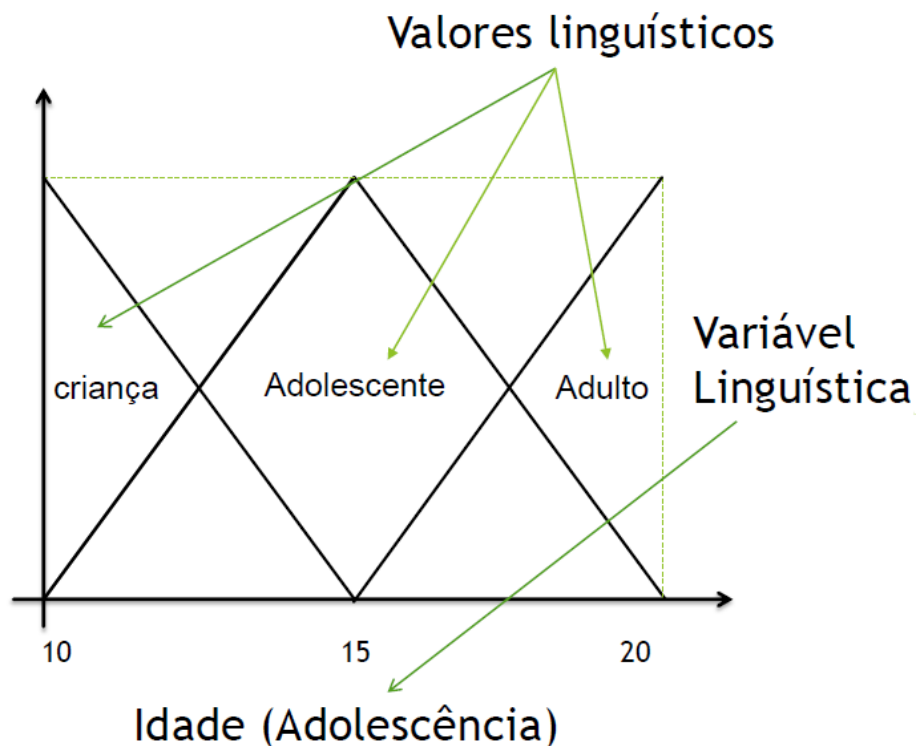
Lógica Fuzzy

Profa. Leticia T. M. Zoby

leticia.zoby@iesb.edu.br

Lógica Fuzzy

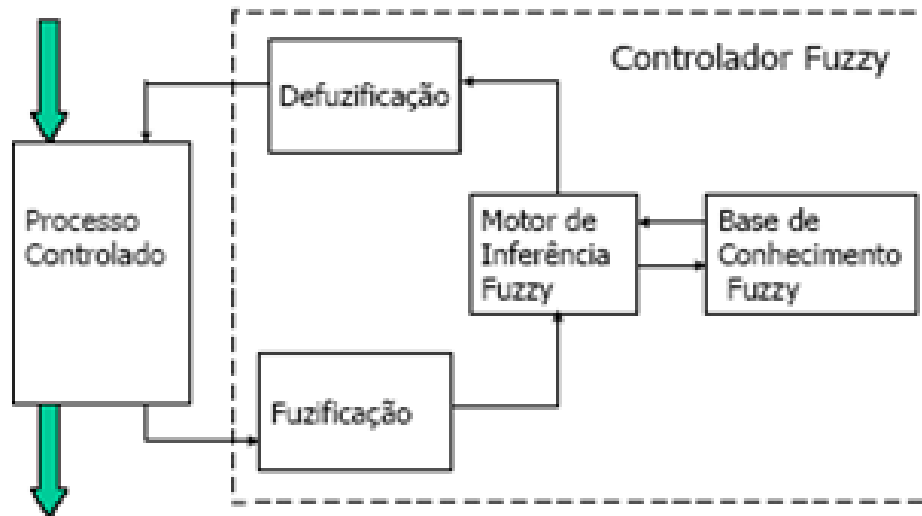
Revisão: Conceitos Básicos



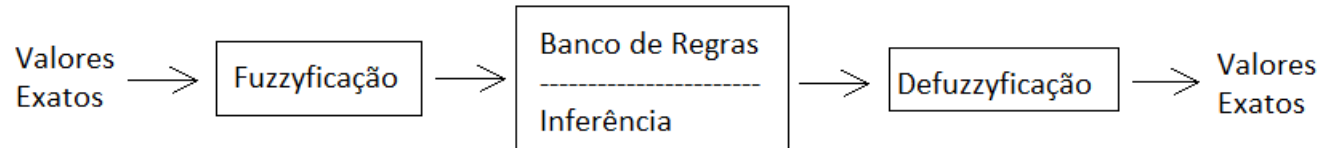
Um conjunto fuzzy é totalmente caracterizado por sua função de pertinência (MF)

Módulo da Lógica Fuzzy

- A Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação são etapas do raciocínio *Fuzzy*

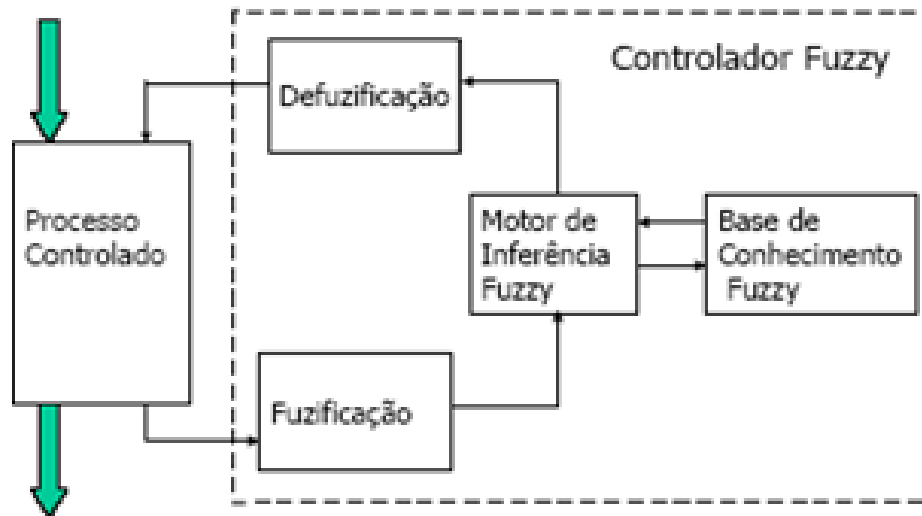


Módulos de um Sistema Fuzzy

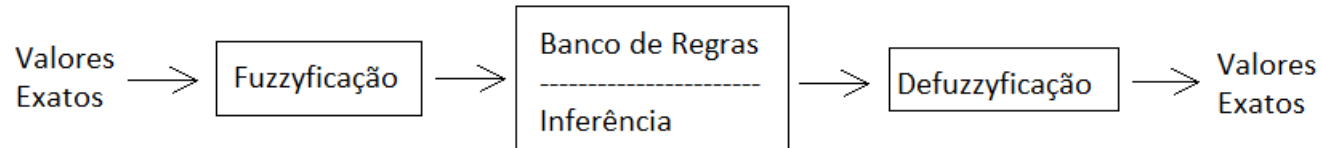


Módulo da Lógica Fuzzy

- A Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação são etapas do raciocínio *Fuzzy*

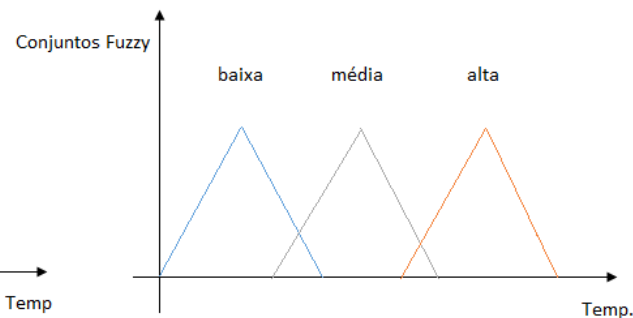
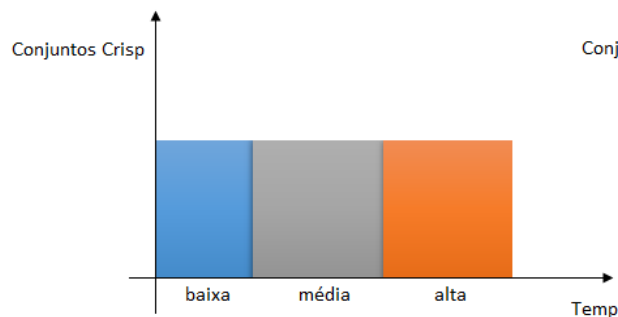


Módulos de um Sistema Fuzzy.



Módulo da Lógica Fuzzy

- **Fuzzificação** - transformar variáveis qualitativas, com base nas funções de pertinência, em alguns significado para o computador.
 - Incluiu:
 - análise do Problema
 - Definições de variáveis
 - Definições das Funções de pertinência
- Ex: Temperatura

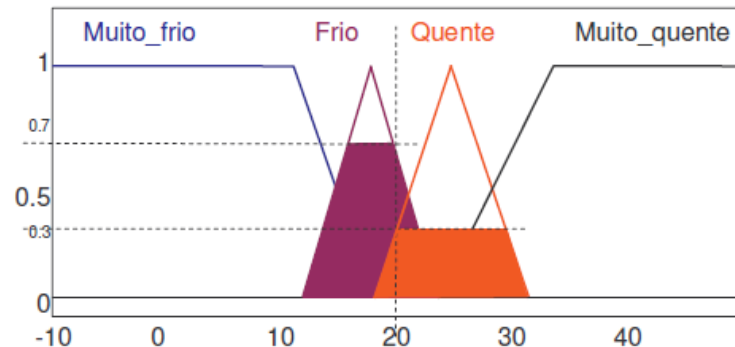


Módulo da Lógica Fuzzy

- **Inferência** - nesse estágio são definidas as regras e depois analisadas. A etapa abrange definição das proposições, análise das regras e criação de uma ou mais regiões.

20°C pode ser considerada “fria” ou “quente”

– 70% fria e 30% quente



Módulo da Lógica Fuzzy

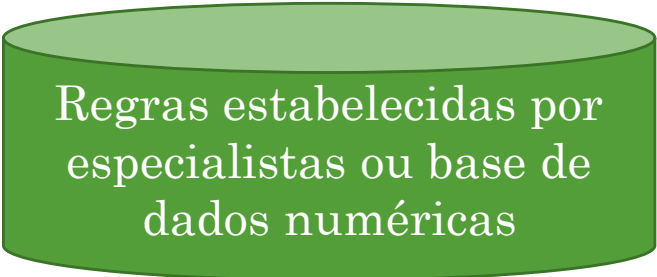
- Inferência

- Aspecto importante: mapeamento entrada/saída
- Regras

- SE X é A ENTÃO Y é B

antecedente consequente

- A inferência Fuzzy interpreta os valores do vetor de entrada, em base a um conjunto de regras, assinando um valor ao vetor de saída.



Regras estabelecidas por
especialistas ou base de
dados numéricas

Módulo da Lógica Fuzzy

- **Defuzzificação** - etapa nas quais as regiões resultantes são convertidas em valores para a variável de saída do sistema. Corresponde à ligação funcional entre as regiões fuzzy e o valor esperado.
 - Há várias técnicas de defuzzificação. Ex: centróide, first-of-maxima, middle-of-maxima, critério máximo.

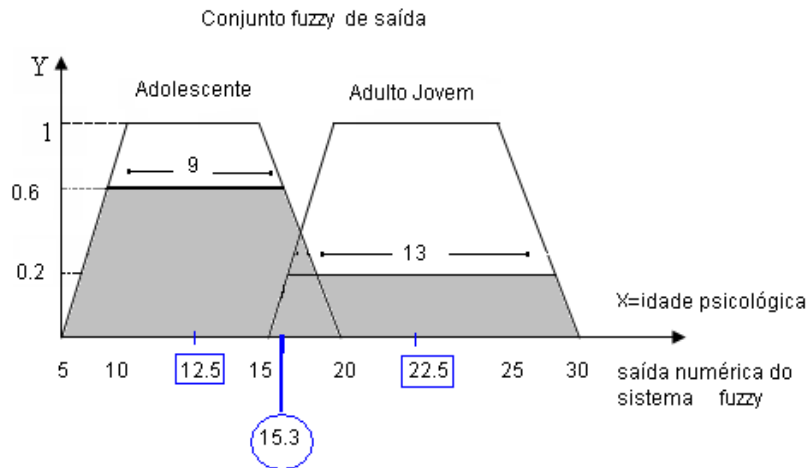
Defuzzificação

- É utilizada para fornecer um valor numérico de saída dos sistemas fuzzy, obtido a partir dos valores de pertinência ao conjunto *fuzzy* de saída.
- Para aplicar um método de *defuzzificação* é necessário que a função de pertinência do conjunto de saída esteja matematicamente definida.
- Existem vários métodos de *defuzzificação* e a seleção de um deles é dependente do domínio da aplicação em desenvolvimento. Mais comuns:
 - centróide,
 - método da média dos máximos
 - método da média ponderada dos máximos
 - critério máximo.

Defuzzificação

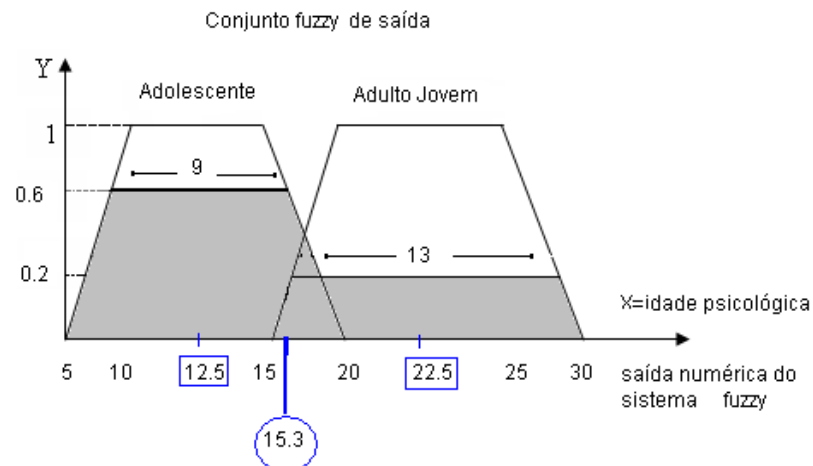
- **Centróide**

- Também chamado de **Método do Centro de Massa**
- o valor numérico obtido representa o centro de gravidade da distribuição de possibilidade de saída do sistema *fuzzy*:
 - a) determinar a abscissa do ponto centróide para cada saída ativada na inferência.
 - b) calcular a área entre o grau de pertinência e o eixo x para cada saída ativada.
 - c) calcular a média ponderada dos pontos centróides pelas respectivas áreas.
- Exemplo:



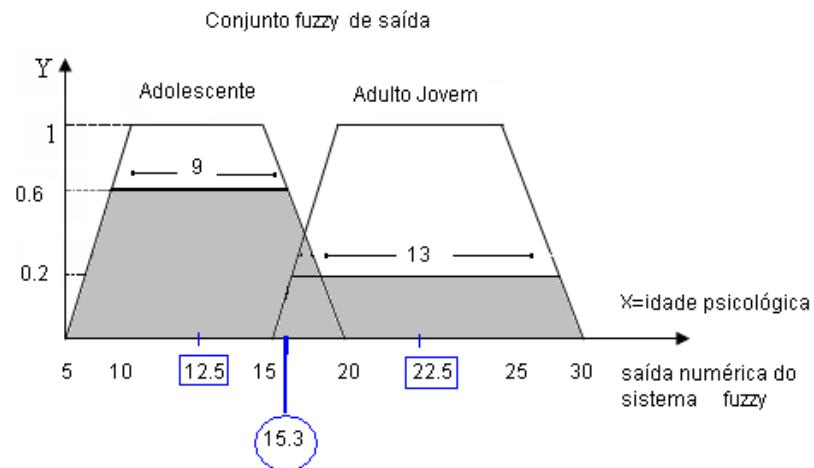
Defuzzificação

- **Método da Média dos Máximos**
 - produz um valor numérico que representa o valor médio de todos os valores centrais ativados.



Defuzzificação

- **Método da Média ponderada dos Máximos**
 - produz um valor numérico considerando a média ponderada dos valores centrais ativados, sendo os pesos os graus de pertinência.



Defuzzificação

- **Critério Máximo.**

- produz um valor numérico igual ao máximo (mínimo) valor ativado (adequado quando a forma da distribuição de possibilidade tem um pico).
- este método não seria aplicável no exemplo estudado.

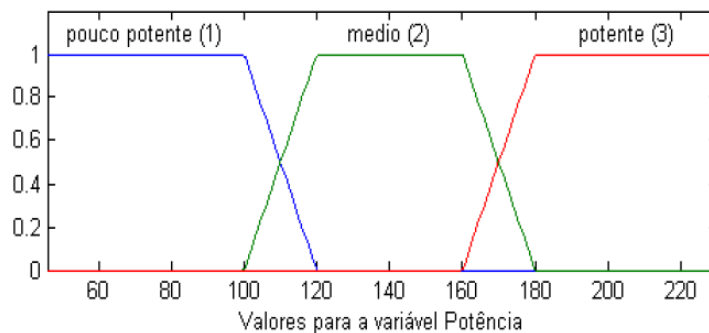
Etapas de Projeto de um Sistema Nebuloso

- Principais pontos na construção de projeto e de implementação para um Sistema Nebuloso
 - a) Seleção das variáveis de entrada e saída.
 - b) Quantização do universo de discurso das variáveis de entrada e saída.
 - c) Composição das regras de inferência.
 - d) Definição das funções de pertinência.
 - e) Discretização do universo de entrada e saída.
 - f) Seleção do tipo de implicação ($A \rightarrow B$)
 - g) Implementação do motor de inferência nebulosa

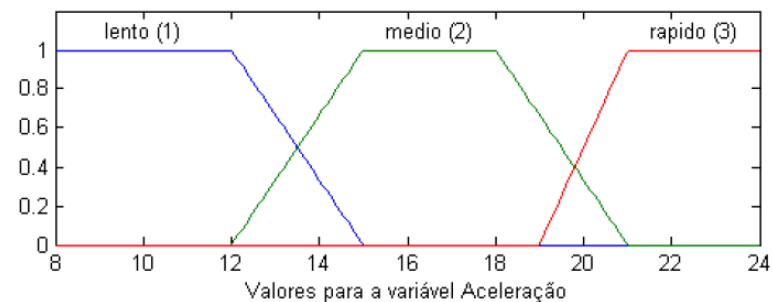
Exemplo de Sistema Fuzzy Baseado em Regras

Sistema que avalia consumo de carros em função dos atributos:

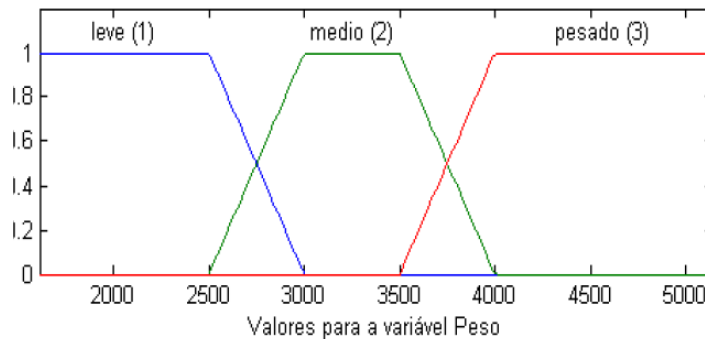
Potência



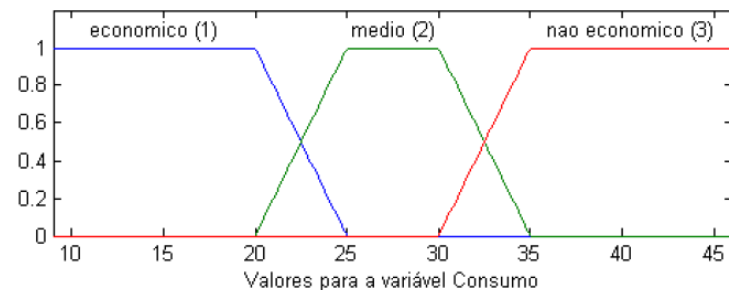
Aceleração



Peso



Consumo



Exemplo de Sistema Fuzzy Baseado em Regras

Base de Regras – Conhecimento do domínio

R1: SE *Potência é potente* E *peso é pesado* E *aceleração é lento*, ENTÃO *consumo é não econômico*.

R2: SE *Potência é pouco potente* E *peso é leve* E *aceleração é rápido*, ENTÃO *consumo é econômico*.

R3: SE *Potência é pouco potente* E *peso é pesado* E *aceleração é médio*, ENTÃO *consumo é médio*.

R4: SE *Potência é potente* E *peso é médio* E *aceleração é lento*, ENTÃO *consumo é médio*.

R5: SE *Potência é potente* E *peso é médio* E *aceleração é médio*, ENTÃO *consumo é médio*.

Exemplo de Sistema Fuzzy Baseado em Regras

Conjunto de Exemplos

Exemplo	Potência	Peso	Aceleração	Consumo	Classe
1	180	3852	13,5	33	Não econômico
2	175	3010	14,4	32	Médio
3	82	2720	19,4	31	Médio

Saída desejada
Classe não-econômico

$E1 = (180; 3852; 13,5; 33)$

potência = 180 e peso = 3852 e aceleração = 13,5

- ▶ Cálculo do grau de compatibilidade:
- ▶ R1: SE *Potência é potente E peso é pesado E aceleração é lento*, ENTÃO *consumo é não econômico*.
 - ▶ $R_1(E) = \min [\text{potente}(180), \text{pesado}(3852), \text{lento}(13,5)] = \min [1 ; 0,7; 0,5] = 0,5$
- ▶ R4: SE *Potência é potente E peso é medio E aceleração é lento*, ENTÃO *consumo é médio*.
 - ▶ $R_4(E) = \min [\text{potente}(180), \text{medio}(3852), \text{lento}(13,5)] = \min [1 ; 0,3; 0,5] = 0,3$
- ▶ Regra com maior grau de associação: R_1
 - ▶ Saída de R_1 = não-econômico
 - ▶ Saída obtida = *não-econômico*

Saída obtida = saída desejada
Classificação correta

Saída desejada
Classe médio

$E2 = (175; 3010; 14,4; 32)$
potência = 175 e peso = 3010 e aceleração = 14,4

► Cálculo do grau de compatibilidade:

$$R_4(E) = \min [\text{potente}(175), \text{medio}(3010), \text{lento}(14,4)] \\ = \min [0,75 ; 1; 0,2] = 0,2$$

$$R_5(E) = \min [\text{potente}(175), \text{pesado}(3010), \text{medio}(14,4)] \\ = \min [0,75 ; 1; 0,8] = 0,75$$

- Regra com maior grau de associação: R_5
- Saída de R_5 = médio
- Saída obtida = *médio*

Saída obtida = saída desejada
Classificação correta

Saída desejada
Classe médio

$E3 = (46; 1835; 20,5; 26)$

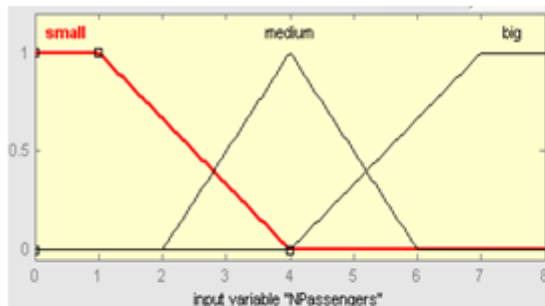
potência = 46 e peso = 1835 e aceleração = 20,5

- ▶ Cálculo do grau de compatibilidade:
- ▶ R2: SE Potência é pouco potente E peso é leve E aceleração é rápido, ENTÃO consumo é econômico.
 - ▶ $R2(E) = \min [\text{pouco_potente}(46), \text{leve}(1835), \text{rapido}(20,5)] = \min [1 ; 1; 0,5] = 0,5$
- ▶ Regra com maior grau de associação: R_2
- ▶ Saída de $R_2 = \text{econômico}$
- ▶ Saída obtida = econômico

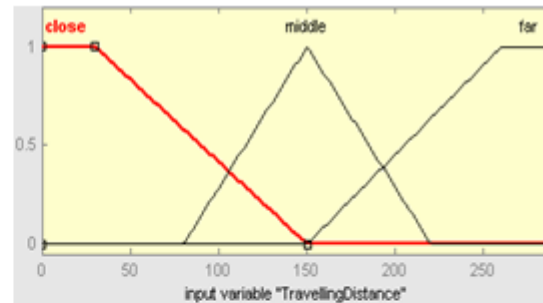
Saída obtida \neq saída desejada
Classificação incorreta

Implementação - Exemplo

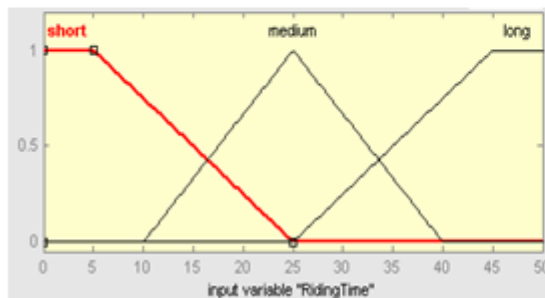
- Aplicação de Lógica *Fuzzy* a um sistema de simulação de elevadores
- Definição das regras e utilização do motor de inferência
- Simulador - Funções de Pertinência: (a) número de passageiros; (b) tempo de viagem; (c) distância da viagem; e (d) t_e



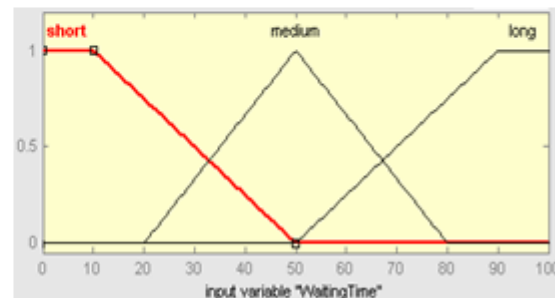
(a)



(c)



(b)



(d)

Implementação

- Python:
 - Control – skfuzzy
 - scikit-fuzzy
 - Problema da Gorjeta
 - https://scikit-fuzzy.readthedocs.io/en/latest/auto_examples/plot_tipping_problem_new_api.html

Referências

- LUGER, George F. **Inteligência Artificial**. Pearson (Edição Digital). 2015.
- PIMENTEL, Carlos. **Lógica Nebulosa: Uma Introdução**. 3 ed. Fortaleza: UFCE: 2014.
- RUSSEL, Stuart.; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 3a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2013.

