

CENTEC

INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO

Lógica Fuzzy

Sistemas Inteligentes

Especialização em Automação Industrial

- Lógica Fuzzy, ou lógica difusa, ou ainda lógica nebulosa, admite valores intermediários. Ao contrário da lógica booleana, que apenas admite valores máximos e mínimos (0 ou 1, verdadeiro ou falso, alto ou baixo, etc.), é possível levar em consideração valores não claros, que não podem ser bem definidos. Isso explica o uso da palavra “fuzzy”, que do inglês significa nebuloso, subjetivo...

- Dessa forma, além dos valores 0 e 1 já conhecidos na álgebra booleana, sistemas inteligentes que utilizam métodos fuzzy consideram também valores intermediários como 0,5. Conseqüentemente estes sistemas são capazes de detectar, por exemplo, além do frio e do quente, o morno. Não só isso, mas ainda a capacidade de acrescentar informações como “congelado” ou “fervendo”, que são situações “acima” ou “abaixo” do máximo e mínimo estabelecido.

•Na intenção de determinar o grau de “certeza” ou de “incerteza” relativo a altura de determinadas pessoas, verificamos primeiro quem é o indivíduo mais baixo e quem é o mais alto e atribuímos a ele o equivalente ao VERDADEIRO e ao FALSO da álgebra de boole (1 e 0, respectivamente). São estas as pessoas e suas respectivas alturas:

- Francisco: 1,70m;
- Matheus: 2,00m;
- Marisa: 1,60m;
- Neto: 1,80m.

•Organizando de forma crescente, vamos definir o grau de certeza a respeito do indivíduo ser ALTO:

- Marisa: 1,60m;
- Francisco: 1,70m;
- Neto: 1,80m;
- Matheus: 2,00m.

•Então:

- A = Marisa = $\mu(A) = 0$
- B = Francisco = $\mu(B) = 0,25$
- C = Neto = $\mu(C) = 0,5$
- D = Matheus = $\mu(D) = 1$

•analogamente, vamos definir o grau de certeza a respeito do indivíduo ser BAIXO:

- Marisa: 1,60m;
- Francisco: 1,70m;
- Neto: 1,80m;
- Matheus: 2,00m.

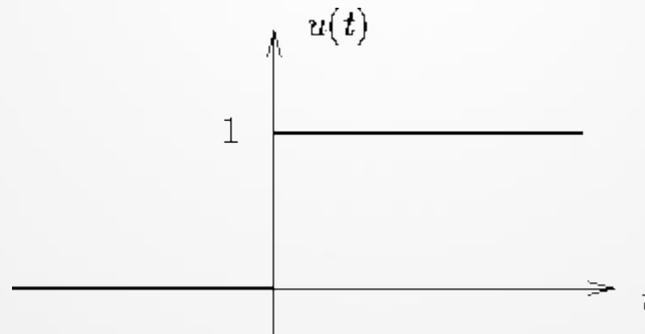
•Então:

- A = Marisa = $\mu(A) = 1$
- B = Francisco = $\mu(B) = 0,75$
- C = Neto = $\mu(C) = 0,5$
- D = Matheus = $\mu(D) = 0$

- A teoria dos conjuntos Fuzzy é uma extensão da teoria dos conjuntos “crisp” (tradicionais). Portanto é válido relembrar alguns conceitos.
 - Um conjunto (finito) A com os elementos a1, a2, a3 é definido como:
 $A = \{a1, a2, a3\}$;
 - Pode ser definido também como:
 $A = \{x | P(x)\}$, onde “|” significa “tal que”. Ou seja, o conjunto A é o conjunto de todos os elementos X onde P(x) é verdadeiro.

- Um conjunto A é definido por uma *função característica* $\{\gamma_A(x)\}$, que distingue quais elementos de X são membros do conjunto A .

$$\gamma_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \in A \\ 0 & \text{para } x \notin A \end{cases}$$



•As operações em conjuntos tradicionais:

•União:

$$A \cup B = \{x | x \in A \text{ ou } x \in B\}$$

•Intersecção:

$$A \cap B = \{x | x \in A \text{ e } x \in B\}$$

•Complemento

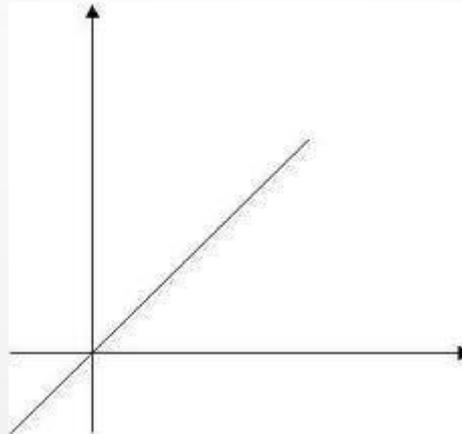
$$\neg A = \{x | x \in X \text{ e } x \notin A\}$$

- Além de algumas propriedades:
 - Involução
 $\neg (\neg A) = A$
 - Comutatividade
 $A \cup B = B \cup A$ e $A \cap B = B \cap A$
 - Associatividade
 $(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$ e $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$
 - Distributividade
 $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$

- A lógica fuzzy, ao contrário dos conjuntos tradicionais, abrange conjuntos não finitos. Assim, definimos *função de pertinência* (μ_A):

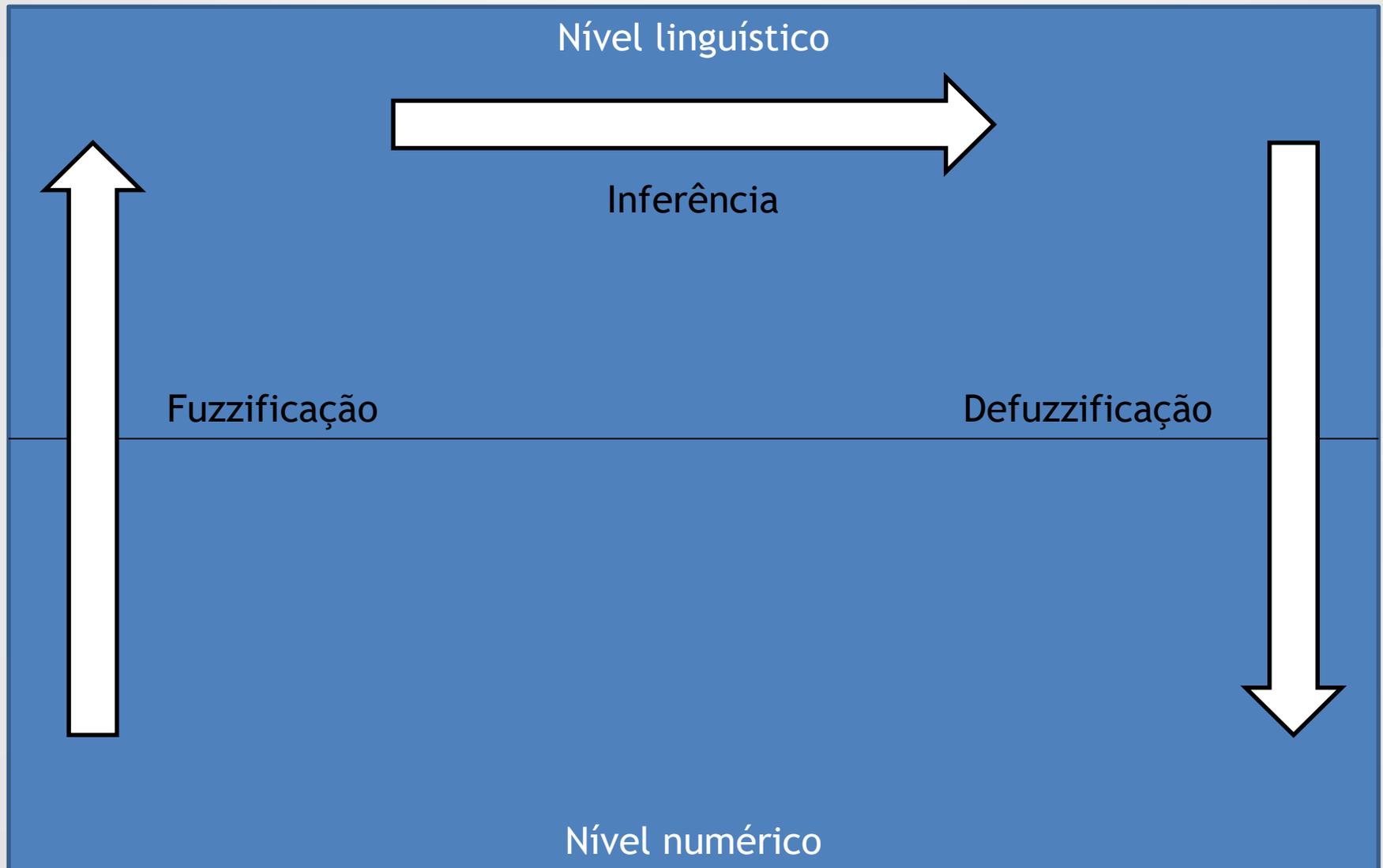
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1]$$

- Este conjunto abrange todos os valores possíveis entre 0 e 1.



- Suponha um conjunto de idades $U = \{5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$ e um conjunto fuzzy que categorize essas idades como Criança, Adulto, Jovem ou Velho. A tabela que relaciona estes conjuntos é:

| Idade | Criança | Adulto | Jovem | Velho |
|-------|---------|--------|-------|-------|
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0.7 | 0 | 1 | 0 |
| 20 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.1 |
| 30 | 0 | 1 | 0.5 | 0.2 |
| 40 | 0 | 1 | 0.2 | 0.4 |
| 50 | 0 | 1 | 0.1 | 0.6 |
| 60 | 0 | 1 | 0 | 0.8 |
| 70 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 80 | 0 | 1 | 0 | 1 |



Envolve:

- Análise do Problema
- Definição das Variáveis
- Definição das Funções de pertinência
- Criação das Regiões

Envolve:

- Definição das proposições
- Análise das Regras
- Criação da região resultante

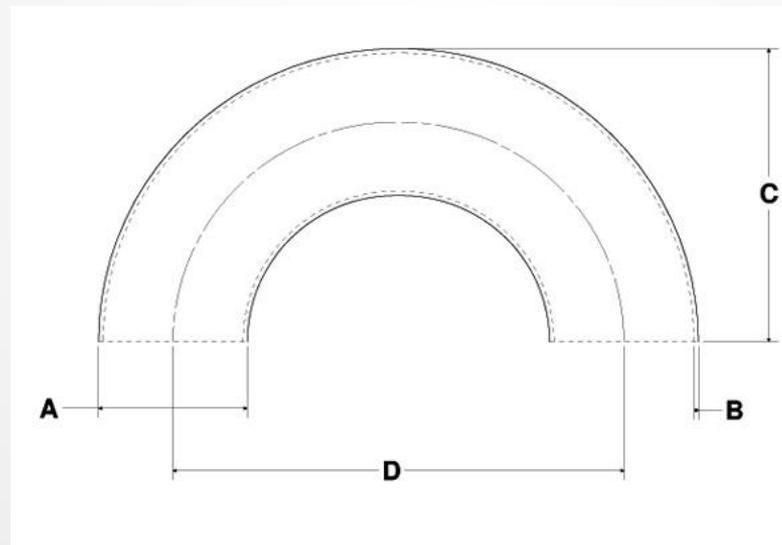
Envolve:

- Conversão das regiões resultantes em valores para a variável de saída do sistema;
- Ligação funcional entre as regiões Fuzzy e o valor esperado.

•Deseja-se fazer um robô seguidor de linha que seja capaz de mudar a sua velocidade de acordo com a intensidade da curva que o mesmo tem que fazer. Para que a tarefa de seguir a rota traçada seja feita com maior precisão, é necessário distinguir:

- Reta (0°);
- Curva leve (45°);
- Curva moderada (90°);
- Curva acentuada (180°).

- É importante levar em consideração aspectos mecânicos, como a possibilidade do veículo ser levado para fora da pista a depender da velocidade com que a curva é feita. Por esse motivo, é necessário que o robô varie a velocidade de acordo com a intensidade da curva (curvas acentuadas devem ser contornadas mais lentamente).



- Considerando que podemos resolver essa situação tratando a velocidade inversamente proporcional à acentuação da curva, podemos listar os seguintes conjuntos:

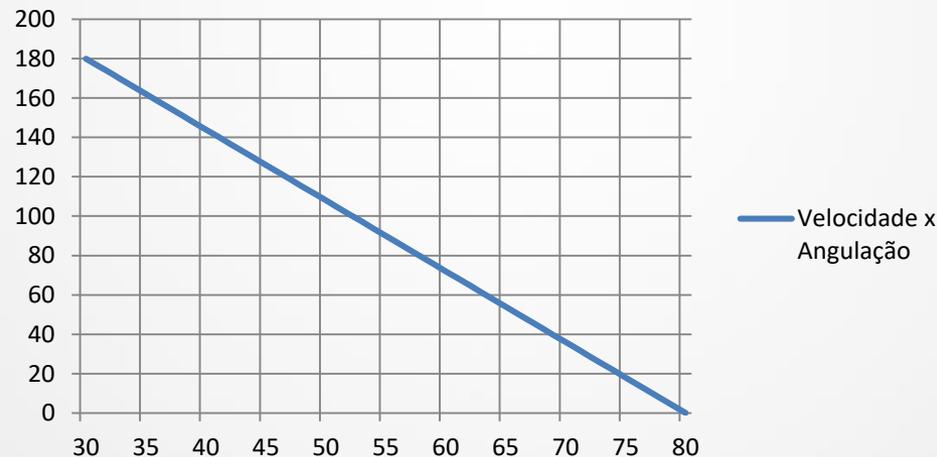
| Acentuação | Reta | Leve | Moderada | Acentuado |
|------------|------|------|----------|-----------|
| 0° | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 45° | 0,75 | 1 | 0,5 | 0,25 |
| 90° | 0 | 0,5 | 1 | 0,75 |
| 180° | 0 | 0,25 | 0,75 | 1 |

- Dependendo da velocidade máxima que o robô consiga atingir em linha reta e da velocidade mínima que se deseja que ele trafegue na situação de curva mais acentuada, os valores de velocidade intermediários são definidos:

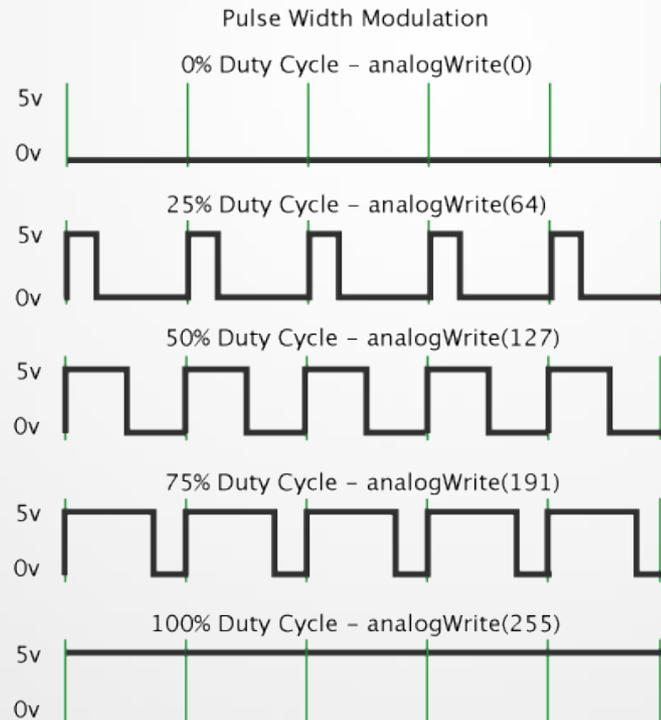
| Acentuação | Reta |
|------------|-----------|
| 0º | 80 km/h |
| 45º | 67,5 km/h |
| 90º | 55 km/h |
| 180º | 30 km/h |

- Como se tratam de grandezas inversamente proporcionais, podemos montar um gráfico que descreve o incremento da velocidade com a diminuição da acentuação das curvas (ver tabela do Excel):

Velocidade x Angulação



- Nesse caso, pode se aplicar uma técnica de controle de velocidade de motores de corrente contínua chamada PWM (Modulação por Largura de Pulso). Caso o motor esteja 100% de um período alimentado eletricamente (**ciclo ativo de 100%**), então será atingida a velocidade máxima (80 km/h). Proporcionalmente, se o motor estiver apenas 50% do tempo alimentado (**ciclo ativo de 50%**), teremos uma velocidade intermediária (40 km/h).



- Esse tipo de controle pode ser implementado por meio de microcontroladores como os PICs e Arduinos (Ver simulação no Proteus).

