

Sistema de um controlador de ar condicionado – Lógica Fuzzy

Este sistema foi desenvolvido em linguagem de programação Python em conjunto com sua biblioteca SciKit-Fuzzy, que nos permite interagir, criar e visualizar sistemas Fuzzy com certa facilidade.

A partir dos dados iniciais da avaliação, deve-se extrair as seguintes variáveis linguísticas, bem como seus respectivos intervalos de valores:

```
# Variáveis do problema
TEMPERATURA = ctrl.Antecedent(np.arange(-20, 50, 1), 'TEMPERATURA')
UMIDADE = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 100, 1), 'UMIDADE')
SISTEMA = ctrl.Consequent(np.arange(12, 35, 1), 'SISTEMA')
```

Sendo TEMPERATURA e UMIDADE as variáveis de entrada dadas pelo problema, e SISTEMA a variável de saída, a ser defuzzificada na última etapa de execução do sistema.

Ainda, foram interpretadas para Python as seguintes funções triangulares e trapezoidais de pertinência, com os valores de TEMPERATURA em graus Celsius e os de UMIDADE em porcentagem:

```
# Funções de pertinência
TEMPERATURA['BAIXA'] = fuzz.trimf(TEMPERATURA.universe, [-20,-20,5])
TEMPERATURA['MÉDIA'] = fuzz.trimf(TEMPERATURA.universe, [0,10,20])
TEMPERATURA['ALTA'] = fuzz.trimf(TEMPERATURA.universe, [15, 50, 50])

UMIDADE['BAIXA'] = fuzz.trimf(UMIDADE.universe, [0, 0, 50])
UMIDADE['MÉDIA'] = fuzz.trapmf(UMIDADE.universe, [30,45,55,70])
UMIDADE['ALTA'] = fuzz.trimf(UMIDADE.universe, [55,100,100])

SISTEMA['ESFRIAR2'] = fuzz.trimf(SISTEMA.universe, [12,12,15])
SISTEMA['ESFRIAR1'] = fuzz.trapmf(SISTEMA.universe, [14,15,16,17])
SISTEMA['DESLIGAR'] = fuzz.trapmf(SISTEMA.universe, [16,18,19,21])
SISTEMA['AQUECER1'] = fuzz.trimf(SISTEMA.universe, [20,24,28])
SISTEMA['AQUECER2'] = fuzz.trimf(SISTEMA.universe, [26,35,35])
```

Bem como suas cinco regras de decisão, também interpretadas do problema:

```
# Definição das regras de decisão
rule1 = ctrl.Rule(TEMPERATURA['BAIXA'], SISTEMA['AQUECER2'])
rule2 = ctrl.Rule(TEMPERATURA['MÉDIA'] & UMIDADE['ALTA'], SISTEMA['AQUECER1'])
rule3 = ctrl.Rule(TEMPERATURA['MÉDIA'] & (UMIDADE['MÉDIA'] | UMIDADE['BAIXA']), SISTEMA['DESLIGAR'])
rule4 = ctrl.Rule(TEMPERATURA['ALTA'] & UMIDADE['BAIXA'], SISTEMA['ESFRIAR1'])
rule5 = ctrl.Rule(TEMPERATURA['ALTA'] & (UMIDADE['MÉDIA'] | UMIDADE['ALTA']), SISTEMA['ESFRIAR2'])
```

A partir desses dados principais, o sistema controlador de ar condicionado com base em variáveis linguísticas de temperatura e umidade foi simulado, utilizando-se de cinco testes de valores das variáveis de entrada para acionar todos os cinco casos de uso, dados pelas regras de decisão descritas acima. Os valores para cada teste foram escolhidos de forma a induzir o sistema fuzzy a resultar em uma **pertinência maior** para cada estado diferente da variável linguística de saída SISTEMA, estados estes dados pelas funções de pertinência desta variável e conectados logicamente às variáveis de entrada pelas regras de decisão. Para defuzzificar a variável linguística de saída SISTEMA foi utilizado o **método centro de massa**, de forma a inferir um valor numérico referente ao centro de massa das pertinências ativadas para esta variável (ver coluna “Resultante Gráfica” da tabela de resultados para melhor visualização).

A seguir, a tabela de valores dos testes:

Variáveis	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
TEMPERATURA	- 3 °C	15 °C	18 °C	36 °C	36 °C
UMIDADE	70%	80%	45%	25%	60%

Em seguida, a tabela de resultados das pertinências para todos os testes realizados, utilizando a função de **centro de massa** para **defuzzificação** do SISTEMA:

	TEMPERATURA	UMIDADE	SISTEMA	Resultante Gráfica
Teste 1	TEMPERATURA BAIXA: 0.32 TEMPERATURA MÉDIA: 0.0 TEMPERATURA ALTA: 0.0	UMIDADE BAIXA: 0.0 UMIDADE MÉDIA: 0.0 UMIDADE ALTA: 0.333...	ESFRIAR2: 0.0 ESFRIAR1: 0.0 DESLIGAR: 0.0 AQUECER1: 0.0 AQUECER2: 0.5 1	

Teste 2	TEMPERATURA BAIXA: 0.0 TEMPERATURA MÉDIA: 0.5 TEMPERATURA ALTA: 0.0	UMIDADE BAIXA: 0.0 UMIDADE MÉDIA: 0.0 UMIDADE ALTA: 0.555..	ESFRIAR2: 0.0 ESFRIAR1: 0.0 DESLIGAR: 0.0 AQUECER1: 0.99 AQUECER2: 0.0	
Teste 3	TEMPERATURA BAIXA: 0.0 TEMPERATURA MÉDIA: 0.2 TEMPERATURA ALTA: 0.085	UMIDADE BAIXA: 0.1 UMIDADE MÉDIA: 1.0 UMIDADE ALTA: 0.0	ESFRIAR2: 0.0 ESFRIAR1: 0.0 DESLIGAR: 0.63 AQUECER1: 0.0 AQUECER2: 0.0	
Teste 4	TEMPERATURA BAIXA: 0.0 TEMPERATURA MÉDIA: 0.0 TEMPERATURA ALTA: 0.6	UMIDADE BAIXA: 0.5 UMIDADE MÉDIA: 0.0 UMIDADE ALTA: 0.0	ESFRIAR2: 0.0 ESFRIAR1: 1.0 DESLIGAR: 0.0 AQUECER1: 0.0 AQUECER2: 0.0	
Teste 5	TEMPERATURA BAIXA: 0.0 TEMPERATURA MÉDIA: 0.0 TEMPERATURA ALTA: 0.6	UMIDADE BAIXA: 0.0 UMIDADE MÉDIA: 0.66 UMIDADE ALTA: 0.11	ESFRIAR2: 0.62 ESFRIAR1: 0.0 DESLIGAR: 0.0 AQUECER1: 0.0 AQUECER2: 0.0	

O conjunto de valores das variáveis de entrada em cada teste foi escolhido de forma a inferir um dos cinco possíveis estados finais do sistema, resultando na ativação de todas as regras de decisão ao final do experimento.

No primeiro teste, a TEMPERATURA de -3°C é fuzzificada como BAIXA, por sua maior pertinência em relação às outras possibilidades (MÉDIA e ALTA). Já a UMIDADE de 70% é fuzzificada como ALTA também por sua maior pertinência em relação às outras possibilidades (BAIXA e MÉDIA). Com esses valores linguísticos para as variáveis, ativamos a seguinte regra de decisão:

- Se a TEMPERATURA é BAIXA então o SISTEMA deve funcionar no AQUECER2.

No segundo teste, a TEMPERATURA de 15°C é fuzzificada como MÉDIA, enquanto que a UMIDADE é fuzzificada como ALTA, ativando a seguinte regra de decisão:

- Se a TEMPERATURA é MÉDIA e a UMIDADE é ALTA então o SISTEMA deve funcionar no AQUECER1.

Já no terceiro teste, a TEMPERATURA de 18°C é fuzzificada como MÉDIA, a UMIDADE de 45% é também fuzzificada como MÉDIA, ativando a seguinte regra de decisão:

- Se a TEMPERATURA é MÉDIA e a UMIDADE é MÉDIA ou BAIXA, então o SISTEMA deve permanecer DESLIGADO.

No quarto teste, a TEMPERATURA de 36°C é fuzzificada como ALTA, a UMIDADE de 25% é fuzzificada como BAIXA, ativando a regra:

- Se a TEMPERATURA é ALTA e a UMIDADE é BAIXA então o SISTEMA deve funcionar no ESFRIAR1

Por fim, no quinto teste, a TEMPERATURA também de 36°C é fuzzificada como ALTA, a UMIDADE de 60% é fuzzificada como MÉDIA, resultando na ativação da última regra:

- Se a TEMPERATURA é ALTA e a UMIDADE é MÉDIA ou ALTA, então o SISTEMA deve funcionar no ESFRIAR2.

Com essas regras e pertinências conseguimos todos os estados possíveis da variável SISTEMA, finalizando então com a etapa da defuzzificação da mesma pelo método escolhido (centro de massa) para termos os valores numéricos de temperatura de funcionamento do ar condicionado, valores estes definidos nas resultantes gráficas mostradas na tabela, onde a linha preta vertical corta o eixo horizontal.

Código utilizado:

https://colab.research.google.com/drive/14bWJ4r_F9_hR5AHG07jKSrX-Y7JbEgD3?usp=sharing