

**PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT**

**TEMA: Implementação do sistema de inferência fuzzy para suporte à avaliação do esfigmomanômetro visando atender às atividades de fiscalização fluvial na área da metrologia legal, científica e conformidades**

<b>Nome do discente</b>	Marcio André de Oliveira Brito
<b>Orientador</b>	Orientador: Jandecy Cabral Leite; Coorientador: Manoel Henrique Reis Nascimento
<b>Data de ingresso:</b> 13/05/2022	<b>Natureza da produção:</b>
<b>Data de conclusão:</b> 26/04/2024	<b>Financiamento, se houver:</b> Não se aplica

**1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:****Justificativa**

A região amazônica enfrenta desafios logísticos significativos devido às suas características geográficas únicas, o que dificulta a fiscalização e controle de qualidade de produtos e serviços. A implementação de um sistema de inferência fuzzy para avaliação de esfigmomanômetros visa atender a essas necessidades específicas, garantindo que os instrumentos de medição utilizados na região estejam em conformidade com as normas metrológicas brasileiras, especialmente nas áreas de metrologia legal, científica e de conformidade. Este sistema é crucial para assegurar a precisão dos esfigmomanômetros, instrumentos vitais na área da saúde, e para promover a justiça nas transações comerciais que dependem de medições precisas.

**Relevância**

A proposta é relevante para a região amazônica e para o Brasil como um todo, uma vez que aborda a necessidade de fiscalização eficiente em uma área com acessibilidade limitada. As Unidades Básicas Fluviais de Fiscalização (UBFFs) desempenham um papel fundamental ao possibilitar que comunidades remotas tenham acesso a serviços de fiscalização e metrologia. A introdução de um sistema de inferência fuzzy aumentará a precisão e eficiência dessas operações, contribuindo para a proteção do consumidor e para a competitividade dos produtos regionais no mercado.

**Descrição Sumária**

O produto consiste em um sistema de inferência fuzzy desenvolvido para avaliar esfigmomanômetros utilizados nas atividades de fiscalização fluvial. Utilizando algoritmos de lógica fuzzy, o sistema analisa diversos parâmetros dos esfigmomanômetros, como exibição dos valores de pressão, marcas de graduação, erros traçados e qualidade da identificação do mostrador. O sistema é integrado com ferramentas e tecnologias apropriadas para sua aplicação prática em ambientes fluviais, permitindo que as unidades de fiscalização façam avaliações precisas e rápidas.

**Nível de Desenvolvimento**

Atualmente, o sistema está em fase avançada de desenvolvimento, tendo passado por testes e validações extensivas para assegurar sua eficácia e confiabilidade. O modelo de inferência fuzzy foi implementado e validado em condições controladas, e agora está sendo preparado para implantação em operações reais nas UBFFs. O próximo passo envolve a integração completa com as ferramentas de fiscalização e a realização de testes de campo para ajustes finais.

**Ineditismo e Inovação Representada**

O sistema proposto representa uma inovação significativa em várias frentes. Primeiramente, é o primeiro modelo de gestão baseado em inferência fuzzy aplicado à fiscalização metrológica fluvial na região amazônica e possivelmente na América do Sul. A lógica fuzzy permite lidar com incertezas e imprecisões inerentes aos processos de medição, tornando as avaliações mais robustas e

adaptáveis às condições variáveis do ambiente fluvial. Além disso, o sistema promove uma gestão inteligente e flexível, otimizando recursos e reduzindo erros, o que é crucial para a eficiência das operações em uma região com desafios logísticos tão complexos.

## **2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:**

### Desenvolvimento do Sistema de Inferência Fuzzy

O desenvolvimento do sistema de inferência fuzzy para a avaliação de esfigmomanômetros foi um processo meticuloso e sistemático, focado em atender às necessidades específicas das atividades de fiscalização fluvial na região amazônica. A primeira etapa envolveu um levantamento detalhado dos requisitos técnicos e normativos relacionados à avaliação de esfigmomanômetros, conforme estabelecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

#### Fases de Desenvolvimento

##### Levantamento de Requisitos:

Identificação dos parâmetros críticos de avaliação do esfigmomanômetro.

Análise das normas metrológicas vigentes e especificidades das atividades de fiscalização fluvial.

##### Modelagem do Sistema:

Desenvolvimento de um modelo de inferência fuzzy para capturar e processar a incerteza e subjetividade envolvidas na avaliação dos esfigmomanômetros.

Definição de variáveis linguísticas e suas funções de pertinência, como exibição dos valores de pressão (EVP), marcas de graduação (EMG), erros traçados (ET), e qualidade da identificação do mostrador (QIM).

##### Implementação do Sistema:

Programação dos algoritmos de inferência fuzzy utilizando ferramentas de desenvolvimento apropriadas.

Integração do sistema com equipamentos e tecnologias utilizados nas Unidades Básicas Fluviais de Fiscalização (UBFFs).

##### Testes e Validação:

Realização de testes em laboratório para validar a eficácia e precisão do sistema.

Testes de campo em ambientes fluviais para ajustar o sistema às condições reais de operação.

##### Técnicas Utilizadas

##### Lógica Fuzzy:

A lógica fuzzy foi a base para o desenvolvimento do sistema, permitindo lidar com a incerteza e imprecisão dos dados coletados durante a fiscalização. Diferente da lógica booleana tradicional, que trabalha com valores binários (verdadeiro ou falso), a lógica fuzzy utiliza graus de pertinência que variam entre 0 e 1, oferecendo uma abordagem mais flexível e próxima da realidade.

##### Modelagem Matemática:

Funções de pertinência triangular, gaussiana e trapezoidal foram utilizadas para representar variáveis linguísticas. Essas funções ajudam a converter valores de entrada em graus de pertinência, facilitando o processamento de dados imprecisos.

##### Métodos de Inferência:

Métodos de inferência de Mamdani e Takagi-Sugeno-Kang (TSK) foram empregados para processar as regras fuzzy e gerar conclusões. O método de Mamdani é conhecido por sua simplicidade e eficiência, enquanto o método TSK é utilizado para obter saídas mais precisas em sistemas complexos. Defuzzificação:

Técnicas de defuzzificação, como centro de gravidade (centroide) e centro do máximo, foram aplicadas para converter as conclusões fuzzy em valores numéricos precisos, que são utilizados para tomar decisões durante a fiscalização.

Bases Teóricas

Teoria da Lógica Fuzzy:

Desenvolvida por Lotfi Zadeh em 1965, a lógica fuzzy é a base teórica que permite tratar incertezas e informações imprecisas. Essa teoria é fundamental para sistemas de controle e tomada de decisão em ambientes complexos e dinâmicos.

Metrologia Legal:

A metrologia legal, que trata da regulamentação das medições e dos instrumentos de medição, forneceu a base normativa para o desenvolvimento do sistema. Normas do INMETRO foram fundamentais para garantir que o sistema atendesse aos requisitos legais e técnicos necessários.

Modelagem de Sistemas de Controle:

A modelagem de sistemas de controle, incluindo a teoria de sistemas dinâmicos e técnicas de controle automático, foi utilizada para desenvolver algoritmos que pudessem ser aplicados de forma eficiente e eficaz em ambientes de fiscalização fluvial.

Pesquisa e Desenvolvimento (P&D):

O processo de P&D foi essencial para a inovação e melhoria contínua do sistema. Envolveu a colaboração entre pesquisadores, engenheiros e especialistas em metrologia para desenvolver um sistema robusto e adaptável às condições únicas da região amazônica.

**3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):**

Figura 17 – Grau de Pertinencia para variável de output Resultado.

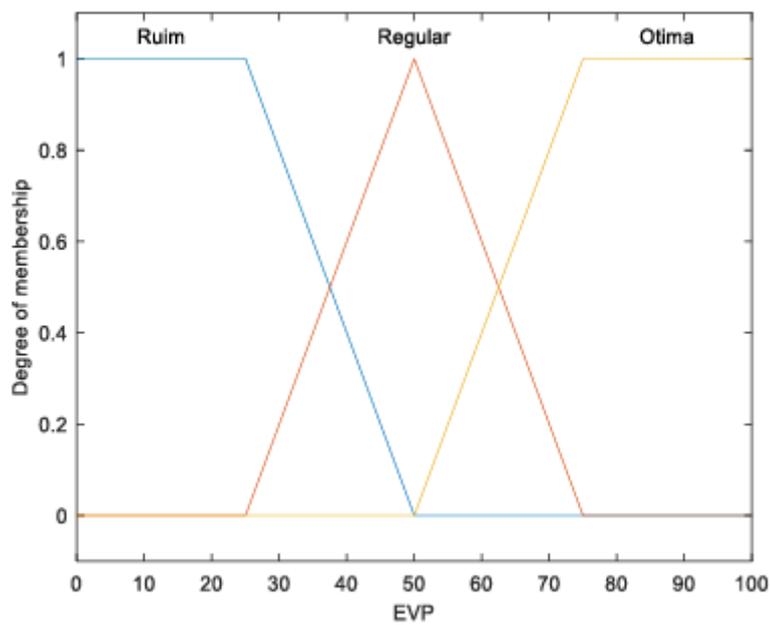
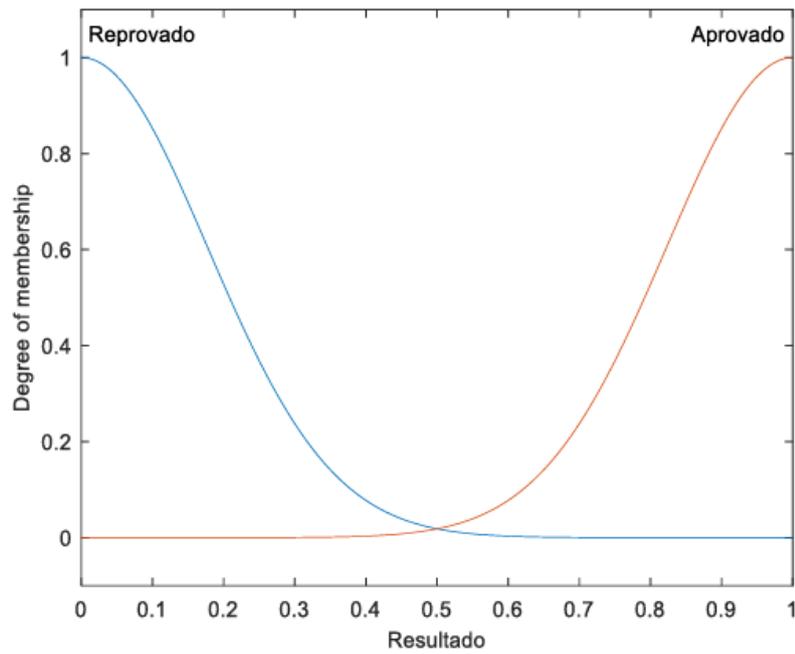


Figura 19 - Grau de Pertinência para variável de input EMG.

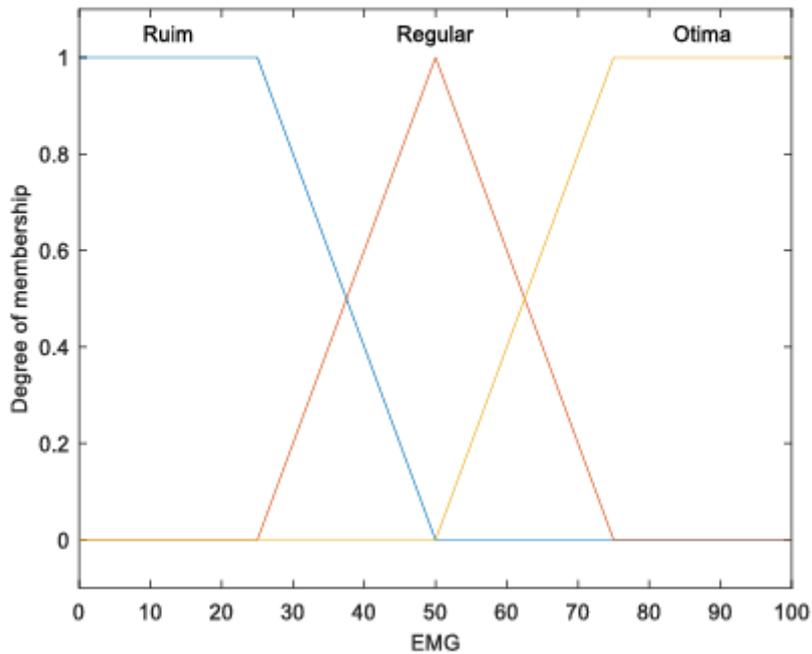


Figura 20 - Grau de Pertinência para variável de input ET.

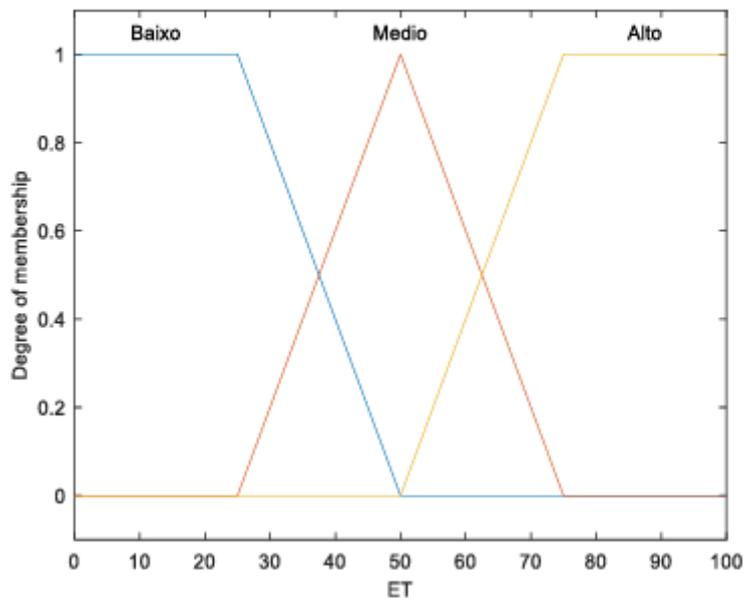


Figura 21 - Grau de Pertinência para variável de input QIM.

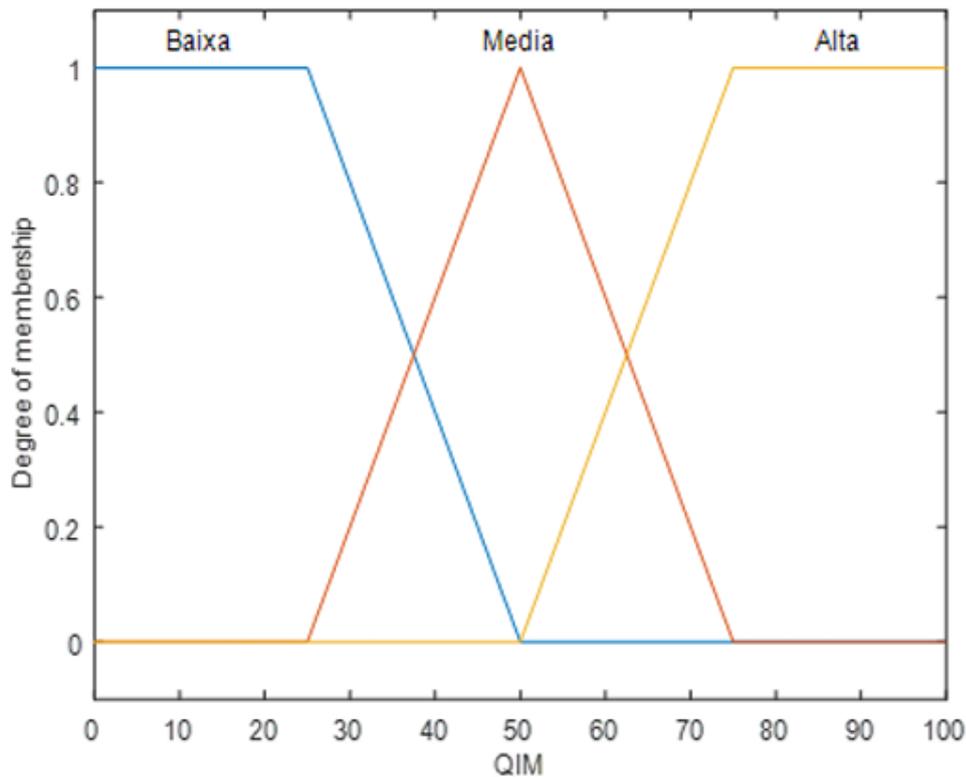


Figura 22 – Regras para o sistema de defuzzyficação.

1. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Baixo) and (QIM is Baixa) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 2. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Baixo) and (QIM is Media) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 3. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Baixo) and (QIM is Alta) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 4. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Medio) and (QIM is Baixa) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 5. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Medio) and (QIM is Media) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 6. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Medio) and (QIM is Alta) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 7. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Alto) and (QIM is Baixa) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 8. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Alto) and (QIM is Media) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 9. If (EVP is Ruim) and (EMG is Ruim) and (ET is Alto) and (QIM is Alta) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 10. If (EVP is Ruim) and (EMG is Regular) and (ET is Baixo) and (QIM is Baixa) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 11. If (EVP is Ruim) and (EMG is Regular) and (ET is Baixo) and (QIM is Media) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 12. If (EVP is Ruim) and (EMG is Regular) and (ET is Baixo) and (QIM is Alta) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 13. If (EVP is Ruim) and (EMG is Regular) and (ET is Medio) and (QIM is Baixa) then (Resultado is Reprovado) (1)  
 14. If (EVP is Ruim) and (EMG is Regular) and (ET is Medio) and (QIM is Media) then (Resultado is Reprovado) (1)

If                      and                      and                      and                      Then

EVP is                      EMG is                      ET is                      QIM is                      Resultado is

Ruim                      Ruim                      Baixo                      Baixa                      Reprovado  
 Regular                      Regular                      Medio                      Media                      Aprovado  
 Otima                      Otima                      Alto                      Alta                      none  
 none                      none                      none                      none                      none

not                       not                       not                       not                       not

Connection                      Weight:

or                      1

and

Delete rule                      Add rule                      Change rule                      << >>

Figura 23 – Simulação para Resultado Aprovado.



Figura 24 - Simulação para Resultado Reprovado.

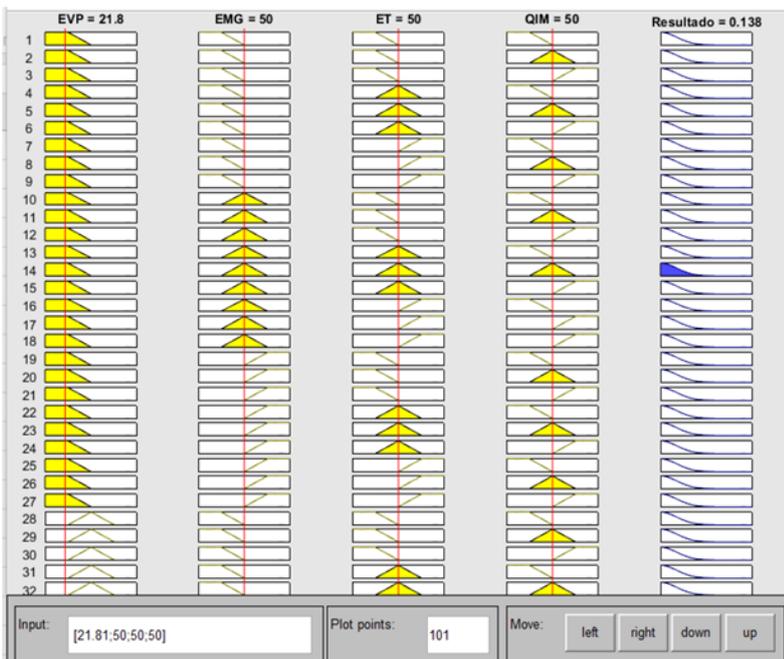
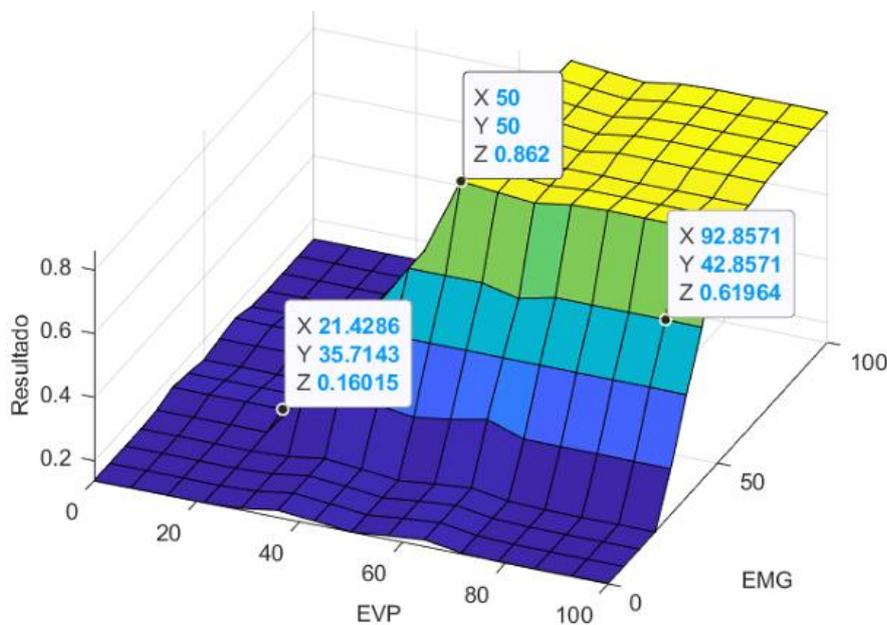


Figura 25 - Simulação para Resultado Reprovado com QIM (Baixo).



Figura 26 – Reflexo das Entradas EVP e EMG no Resultado.



#### 4 - Apresentação dos reflexos econômico e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):

##### Geração de Riqueza

A implementação do sistema de inferência fuzzy para a avaliação de esfigmomanômetros tem um impacto direto na geração de riqueza na região amazônica. Ao assegurar a precisão e conformidade dos esfigmomanômetros, o sistema contribui para o fortalecimento das relações comerciais, garantindo que os produtos e serviços oferecidos atendam aos padrões metrológicos. Isso aumenta

a competitividade dos produtos regionais, incentivando o desenvolvimento econômico local. As Unidades Básicas Fluviais de Fiscalização (UBFFs) tornam-se capazes de fornecer serviços metrológicos de alta qualidade, essenciais para a confiança do mercado e para a atração de investimentos na região.

#### Saúde e Qualidade de Vida

A precisão dos esfigmomanômetros é crucial para a área da saúde, especialmente em regiões remotas onde o acesso a serviços médicos é limitado. Ao garantir que esses instrumentos funcionem corretamente, o sistema de inferência fuzzy ajuda a melhorar a qualidade dos diagnósticos e tratamentos, contribuindo para a saúde da população ribeirinha. A confiabilidade dos esfigmomanômetros é vital para monitorar e tratar condições como hipertensão, reduzindo o risco de complicações graves. Assim, o sistema não só melhora a saúde individual, mas também eleva a qualidade de vida das comunidades, ao proporcionar maior segurança e bem-estar.

#### Redução de Assimetrias Regionais

A região amazônica enfrenta grandes desafios logísticos e de infraestrutura, o que resulta em desigualdades significativas em relação a outras regiões do país. A introdução do sistema de inferência fuzzy nas UBFFs desempenha um papel importante na redução dessas assimetrias. Ao possibilitar que comunidades remotas tenham acesso a serviços de fiscalização e metrologia de alta qualidade, o sistema promove a equidade e a justiça nas relações de consumo. Isso significa que os cidadãos do interior do Amazonas têm garantias semelhantes às dos habitantes de regiões mais desenvolvidas, fortalecendo a coesão social e econômica.

#### Melhoria na Eficiência e Eficácia das Fiscalizações

A utilização da lógica fuzzy para a tomada de decisão nas atividades de fiscalização torna o processo mais preciso e eficiente. A redução de erros e a otimização de recursos garantem que as fiscalizações sejam realizadas de maneira mais eficaz, economizando tempo e dinheiro. Essa melhoria na eficiência operacional das UBFFs se traduz em um uso mais racional dos recursos públicos, permitindo que mais áreas sejam atendidas com a mesma quantidade de recursos. Além disso, a precisão e confiabilidade das avaliações promovem a confiança da população nos serviços prestados pelo Estado.

#### Estímulo ao Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

A adoção de tecnologias avançadas como a lógica fuzzy em sistemas de fiscalização é um estímulo ao desenvolvimento tecnológico na região. Isso não só coloca a região amazônica na vanguarda da inovação tecnológica, mas também cria um ambiente propício para pesquisas e desenvolvimento de novas soluções tecnológicas. A integração dessas tecnologias no dia a dia das operações de fiscalização pode servir de modelo para outras regiões e países, destacando o Amazonas como um polo de inovação em metrologia legal e científica.

#### Contribuição para a Sustentabilidade Ambiental

A logística fluvial, que é a principal via de transporte na região amazônica, é mais sustentável em comparação com o transporte rodoviário ou aéreo. A implementação do sistema de inferência fuzzy nas UBFFs fortalece essa modalidade de transporte, promovendo um desenvolvimento econômico que respeita e preserva o meio ambiente. A sustentabilidade é um reflexo positivo não apenas para a economia, mas também para a qualidade de vida das gerações futuras.

#### Impacto Social Ampliado

O sistema de inferência fuzzy também tem um impacto social significativo ao fortalecer a cidadania e a confiança da população nas instituições públicas. A transparência e a justiça nas relações de consumo, asseguradas por um sistema de fiscalização robusto e eficiente, promovem um ambiente de confiança e cooperação entre o governo e a população. Isso é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e para o fortalecimento da democracia.

#### **5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor**

Pesquisa desenvolvida pelo discente egresso Marcio André de Oliveira Brito sob Orientação do Dr. Jandecy Cabral Leite; e do Coorientador: Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento

**6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço**

Pesquisa concluída, com dissertação publicada na plataforma sucupira e artigo derivado da mesma.

**7 – Referências (apenas as mencionadas no neste documento):**

**8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada**

**AMAZONAS**  
GOVERNO DO ESTADO

**DECLARAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE PESQUISA**

Declaramos para os devidos fins que Márcio André Oliveira Brito, matrícula 000150, aplicou o trabalho intitulado-IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY PARA SUPORTE À AVALIAÇÃO DO ESFIGMOMANÔMETRO VISANDO ATENDER ÀS ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO FLUVIAL NA ÁREA DA METROLOGIA LEGAL, CIENTIFICA E CONFORMIDADES, resultado do seu Projeto de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia/ITEGAM.

Manaus-AM, 29 de abril de 2024.

Atenciosamente,



**RENATO MARINHO BEZERRA JÚNIOR**  
Diretor-Presidente

www.ipem.am.gov.br/  
site: <https://ipem.am.gov.br/ouvidoria/>  
facebook.com/ Ipem Amazonas  
Instagram: @ipem.amoficial  
Twitter - @ipemamoficial

Av. Governador Danilo Areosa,  
s/nº, Distrito Industrial I  
(92) 3663-4858 / 4234  
Manaus-AM – CEP: 69075-351

 **INMETRO**  
Órgão Delegado

 **IPEM-AM**  
ISO 9001

## 9 – Link seguido da print do artigo relacionado ao PTT:

BRITO, M. A. O.; LEITE, J. C.; NASCIMENTO, M. H. R.; BRITO JUNIOR, J. de A. Implementation of a fuzzy inference system to support the evaluation of sphygmomanometers for river inspection activities in the area of legal, scientific and compliance metrology. Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v. 15, n. 4, p. e3620, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i4.3620. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3620>. Acesso em: 24 jun. 2024.



SOBRE ▾ POLÍTICAS EDITORIAIS ▾ ATUAL ARQUIVOS POLÍTICA DE ÉTICA EQUIPE EDITORIAL  
QUALIS CAPES 2017-2020 ALTMETRICS ÍNDICE H5 (GOOGLE SCHOLAR) CITAÇÕES - GOOGLE ACADEMIC  
FONTES DE INDEXAÇÃO CONTATO TEMPLATE PARA OS AUTORES

INÍCIO / ARQUIVOS / V. 15 N. 4 (2024): REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO V.15, N.4, 2024 / Artigos

## Implementation of a fuzzy inference system to support the evaluation of sphygmomanometers for river inspection activities in the area of legal, scientific and compliance metrology

**Marcio André Oliveira Brito**

<https://orcid.org/0009-0006-5586-6073>

**Jandecy Cabral Leite**

<https://orcid.org/0000-0002-1337-3549>

**Manoel Henrique Reis Nascimento**

<https://orcid.org/0000-0003-4688-6751>

**Jorge de Almeida Brito Junior**



Periódicos (2017 – 2020)

ISSN	Título	Área com publicação no quadriênio	Classificação	Área mãe
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	CIÊNCIA POLÍTICA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	CIÊNCIAS AGRÁRIAS I	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	DIREITO	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	EDUCAÇÃO	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	ENGENHARIAS I	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	ENGENHARIAS II	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	ENGENHARIAS III	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	ENSINO	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	INTERDISCIPLINAR	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	LINGÜÍSTICA E LITERATURA	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL / DEMOGRAFIA	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	PSICOLOGIA	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO
2178-9010	REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO	SAÚDE COLETIVA	A4	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO

