

# **MEDIDOR DE QUALIDADE DA ÁGUA**

**Bianca C. da S. Barros, Danielle L. da Silva, Mayra S. da Costa, Victória T. L. Fior**

Centro de Educação Superior de Brasília - Centro Universitário Instituto de Educação  
Superior de Brasília - Brasília, DF- Brasil

## **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta um inovador medidor de qualidade da água baseado em lógica fuzzy. A lógica fuzzy proporciona uma avaliação mais abrangente e precisa ao lidar com a incerteza nas medições. O sistema integra sensores de pH e temperatura, combinados com um algoritmo de lógica fuzzy, para classificar a qualidade da água em quatro categorias distintas, fornecendo uma indicação clara e acessível para o consumo. A metodologia empregada utilizou a plataforma "Google Colaboratory", com a biblioteca "scikit-learn". Este projeto é um avanço significativo para a avaliação da qualidade da água, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a preservação do meio ambiente.

## **2. TRABALHOS CORRELATOS**

A lógica fuzzy é uma abordagem promissora para o desenvolvimento de medidores de qualidade da água. Ela permite uma avaliação mais precisa e versátil da qualidade da água, considerando incertezas e imprecisões.

Os trabalhos correlatos sobre o desenvolvimento de medidores de qualidade da água utilizando lógica fuzzy apresentam abordagens inovadoras para avaliar e controlar a qualidade desse recurso vital.

Em um estudo de 2011, Lima propôs um sistema automatizado para o aproveitamento de água cinza e azul, focando na regulação do pH por meio de um microcontrolador com lógica fuzzy. O pH, uma característica não linear, foi abordado com a lógica fuzzy para uma análise mais precisa.

Outro trabalho, de 2009, Raman, Bouwmeester e Mohan exploraram a aplicação da lógica fuzzy na avaliação da qualidade da água em rios. O processo de inferência difusa foi desdobrado em etapas cruciais, envolvendo funções de associação, operações de conjunto difuso e regras de inferência.

Em um terceiro estudo, feito por Semiromi et al., em 2011, foi desenvolvido um Índice de Qualidade da Água Fuzzy (FWQI) com o objetivo de avaliar a qualidade da água em fontes superficiais. O FWQI foi aplicado com sucesso, indicando uma qualidade de água geralmente satisfatória no Rio Karoon.

Por fim, a proposta de um novo índice baseado em lógica fuzzy se destaca como uma abordagem promissora para lidar com incertezas e imprecisões na avaliação da qualidade da água. Essa inovação permite considerar subjetividade e ambiguidade, sendo particularmente valiosa em cenários complexos e para tomadas de decisão. Em síntese, esses estudos evidenciam de forma clara a importância e eficácia da lógica fuzzy na gestão sustentável dos recursos hídricos e na preservação ambiental.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto pretende produzir um medidor de qualidade da água baseando-se em dados fornecidos por sensores de pH (potencial hidrogeniônico) e de temperatura, capaz de medir a qualidade da água com precisão e classificá-la em quatro categorias para indicação de consumo.

#### 3.1 Tarefas do projeto

As tarefas a serem realizadas constituem na construção de um modelo simples e de baixo custo de medição do pH e da temperatura da água para mensurar sua qualidade, desenvolvendo um sistema embarcado baseado no Raspberry PI para gerenciar o medidor. Além disso, será implementado um algoritmo de lógica fuzzy para classificar os dados fornecidos pelos sensores, de modo que seja possível mensurar a qualidade com precisão e de forma acessível.

#### 3.2 Ferramentas e Hardware utilizados

**Protoboard:** Um tipo de placa para usar prototipagem rápida de circuitos eletrônicos sem soldagem.

**Sensor de pH (pH-4502C):** Sensor usado para medir o Ph de uma solução, neste caso, a água (H<sub>2</sub>O). O sensor do modelo pH-4502 tem uma sonda que é imersa na solução que vai ser testada e gera um sinal elétrico proporcional ao pH da solução, que permite que a medição precise de acidez ou alcalinidade.

**Leds:** Leds são diodos emissores de luz, que são dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica em luz.

**Resistores:** Quatro resistores de 330 ohms e um de 1 kOhms, que configuram componentes eletrônicos cuja finalidade é limitar a energia elétrica de um circuito.

**Cabos jumper:** Pequenos fios com conectores nas duas extremidades que permite fazer conexões temporárias entre os componentes eletrônicos na protoboard.

**Software Python e bibliotecas:** Python é uma linguagem de programação que é versátil e que oferece amplas variedades de bibliotecas e módulos para realizar vários tipos de tarefas. As bibliotecas utilizadas foram as “Pyserial”, “Scikit-Fuzzy” e “Time”.

**Arduino UNO e bibliotecas:** O Arduino UNO é uma placa de prototipagem de microcontrolador de código aberto baseado no microcontrolador ATMEGA328P. Para sua

programação foi utilizada a IDE do Arduino e as bibliotecas inseridas foram as “Wire.h” e “Thermistor.h”.

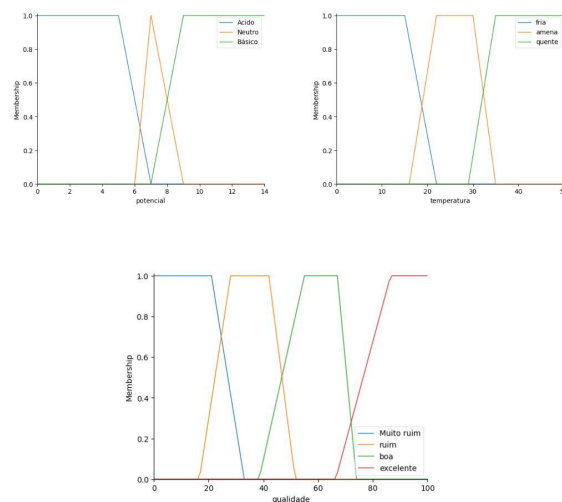
**Sensor de temperatura NTC 10K 3950 MF58:** É um dispositivo eletrônico que mede a temperatura e a umidade do ar. Usa um sensor digital, que envia dados em forma de números. O modelo MF58 é barato e de fácil uso, usado em projetos de arduino e de outras prototipagens.

### 3.3 Requisitos

O medidor deve ser capaz de medir o pH da água com precisão, para isso será implementado um algoritmo de lógica fuzzy que classifica a qualidade da água em quatro categorias de qualidade, sendo elas “muito ruim”, “ruim”, “boa” e “excelente”. Para isso serão definidas duas variáveis de entrada, com seus respectivos universos e funções de pertinência.

**Tabela 1. Variáveis linguísticas e suas faixas numéricas**

Variável de entrada da Temperatura	
Variável linguística	Faixa numérica
Fria	0 – 22 (°C)
Amena	16 – 35 (°C)
Quente	29 – 50 (°C)
Variável de entrada do pH	
Ácido	0 – 7
Neutro	6 – 9
Básico	7 – 14
Variável de saída de qualidade da água	
Muito ruim	0 – 33
Ruim	16.6 – 51.6
Boa	38.8 – 74
Excelente	66.4 - 100



## 4. RESULTADOS

Neste artigo foi realizada a implementação do projeto a partir da produção do módulo de inferência fuzzy, com a inserção dos dados de entrada e saída para medição da qualidade da água.

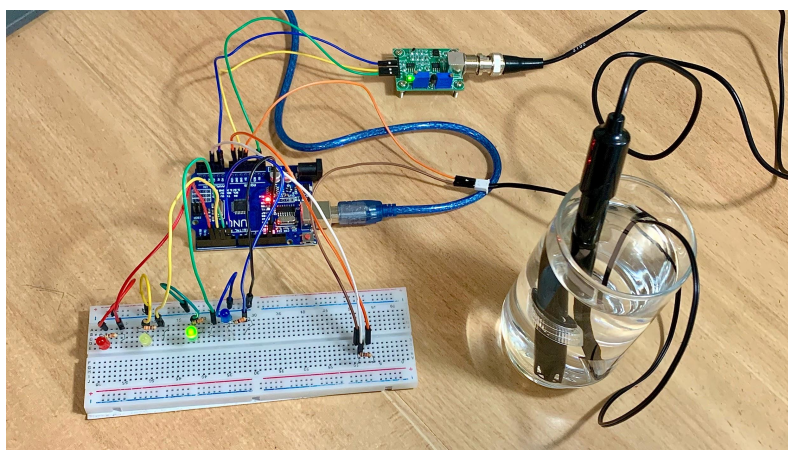
O algoritmo fuzzy e os gráficos foram produzidos na plataforma “Google Colaboratory”, com a importação das bibliotecas “numpy” e “skfuzzy”, em que, esta, constitui uma biblioteca de lógica fuzzy e aquela constitui uma biblioteca de funções de arrays multidimensionais e álgebra linear.

Para definir o módulo de inferência de cada função de pertinência foram usadas as funções “trapmf( )” e “trimf( )”, que dizem respeito às funções trapezoidal e triangular, respectivamente. Dessa forma, foram feitas funções para as variáveis de entrada “pH” e “temperatura” e para a variável de saída “qualidade”. Posteriormente foram implementadas 9 regras de inferência com a utilização da função “Rule( )”, com isso, foi feito um sistema para controle das regras e uma simulação com as funções “ControlSystem( )” e “ControlSystemSimulation ( )”.

A implementação do hardware se deu através da utilização de uma protoboard, um Arduino UNO, o código em Python, o sensor de pH PH4502C e o sensor de temperatura NTC 10K 3950 MF58 e quatro leds para identificação das saídas da lógica fuzzy. Inicialmente, o sensor de pH foi calibrado usando a placa de arduino e medindo o valor de pH da água destilada, logo após os sensores foram testados em diferentes águas, com diferentes valores de pH. Foi observado que os melhores valores de pH para obtenção da qualidade “excelente” situam-se na faixa entre pH neutro e temperatura amena, variando entre 16° e 35°.

Os valores de defuzzificação “Muito ruim”, “Ruim”, “Boa” e “Muito boa” foram definidos com base nas cores das leds. Dessa forma, “Muito ruim” foi representado pela led vermelha; “Ruim” foi representado pela led amarela; “Boa” foi representado pela led verde e “Excelente” foi representado pela led azul.

No experimento prático utilizou-se uma água cujo valor de pH obtido foi de 7.02 e o valor de temperatura foi de 20 °C, considerando que o valor de pH pode mudar consideravelmente conforme a temperatura. De acordo com as funções de pertinência, essa água estava qualificada como “boa” e, portanto, a led acendida foi a de cor verde.



**Figura 1. Experimento prático do medidor de qualidade da água.**

## **5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS**

A implementação e análise do Medidor da Qualidade da Água revelam-se como uma ferramenta crucial para monitorar e manter a integridade dos recursos hídricos. Ao longo deste trabalho, foram explorados dois parâmetros que compõem a qualidade da água, baseados em dados fornecidos por sensores de pH (potencial hidrogeniônico) e de temperatura, capazes de medir a qualidade da água com precisão. Foram utilizadas a lógica fuzzy na implementação parcial a partir da produção do módulo de inferência, com a inserção dos dados de entrada e saída, permitindo mensurar a qualidade com precisão e de forma acessível.

Como trabalhos futuros, é proposta uma adaptação de acordo com os recursos disponíveis, e com foco na realização de um medidor mais específico da qualidade da água. Para isso pode-se utilizar um display 16x2, um potenciômetro de 10K para ajuste do contraste, sensores de turbidez e de condutividade elétrica, com o intuito de identificar a salinidade e a condutividade, para medir a qualidade da água com mais precisão e viabilizar efetivamente o consumo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Araújo de Lima, Fábio . **“Sistema Automatizado Para O Aproveitamento de Água Cinza E Azul, Com Controle de Ph Utilizando a Lógica Fuzzi.”** Repositorio Ufrn, Aug. 2011, [repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15366/1/FabioAL\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15366/1/FabioAL_DISSERT.pdf). Acesso em: 13 Set. 2023.
- Raman, Bai V, et al. **“Fuzzy Logic Water Quality Index and Importance of Water Quality Parameters.”** Air, Soil and Water Research, vol. 2, Jan. 2009, p. ASWR.S2156, [journals.sagepub.com/doi/full/10.4137/ASWR.S2156](https://journals.sagepub.com/doi/full/10.4137/ASWR.S2156), <https://doi.org/10.4137/aswr.s2156>. Acesso em: 13 Set. 2023.
- Babaei Semiromi, F., et al. **“Water Quality Index Development Using Fuzzy Logic: A Case Study of the Karoon River of Iran.”** African Journal of Biotechnology, vol. 10, no. 50, 30 Sept. 2011, pp. 10125–10133, [academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/7CE761229086](https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/7CE761229086), <https://doi.org/10.5897/ajb11.1608>. Acesso em: 13 Set. 2023.
- Pereira, Aécio Alves. **“Avaliação Da Qualidade Da Água : Proposta de Um Novo Índice Alicerçado Na Lógica Fuzzy.”** Repositorio.unb.br, 13 Sept. 2010, [repositorio.unb.br/handle/10482/7902](https://repositorio.unb.br/handle/10482/7902). Acesso em: 13 Set. 2023.