



COMUNICAÇÃO ORAL

## Estudo e modelagem de um controlador para bueiro eletrônico baseado em lógica Fuzzy

Caroline C. Martins<sup>1</sup>, Aline F. F. Silva<sup>2</sup>, Danielli A. Lima<sup>3</sup>  
Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Patrocínio  
Laboratório de Inteligência Computacional e Robótica (LICRo)  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

**Resumo:** As cidades vêm crescendo de forma desordenada nos últimos anos e inúmeros problemas são ocasionados em virtude dessa urbanização mal planejada. Visando solucionar o óbice com as enchentes causadas pelo lixo em demasia que se concentra nos bueiros, o presente projeto tem como propósito apresentar uma solução para este problema, através do desenvolvimento de um sistema de bueiro inteligente que faz uso da lógica Fuzzy. A modelagem deste bueiro será apresentada no presente artigo e o mesmo será desenvolvido para obter o controle otimizado da abertura de um bueiro de contingência, através da análise de dados coletados por sensores específicos. Resultados mostram que a Regra de Inferência modelada neste trabalho são promissoras para o controle deste bueiro eletrônico.

**Palavras-chave:** Lógica Fuzzy. Inteligência Artificial. Bueiro Eletrônico. Controladores. Cidades Inteligentes.

### 1 Introdução

O acelerado processo de urbanização que decorreu com o passar dos anos no Brasil, propiciou a aparição de diversos problemas sociais e ambientais. Podendo citar como exemplo a dificuldade que muitas cidades enfrentam com o acúmulo de lixo nas vias. Sendo este considerado, junto aos sistemas de drenagem públicos, a causa mais comum dos alagamentos nas metrópoles. Pensando em tais problemas, as cidades inteligentes foram elaboradas de forma a empregar tecnologias modernas para o desenvolvimento e crescimento organizado das mesmas (RIBEIRO et al., 2014).

Uma solução interessante para os problemas anteriormente mencionados é o desenvolvimento de sistemas inteligentes usando técnicas de inteligência artificial, mais especificamente a lógica Fuzzy. A Lógica Fuzzy é muito aplicada na implementação de controladores por ser um procedimento que incorpora a forma humana de pensar, ou seja, comporta-se de forma similar a um raciocínio dedutivo (JUNIOR et al., 2005). Sendo essa abordagem muito adotada por pesquisadores na automação de processos.

Este artigo tem por objetivo geral propor um conjunto de regras de inferências que

<sup>1</sup> Aluna do Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFTM Campus Patrocínio, <costamartins.0220@gmail.com>

<sup>2</sup> Professora IFTM Patrocínio, Mestre em Tecnologias, Comunicação e Educação, <alinefurtado@iftm.edu.br>.

<sup>3</sup> Professora Efetiva do IFTM Campus Patrocínio, Doutora em Ciência da Computação, <danielli@iftm.edu.br>.

controla a abertura de um bueiro eletrônico por meio de lógica Fuzzy. Temos três objetivos específicos principais neste artigo: (i) apresentar um modelo de protótipo realizado no Proteus em Arduino que será usado para contemplar múltiplos parâmetros para abertura do bueiro; (ii) usar mecanismos de inteligência artificial para que possa ser feita a associação de todos os dados, mais especificamente, de lógica Fuzzy, para controlar um bueiro de forma otimizada e que contemple todas as entradas advindas dos sensores; (iii) apresentar resultados preliminares que apresentem as regras de inferência para a abertura do bueiro e como as variáveis de entrada interferem na saída do controlador proposto.

## 2 Referencial Teórico

Os problemas decorrentes da urbanização acelerada e desorganizada acarretam não somente consequências locais, mas nacionais e até mesmo globais. (DIONYSIO; DIONYSIO, 2014) afirma que “Materiais sem utilidade se amontoam indiscriminada e desordenadamente, muitas vezes em locais indevidos”. Para (MOTA et al., 2015) “torna-se evidente que estes resíduos sólidos irão causar impactos nas cidades principalmente nas redes de esgotos”.

O crescente volume de chuva que vem ocorrendo é um fator essencial para os transtornos com alagamentos, pensando nisso (MOTA et al., 2015) considera um agravante dessa situação “os entupimentos de bueiros, gerados principalmente pela falta de consciência da população em jogar lixo nas ruas”. E justifica por meio de seu estudo a necessidade de gerir e solucionar a adversidade relacionada aos alagamentos nas cidades em dias de chuva.

As cidades inteligentes, por sua vez investem cada vez mais em infraestruturas tecnológicas para gerenciar e automatizar diversos problemas presentes em nosso cotidiano, melhorando assim a qualidade de vida dos moradores (KON; SANTANA, 2016). Tendo sido usado por muito tempo para processos de automatização o controlador Booleano, que apresenta apenas dois estados de saída (VERDADEIRO ou FALSO), vem cada vez mais sendo substituído por controladores que fazem uso de lógicas mais avançadas e mais inteligentes, como por exemplo a lógica Fuzzy (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

A lógica Fuzzy é capaz de registrar informações vagas e transforma-las para um formato numérico de fácil manipulação, objetivando levar com que as decisões tomadas pelo equipamento estejam cada vez mais próximas das decisões humanas (MARRO et al., 2010). Sua amplitude de possibilidades abre caminhos para novos projetos, como exemplo, pode-se aludir o projeto de (ROLIM, 2016) onde é empregado sensores como de luminosidade, temperatura, umidade, quantidade de chuvas e até mesmo a quantidade de lixo acumulado perto de um bueiro. Tudo isso combinado em regras de inferência de um lógica Fuzzy possibilitou o sensoriamento urbano.

## 3 Metodologia

Para a apresentação da modelagem do controlador desenvolvido para o bueiro eletrônico, apresentamos alguns passos para a compreensão da proposta deste trabalho. Primeiramente, modelamos o nosso conjunto de sensores que servirão como dados de entrada para o controlador do nosso bueiro eletrônico. Assim, desenvolvemos um modelo de protótipo no software Proteus, que consiste em um circuito de Arduino acionado por três sensores, sendo esses, sensor de luminosidade, sensor de umidade e temperatura, e sensor de nível. Cujo propósito é a coleta dos dados que serão usados para o desenvolvimento deste projeto.

O controle do bueiro apresentado nesse artigo será realizado via lógica Fuzzy. A lógica Fuzzy, conforme já foi apresentada anteriormente é uma lógica de múltiplos valores que permite que as variáveis assumam qualquer valor real entre 0 e 1, diferentemente da lógica clássica (ou booleana), em que 0 corresponde à desligado e 1 à ligado. Neste nosso sistema a Lógica Fuzzy foi adotada para dar mais graus de controle ao bueiro eletrônico proposto. Partindo deste

pressuposto, neste artigo usamos o Matlab para modelar o conjunto regras de inferência que servirão como controlador do acionamento do bueiro eletrônico. O Matlab serve para fazermos uma modelagem prévia desse controle antes de programarmos no Arduino o nosso conjunto de regras de acionamento. Assim, as variáveis de entrada são adicionadas no sistema “Fuzzy” do Matlab, onde todos os dados coletados pelos sensores definidos serão analisados e associados de forma inteligente pelo sistema, por meio de regras de inferência por nós criadas, que serão capazes de apresentar todas as possíveis saídas para o bueiro, ou seja, graus de acionamento (níveis de abertura) do dispositivo.

## 4 Proposta

Muitos autores já investigaram a prototipagem de controladores usando o Arduino (LIMA et al., 2020). Para (CAVALCANTI et al., 2016) “O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica que permite aos usuários a elaboração de sensores, controladores, detectores, robôs etc”. Dito isso, para este projeto foi modelado via Proteus o protótipo do Arduino que pode ser visto na Figura 1. A Figura 2 representa o designer da lógica Fuzzy, isto é, as quatro entradas utilizadas no sistema (1), a regra a ser aplicada (2), e a saída da lógica (3). Etapas estas que serão explicadas ao decorrer deste artigo.

Na Figura 3 estão indicados os parâmetros das quatro entradas que estão sendo utilizadas

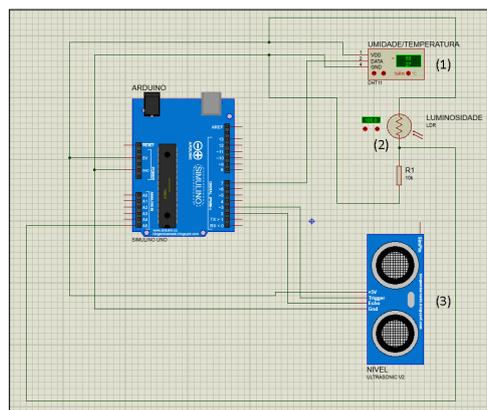


Figura 1 – Exemplo do protótipo em Arduino proposto neste artigo modelado pelo software Proteus. (1) Sensor de umidade e temperatura, (2) Sensor de luminosidade, (3) Sensor ultrassônico agindo como sensor de nível.

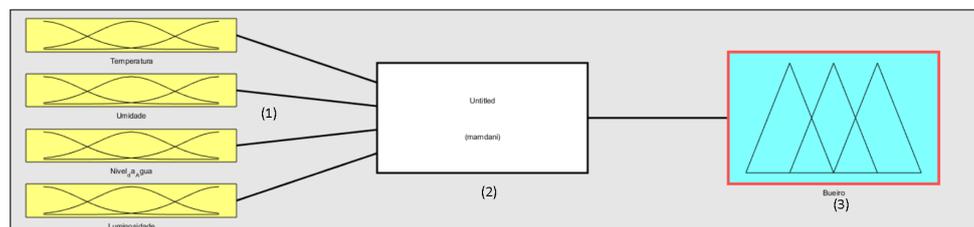


Figura 2 – Modelo controlador desenvolvido através da técnica de inteligência artificial denominada Lógica Fuzzy, usando 4 variáveis de entrada para o acionamento do nível de abertura do bueiro eletrônico.

para o desenvolvimento da lógica Fuzzy. Sendo essas entradas definidas por valores numéricos específicos categorizados entre baixo (B), médio (M) e alto (A). Seus intervalos foram estabelecidos da seguinte forma:

- Luminosidade:
  - Temperatura:
  - Nível da Água:
  - Umidade:
- |                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| B 0 até 600    | B -40° até 15° | B 2cm até 5cm  | B 0% até 50%   |
| M 400 até 750  | M 10° até 22°  | M 4cm até 7cm  | M 40% até 60%  |
| A 600 até 1024 | A 15° até 40°  | A 5cm até 10cm | A 60% até 100% |

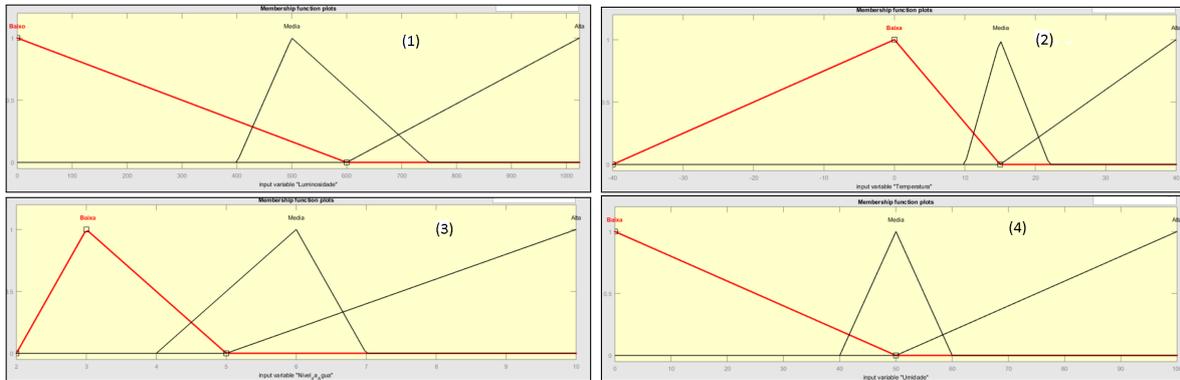


Figura 3 – Entradas de dados referentes aos sensores usados: (1) Luminosidade, (2) Temperatura, (3) Nível da Água e (4) Umidade.

Segundo (MARRO et al., 2010) “A inferência Fuzzy é um processo de avaliação de entradas com o objetivo de, através das regras previamente definidas e das entradas, obter conclusões utilizando-se a teoria de conjuntos fuzzy”. As regras de inferência que serão aplicadas na lógica Fuzzy desenvolvida para definir os estágios de abertura do bueiro são:

**Bueiro Aberto:** IF (nível da água alto AND Luminosidade baixo) OR (temperatura alto AND nível da água médio AND luminosidade baixo) OR (temperatura alto AND nível da água médio AND luminosidade médio AND umidade alto);

**Bueiro Parcialmente Aberto:** IF (umidade alto AND nível da água baixo AND luminosidade médio) OR (temperatura médio AND umidade alto AND nível da água baixo);

**Bueiro Fechado:** IF (temperatura alto AND umidade baixo AND luminosidade alto) OR (temperatura baixo AND luminosidade alto AND umidade médio AND nível da água baixo).

## 5 Resultados

Os resultados obtidos nesse primeiro momento são os estudos das regras de inferência apresentadas após a aplicação da lógica Fuzzy, sendo demonstrado as três diferentes situações de abertura do nosso bueiro. A Figura 4 à esquerda, simula uma situação para o bueiro totalmente

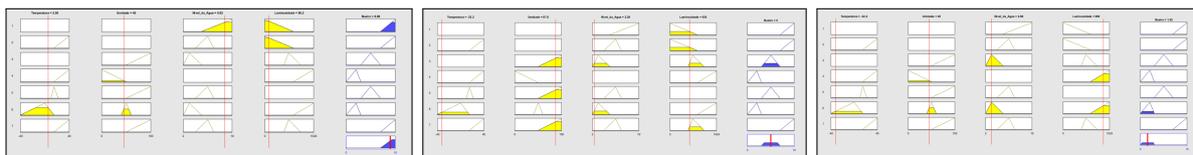


Figura 4 – À esquerda: Bueiro Totalmente Aberto, ao centro: Bueiro Parcialmente Aberto, à direita: Bueiro Fechado.

aberto, referindo-se à primeira regra de inferência aqui citada, ou seja, é apresentado um nível de água alto e uma luminosidade baixa, as outras variáveis podem ser desconsideradas nessa

situação. Já a Figura 4 ao centro, apresenta uma abertura parcial do bueiro, com os fatores regulados em umidade alta, nível da água baixo e luminosidade média. Enquanto a Figura 4 à direita, demonstra o bueiro fechado, para isso foi regulado a temperatura em nível baixo, umidade média, nível da água baixo e luminosidade alta.

## 6 Considerações finais

As cidades estão crescendo cada vez mais rapidamente, no entanto, nem sempre este crescimento é ordenado. Assim, cidades inteligentes vêm tomando espaço no debate político como forma de planejamento dessa urbanização. Neste trabalho modelamos um bueiro eletrônico que ajuda no escoamento de chuvas controlado por lógica Fuzzy. Tendo em vista os aspectos observados, é viável analisar o impacto das regras de inferência, por meio de lógica Fuzzy, no controle da abertura de um bueiro eletrônico. Considerando todas as possibilidades que tal regra nos proporciona pode-se observar a real eficiência na análise e monitoramento inteligente do sistema aqui sugerido. Como trabalhos futuros estão previstos mais experimentos para refinamento de regras de inferência e a posterior implementação em Arduino.

## Referências

- CAVALCANTI, D. R. C. et al. Análise do movimento do móvel usando o trilho de ar e a placa arduino como aquisição de dados. Universidade Federal de Alagoas, 2016. Citado na página 3.
- DIONYSIO, L. G. M.; DIONYSIO, R. B. Lixo urbano: descarte e reciclagem de materiais. **PUC. Rio de Janeiro (RJ)**, p. 1–24, 2014. Citado na página 2.
- FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2008. Citado na página 2.
- JUNIOR, F. G. F. et al. Implementação de controladores pid utilizando lógica fuzzy e instrumentação industrial. **VII Simpósio Brasileiro Automação Inteligente, São Luiz, Brazil**, p. 27–30, 2005. Citado na página 1.
- KON, F.; SANTANA, E. F. Z. Cidades inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 2–49. Citado na página 2.
- LIMA, D. A. et al. A fire elitist cellular automaton-based model to verify pedestrian flow simulated in real environments using arduino. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 7, n. 1, 2020. Citado na página 3.
- MARRO, A. A. et al. Lógica fuzzy: conceitos e aplicações. **Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 4.
- MOTA, B. C. et al. Bueiro eco inteligente. **Extensão em Foco (ISSN: 2317-9791)**, v. 1, n. 2, p. 135–144, 2015. Citado na página 2.
- RIBEIRO, S. A. et al. Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3g para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes. 2014. Citado na página 1.
- ROLIM, C. O. Uso de sensibilidade à situação em redes oportunistas para intensificar a comunicação de dados em aplicações de sensoriamento urbano. 2016. Citado na página 2.