

## Inteligência Artificial

### Lógica Difusa ( *Fuzzy Logic* ) - Ficha de Trabalho -

**Paulo Moura Oliveira**

*Departamento de Engenharias*

*Gabinete F2.15, ECT-1*

**UTAD**

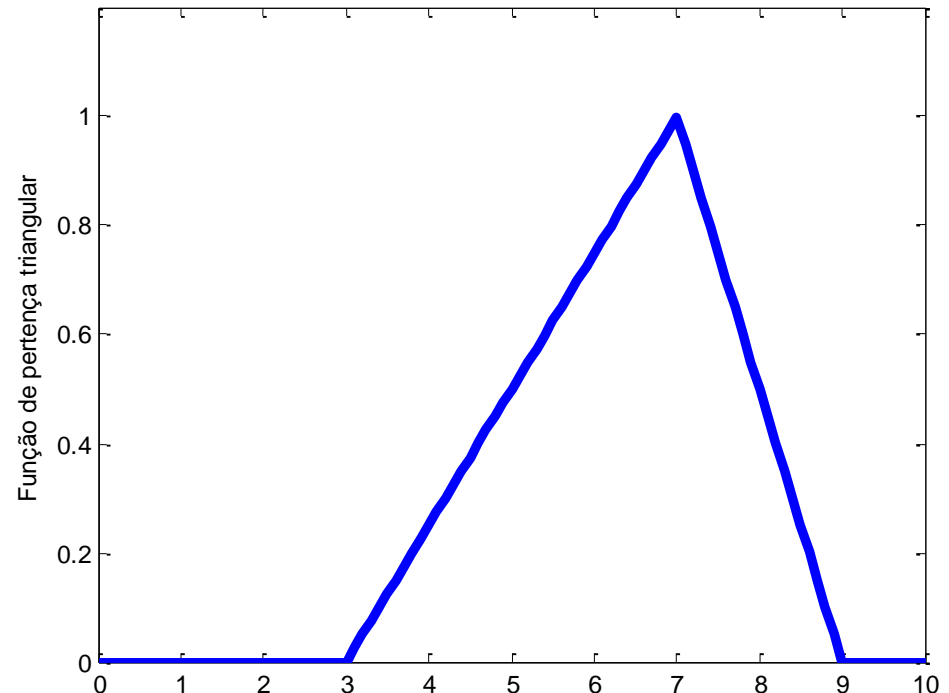
*email: [oliveira@utad.pt](mailto:oliveira@utad.pt)*

# Resolução Ficha Fuzzy Logic

1. Considerando um vetor,  $x$  com início em 0, incremento de 0.1 e término em 10, obtenha o vetor  $f$  correspondente às seguintes funções de pertença, apresentando o gráfico correspondente:

- Função triangular com vértices em  $a=3$ ,  $b=7$  e  $c=9$  : [3 7 9]

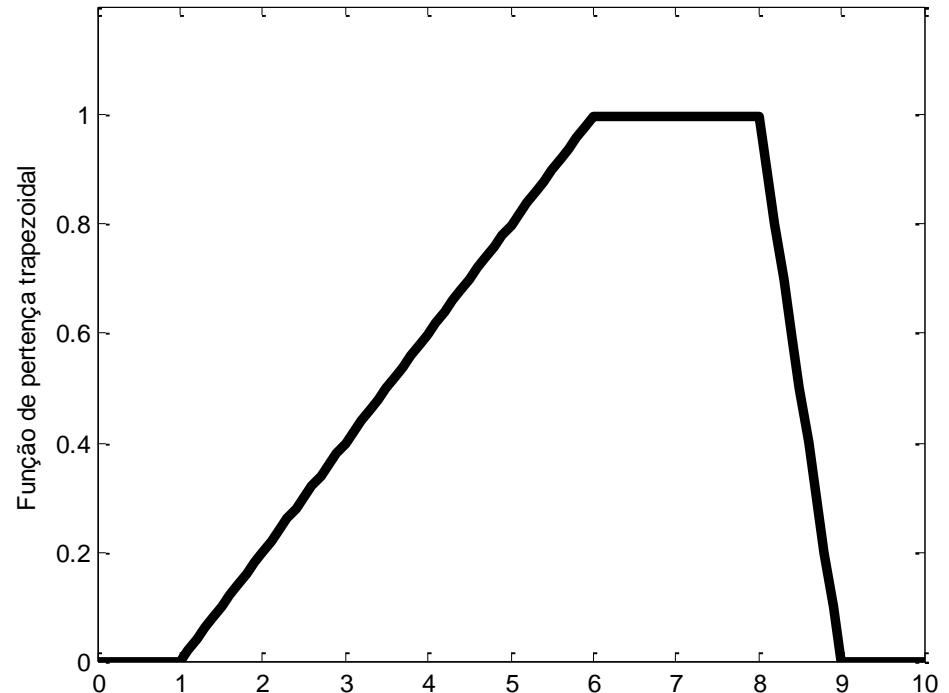
```
x=0:0.1:10;  
  
y=trimf(x, [3 7 9]);  
  
plot(x,y, 'b-', 'LineWidth', 4)  
axis([0 10 0 1.2]);  
%xlabel('trimf, P=[3 6 8]')  
ylabel('Função de pertença  
triangular')
```



# Resolução Ficha Fuzzy Logic

1.
  - Função trapezoidal com vértices em  $a=1$ ,  $b=6$ ,  $c=8$ ,  $d=9$ : [1 6 8 9]

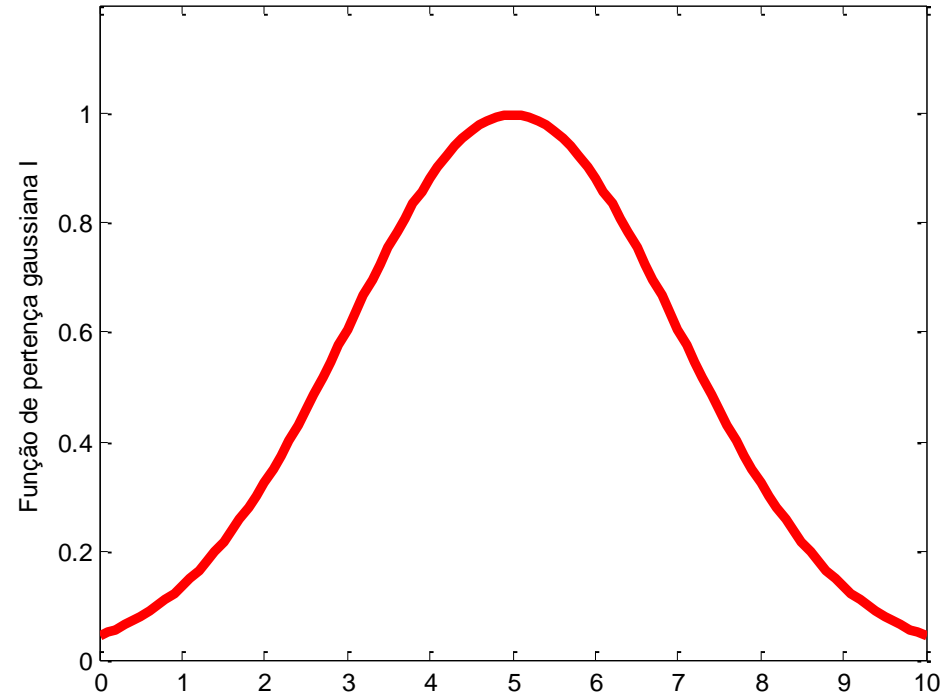
```
x=0:0.1:10;  
  
y=trapmf(x,[1 6 8 9]);  
  
plot(x,y,'k-','LineWidth',4)  
axis([0 10 0 1.2]);  
ylabel('Função de pertença  
trapezoidal')
```



# Ficha Fuzzy Logic

1.
  - Função Gaussiana com variância=2 e centro=5: [2 5]

```
x=0:0.1:10;  
  
y=gaussmf(x,[2 5]);  
  
plot(x,y,'r-','LineWidth',4)  
axis([0 10 0 1.2]);  
%xlabel('trimf, P=[3 6 8]')  
ylabel('Função de pertença  
gaussiana I')
```

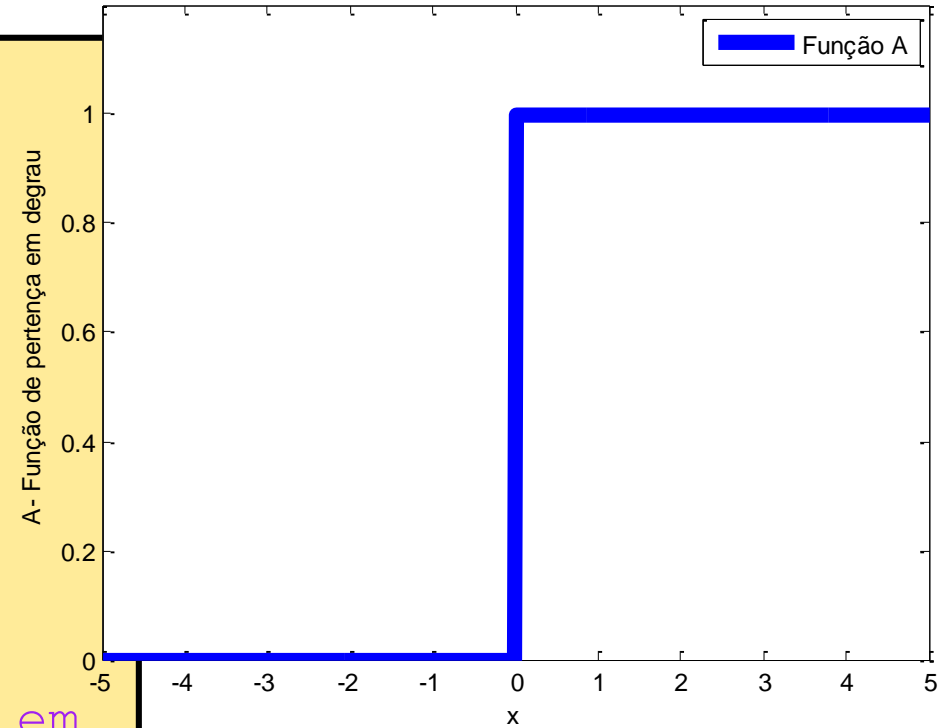


✓ Ver outras funções: **gauss2mf**, **gbellmf**, **sigmf**, **dsigmf**...

# Ficha Fuzzy Logic

2. i) Obtenha os gráficos que representam  $f_A$  e  $f_B$  (ver Figura 1)

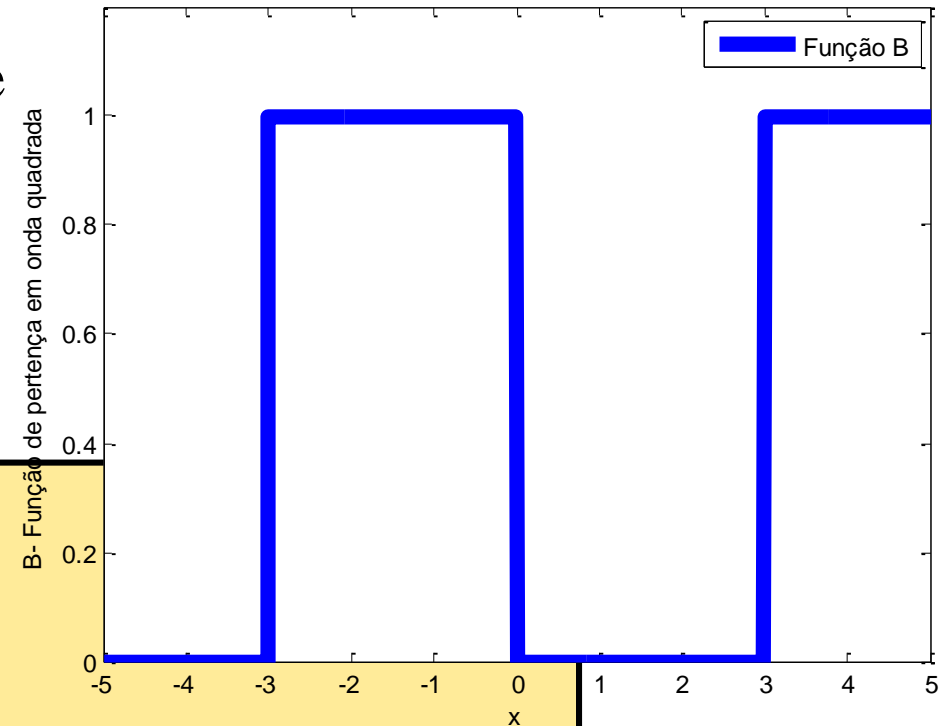
```
x=-5:0.01:5;  
x1=0;  
y_unitstep = x>=x1;  
  
figure  
plot(x,y_unitstep,'b-  
axis([-5 5 0 1.2]);  
  
xlabel('x')  
ylabel('A- Função de pertença em  
degrau')  
legend('Função  
A','Location','NorthEast')
```



# Ficha Fuzzy Logic

2. i) Obtenha os gráficos que representam  $f_A$  e  $f_B$  (ver Figura 1)

```
x=-5:0.01:5;  
x1=-3;  
x2= 0;  
x3= 3;  
y_sqwave = (x>=x1) & (x<x2) | (x>=x3);  
figure  
plot(x,y_sqwave,'b-','LineWidth',6)  
axis([-5 5 0 1.2]);  
xlabel('x')  
ylabel('B- Função de pertença em onda quadrada')  
legend('Função B','Location','NorthEast')
```



# Ficha Fuzzy Logic

3. Considere que se pretende implementar um **controlador automático da ventilação de ar exterior** num automóvel em função da **temperatura do habitáculo** utilizando lógica difusa.

i. Assuma os seguintes níveis de temperatura (entrada) utilizando funções de pertinência triangulares (**P**):

Baixa (B) se  $-5 \leq T \leq 5$ ,

Médio Baixa (MB) se  $0 \leq T \leq 10$ ,

Média (M) se  $8 \leq T \leq 20$ ,

Média Alta (M\_A) se  $16 \leq T \leq 26$ ,

Alta (A) se  $24 \leq T \leq 32$ ,

Muito Alta (M\_A) se  $30 \leq T \leq 40$ ,

Altíssima (AL) se  $38 \leq T \leq 46$ .

*Nota: Na versão mais recente do Matlab substituir Muito Alta (MA) por M\_A.*

Obtenha o gráfico destas funções de pertinência (ver Figura 3 a)).

# Ficha Fuzzy Logic

## 3. Função: **newfis** – Cria um novo Sistema de Inferência Fuzzy

```
fisType = 'mamdani';  
andMethod = 'min';  
orMethod = 'max';  
impMethod = 'min';  
aggMethod = 'max';  
defuzzMethod = 'centroid';  
a=newfis('venti_v1', fisType, andMethod, orMethod, impMethod, agg  
Method, defuzzMethod);
```



# Ficha Fuzzy Logic

## 3. Funções:

**addvar** – Adiciona uma **variável** ao Sistema de Inferência Fuzzy,

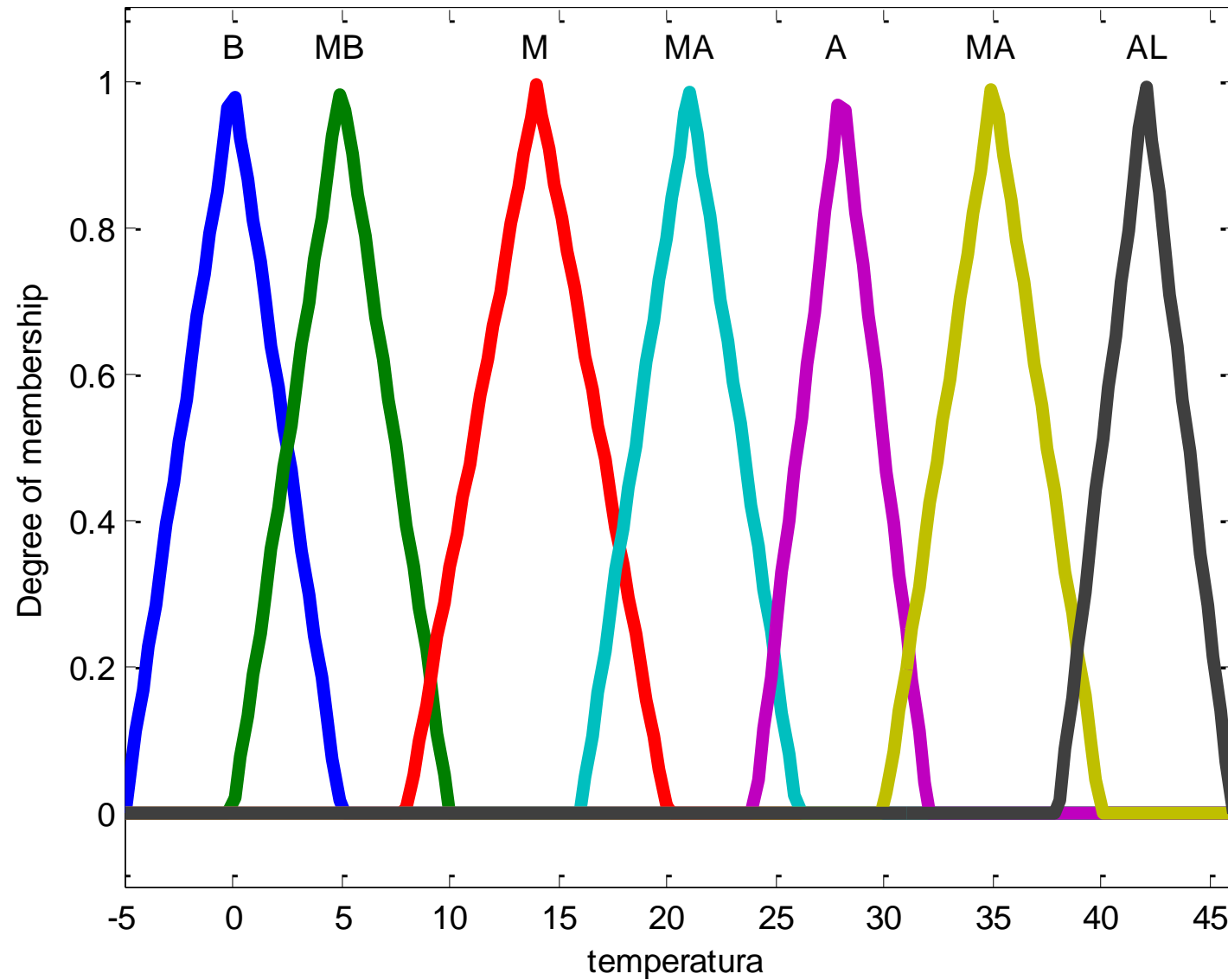
**addmf** – Adiciona uma **função de pertença** ao Sistema de Inferência Fuzzy,

```
% Entradas: 1 (Temperatura)
a=addvar(a, 'input', 'temperatura', [-5 46]);

a=addmf(a, 'input', 1, 'B', 'trimf', [-5 0 5]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'MB', 'trimf', [0 5 10]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'M', 'trimf', [8 14 20]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'MA', 'trimf', [16 21 26]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'A', 'trimf', [24 28 32]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'M_A', 'trimf', [30 35 40]);
a=addmf(a, 'input', 1, 'AL', 'trimf', [38 42 46]);

plotmf(a, 'input', 1);
[xOut, yOut] = plotmf(a, 'input', 1)
```

# Ficha Fuzzy Logic



# Ficha Fuzzy Logic

3. Considere que se pretende implementar um **controlador automático da ventilação de ar exterior** num automóvel em função da **temperatura do habitáculo** utilizando lógica difusa.

ii. Assuma os seguintes níveis de **rotações por minuto do ventilador (R)** (saída) utilizando funções de pertinência triangulares:

Desligado (0) se  $-400 \text{ rpm} \leq R \leq 400 \text{ rpm}$ ,

Baixo (1) se  $300 \text{ rpm} \leq R \leq 800 \text{ rpm}$ ,

Médio (2) se  $600 \text{ rpm} \leq R \leq 1200 \text{ rpm}$ ,

Médio Alto (3) se  $1000 \text{ rpm} \leq R \leq 1800 \text{ rpm}$ ,

Alto (4) se  $1500 \text{ rpm} \leq R \leq 2500 \text{ rpm}$ ,

Muito Alto (5) se  $2300 \text{ rpm} \leq R \leq 3300 \text{ rpm}$ ,

Altíssimo (6) se  $3000 \text{ rpm} \leq R \leq 4000 \text{ rpm}$ .

Represente o gráfico destas funções de pertinência (ver Figura 3 b).

# Ficha Fuzzy Logic

## 3. Funções:

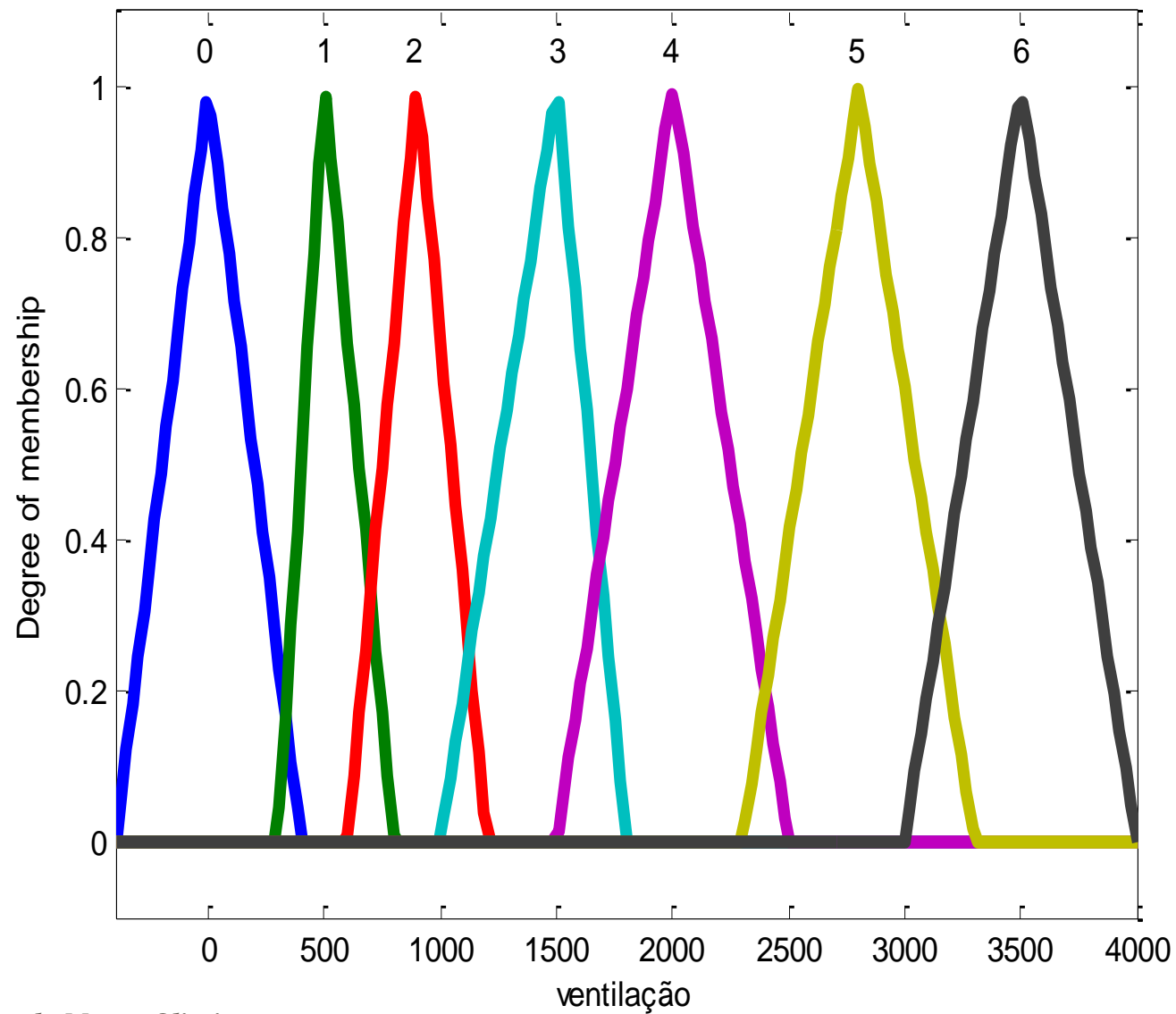
**addvar** – Adiciona uma **variável** ao Sistema de Inferência Fuzzy,

**addmf** – Adiciona uma **função de pertença** ao Sistema de Inferência Fuzzy,

```
% Saída (Ventilação)
```

```
a=addvar(a,'output','ventilação',[-400 4000]);  
a=addmf(a,'output',1,'0','trimf',[-400 0 400]);  
a=addmf(a,'output',1,'1','trimf',[300 500 800]);  
a=addmf(a,'output',1,'2','trimf',[600 900 1200]);  
a=addmf(a,'output',1,'3','trimf',[1000 1500 1800]);  
a=addmf(a,'output',1,'4','trimf',[1500 2000 2500]);  
a=addmf(a,'output',1,'5','trimf',[2300 2800 3300]);  
a=addmf(a,'output',1,'6','trimf',[3000 3500 4000]);  
figure  
plotmf(a,'output',1);
```

# Ficha Fuzzy Logic



# Ficha Fuzzy Logic

iii. Defina um **conjunto de regras** que permitam ativar o ventilador, para que a cada intervalo da temperatura de entrada corresponda um nível de atuação do ventilador (T-P)

## % Input

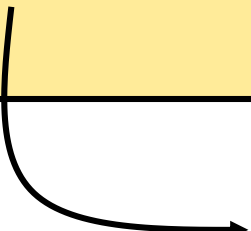
% 1- B  
% 2- MB  
% 3- M  
% 4- MA  
% 5- A  
% 6- M\_A  
% 7- A

## % Output

% 0- desligado  
% 1- medio baixo  
% 2- médio  
% 3- médio alto  
% 4- alto  
% 5- Muito alto  
% 6- Altíssimo

# Ficha Fuzzy Logic

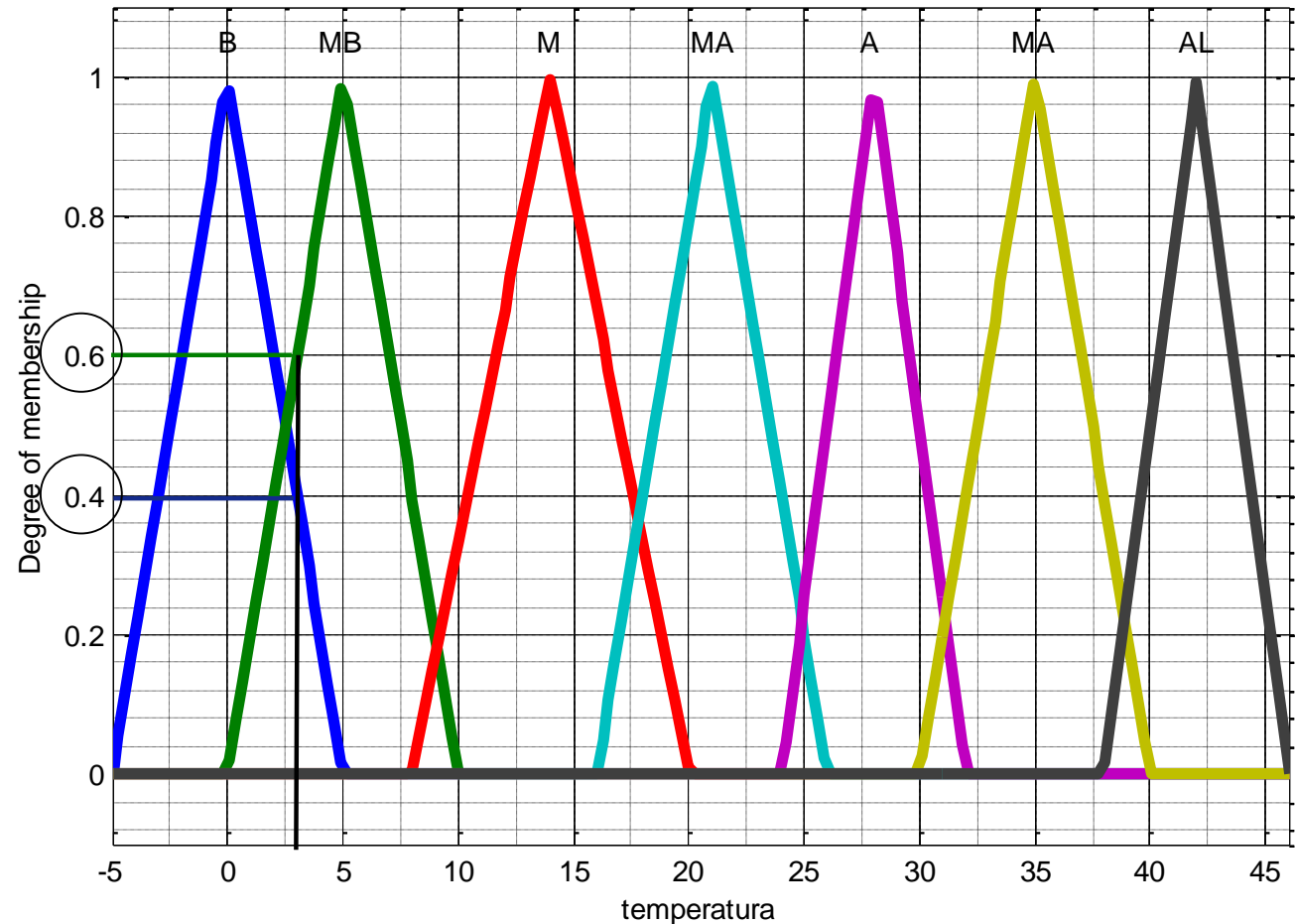
```
ruleList=[ ...  
1 1 1 1  
2 2 1 1  
3 2 1 1      <input MF>, (Output MF>, (<weight>): Logic Operation: AND-1 OR-2  
4 4 1 1  
5 5 1 1  
6 6 1 1  
7 7 1 1];  
% addrule - Adiciona regras a um Sistema de Inferência Fuzzy  
a=addrule(a,ruleList);  
showrule(a)
```

- 
1. If (temperatura is B) then (ventilação is 0) (1)
  2. If (temperatura is MB) then (ventilação is 1) (1)
  3. If (temperatura is M) then (ventilação is 1) (1)
  4. If (temperatura is MA) then (ventilação is 3) (1)
  5. If (temperatura is A) then (ventilação is 4) (1)
  6. If (temperatura is MA) then (ventilação is 5) (1)
  7. If (temperatura is AL) then (ventilação is 6) (1)

# Ficha Fuzzy Logic

4. i) Considere o valor de temperatura,  $T=3^{\circ}\text{C}$ :

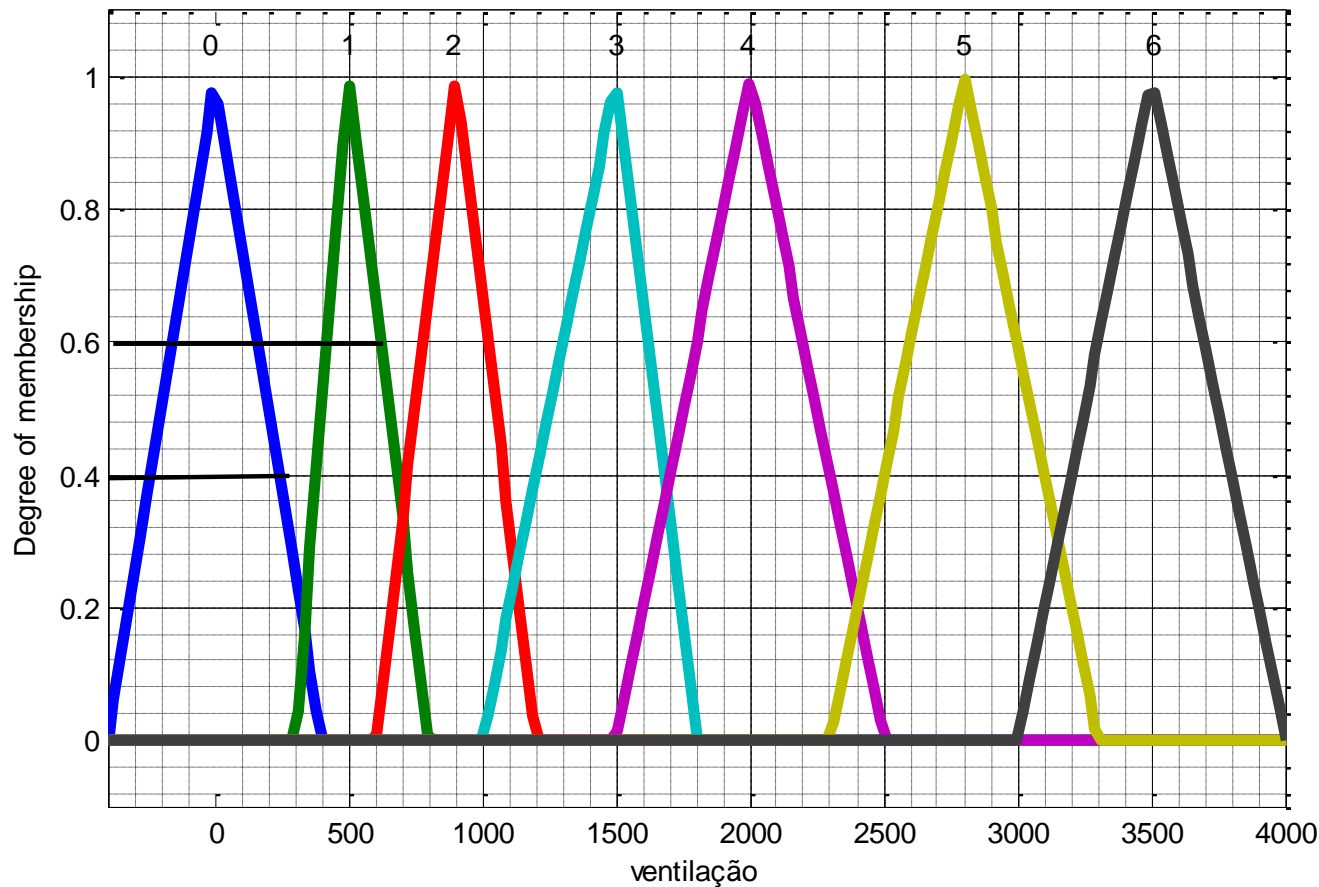
Quais os conjuntos de pertença da entrada que são ativados e respectivos graus de pertença?





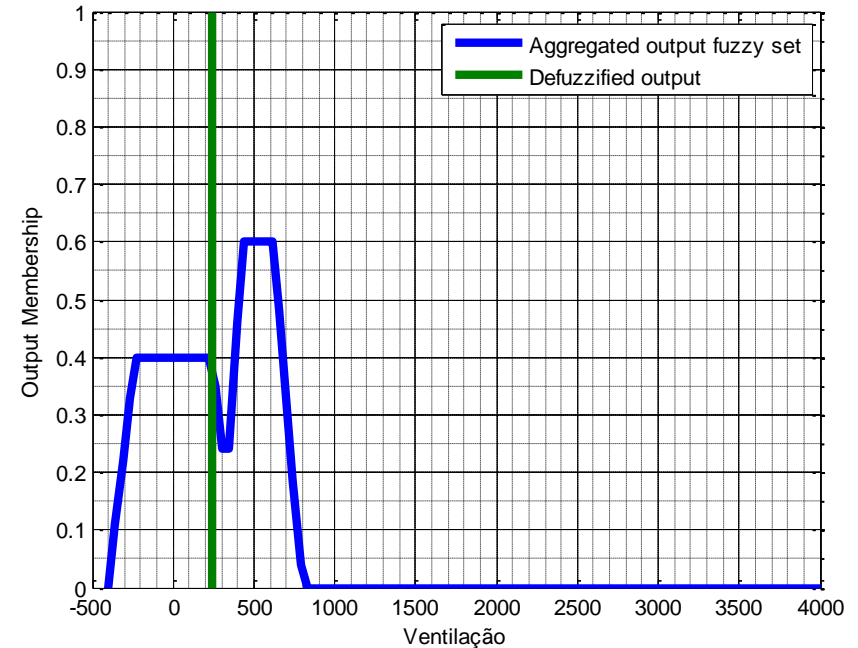
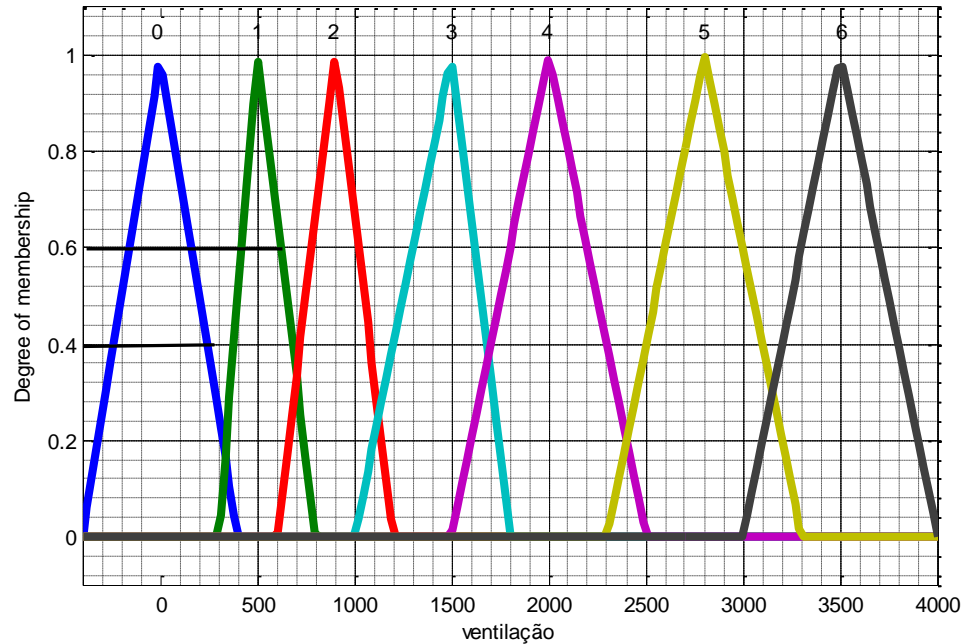
# Ficha Fuzzy Logic

4. ii) Determine o centro de gravidade definida pela área delimitada pela função agregada da saída.



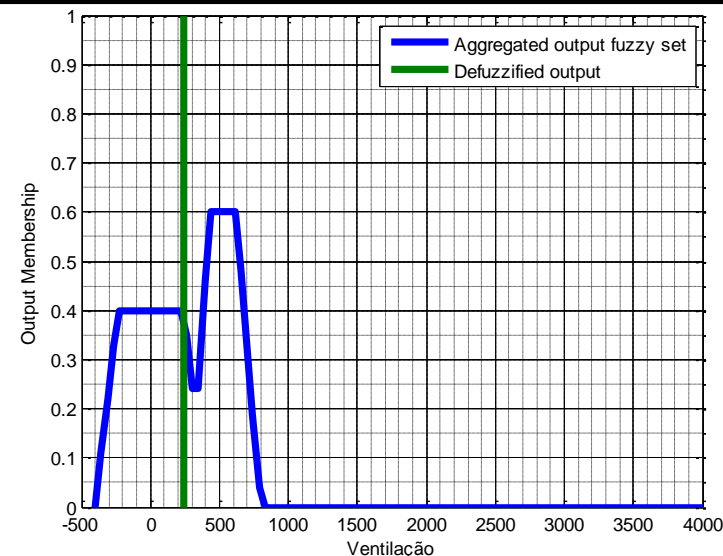
# Ficha Fuzzy Logic

4. ii) Determine o centro de gravidade delimitada pela área delimitada pela função agregada da saída.

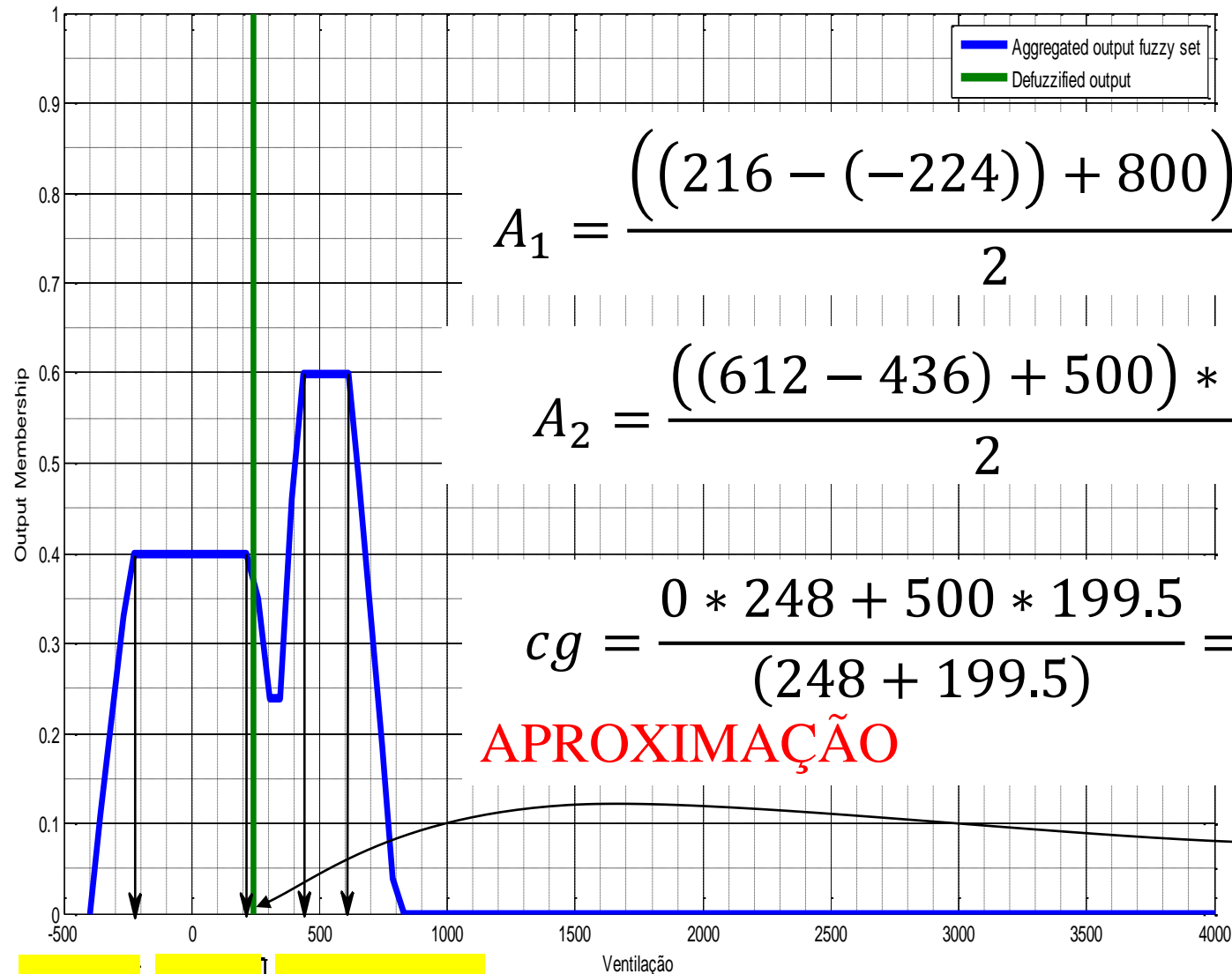


# Ficha Fuzzy Logic

```
% evalfis - Realiza os cálculos da inferência fuzzy
figure
[output,fuzzifiedInputs,ruleOutputs,aggregatedOutput] =
evalfis([3],a)
outputRange =
linspace(a.output.range(1),a.output.range(2),length(aggrega
tedOutput))
plot(outputRange,aggregatedOutput,[output output],[0 1])
xlabel('Ventilação')
ylabel('Output Membership')
legend('Aggregated output fuzzy set','Defuzzified output')
```



# Ficha Fuzzy Logic



$$A_1 = \frac{\left( (216 - (-224)) + 800 \right) * 0.4}{2} = 248$$

$$A_2 = \frac{\left( (612 - 436) + 500 \right) * 0.6}{2} = 224.9$$

$$cg = \frac{0 * 248 + 500 * 199.5}{(248 + 199.5)} = 224.93$$

**APROXIMAÇÃO**

-224 216 436 612

# Ficha Fuzzy Logic

- ✓ Outra fórmula para calcular o centróide é baseada na seguinte fórmula:

$$cg = \frac{\int x \cdot \mu_A dx}{\int \mu_A dx}$$

- ✓ Na qual os integrais podem ser aproximados por uma soma discreta:

$$cg = \frac{\sum x \cdot \mu_A}{\sum \mu_A}$$

- ✓ No exemplo anterior (considerando só as primeiras 29 amostras;

$$\sum \mu_A = 10.39$$

0	-400
0.1100	-356
0.2200	-312
0.3300	-268
0.4000	-224
0.4000	-180
0.4000	-136
0.4000	-92
0.4000	-48
0.4000	-4
0.4000	40
0.4000	84
0.4000	128
0.4000	172
0.4000	216
0.3500	260
0.2400	304
0.2400	348
0.4600	392
0.6000	436
0.6000	480
0.6000	524
0.6000	568
0.6000	612
0.4800	656
0.3333	700
0.1867	744
0.0400	788
0	832

×

$$\sum x \cdot \mu_A = 2504.6$$

$$cg = \frac{2504.6}{10.39} = 241.1$$

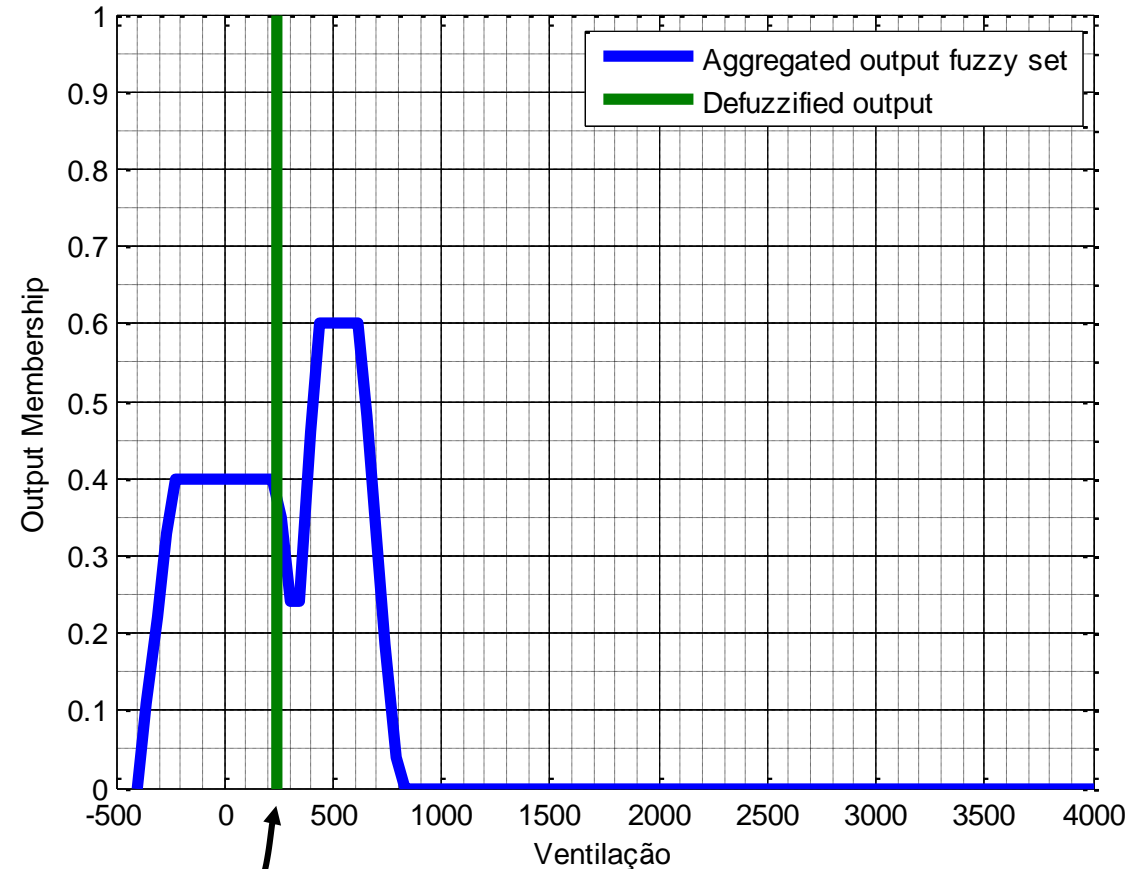
$\mu_A$

$x$

# Ficha Fuzzy Logic

- ✓ Valor obtido desta forma corresponde ao valor obtido com a função de desfuzificação do Matlab.

cg=241.1



- ✓ Cálculos ultra precisos nos sistemas Fuzzy podem ser um contrassenso!

Com base no seguinte exemplo determine o centroide da área representada:

$$cg = \frac{\sum x \cdot \mu_A}{\sum \mu_A}$$

