

PROTOTIPAÇÃO DE UM LAVATÓRIO DE MÃOS AUTOMATIZADO

PROTOTYPING AN AUTOMATED HANDWASHING STATION

Ricardo Rall¹ Fernando Henrique Corrêa de Almeida² Davi Rodrigo de Miranda³

RESUMO

O desperdício excessivo de água é um problema que coloca a sustentabilidade humana em risco. Embora a Terra tenha muita água, apenas 3% dela é doce. Por isso, é fundamental fazer um uso inteligente desse recurso. A automatização dos lavatórios simplifica o processo de higienização das mãos e contribui significativamente para a conservação da água, evitando desperdícios que ocorrem em torneiras tradicionais. Com o uso de microcontroladores, como o Arduino, é possível criar uma plataforma versátil e acessível para construir esses sistemas automatizados, permitindo a integração de componentes como sensores de proximidade, válvulas solenoides, sensores de fluxo e outros elementos importantes. O objetivo deste estudo foi desenvolver um lavatório de mãos automatizado usando Arduino, demonstrando como é eficaz manter a quantidade de água disponível e promover a saúde pública. O sistema monitora e automatiza a liberação da água, usando componentes como um sensor infravermelho, um sensor de fluxo, uma válvula solenoide. Quando detecta a proximidade das mãos, a válvula é ativada e o consumo é mostrado no display LCD. O esquema elétrico foi projetado pelo Fritzing para garantir que os componentes funcionassem juntos. Os resultados mostraram que a automação reduz significativamente a quantidade de água desperdiçada, tornando a higienização das mãos mais eficiente e contribuindo para a preservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Arduino. Automação. Consumo. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Water waste is a significant environmental concern, particularly given the limited availability of accessible freshwater resources. Although freshwater accounts for approximately 2.5% of the water on Earth, only a small portion is readily available for human use. Therefore, the development of technologies that promote more efficient water use is essential. Automated sinks can reduce unnecessary water consumption during handwashing by controlling water flow. Using microcontrollers such as those found in Arduino board, it is possible to create a versatile and affordable platform for developing automated systems. This study aims to develop an automated handwashing sink using an Arduino microcontroller and evaluate its potential to reduce water waste. The proposed system controls and monitors water dispensing using components such as an infrared sensor, a flow sensor, a solenoid valve and an LCD display. When hands are detected, the solenoid valve is activated, and water consumption is measured and displayed on the LCD. The electrical schematic was designed using Fritzing to ensure proper integration and operation of the system components. Results indicate that automation can significantly reduce water waste, promoting more efficient water use during handwashing and contributing to water resource conservation. The proposed system also demonstrates the potential of Arduino-based technology as an affordable and versatile solution for the development of automated water-saving devices

Key Words Arduino. Automation. Consumption. Sustainability.

¹Docente na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Av. José Ítalo Bacchi, s/nº; e-mail ricardo.rall@fatec.sp.gov.br.

²Graduando no Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Fatec Botucatu.

³Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA –UNESP Campus Botucatu.

1 INTRODUÇÃO

O consumo exagerado de água vem se tornando um problema recorrente para os seres humanos, afetando diretamente sua sustentabilidade. Essa situação compromete a capacidade da humanidade de sobreviver e de realizar suas múltiplas atividades sociais. Diante disso, torna-se essencial fazer uso racional e consciente dos recursos naturais disponíveis, de forma a garantir seu ciclo regenerativo e o futuro das próximas gerações. A disponibilidade de água é uma das questões ambientais centrais nas discussões sobre sustentabilidade. Embora a Terra seja conhecida como “planeta água”, somente 3% da água do globo é doce e, dessa pequena fração, cerca de 2,5% encontram-se nas geleiras, ou seja, estão indisponíveis (Fusati, 2023).

Com base nas afirmações acima, é possível usar apenas 0,5% da água doce do mundo, incluindo aquíferos e fontes superficiais. Por causa dessa situação preocupante, é de grande importância encontrar soluções que incentivem a economia desse recurso essencial. Os lavatórios de mãos automatizados surgem como uma alternativa viável nesse contexto, pois combinam tecnologia e sustentabilidade para reduzir o desperdício de água.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a lavagem das mãos seja feita de maneira eficiente, garantindo que todas as partes das mãos sejam devidamente limpas, porém, não especifica uma quantidade exata de água necessária para lavar as mãos. A ênfase está mais na técnica de lavagem das mãos do que na quantidade de água usada. A OMS também recomenda, em situações de escassez de água, a implementação de sistemas de lavagem das mãos que economizem água, como sistemas de balde e torneira, que podem ser feitos com materiais simples e garantem que a água seja usada de forma eficiente (OMS, 2009).

A automatização dos lavatórios simplifica o processo de higienização das mãos e contribui significativamente para a conservação da água, podendo reduzir seu consumo entre 35% e 80% se comparadas com as torneiras tradicionais (G1, 2014).

Ao usar microcontroladores como o Arduino, é possível criar uma plataforma versátil e acessível para construir esses sistemas automatizados, permitindo a integração de componentes como sensores de proximidade, válvulas solenoides e sensores de fluxo (Franchi; Camargo, 2020).

A automação é o uso de tecnologia para executar tarefas com o mínimo possível de assistência humana. A automação de Tecnologia da Informação (TI), também conhecida como automação de infraestrutura, é o uso de software para criar processos e instruções replicáveis que podem ser usados para substituir ou minimizar a interação humana com os sistemas de TI. De acordo com tais instruções, ferramentas e frameworks, o software de automação pode

executar tarefas com pouca ou nenhuma intervenção humana. A otimização da TI e a transformação digital dependem da automação. A automação de TI é essencial para tornar possível a expansão de ambientes de TI modernos e dinâmicos (Redhat, 2018).

A plataforma Arduino é um conjunto de software e hardware para prototipagem eletrônica. O hardware consiste em uma placa de circuito impresso (PCB) que contém um microcontrolador e outros componentes eletrônicos importantes. O microcontrolador é um pequeno chip de computador que permite programar e controlar dispositivos eletrônicos. Para tornar a conexão de entradas e saídas mais fácil, a placa Arduino oferece conectores e outras funcionalidades. Para projetos de eletrônica e prototipagem, é uma ferramenta acessível e versátil (Nussey, 2019).

Este trabalho teve como objetivo a prototipação de um lavatório de mãos automatizado, utilizando o Arduino como base tecnológica, com o intuito de demonstrar a viabilidade e eficácia dessa solução no contexto da sustentabilidade e da saúde pública. Ao integrar princípios de uso racional de água limpa com a automatização de processos, busca-se contribuir para a preservação dos recursos hídricos e o bem-estar da sociedade como um todo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os Softwares utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram:

- Arduino IDE versão 2.3.2;
- Fritzing versão 0.9.5;

Os componentes de hardware utilizados neste projeto foram:

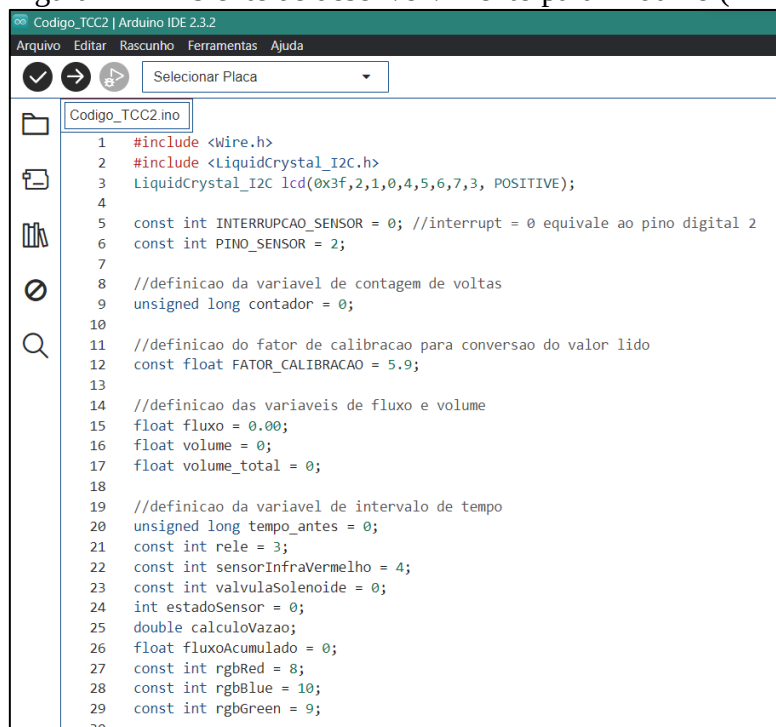
- Maquete de um lavatório de mãos em MDF;
- 1 Arduino UNO R3;
- 1 *Protoboard* de 800 pontos;
- 1 *LED RGB*;
- 3 Resistores de 220 ohms;
- 1 Relé de 5 Vcc;
- 1 Sensor de Fluxo modelo YF-S201 com tensão de 5Vcc a 18Vcc e fluxo de 1 a 30 litros/min;
- 1 Display LCD 16X2 com modulo serial I2C;
- 1 Fonte Externa de 12 Vcc;

- 1 Válvula solenoide;
- 1 Sensor infravermelho modelo E18-D80NK com tensão de 5Vcc e distância de detecção de 3 a 80cm (ajustável via potenciômetro);
- 1 Torneira.

2.1.1 Arduino IDE

O Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino - ou Software Arduino (IDE) - contém um editor de texto para escrever código, uma área de mensagens, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus (Figura 1). Ele se conecta ao hardware do Arduino para carregar programas e se comunicar com eles com uma linguagem de programação denominada *Wiring*, que se baseia nas linguagens C e C++ (Arduino, 2024).

Figura 1 - Ambiente de desenvolvimento para Arduino (IDE)



Fonte: Próprio Autor, 2024.

2.1.2 Arduino UNO R3

Existem diferentes modelos de placas que utilizam a plataforma Arduino, para este projeto foi utilizado o Arduino Uno R3 (Figura 2), A placa Arduino UNO R3 é composta por um microcontrolador ATmega328P e é a placa mais usada e documentada de toda a família Arduino (Arduino, 2024).

Figura 2 - Arduino UNO R3

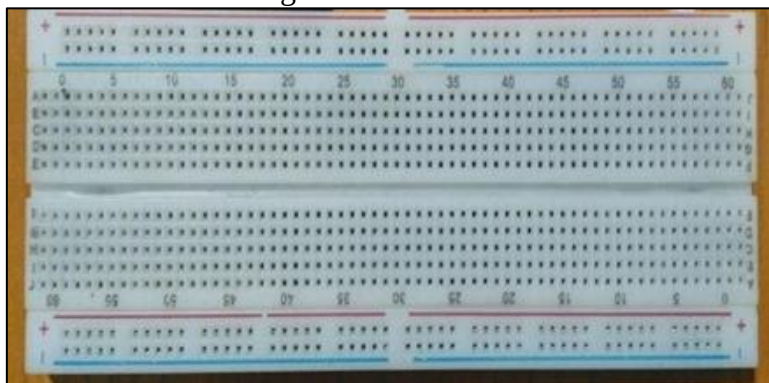


Fonte: Poiato, 2023.

2.1.3 Protoboard

Uma protoboard é uma placa que possui furos e conexões internas para montagem de circuitos, usada para testes com componentes eletrônicos. Sua maior vantagem de uso é que ele dispensa a necessidade de solda para conectar tais circuitos (Figura 3). Em outras palavras, a protoboard é uma placa de ensaio que funciona como um protótipo de um dispositivo eletrônico possibilitando a conexão de diversos componentes eletrônicos que serão utilizados no projeto (UFG, 2024).

Figura 3 - Protoboard

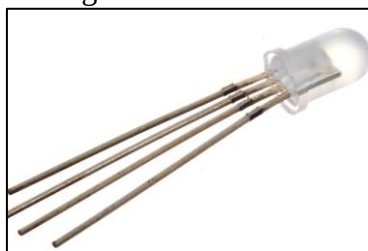


Fonte: Poiato, 2023.

2.1.4 LED RGB

O *LED RGB* é o conjunto de três *LEDs*, cada um com uma cor distinta: o vermelho (*RED*), verde (*GREEN*) e o azul (*BLUE*), além disso, se assume que cada cor tenha o seu respectivo diodo e por sua capacidade de alternar entre essas três cores ele foi utilizado para representar quando o lavatório está ligado ou desligado (Eletroenergia, 2024), conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 - LED RGB



Fonte: Autodesk, 2024.

2.1.5 Sensor de Fluxo

O sensor de fluxo de água consiste em uma válvula de plástico, um rotor de água e um sensor de efeito Hall (Figura 5). Quando a água flui através do rotor, este gira e a velocidade muda de acordo com o fluxo (Lousada, 2022).

A inércia do rotor pode influenciar principalmente o comportamento transitório do sensor, isto é, nos instantes de início e término do escoamento. Quando a água começa a passar, parte da energia do fluido é utilizada para acelerar o rotor até sua rotação estável; de modo análogo, ao interromper o fluxo, o rotor pode continuar girando por um curto intervalo devido à energia armazenada e ao escoamento residual na tubulação, gerando pulsos adicionais. Em regime permanente, entretanto, a inércia do rotor não é o fator determinante da vazão do sistema, que depende sobretudo da pressão disponível e das perdas de carga do circuito. Ainda assim, o corpo do sensor e seu conjunto interno introduzem uma perda de carga local que pode reduzir levemente a vazão máxima quando comparado a um trecho de tubo sem obstruções.

Figura 5 - Sensor de Fluxo



Fonte: Lousada, 2022.

2.1.6 Relé

O relé funciona como um interruptor eletromecânico que permite a passagem de corrente quando ativado (Figura 6). Geralmente é utilizado para controlar dispositivos de alta potência ou alta corrente utilizando um sinal de baixa potência (Mattede, 2018).

Figura 6 - Relé



Fonte: Poiato, 2023.

2.1.7 Válvula solenoide

A válvula solenoide é utilizada para controlar o fluxo de líquidos ou gases em um sistema. Consiste em uma bobina de fio (solenóide) que, quando energizada move um êmbolo ou pistão que abre ou fecha a válvula, controlando assim o fluxo através dela (Panin, 2020), conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 - Válvula Solenoide



Fonte: Próprio Autor, 2024.

2.1.8 Sensor Infravermelho

Um sensor infravermelho com sensor ativo é um dispositivo que emite e detecta luz infravermelha para identificar a presença, a distância, ou o movimento de objetos (Figura 8). Possui um emissor infravermelho que é um diodo emissor de luz que produz um feixe de luz infravermelha e um receptor infravermelho que é um componente sensível à luz infravermelha que detecta a luz refletida de volta pelo objeto (Thomsen, 2015).

Figura 8 - Sensor Infravermelho

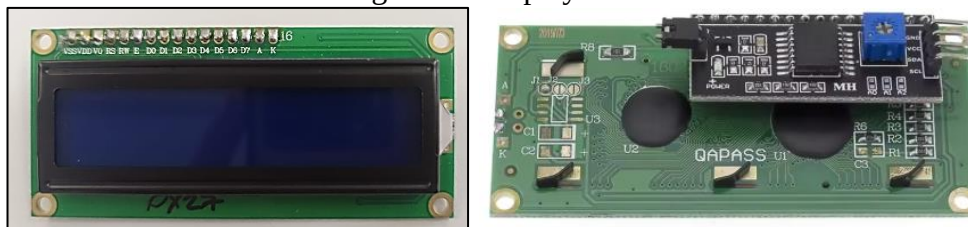


Fonte: Thomsen, 2015.

2.1.9 Display LCD (16x2)

O display LCD é uma tela de cristal líquido que pode exibir 16 caracteres por linha em duas linhas, totalizando 32 caracteres (Figura 9). Ele utiliza um módulo I2C, que é uma placa anexada ao display LCD, conforme ilustra do lado direito da Figura 9, para comunicação, o que simplifica a conexão o Arduino, reduzindo o número de pinos necessários para controlar o display (Murta, 2023).

Figura 9 - Display LCD



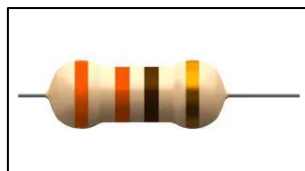
Fonte: Próprio Autor, 2024.

2.1.10 Resistor

O resistor é um componente elétrico passivo cuja função principal é limitar o fluxo de corrente elétrica em um circuito. Ele possui uma resistência maior do que os cabos e trilhas do

circuito, o que resulta na redução da corrente elétrica que o atravessa (MATTEDE, 2024), conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10 - Resistor

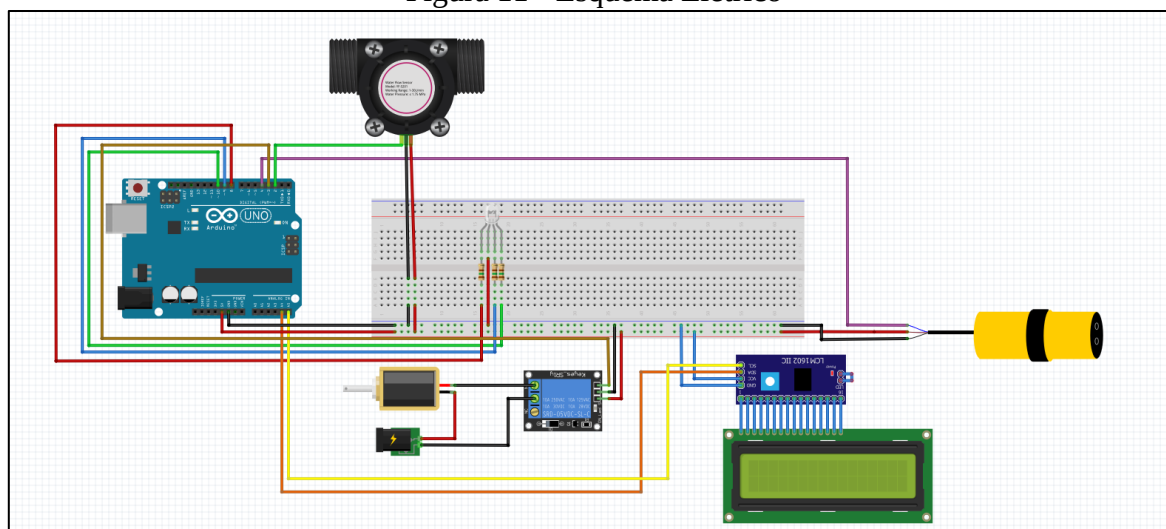


Fonte: Júnior, 2024

2.2 Métodos

Na Figura 11, a ilustração do esquema elétrico foi feita no Fritzing, um software que serve para gerar projetos elétricos abrangentes. Enquanto o lavatório estiver desligado, o LED RGB estará na cor vermelha, indicando que o lavatório está desligado. O primeiro dispositivo a ser acionado é o sensor infravermelho, que, ao detectar a aproximação das mãos, irá acionar o módulo relé, que, por sua vez, acionará a válvula solenoide que irá liberar a água.

Figura 11 - Esquema Elétrico



Fonte: Próprio Autor, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura física do protótipo foi feita em MDF, com uma torneira e uma bacia em seu centro para o armazenamento de água. O MDF foi cuidadosamente cortado e montado para formar a estrutura principal do lavatório, utilizando duas madeiras laterais e uma peça

transversal para sua sustentação. Na parte superior, utilizou-se uma serra tico-tico para abrir um orifício central, no qual foi inserida uma bacia de 25 cm de diâmetro. A base de fixação da pia também foi confeccionada em MDF e o recorte foi realizado com serra-copo. Em seguida, a pia foi fixada e, logo abaixo dela, instalou-se o sensor infravermelho. Para a acomodação do display LCD, foi feito um recorte adicional com a serra tico-tico, conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12 - Estrutura Física

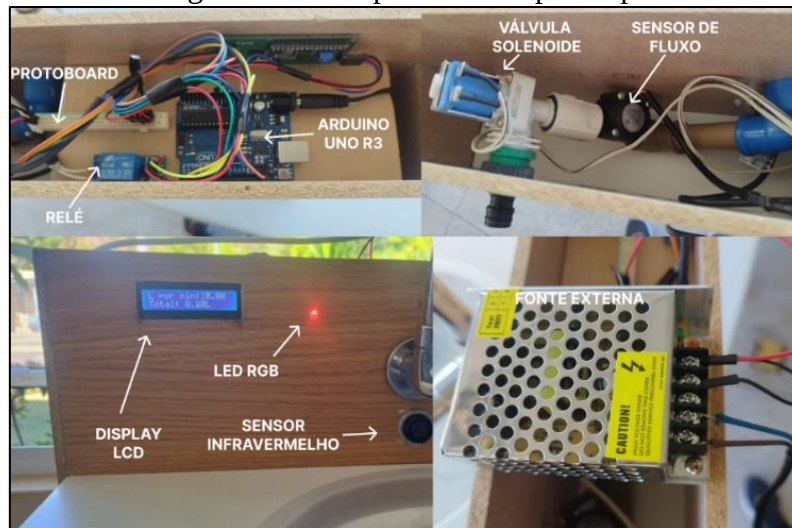


Fonte: Próprio Autor, 2024.

Para viabilizar o funcionamento do lavatório automatizado, foi necessário integrar diferentes componentes eletrônicos responsáveis por sensoriamento, acionamento e alimentação do sistema. O Arduino UNO R3 atua como unidade de controle, processando os sinais dos sensores e executando a lógica de acionamento. A detecção da presença das mãos é realizada por meio do sensor infravermelho, enquanto o sensor de fluxo monitora a vazão e permite calcular o volume de água consumido. Como elemento atuador, a válvula solenoide controla a liberação de água e é comutada por um módulo relé, garantindo o isolamento elétrico entre o circuito de comando e a carga.

Para a interface com o usuário, utilizou-se um display LCD 16x2 (com módulo I2C), que apresenta em tempo real informações de vazão e consumo, além do LED RGB, que sinaliza o estado de operação do protótipo. A alimentação dos componentes é fornecida por uma fonte externa de 12 Vcc, com distribuição e conexões realizadas em protoboard, resistores e cabos de interligação. O conjunto de elementos empregados é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Componentes do protótipo



Fonte: Próprio Autor, 2024.

Quando o lavatório é acionado, o *LED RGB* muda para a cor verde, indicando que o sistema está em operação. Simultaneamente, o display LCD apresenta, em tempo real, a vazão instantânea (em L/min) e o volume total consumido (em L) durante o período em que a água permanece liberada, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Funcionamento do lavatório de mãos



Fonte: Próprio Autor, 2024.

O cálculo do consumo de água durante a lavagem das mãos é feito por meio do sensor de fluxo e exibido pelo LCD, o cálculo de fluxo e o quanto foi gasto de água é realizado enquanto o usuário está com as mãos sendo detectadas pelo sensor, como demonstrado no código da Figura 15.

Figura 15 - Código demonstrando o ligamento e desligamento do protótipo

```

64   if (estadoSensor == 1) {
65       digitalWrite(rgbRed, HIGH);
66       digitalWrite(rgbGreen, LOW);
67       digitalWrite(rele, LOW);
68       if (millis() - tempo_reset >= INTERVALO_RESET) {
69           // Reset dos valores mostrados no LCD e na memória
70           fluxo = 0.0;
71           volume_total = 0.0;
72           tempo_reset = millis(); // Atualiza o tempo do último reset
73       }
74   } else {
75       digitalWrite(rgbRed, LOW);
76       digitalWrite(rgbGreen, HIGH);
77       digitalWrite(rele, HIGH);
78   }
79
80
81
82   // Executa a contagem de pulsos uma vez por segundo
83   if ((millis() - tempo_antes) > 1000) {
84       // Desabilita a interrupção para realizar a conversão do valor de pulsos
85       detachInterrupt(INTERRUPCAO_SENSOR);
86
87       // Conversão do valor de pulsos para L/min
88       fluxo = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contador) / FATOR_CALIBRACAO;
89
90       // Exibição do valor de fluxo
91       Serial.print("Fluxo de: ");
92       lcd.setCursor(10, 0);

```

Fonte: Próprio Autor, 2024.

Na função principal (*void loop*), a lógica de controle foi implementada com as estruturas *if* e *else*. O programa verifica continuamente o estado do sensor infravermelho, que por ser digital assume apenas dois valores: 0 (sem detecção) e 1 (detecção). Quando não há presença de mãos, o sistema permanece em espera, mantendo o *LED RGB* na cor vermelha e a válvula solenoide desativada, impedindo a passagem de água.

Ao detectar a aproximação das mãos, o Arduino aciona o módulo relé, que energiza a válvula solenoide e libera o fluxo de água. Durante esse período, o sensor de fluxo gera pulsos proporcionais à vazão, os quais são contabilizados para estimar a vazão instantânea e o volume total.

Para realizar a leitura e o cálculo sem interromper a execução do restante do programa, utiliza-se a função *millis*, que permite controlar intervalos de tempo sem empregar atrasos (*delay*). Assim, os valores calculados são atualizados e apresentados em tempo real no display LCD.

A cada segundo, o código desabilita temporariamente a contagem de pulsos para calcular a taxa de fluxo em litros por minuto, utilizando a fórmula que considera o tempo decorrido e um fator de calibração do sensor. Após a exibição, o contador de pulsos é reinicializado e a interrupção é reativada para continuar a contagem. Esse método garantiu

medições precisas e contínuas, comprovando a eficácia do sistema para monitoramento em tempo real, como demonstrado no código da Figura 15.

Figura 15 - Cálculo de fluxo

```
if ((millis() - tempo_antes) > 1000) {
    // Desabilita a interrupção para realizar a conversão do valor de pulsos
    detachInterrupt(INTERRUPTAO_SENSOR);
    // Conversão do valor de pulsos para L/min
    fluxo = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contador) / FATOR_CALIBRACAO;

    // Exibição do valor de fluxo
    lcd.setCursor(10, 0);
    char buffer[10];
    dtostrf(fluxo, 5, 2, buffer); // 5 é o comprimento total, incluindo o ponto de
    lcd.print(buffer);

    // Exibição do valor de volume total
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print(volume_total);
    // Cálculo do volume em L passado pelo sensor
    volume = fluxo / 60;
    // Armazenamento do volume
    volume_total += volume;

    // Reinicialização do contador de pulsos
    contador = 0;

    // Atualização da variável tempo_antes
    tempo_antes = millis();

    // Contagem de pulsos do sensor
    attachInterrupt(INTERRUPTAO_SENSOR, contador_pulso, FALLING);
}
```

Fonte: Próprio Autor, 2024.

Por se tratar de um protótipo pode ser que há uma margem de erro na medição do consumo de água. Para uma melhor precisão no cálculo e aperfeiçoamento do protótipo foi utilizada a fórmula de margem de erro percentual que nesse caso foi:

$$\text{Margem de erro}(\%) = \left(\frac{\text{Valor medido} - \text{Valor real}}{\text{Valor real}} \right) \times 100$$

Foi feito um ensaio de validação, o *Valor real* do consumo foi obtido por medição volumétrica (isto é, coletou-se a água descarregada em um recipiente graduado até atingir 100 L). Em paralelo, o *Valor medido* correspondeu ao volume acumulado indicado pelo sistema ao final do mesmo ensaio, calculado a partir dos pulsos do sensor de fluxo e exibido no LCD. Assim, se o volume coletado foi de 100 L e o sistema indicou 106 L, a margem de erro é:

$$\text{Margem de erro}(\%) = \left(\frac{106 - 100}{100} \right) \times 100 = 6\%$$

Com essa fórmula foi possível ajustar com maior precisão cálculo de fluxo citado anteriormente.

Durante os testes realizados com o protótipo, observou-se uma elevada eficácia no monitoramento do consumo de água. Os resultados obtidos mostraram que o protótipo atende de maneira satisfatória às especificações propostas, apresentando uma precisão de medições compatível com as expectativas estabelecidas para o projeto.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um lavatório de mãos automatizado usando Arduino é uma solução eficaz para promover a sustentabilidade e a saúde pública. Os resultados mostram que a automação simplifica a higienização das mãos e pode reduzir significativamente o desperdício de água. A integração dessa tecnologia pode levar a um uso mais racional e consciente desse recurso limitado, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e o bem-estar da sociedade.

Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade do sistema proposto, embora haja espaço para otimizações visando uma medição mais precisa e confiável do consumo de água. O sistema também poderia exibir mensagens com base no tempo que o usuário levou para lavar as mãos, seguindo a recomendação da OMS de 40 a 60 segundos.

Seguindo a recomendação da OMS sobre a importância da higienização constante das mãos e do uso racional da água limpa, trabalhos futuros de medição e controle da quantidade média de água recomendada seriam muito importantes e significativos.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Versão 2.3.2: Arduino Education products, 2024. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Acesso em 5 maio 2024.

AUTODESK. **How to Use an RGB LED - Arduino Tutorial**. Disponível em: <https://www.instructables.com/How-to-use-an-RGB-LED-Arduino-Tutorial/>. Acesso em 5 maio 2024

ELETROENERGIA. **LED RGB: Entenda como funciona**. 2024. Disponível em: <https://eletroenergia.com.br/led/led-rgb-entenda-como-funciona/>. Acesso em 5 maio 2024.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: sistemas discretos**. 3. ed. Tatuapé: Érica, 2020. 352 p.

FRITZING. **Versão 0.9.5: Fritzing Electronics Corporation, 2024**. Disponível em: <https://fritzing.org/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

FUSATI. **Consumo de Água e a Sustentabilidade em Tempos Atuais**. 2023. Disponível em: <https://www.fusati.com.br/consumo-de-agua-e-a-sustentabilidade-em-tempos-atuais/>. Acesso em: 13 abr. 2024.

LOUSADA, Ricardo. **Guia Prático do Sensor de Fluxo de Água**. 2022. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/sensor-de-fluxo-de-agua/>. Acesso em: 5 maio 2024.

MATTEDE, Henrique. **O que é relé? Como funciona um relé?** 2018. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>. Acesso em: 05 maio 2024.

MATTEDE, Henrique. **O que é um resistor?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-resistor/>. Acesso em: 05 maio 2024.

MURTA, José Gustavo Abreu. **Guia Completo do Display LCD – Arduino**. 2023. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>. Acesso em: 05 maio 2024.

NOGUEIRA, Danilo. **Conhecendo Mais a Fundo Sobre RGB**. 2021. Disponível em: <https://autocorerobotica.blog.br/conhecendo-mais-a-fundo-sobre-rgb/>. Acesso em 5 maio 2024.

NUSSEY, John. **ARDUINO PARA LEIGOS**. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019. 400 p. Traduzido por Cibelle Ravaglia.

OMS (World Health Organization). **WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care: First Global Patient Safety Challenge Clean Care is Safer Care**. 2009. Genebra. 35p.

PANIN, Luiz Kuchenbecker. **VÁLVULA SOLENOIDE: O QUE É? COMO FUNCIONA?** Disponível em: <https://www.tecniar.com.br/noticias/valvula-solenoides-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 05 maio 2024.

POIATO, Matheus M. AbilioA., RALL, R. **PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL POR COMANDO DE VOZ. Tekhne e Logos**, Botucatu, Sp, v. 14, n. 2, p. 1-16, 2023. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/766/509>. Acesso em: 25 abr. 2024.

REDHAT. **O que é Automação de TI**. 2018. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/automation/whats-it-automation/>. Acesso em: 13 abr. 2024.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. **O que são resistores?** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-resistores.htm>. Acesso em: 05 maio 2024.

THOMSEN, Adilson. **Detector de proximidade com sensor infravermelho**. 2015. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/sensor-infravermelho-arduino/>. Acesso em: 05 maio 2024.

UFG. **Protoboard: o que é e como usar**. Disponível em: <https://ipelab.ufg.br/n/156373-protoboard-o-que-e-e-como-usar>. Acesso em: 5 maio 2024.