

# **Sistema de Inferência Fuzzy para Avaliação de Qualidade de Produto**

Integrantes:

Saul Alves Martins de Oliveira (20241173010252)

Tauá - CE

## Introdução

**1.1 Tema Escolhido** O tema selecionado para este projeto é a "Avaliação de Qualidade de Produto" (Tema B). Este tema foca na aplicação da lógica fuzzy para classificar produtos industriais ou lotes de fabricação com base em métricas de entrada que possuem graus de incerteza.

**1.2 Descrição do Problema** A garantia de qualidade em processos industriais modernos enfrenta o desafio de classificar produtos que não se encaixam perfeitamente em categorias binárias de "aprovado" ou "reprovado". Frequentemente, variáveis como a oscilação de voltagem de uma máquina, a vibração (variabilidade do processo) ou pequenas imperfeições visuais (grau de defeitos) geram produtos que, embora funcionais, não possuem a mesma qualidade de um item perfeito. A abordagem tradicional, baseada em limites rígidos (ex: se o defeito for maior que 2mm, rejeita), falha em capturar a nuance de que um defeito de 2.1mm pode ser aceitável dependendo da variabilidade do processo. O problema, portanto, é criar um sistema capaz de imitar o julgamento de um especialista humano em qualidade, ponderando múltiplas variáveis para entregar uma classificação final justa e graduada.

**1.3 Objetivos do Sistema Fuzzy** O objetivo principal deste sistema é desenvolver um modelo computacional capaz de inferir a qualidade final de um produto a partir de duas variáveis de entrada: a variabilidade do processo de fabricação e o grau de defeitos observados. Os objetivos específicos incluem:

- Modelar as incertezas associadas à medição de defeitos e variabilidade.
- Estabelecer regras linguísticas que traduzam o conhecimento de controle de qualidade (ex: "muitos defeitos implicam em baixa qualidade").
- Fornecer uma saída numérica (defuzzificada) que represente o índice de qualidade do produto.

**1.4 Justificativa da Escolha do Tema** A escolha deste tema se justifica pela sua alta aplicabilidade prática na Indústria 4.0. Sistemas de qualidade baseados em lógica fuzzy são mais robustos a ruídos nos dados de sensores e oferecem uma transição suave entre categorias de qualidade, permitindo que gestores tomem decisões mais estratégicas (como vender um produto de "segunda linha" em vez de descartá-lo). Além disso, o tema permite uma visualização clara do funcionamento das funções de pertinência e da superfície de controle gerada pelo método de Mamdani.

## B. Variáveis Linguísticas

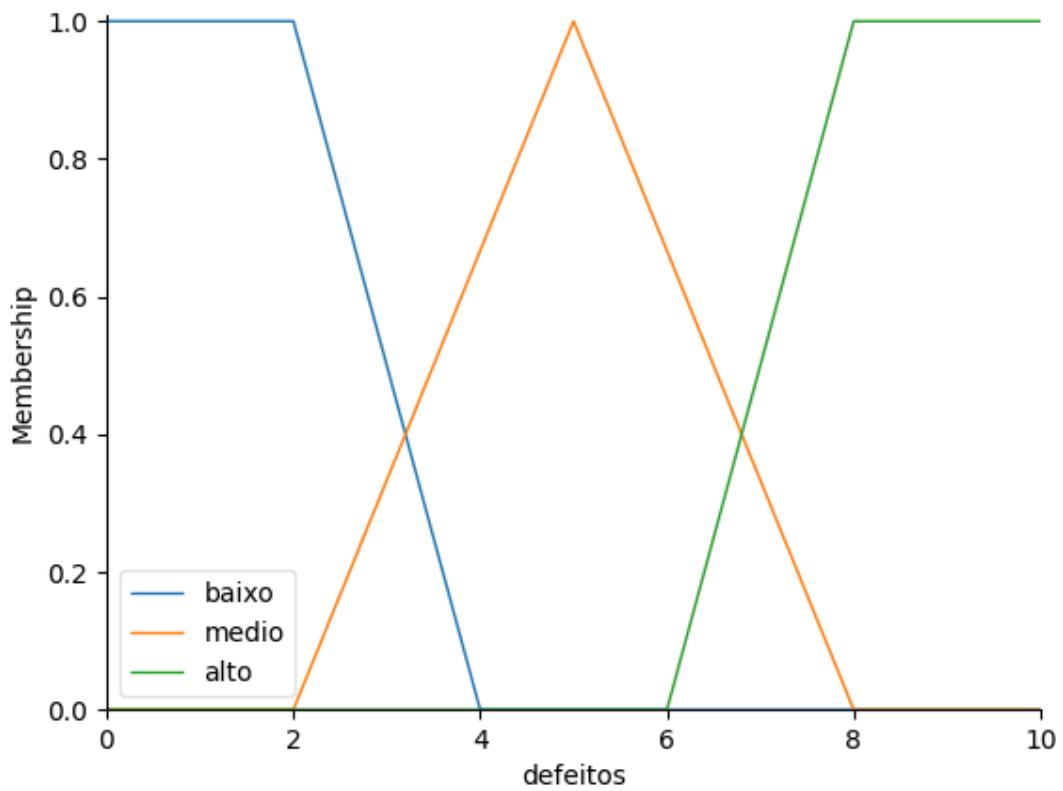
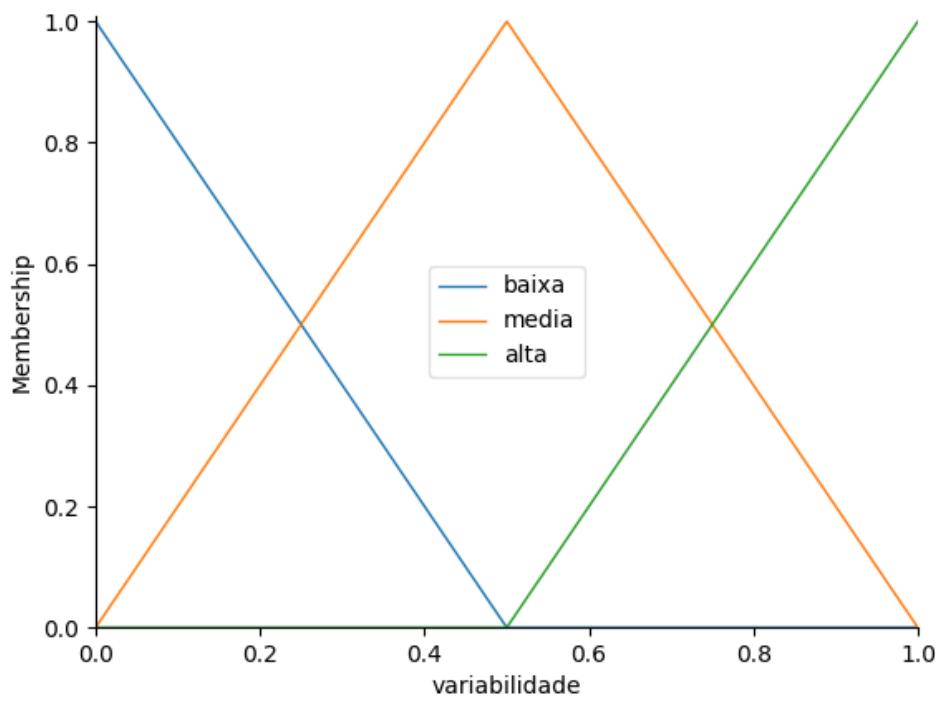
As variáveis foram modeladas com os seguintes universos de discurso:

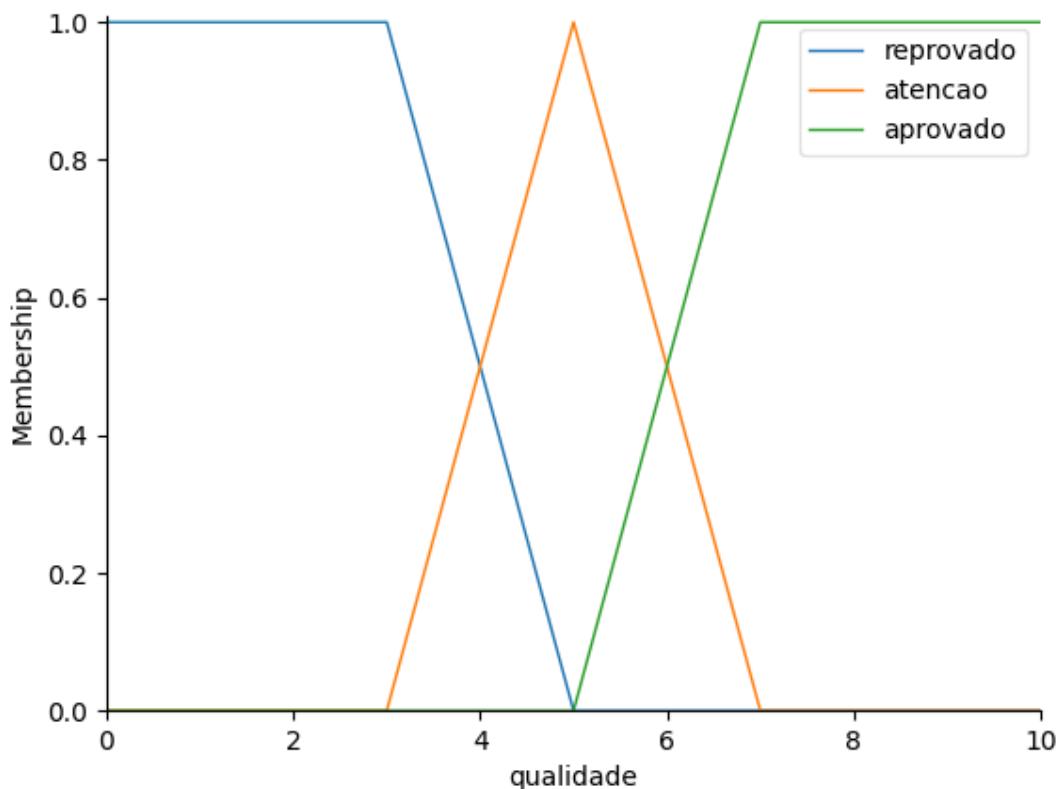
Variável	Tipo	Universo	Termos Linguísticos
<b>Variabilidade</b>	Entrada	[0, 1]	Baixa, Média, Alta
<b>Grau de Defeitos</b>	Entrada	[0, 10]	Baixo, Médio, Alto
<b>Qualidade Final</b>	Saída	[0, 10]	Reprovado, Atenção, Aprovado

## C. Funções de Pertinência

Foram utilizadas funções triangulares (`trimf`) e trapezoidais (`trapmf`) para cobrir o universo de discurso.

- **Variabilidade:** Funções triangulares foram escolhidas para representar picos claros de estabilidade (Baixa em 0.0, Alta em 1.0).
- **Defeitos:** Utilizou-se função trapezoidal para os extremos ("Baixo" e "Alto") para representar platôs de certeza (ex: defeito zero até 2 é certamente "Baixo"), e triangular para o termo "Médio".
- **Justificativa dos Intervalos:** O intervalo de 0-10 para defeitos e qualidade facilita a interpretação humana como uma "nota".





#### D. Base de Regras Fuzzy

A base de conhecimento foi construída para penalizar severamente a alta variabilidade ou defeitos graves. Exemplos:

1. **SE** Variabilidade é Alta **OU** Defeitos é Alto **ENTÃO** Qualidade é Reprovado. (Prioriza a segurança; qualquer falha grave reprova o lote).
2. **SE** Variabilidade é Média **E** Defeitos é Médio **ENTÃO** Qualidade é Atenção.
3. **SE** Variabilidade é Baixa **E** Defeitos é Baixo **ENTÃO** Qualidade é Aprovado.

#### E. Processo de Inferência

O sistema utiliza o método de **Mamdani** (Max-Min).

1. **Fuzzificação:** Os valores *crisp* de entrada ativam as funções de pertinência (cálculo do grau de verdade).
2. **Operadores Lógicos:**
  - Para o operador **E (AND)**, utiliza-se o Mínimo (**min**).
  - Para o operador **OU (OR)**, utiliza-se o Máximo (**max**).
3. **Implicação:** O consequente é "cortado" no nível de ativação da regra.
4. **Agregação:** Todas as saídas das regras são combinadas pelo método do Máximo.

#### F. Defuzzificação

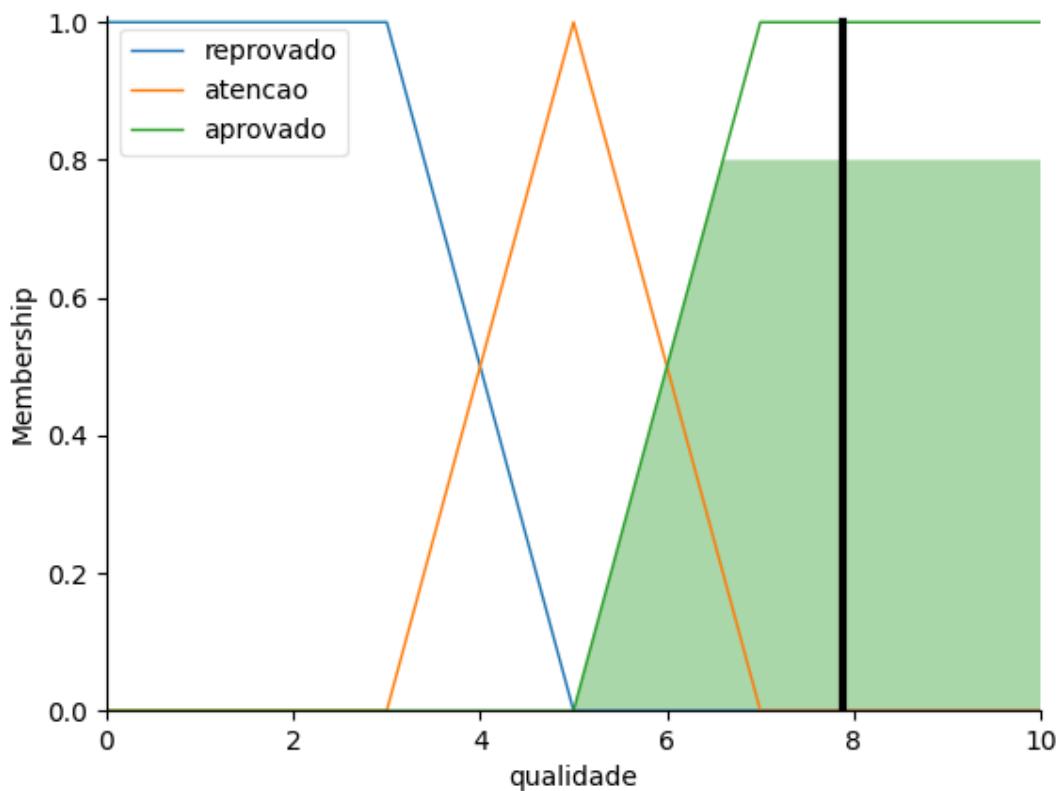
O método utilizado para converter a saída fuzzy em um número real foi o **Centroide** (Centro de Gravidade). Este método calcula o ponto de equilíbrio da área geométrica resultante da

agregação, sendo o mais utilizado em sistemas de controle por fornecer respostas suaves e ponderadas.

## G. Análise dos Resultados

Foram simulados 5 cenários para validar o modelo. A tabela abaixo apresenta os resultados obtidos via [scikit-fuzzy](#):

ID	Cenário	Entrada Var	Entrada Def	Saída (Qualidade)	Interpretação
1	Ideal	0.1	1.0	<b>8.15</b>	<b>Aprovado</b> (Alta qualidade esperada)
2	Crítico	0.9	9.0	<b>1.86</b>	<b>Reprovado</b> (Segurança acionada pela regra OU)
3	Médio	0.5	5.0	<b>5.00</b>	<b>Atenção</b> (Exatamente no centro do universo)
4	Máq. Ruim/Prod. Bom	0.8	1.5	<b>2.21</b>	<b>Reprovado</b> (A alta variabilidade penalizou o lote)
5	Máq. Boa/Defeito	0.2	8.5	<b>1.94</b>	<b>Reprovado</b> (O defeito grave dominou a decisão)



#### Discussão:

O modelo se comportou de maneira coerente. Nota-se que no Cenário 4, mesmo com defeitos baixos (1.5), a qualidade foi julgada como "Reprovado" (2.21). Isso ocorre devido à regra que define que Variabilidade Alta implica em Reprovação, independentemente dos defeitos, simulando um critério rigoroso de segurança industrial. O método do Centroide garantiu que situações intermediárias (Cenário 3) não fossem classificadas erroneamente como extremos.