

CONTROLE DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE SISTEMA FUZZY EMBARCADO

Taís Soares¹, Vanderlino da Mata², Emanuel Cajueiro³

¹SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, taissouzandrade@gmail.com

²SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, vander_da_mata@hotmail.com

³SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, emanuelbenicio@gmail.com

RESUMO

Neste artigo foi proposto o processo de desenvolvimento de um sistema de controle de iluminação ambiental que utiliza conceitos de sistemas inteligentes em sua modelagem. Foram demonstradas as vantagens de se projetar sistemas de controle de luminosidade através de abordagens próprias da inteligência computacional, fazendo uso de um software embarcado em um hardware sem que este tenha de ser manuseado pelo usuário. Ainda, mostra-se que a modelagem de um controlador através da aplicação da lógica nebulosa garante o sucesso pretendido de forma eficiente e eficaz. Sua finalidade é fornecer uma solução para o uso sustentável da iluminação artificial em ambientes residenciais. O sistema desenvolvido neste trabalho atendeu mais eficientemente que os controles do tipo ON/OFF no que se refere ao consumo de energia, mostrando-se apto a ser aplicado em projetos mais robustos desde que sejam realizadas as devidas alterações nas tensões a serem utilizadas.

Palavras-Chaves: *Lógica fuzzy; Conjuntos Fuzzy; Controle de Iluminação; Microcontrolador; LDR.*

ABSTRACT

In this paper we propose the process of developing an environmental lighting control system that uses concepts of intelligent systems in their modeling. We aimed to demonstrate the advantages of designing lighting control systems through its own approaches to computational intelligence, using embedded software on hardware without it having to be handled by users and also show that to achieve this purpose of modeling a fuzzy controller ensures the desired success efficiently and effectively. Its purpose is to provide a solution for the sustainable use of artificial lighting in residential environments. The system developed in this work served more efficiently

than controls ON / OFF type with regard to energy consumption, being able to be applied in more robust designs as long as the necessary changes are made in the tensions to be used.

Keywords: Fuzzy logic; Fuzzy Sets; Lighting Control; Microcontroller; LDR;

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle de iluminação constituem a melhor solução para o problema do mau uso da iluminação artificial no ambiente doméstico. Em Canato (2007) descrevem-se algumas formas de implementação comumente encontradas em sistemas de iluminação automatizados. Canato, mostra que o consumo de energia pode ser otimizado com o uso de sistemas adequados, capazes de gerir os gastos de eletricidade através de funções de regulação de intensidade ao considerar critérios como presença/ausência, hábitos e horários.

Esses sistemas geralmente usam sensores que enviam sinais para um núcleo de controle que os interpreta como a confirmação da presença de pessoas num dado local, fazendo com que as luminárias do ambiente sejam acionadas logo em seguida. Tais sistemas podem eliminar a preocupação com o gerenciamento do consumo de energia, impedindo o uso insuficiente ou exagerado do consumidor com o provimento dos recursos energéticos disponibilizados sob seu controle.

Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento de um sistema para controle de iluminação que utiliza um software embarcado escrito a partir de conceitos da lógica *fuzzy* para demonstrar a eficiência energética conseguida através deste tipo de controle no gerenciamento do consumo de eletricidade.

1.1. Lógica Fuzzy

Os sistemas *fuzzy* são capazes de lidar com processos com alto grau de complexidade e que são representados por informações linguísticas. Esses sistemas baseiam-se em regras do tipo "se<condição> então <ação>", apoiadas pela teoria dos conjuntos *fuzzy* e pela lógica *fuzzy*, que lhes fornecem a base matemática necessária para lidar com informações de cunho qualitativo (Sousa, 2013).

As regras *fuzzy* fazem parte de um importante componente que constitui o cerne de controle do sistema, a base de regras. A base de regras é composta por regras linguísticas que determinam as políticas de estratégia para a tomada de decisão. A base de regras realiza o mapeamento do domínio da entrada para o domínio da saída, sendo determinante para a geração dos resultados produzidos pelo sistema *fuzzy* (Sousa, 2013).

Com os conjuntos *fuzzy* definidos por suas funções de pertinência para fuzzificação de entradas quantitativas as regras *fuzzy* podem ser utilizadas para tratamento da entrada e realização da inferência *fuzzy*. A inferência *fuzzy* é responsável por avaliar as variáveis de entrada, através da aplicação de regras de produção linguísticas contidas na base de regras, a fim de se obter o valor de saída *fuzzy*. Assim, o valor de saída *fuzzy* é uma função da base de regras especificada (Sousa, 2013).

2. METODOLOGIA

O controle de iluminação é o foco deste projeto que descreve o processo de desenvolvimento de um sistema embarcado baseado na lógica *fuzzy* para controle do consumo de eletricidade e conseqüente redução do desperdício de energia e alinhamento do projeto de natureza sustentável. A lógica *fuzzy* permite dotar uma máquina da capacidade de classificar valores dentro de determinados conjuntos, considerando sempre o grau de pertinência desses mesmos valores a tais conjuntos.

Uma das principais variáveis utilizadas para avaliação de conforto lumínico é a iluminância. A relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a unidade

de área dessa superfície determina a medição ideal da iluminância, que é feita por um fotômetro calibrado em lux, também denominado especificamente de luxímetro. Este conforto lumínico também é baseado em normas.

De acordo com ABNT (1992), as normas referentes à iluminação em ambientes podem ser citadas pela NR 17 (Ergonomia) da Portaria 3214/1978 que direciona para a NBR 5413 e trata da regulamentação que envolve a iluminância de Interiores.

As salas de aula, especificamente, são enquadradas com um campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras. Segundo a norma brasileira NB-57/1991, a iluminação das salas de aulas deve estar no entorno de 300 lux (ABNT, 1992).

Podemos considerar um domínio de iluminação onde seus dois extremos são: mais escuro e mais claro. Sistemas de controle ON/OFF trabalham apenas com os estados de totalmente desligado ou totalmente ligado, coincidindo, esses estados com os extremos da faixa de valores anteriormente citada. Porém, se quiséssemos situar um determinado valor de luminosidade em um grau intermediário, criando uma subdivisão e ainda verificar quanto de escuro ou quanto de claro um determinado valor intermediário tivesse, seria ideal o uso da lógica *fuzzy*. É importante ressaltar que com base na quantidade de escuro, ou na quantidade de claro em um ambiente o sistema tomará as decisões baseadas nos graus de pertinência desses valores. Neste trabalho adotamos a intensidade de iluminação no ambiente como único parâmetro a partir do qual devam ser tomadas todas as decisões do controlador *fuzzy* projetado.

O primeiro momento do processo de desenvolvimento do controlador foi definir quais variáveis atuantes sobre o ambiente para modelagem do sistema. Embora vários critérios possam ser observados, a intensidade luminosa do ambiente é o parâmetro mais direto e intuitivo para esse contexto.

Considerando a entrada e a saída do sistema, foram utilizadas duas variáveis físicas como componentes na modelagem do controlador *fuzzy*. Uma dessas variáveis foi a intensidade luminosa no ambiente em um dado instante, correspondendo ao

parâmetro de entrada para o sistema. Para a saída adotamos a modulação por largura de pulso para controle da alimentação dispensada à lâmpada.

2.1. Procedimento para coleta de dados

. Para que fosse possível realizar o levantamento dos valores referentes aos limites superior e inferior dos contextos nebulosos de luminosidade, utilizou-se uma fotoresistência (LDR – do inglês *light depend resistor*) para a leitura da intensidade luminosa, como mostra a Figura 1. A fim de ter acesso as variações de tensão no LDR, ocasionadas pela variação da resistência do LDR, tornou-se necessário adicionar um resistor em série com o mesmo. O circuito (Figura 1) é alimentado pelo pino da placa Arduino que fornece uma tensão de 5v a circuitos externos. A0 refere-se a um dos pinos analógicos do Arduino e neste projeto ele é responsável por captar os sinais provenientes do sensor de luminosidade.

A leitura da das variações de tensão no LDR foi feita via plataforma Arduino.

O Arduino possui um ambiente de desenvolvimento de aplicações que contém uma ferramenta para leitura e escrita de dados seriais, o *Serial Monitor*. Através dessa ferramenta foi possível visualizar os dados coletados pelo sensor.

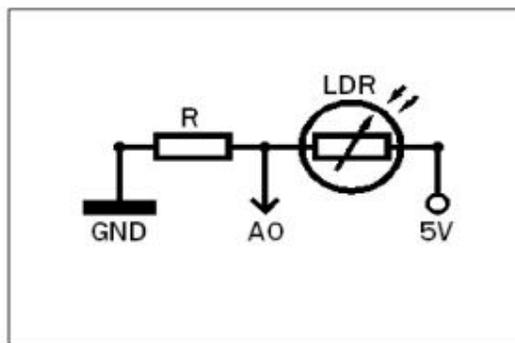


Figura 1. Circuito para leitura da intensidade luminosa

Neste projeto não trabalhou-se com o lux como unidade de medida para a variável de entrada, ao invés disso adotamos apenas os valores resultantes do mapeamento realizado pelo Arduino a partir da tensão detectada no pino utilizado pelo sensor

LDR. Isso não resultou em nenhuma perda ou desvantagem ao sistema, visto que preocupou-se em coletar os valores retornados pelo sensor LDR que correspondessem a uma faixa de luminosidade que vai do mais escuro ao mais claro, sendo que o mais claro foi o valor de luminosidade máximo verificado em um ambiente iluminado tanto com a luz proveniente de raios solares como de uma lâmpada. Feito isso, os valores de luminosidade alcançados pelas cargas controladas pelo sistema *fuzzy*, no caso da lâmpada, deve variar dentro desta faixa, sendo compensada pela luminosidade dos raios solares quando for justificado que tal luminária seja acesa, o que conservará a capacidade de utilização do ambiente iluminado. A Figura 1 representa o esquema do circuito para leitura da intensidade luminosa por meio do LDR.

Durante a coleta dos dados, o circuito sensor foi deixado funcionando e registrando os dados referentes aos níveis de luminosidade por 24 horas. Após o processo de captura desses níveis verificou-se quais deles representavam aos limites superior e inferior da iluminação natural. Tomou-se cuidado para que esse procedimento fosse realizado num dia ensolarado e com baixa nebulosidade, para garantia de que o limite superior encontrado estivesse o mais próximo possível do maior valor de luminosidade real captável no ambiente, em termos de luz natural.

Após coletar os níveis de iluminação no ambiente e seu devido registro, passou-se à modelagem dos conjuntos nebulosos referentes à luminosidade. Definiram-se as seguintes variáveis: ME, ES, NM, CL e MC com seus dados de coleta.

A Figura 2 mostra como os dados amostrados foram representados. No caso, decidiu-se escolher conjuntos triangulares, pois o projeto trabalha com valores aproximados.

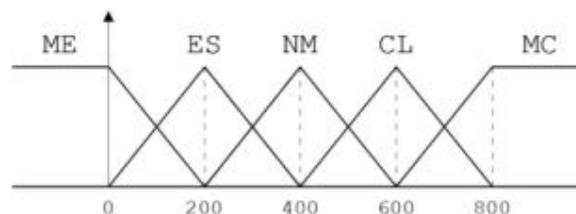


Figura 2. Variáveis de luminosidade

Em seguida passou-se à definição dos conjuntos nebulosos do contexto de saída do controlador, levando-se em consideração que a carga de saída a ser controlada é a potência elétrica. Para definição dos limites superior e inferior referente à potência

elétrica levaram-se em consideração os valores aceitáveis para regulação da largura de pulso no Arduino. Para a modulação da largura de pulso, PWM, ou seja, do tempo em que o sinal deve se manter em 5v, durante um ciclo do período regular, a placa Arduino aceita valores entre 0 e 255 (Em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015).

O Arduino possui uma função chamada `analogWrite()` para geração de sinais por PWM e simulação de sinais analógicos em circuitos externos. A figura 3 mostra a faixa de valores aceita como parâmetro da função `analogWrite()` do Arduino e a porcentagem do clique corresponde ao tempo em que o sinal se encontra em nível alto (Em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015) representada na Figura 3.

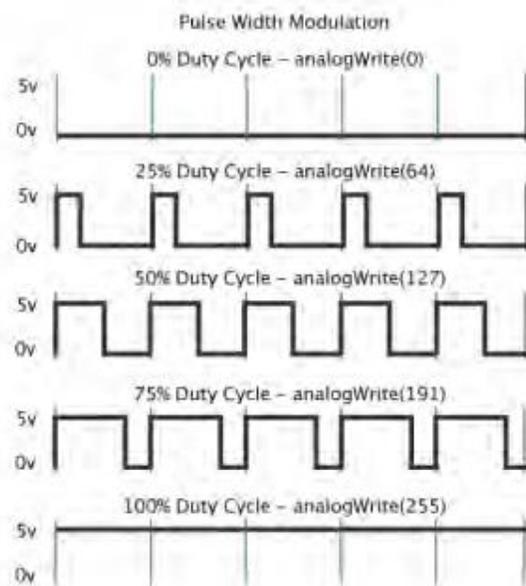


Figura 3. Modulação por largura de pulso, PWM, da placa Arduino. Fonte: www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM.

As variáveis de potência definidas foram: MN, BX, NM, AL e MX. A Figura 4 mostra graficamente tais dados de coleta.

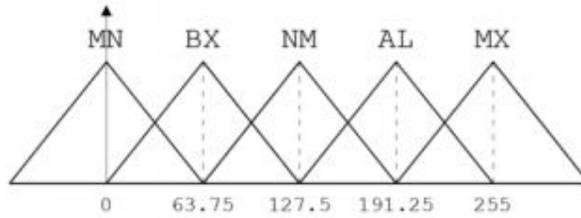


Figura 4. Variáveis de potência

Os controladores nebulosos SISO caracterizam-se por possuírem apenas uma variável de entrada, e no projeto em questão definimos a variável Iluminação como a variável nebulosa correspondente à entrada e a variável potência referente à saída.

O projeto desenvolvido é do tipo SISO e por isso, as regras *fuzzy* definidas para seu conjunto de regras utilizam apenas uma variável de entrada e uma variável de saída. No Quadro 1 descrevemos as regras da base de conhecimento do controlador.

Quadro 1: Definição das regras *fuzzy*

X				
ME	ES	NM	CL	MC
MX	AL	NM	BX	MN

3. PROTÓTIPO DO PROJETO

Para realização dos testes do controlador, foi construído um protótipo em escala reduzida, onde foram acopladas duas lâmpadas, cujo esquema do circuito pode ser observado na Figura 5. Cada uma dessas lâmpadas, L1 e L2, foram alimentadas por conjuntos de pilhas distintos, B1 e B2, de 6v, cada um. Além desses componentes, percebem-se na Figura 5 dois transistores, Q1 e Q2, utilizados no controle das lâmpadas, alguns resistores para adequação da corrente e divisão de tensão, R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7 e um sensor LDR, conectado a um dos pinos analógicos da placa, A0. Pode-se notar, também, na Figura 5, a utilização de alguns pinos digitais do Arduino, rotulados por D8 e D9, para mensuração dos níveis de tensão dos

conjuntos de pilhas e, D10 e D11, para controle das tensões de base dos transistores Q1 e Q2. Cada uma das lâmpadas são controladas por controladores embutidos no Arduino, sendo um do tipo ON/OFF e o outro do tipo *fuzzy*.

O controlador ON/OFF foi projetado para acionar a primeira lâmpada, L1, assim que a placa recebesse o valor 300, através de uma função de leitura sobre o pino A0 do Arduino (Sensor). Já, o controlador *fuzzy* foi projetado para controlar a tensão aplicada à base do transistor Q2, controlando a intensidade da lâmpada L2, através de um sinal regulado de acordo com o seu conjunto de regras. O sinal aplicado à base do transistor Q2 varia de acordo com a saída *fuzzy*, criando um efeito de enfraquecimento gradual do brilho da lâmpada à medida que o sensor detecta um maior nível de luz no ambiente e aumentando o seu brilho quando ocorre o contrário. A Figura 5 mostra o circuito projetado.

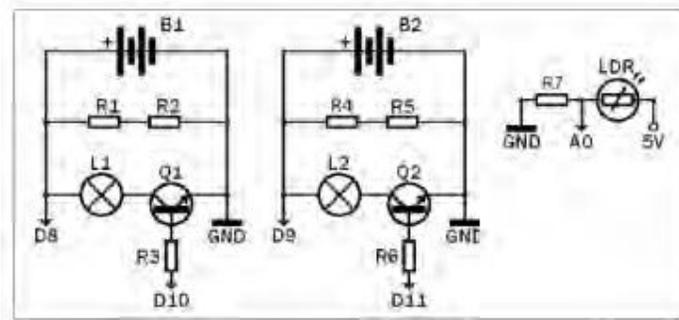


Figura 5. Circuito do protótipo construído.

Este projeto possui uma vulnerabilidade referente à falta de energia, pois, caso ocorra à ausência desta energização tanto para o microcontrolador como para as lâmpadas (com o término de carga da bateria), não foi projetado um segundo plano, comprometendo a atividade do sistema e só retornando a normalização das atividades após retorno da energia ou a substituição das pilhas.

4. RESULTADOS

Para que o objetivo deste trabalho fosse alcançado seria necessário demonstrar a eficiência do controlador nebuloso visando proporcionar a redução do desperdício de energia elétrica. Isso significa que tal controle seja capaz de causar um consumo racionado de eletricidade sem onerar o usuário final quanto ao atendimento de suas necessidades. Assim, o sucesso do trabalho realizado se traduziria no alcance de características sustentáveis para o sistema desenvolvido.

Foram realizados dois testes. O primeiro com total ausência de luz solar, e o segundo realizado a partir das primeiras horas do amanhecer do dia. Como pode ser visto na Tabela 01, os testes realizados retomaram os resultados esperados. No caso, a lâmpada alimentada pelo grupo de pilhas B1 e com consumo controlado pelo controlador ON/OFF fez uso de um nível maior de energia, do que o com o controlador *Fuzzy* (ver Tabela 1). Este resultado já era esperado, uma vez que controladores ON/OFF só possuem dois estados, o de ligado e o de desligado, e quando os atuadores controlados por esse tipo de controle se encontram acionados, ou em estado de condução, a sua potência é utilizada em seu máximo valor.

Assim, tem-se um sistema capaz de economizar energia elétrica e que, se adaptado para uso em sistemas de automação residencial, contribui para a maior durabilidade das luminárias envolvidas no processo, o que por sua vez atinge alguns dos objetivos relacionados com a sustentabilidade.

A Tabela 1 mostra o tempo que os conjuntos de pilha, B1 e B2, passaram até se descarregarem, usando os dois sistemas.

Tabela 1. Consumo de energia

Teste	Duração do conjunto pilhas com o controlador ON/OFF	Duração do conjunto pilhas com o controlador <i>fuzzy</i>
1	8100s	12900s
2	8160s	21120s

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo testado atingiu com sucesso o objetivo ante os experimentos realizados. O sistema desenvolvido neste trabalho respondeu mais eficientemente que os controles do tipo ON/OFF, no que diz respeito ao consumo de energia, mostrando-se mais adequado que estes para aplicações de otimização do uso da eletricidade.

Como o projeto consiste em um software embarcado sem que tenha de ser manuseado por usuários humanos, o sistema torna-se apto a ser aplicado em projetos de hardware mais robustos buscando controle de iluminação em sistemas de automação residencial, porém, para operação em ambientes de maior escala, para controle de luminárias sob tensões usuais em contextos domésticos como 110v, o hardware e o software precisam ser adaptados para uso em sistemas de automação residencial, o que pode ser seguramente realizado a partir dos resultados alcançados com este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

¹ABNT. NBR 5413, 1992.

²Canato, Décio Albino, Utilização de Conceitos de Integração de Sistemas Direcionados à Domótica – Estudo de Caso para Automação Residencial, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

³Sítio Oficial do Arduino. Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em: 15 junho 2015.

⁴Sousa, Aldir Silva, A Proposal for Route Classification in Wireless Sensor Networks Based on Fuzzy Inference System and Ant Colony Optimization, SAC' 13, March, 2013, Coimbra, Portugal.