

1. Máquina de Lavar

Considere o problema da **Máquina de Lavar com Controle Fuzzy**.

Neste problema temos duas variáveis de entrada:

- X_1 Grau de sujeira da roupa (Sujeira)
- X_2 Manchas presentes na roupa (Manchas)

e uma variável de saída

- Y Tempo de lavagem da máquina

Suponha um sistema *fuzzy* (modelo MAMDANI definido por um especialista para resolver este problema) composto por uma base de dados, base de regras e mecanismo de inferência conforme mostrado a seguir:

1. BASE DE DADOS

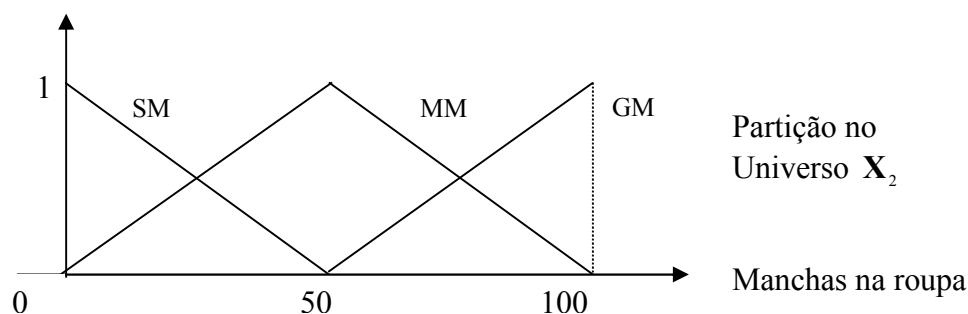
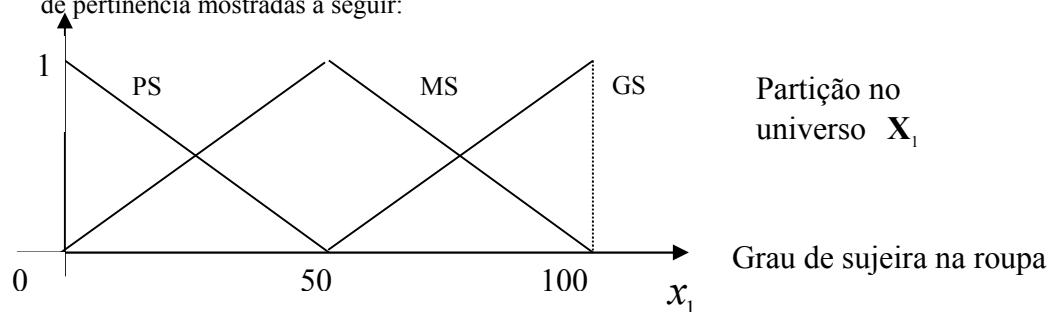
Na base de dados, as variáveis lingüísticas X_1 , X_2 e Y possuem os seguintes conjuntos de termos lingüísticos:

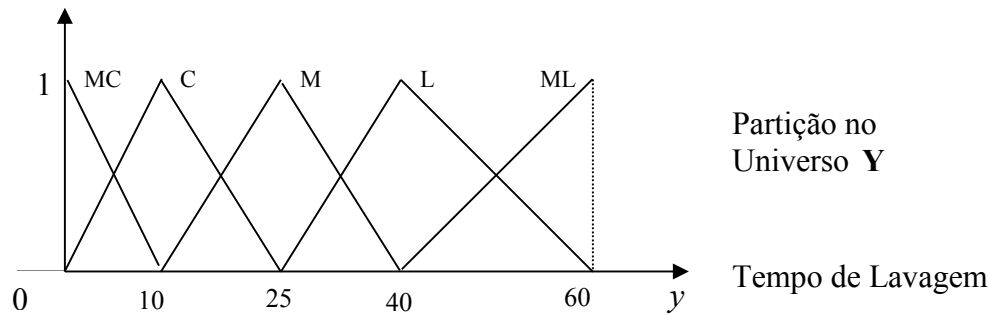
$$T(X_1) = \{PS(\text{pequena sujeira}), MS(\text{média sujeira}), GS(\text{grande sujeira})\}$$

$$T(X_2) = \{SM(\text{sem mancha}), MM(\text{média mancha}), GM(\text{grande mancha})\}$$

$$T(Y) = \{MC(\text{muito curto}), C(\text{curto}), M(\text{médio}), L(\text{longo}), ML(\text{muito longo})\}$$

A regra semântica M , definida pelo especialista, associa cada rótulo dos termos nos conjuntos T às funções de pertinência mostradas a seguir:





2. BASE DE REGRAS

A base de regras envolvendo as entradas (grau de sujeira e manchas na roupa) e a saída (tempo de lavagem) é dada por:

	SM	MM	GM
PS	MC	M	L
MS	C	M	L
GS	M	L	ML

O que define o seguinte conjunto de regras *fuzzy*:

R1: Se X_1 é **PS** E X_2 é **SM** então Y é **MC**

R2: Se X_1 é **PS** E X_2 é **MM** então Y é **M**

.

.

R9: Se X_1 é **GS** E X_2 é **GM** então Y é **ML**

E de forma não abreviada:

R1: Se grau de sujeira é **pequena sujeira** E manchas na roupa é **sem manchas** então o tempo de lavagem é **muito curto**

3. MECANISMO de RACIOCÍNIO

O especialista definiu os seguintes operadores para o raciocínio *fuzzy* do modelo:

- Composição sup-t = sup-min (*matching* = possibilidade) **Opção não disponível no Matlab pois é padrão nos processos de inferência**
- Agregação dos Antecedentes (**And Method no Matlab para regras do tipo E**) = **produto** algébrico
- Semântica das Regras (**implicação no Matlab**) = **produto** algébrico (regra de Larsen)
- Agregação das Regras (**Agregação no Matlab**) = **Max**
- Método de Defuzificação = **MoM**

Exercício 1)

a) Utilizando o toolbox do software Matlab implemente o modelo a seguir e defina a saída *crisp* considerando-se como entrada os valores *crisp*

$$x_1 = 60 \quad \text{e} \quad x_2 = 70 \quad y = \underline{\hspace{2cm}}$$

b) Quantas e quais regras foram ativadas considerando-se as entradas anteriores ?

Exercício 2) Modifique as entradas anteriores para os seguintes conjuntos de valores

x_1	x_2	y
10	70	
90	10	
0	40	
30	0	

Exercício 3) Visualize o mapeamento gerado pelo sistema fuzzy.

Exercício 4) Modifique os operadores do raciocínio fuzzy para os seguintes valores

- Composição sup-t = sup-min (*matching* = possibilidade) **Opção não disponível no Matlab**
- Agregação dos Antecedentes (**And Method no Matlab para regras do tipo E**) = **Min**
- Semântica das Regras (**implicação no Matlab**) = **Min** (regra de Mamdani)
- Agregação das Regras (**Agregação no Matlab**) = **Max**
- Método de Defuzificação = **Centróide**

E refaça os exercícios 1) 2) e 3) (Compare com os resultados obtidos)

Exercício 5) Salve cada FIS (fuzzy inference system) MAMDANI no workspace com o nome MaqLav
Avalie agora no worksape o sistema MaqLav para o seguinte conjunto de entradas

x_1	x_2	y
0	0	
0	10	
...	...	
0	100	
10	0	
10	10	
...	...	
10	100	
...	...	
100	0	
100	10	
...	...	
100	100	

Dica: Utilize a função evalfis para resolver o problema.

Descrição resumida da função evalfis

```
output= evalfis(input,fismat)
```

onde

input é uma matriz LxN (L dados com N variáveis de entrada)

fismat é um FIS que deve estar disponível no workspace

Dica utilize o seguinte código para gerar a entrada (input)

```
lin=1;
for(i=0:10:100),
    for(j=0:10:100),
        entrada(lin,:)= [i j];
        lin = lin+1;
    end
end
```

```
saida = evalfis(entrada,MaqLav);
```

Salve essa tabela (entrada,saida) pois ela será a prova de conceito da tarefa de implementação da máquina de lavar

Exercício 6) Refaça os Exercícios 1), 2), 3), 4) (dois primeiros itens) e 5) considerando agora

- o modelo TAKAGI-SUGENO de ordem ZERO (para aproveitar os antecedentes do modelo Mamdani digite na linha de comando > MaqLavSug = man2sug(MaqLav), onde MaqLav é o FIS salvo no workspace
 - com as mesmas funções de pertinências das variáveis de entrada consideradas no modelo Mamdani
 - Com os mesmos antecedentes nas regras R1... R9 da seção 2
 - E com os seguintes consequentes:

Rj	$g_j(\mathbf{w}_j, \mathbf{x}) = k_j$
ConseqR1	0.5
ConseqR2	23
ConseqR3	42
ConseqR4	10
ConseqR5	26
ConseqR6	42
ConseqR7	27
ConseqR8	41
ConseqR9	60