

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA IMPLEMENTAÇÕES DE SISTEMAS DE CONTROLE DE NÍVEL

João Felipe Barbosa dos Santos¹, Marcelo Roberto Bastos Guerra Vale²

Resumo: Este artigo aborda o controle de nível de um reservatório de água através do Arduino® com o uso de um sensor de nível digital (tipo boia). Reservatórios como caixas d'água apresentam boias de entrada que regulam o nível da água para impedir o acúmulo ou a seca do fluido. Para simular esse controle, foram alterados potes de plásticos para representar a estrutura da caixa d'água e o volume do consumo, além de duas bombas de água acopladas com mangueiras para o fluxo de água entre eles. Uma bomba é utilizada através de uma fonte de alimentação, representando o consumo de pontos hidráulicos da casa, enquanto a outra tem como função regular o nível da caixa. Para a leitura e escrita de dados foi utilizado o Arduino® ATMEGA 2560 R3, nele foi programado a ação operacional de acionar ou deligar a bomba, dependendo da informação enviada pelo sensor. Foi necessário o uso de um circuito amplificador, para compensar a tensão de 5 V do Arduino®, insuficiente para a tensão de 12 V da bomba. Apesar da simulação ter mostrado com sucesso na regulação do nível d'água do reservatório, sugestões de melhoria utilizando sensores analógicos devem ser consideradas.

Palavras-chave: Arduino®, Sensor de Nível, Controle e Bomba d'Água.

1. INTRODUÇÃO

Até meados do século XX, a água era coletada em rios e lagoas e era armazenada em potes de barro ou vasilhas de cerâmica, sem as precauções necessárias por falta de recursos e conhecimento, com o seu abastecimento feito de maneira manual. Com o passar do tempo, houve uma evolução econômica e técnica para o armazenamento de águas em reservatórios e caixas d'água. A estrutura que no início era de madeira foi substituída por materiais como plástico e fibra de vidro. Para o abastecimento e o controle do nível d'água foi incluído o uso da automação, ou seja, a operação automática de sistemas com mínima interferência de operadores humanos, que no caso das caixas d'água foi o uso de duas canalizações para a entrada vindo da rede de abastecimento local e saída para o consumo da casa, além do uso de uma torneira de boia, responsável por regular o nível do fluido dentro do reservatório [1].

O projeto teve como objetivo demonstrar o funcionamento de controle de nível de uma caixa d'água através de um sensor de nível e uma plataforma eletrônica Arduino®. A estrutura foi projetada com potes de plástico, e o fluxo de água é controlado por canais de entrada e saída, representados por bombas d'água conectadas com mangueiras. A bomba dentro do pote que representa a caixa é controlada pela plataforma, que está associada a um sensor de nível. Esse sistema opera em conjunto com o envio e a leitura dos sinais, além de seguir as orientações programadas na placa através do software. Os outros potes representam o consumo, onde terá outra bomba com mangueiras, sendo ativada por uma fonte de alimentação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seção a seguir, irá tratar sobre a inspiração da base da estrutura do projeto e seu funcionamento, além do papel dos componentes eletrônicos utilizados.

2.1 Modelo do projeto

Uma caixa d'água é um reservatório com uma superfície impermeável e resistente, com uma tampa seladora e uma torneira de boia, além dos canais de alimentação, de consumo, como mostra a Figura 1. A sua fabricação pode ser feita de tipos variados de materiais, sendo alguns dos mais comuns a fibra de vidro e o polietileno.

¹ Aluno matriculado no curso de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, e-mail: joao.santos71430@alunos.ufersa.edu.br

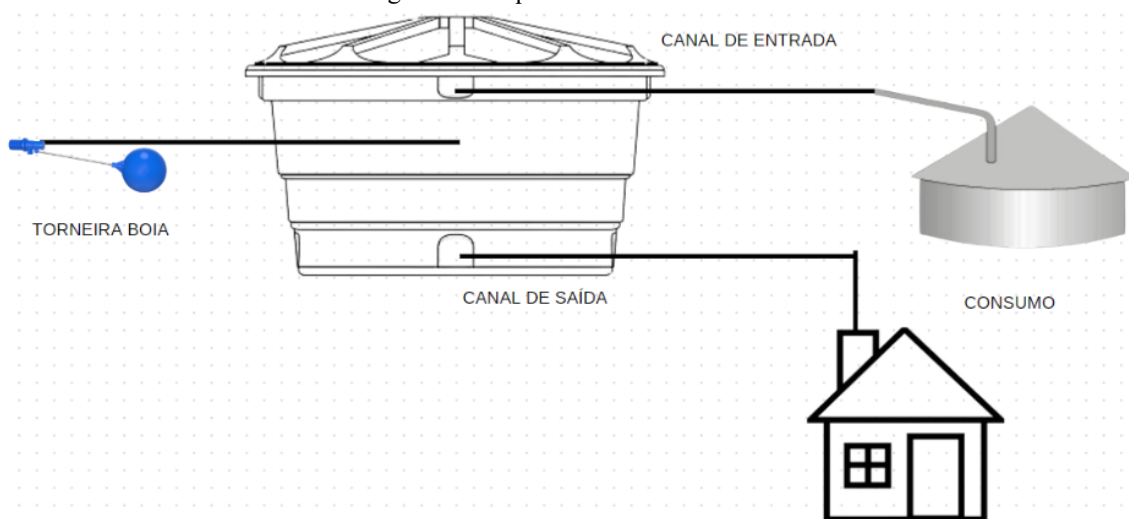
² Professor, Doutor – Departamento de Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal do Semi-Árido – UFRSA, e-mail: marceloguerra@ufersa.edu.br

A torneira de boia é o instrumento que regula o nível de água do reservatório, flutuando pela superfície da água. Ela fecha a boca do canal de alimentação quando o nível máximo é atingido, evitando transbordamento, e liberando a passagem de água quando atinge o nível mínimo, para evitar a seca do reservatório [2]. O canal de alimentação permite a entrada de água por uma rede de abastecimento local, enquanto o canal de consumo, direciona a água para uma casa, onde irá abastecer os pontos hidráulicos, como chuveiros e torneiras de pia.

No projeto que descreve o processo de controle de nível da caixa d'água, conforme a Figura 2, são mostrados três potes de plástico: o da extremidade direita, que está preenchido com água, representa a caixa d'água, enquanto os dois potes da outra extremidade que estão conectados, simbolizando o consumo da casa.

As entradas dos potes serão ligadas a duas bombas d'água por meio de mangueiras, com a de consumo necessitando duas, pois não opera submersamente, tendo que está apoiada sobre a tampa. A função da boia de entrada será exercida pelo sensor de nível, em conjunto com o Arduino®. A alimentação das bombas dos potes de consumo e da caixa, será feita através de, respectivamente, uma fonte de tensão contínua e a plataforma eletrônica.

Figura 1 – Esquema de um reservatório



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 2 – Estrutura física do projeto



Fonte: Autoria própria (2024).

Ao acionamento da fonte de tensão, a bomba de consumo irá entrar em operação, ocorrendo um fluxo de água entre os potes, com o fluído saindo da caixa para o de consumo. Com o nível de água abaixando, o sensor irá se rebaixando, até chegar a um ponto que enviará um sinal para o dispositivo. O Arduino® fará a leitura do sinal e realizará o comando, determinado pelo código feito no software, de acionar a bomba da caixa, sucedendo um fluxo d'água oposto ao realizado anteriormente, preenchendo o pote. Com isso, a bomba irá acompanhar o movimento, até alcançar o ponto máximo, enviando um sinal para a plataforma Arduino®, parando de alimentar a bomba e encerrando a vazão.

2.2 Princípio de funcionamento dos componentes do projeto

As próximas seções abordam-se os princípios dos componentes físicos e eletrônicos fundamentais para a operação do projeto.

2.2.1 Sensores

Segundo [4], sensor é um “termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.” Normalmente, o sinal de saída necessita de um ajuste antes da sua leitura por um sistema de controle. Para que essa ação fosse realizada, foi empregado um circuito de interface para gerar um sinal compatível com o controlador [4]. Geralmente são definidos em duas classes: analógicos e digitais. Enquanto os analógicos podem atribuir ao sinal de saída qualquer valor real dentro de uma faixa de operação, os digitais assumem apenas dois valores, sendo interpretados como 0 (zero) ou 1 (um) [4].

2.2.1.1 Sensor de nível

O sensor de nível é utilizado para o monitoramento de líquidos contidos em reservatórios e tanques. A sua principal função foi detectar um nível fixo através de uma chave de nível, alarmando ou sinalizando, ao atingir um ponto específico. Para o projeto foi utilizado o sensor de nível de líquidos do tipo boia, exemplificado na Figura 3, tendo características como resistência de alta qualidade, utilização prática e ser a prova d'água. A denominação “tipo boia” é pelo fato do dispositivo se comportar como uma boia na superfície da água, acompanhando o movimento do líquido à medida que sobe ou desce, entrando em operação ao atingir o nível máximo e/ou mínimo estabelecido a ele. Com um ímã na boia e uma chave dentro do pino frontal sensível ao magnetismo, o sensor entra em operação com o microcontrolador, subindo com o nível do líquido. Quando se a boia se aproxima do pino, eles se contatam, enviando um sinal [4].

Figura 3 – Sensor de nível do tipo boia



Fonte: Eletrogate (2024).

Tabela 1 - Especificações do sensor de nível do tipo boia

Compatível com	Arduíno®, PIC, ARM, ARV, etc.
Ideal para	Utilização em aquários, tanques de água, entre outros
Informação	Fácil instalação
Por meio do microcontrolador pode	Ligar ou desligar bombas d'água, de modo a economizar energia e aumentar a vida útil do motor
Corrente máxima	500 mA
Diâmetro externo da rosca	11,6 ± 0,5mm
Pressão de trabalho	<1.0 MPa
Temperatura de trabalho	Entre (-20° e +80°C)

Fonte: Eletrogate (2024)

No projeto, o sensor irá monitorar o nível d'água do pote da caixa, e ao atingir os níveis máximo e mínimo, enviará um sinal para o microcontrolador, que fará a leitura e, posteriormente, realizará a operação de ligar ou desligar a bomba do pote da caixa d'água. Os dados técnicos e as especificações podem ser acompanhados pela Tabela 1.

2.2.2 Atuadores

De acordo com [4], atuadores são “dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada. Alguns exemplos de atuadores são válvulas, relés, cilindros, motores e solenoides.

2.2.2.1 Bombas de água

A bomba d'água é um dispositivo que fornece um fluxo constante de água para sistemas que requerem baixa potência, tendo seu uso adequando em pequenos projetos. A sua operação se deve ao motor elétrico em seu interior, que ao receber energia elétrica aciona uma hélice, criando uma pressão que aspira a água pelo bocal de entrada, que por conseguinte, sairá pelo bocal de saída, criando assim um fluxo contínuo de água [5]. Foram utilizados os modelos RS-385 e Hot Water Pump 800L/H 12V - Submersible, conforme as Figuras 4 e 5, e especificações técnicas nas tabelas 2 e 3, com a primeira bomba realizando a operação fora d'água.

Figura 4 – Bomba d'água RS-385



Fonte: Eletrogate (2024).

Tabela 2 – Especificações da Bomba d'água RS-385

Vazão por hora	Mínimo 90L: Máximo 120L por hora
Dimensões da bomba	90 mm x 40 mm x 35 mm
Peso	106 g
Tensão de funcionamento	DC12V
Corrente em máxima eficiência	~2 A
Diâmetro de saída	Diâmetro de 6 mm, um diâmetro exterior de 9 mm
Vida útil	Até 2500 H
Altura de aspiração máxima	2 m
Elevação máxima	3 m

Fonte: Eletrogate (2024)

Figura 5 – Hot Water Pump 800L/H 12 V - Submersible



Fonte: Micro Robotics (2024).

Tabela 3 – Especificações do Hot Water Pump 800L/H 12V – Submersible

Diâmetro de entrada e saída	20 mm rosqueado
Tensão	DC 12V
Potência	19 W
Vazão por hora	800 L/H
Elevação máxima	5 m
Temperatura máxima de operação	100°C
Dimensões da bomba	± 66.2 x 47.2 x 78.7 mm
Peso	217 g

Fonte: Micro Robotics (2024).

As bombas serão responsáveis por gerar o fluxo d'água entre a caixa e a consumo, sendo a primeira controlada pelo Arduino®, em resposta aos sinais enviados pelo sensor de nível, enquanto a outra é controlada por uma fonte de alimentação.

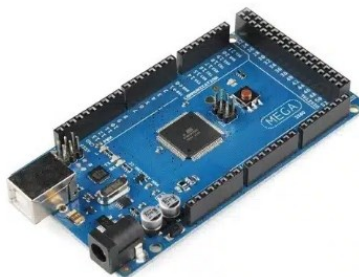
2.2.3 Arduino®

A placa Arduino é uma plataforma conhecida por seu preço popular, composta por um microcontrolador AVR da Atmel de código aberto, utilizando hardwares e softwares livres, significando que o código-fonte é disponível ao público, possibilitando ser modificado e distribuído. Essa característica ajuda na inovação, pois outros desenvolvedores podem dar sua contribuição para aprimorar o sistema, garantindo que a alteração no software não infringe os direitos autorais. O dispositivo apresenta a linguagem *Wiring*, baseada em C/C++, criada com o objetivo de facilitar a programação para novos ingressantes, necessitando poucas linhas de código [9].

Com seu editor, a programação feita no software pode ser compilada e carregada para a placa através do uso de um cabo USB. Geralmente tem sua utilização em processos de automação eletromecânica, pois se configura como um sistema que registra sinais elétricos de sensores através de suas portas analógicas e digitais [9].

O modelo do Arduino® utilizado no projeto, foi o controlador ATMEGA 2560 R3, exemplificado na Figura 6 e as devidas especificações podem ser acompanhadas na Tabela 4.

Figura 6 – Controlador ATMEGA 2560 R3



Fonte: MAKERHERO (2024).

Tabela 4 – Especificações do Controlador ATMEGA 256 R3

Tensão de operação	5 V
Tensão de entrada	7-12 V
Portas digitais	70 (15 podem ser usado como PWM)
Portas analógicas	16
Corrente máxima de entrada e saída dos pinos	40 mA
Dimensões	101,6 mm x 53,34 mm
Memória flash	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade do relógio	16MHz

Fonte: MAKERHERO (2024).

O Arduino® ATMEGA 2560 R3 será responsável pelo processamento do sistema, realizando todas as operações. O dispositivo será conectado a bomba da caixa d'água e o sensor de nível. Por meio de entradas digitais, o Arduino® irá ler o sinal enviado pelo sensor de nível para verificar se a coluna de água está na altura máxima ou mínima, gerando uma resposta de acionar e desligar a bomba para determinada situação. Com as constantes operações de envio e leitura de sinais, além das respostas definidas para as condições, o Arduino® garante que haja uma troca no fluxo d'água entre o reservatório e o consumo.

2.2.4 Fonte de alimentação

Para a outra alimentação, foi utilizada uma fonte de alimentação regulada CC, sendo o modelo PS-4000, produzida pela ICEL Manaus®, visto na Figura 7. Esse modelo pode fornecer uma tensão de até 30 Volts e uma corrente de até 3 Ampères.

Figura 7 – Fonte de alimentação



Fonte: Autoria própria (2024).

No projeto, a fonte será utilizada para alimentar a bomba de consumo, tendo sua velocidade controlada manualmente.

3. METODOLOGIA

Para a realização do projeto, foi planejado tanto a parte da estrutura para a contenção e o fluxo da água, quanto os mecanismos eletrônicos para o funcionamento do processo, considerando o esquema do sistema eletrônico e a programação do Arduino® para a operação conjunta do sensor de nível com a bomba.

3.1 Estrutura

Conforme a Figura 8.a, onde está representando o pote de consumo, foi feito um corte retangular na face, além de ter um pedaço de plástico colado e selado no local, para que se possa visualizar o nível de água e suas alterações. Adicionalmente, um furo foi feito em uma seção superior da face, para que o sensor de nível se encaixasse de forma estabilizada e segura, sem que houvesse uma vazão, além de fazer contato com a água, para que gere o sinal que será enviado ao Arduino®. Acompanhando a figura 8.b, pode-se ver os potes de consumo, conectados através de uma mangueira selada em um furo feito na parte inferior da face, dessa maneira, poderão dar mais volume d'água para o processo do fluxo.

Figuras 8.a e 8.b – Potes de consumo (esquerda) e da caixa d'água (direita)



Fonte: Autoria própria (2024).

Figuras 9.a (esquerda) e 9.b (direita) – Bombas de consumo (esquerda) e da caixa d'água (direita) com mangueiras



Fonte: Autoria própria (2024).

Para as bombas realizarem o fluxo d'água, foram acopladas mangueiras em seus bocais de entrada e saída, de forma que alcançassem o pote dos seus respectivos extremos, conforme as Figuras 9.a e 9.b, com a bomba de consumo com 2 mangueiras para ampliar a área de sucção, considerando que ela não realiza a operação estando submersa.

3.2 Montagem dos componentes eletrônicos

Para que ocorra o controle de nível do reservatório, é fundamental que haja um circuito de dispositivos eletrônicos para que comande o sensor de nível e a bomba em conjunto, por meio do microcontrolador ATMEGA. A ligação de montagem dos componentes está representada na Figura 10.

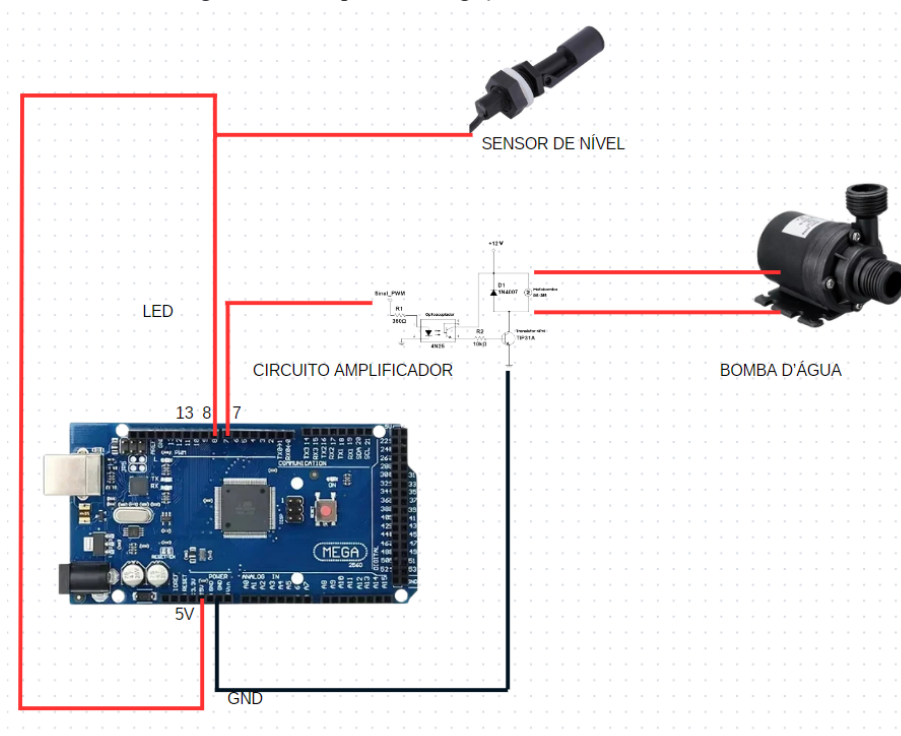
Descrição das ligações do circuito:

- 1) Sensor de nível:
 - Sinal digital: Conectado ao pino digital 8 do Arduino®.
 - VCC: Conectado ao 5 V do Arduino®.
- 2) Bomba d'água:
 - Sinal (PWM): Conectado ao pino digital 7 do Arduino®, através do circuito amplificador.
 - GND: Conectado ao GND do Arduino®, através do circuito amplificador.

O LED utilizado pode ser conectado ao pino 13 através de um resistor, para diminuir a queda de tensão, enquanto outro terminal é colocado no GND ou pode-se usar um LED da própria plataforma. Ele tem como função avisar se a bomba está ativada ou desativada, junto com a situação de altura do sensor de nível. Se fez necessário o uso de um circuito amplificador, para elevar a tensão de acionamento da bomba, tendo seu esquema exemplificado na Figura 11.

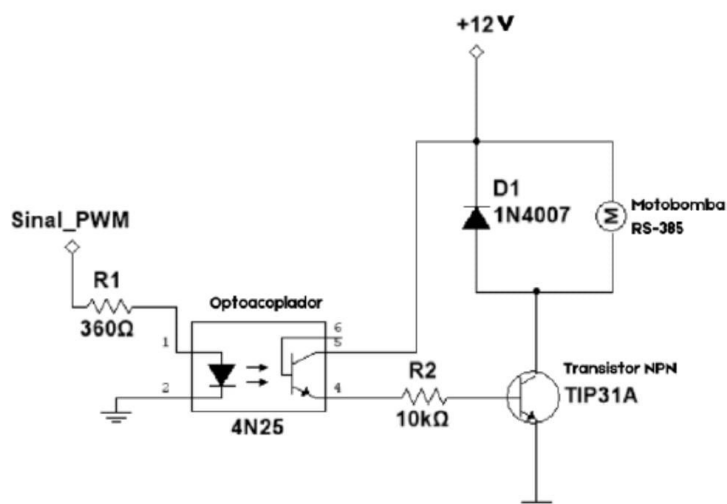
O resistor de $360\ \Omega$ conectará o sinal de 5V do Arduino® ao LED do optoacoplador. Devido a falta de um resistor com essa grandeza, foi conectado um potenciômetro. O optoacoplador é um dispositivo eletrônico formado por um emissor e receptor, em que o primeiro transforma sinais elétricos em luminosidade, transferindo um sinal de luz para o emissor, responsável por reconhecer e retransformar em um sinal elétrico [11]. Serve para separar circuitos com níveis de tensões diferentes. No caso do 4N25, o papel do emissor é desempenhado por um diodo LED, enquanto o receptor um fototransistor. Quando o LED for aceso, sua luz ativará o fototransistor, que está conectado pelo resistor de $10\ k\Omega$ à base do transistor NPN, sendo responsável por amplificar a corrente que passará pela bomba. A associação em paralelo com o diodo serve para a proteção de picos de tensão reversa.

Figura 10 – Esquema de ligação do sistema eletrônico



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 11 – Esquema do circuito amplificador



Fonte: Autoria própria (2024).

Como a tensão máxima de operação da bomba é de 12 V, o circuito tem como objetivo de elevar a tensão do Arduino® de 5 V, que é insuficiente para gerar um funcionamento satisfatório do motor da bomba, considerando no mínimo 6 V.

3.3 Código da programação

O código usado para programar o Arduino® é exemplificado na Figura 2. Nas linhas 1 até a 5 do código, se identifica os pinos PWM onde será realizada a ação do sensor de nível, da bomba d'água e do LED. A modulação por largura de pulso (PWM - Pulse Width Modulation) é uma técnica utilizada para controlar a potência de dispositivos conectados à saída de sistemas microcontrolados. Tem como principal fundamento modular um sinal de onda quadrada que alimenta o dispositivo, alterando a largura do pulso da onda quadrada quando está em nível alto [12]. No início do código, também é atribuído o valor inicial 0 (zero) para o sensor e para a bomba. Da linha 6 até a 11, é escrita a seção *Void Setup*, onde é feito os comandos que serão realizados apenas uma vez. Com a função *pinMode*, é possível utilizar os comandos de saída *Output* e o de entrada *Input*. Com o *Output*, o pino envia sinais para o ambiente externo ao Arduino®, enquanto no *Input* o pino recebe sinais que serão processados pelo microcontrolador.

A seção *Void Loop* está escrita da linha 12 até a 25, sendo responsável por realizar ações mais de uma vez. A variável da tensão da bomba é atribuída a um valor arbitrário de 0 a 255, pois um pino PWM envia sinais em até 8 bits, que em código binário teria a leitura de 11111111, convertido em 255 para a base decimal. Se, por exemplo, fosse escolhido um valor de 150 para o pino da bomba, que equivale a aproximadamente 59% de 255, então seria aplicado essa mesma porcentagem da tensão de 5V no dispositivo, correspondente a 2,95V.

Figura 12 – Código para a programação no Arduino®

```
1  int PinSensor = 8;
2  int PinBomba1 = 7;
3  int LED_sinal = 13;
4  int VarSensor = 0;
5  int V_bomba = 0;
6  void setup()
7  {
8      pinMode(PinBomba1, OUTPUT);
9      pinMode(LED_sinal, OUTPUT);
10     pinMode(PinSensor, INPUT);
11 }
12 void loop()
13 {
14     V_bomba = 150;
15     VarSensor = digitalRead(PinSensor);
16     if (VarSensor == 0){
17         digitalWrite(LED_sinal, LOW);
18         analogWrite(PinBomba1, V_bomba);
19     }
20     else
21     {
22         digitalWrite(LED_sinal, HIGH);
23         analogWrite(PinBomba1, 10);
24     }
25 }
```

Fonte: Autoria própria (2024).

Posteriormente, temos os comandos de condição *If* e *Else*, relacionando o sinal enviado pelo sensor com a operação da bomba. No comando *If* é orientado a primeira condição, em que o sensor envia o sinal 0 (zero), indicando uma altura crítica. Com o comando *Digital Write*, o Led não acende e a tensão é enviado para o motor da bomba, e o pote da caixa d'água. O comando *Else* serve pra programar outra orientação, no caso, quando o sensor atinge sua altura crítica. Nessa situação, ocorre que a plataforma acende o LED e envia uma baixa tensão para que se possa cessar o fluxo d'água, regulando o nível do líquido.

4. RESULTADOS

Os objetivos de demonstrar o funcionamento de demonstrar o controle de nível foram atingidos, tanto em relação a parte física quanto a parte eletrônica.

Os potes conseguiram manter a água em seus interiores, sem vazão em qualquer corte ou furo realizado nos potes. Com as mangueiras ajuntadas nas bombas, foi possível aumentar a área de sucção e do

escoamento do líquido, ajudando no fluxo d'água. Foi necessário o uso de fitas isolantes para manter as mangueiras dentro dos recipientes, para que não escapassem por causa da grande vazão d'água.

Sobre os componentes eletrônicos, o sensor de nível digital teve sucesso em enviar sinais para o Arduino® sobre as situações de nível. O código utilizado para programar a plataforma teve êxito em comandar as operações, realizadas após a leitura do sinal, para diferentes tensões aplicadas e, portanto, diferentes velocidades do motor da bomba. As bombas d'águas conseguiram ter um bom desempenho para sugar e enviar água, tanto através da fonte de alimentação, quanto através do circuito amplificador.

Após fazer testes para medir a tensão enviada para as bombas, foi percebido que a relação dela com a tensão de saída do Arduino® não era linear. Os dados medidos, conforme mostram a Tabela 5, foram plotados no Excel, onde foi obtido um gráfico, introduzindo uma regressão logarítmica, representando a Equação 1. Foram escolhidos os valores entre o máximo de 255 e o mínimo em que o motor entra em operação de 140, além dos respectivos valores do sinal PWM, necessários para realizar a conversão. A escolha da regressão logarítmica é devido ao alto coeficiente de determinação, que no caso foi de 0,93.

Tabela 5 – Relação da tensão do Arduino® e da tensão da bomba.

Valor do sinal PWM	Tensão do Arduino®	Tensão da bomba
255	5	11,4
250	4,9	11,3
240	4,71	10,9
230	4,51	10,8
220	4,31	10,6
210	4,12	10,4
204	4	10,3
190	3,73	9,4
180	3,53	8,2
170	3,33	7,3
160	3,14	6,2
150	2,94	4,6
140	2,75	3,3

Fontes: Dados Experimentais (2024).

$$y = -8,89 + 13,1 * \ln(\text{Tensão Arduino}) \quad (1)$$

O projeto se destaca também pelo seu potencial de expansão, permitindo futuras melhorias com outras tecnologias. Um aprimoramento pro trabalho seria em relação ao uso de apenas um sensor de nível digital, pois com isso não se pode definir o ponto máximo e mínimo de alcance do sensor, restringindo os limites de ação do sensor. Com o uso adicional de mais um sensor de nível digital ou a substituição por um sensor de nível analógico, pode-se definir uma altura máxima e mínima, garantindo um teste mais efetivo, em relação as situações de seca e acúmulo do líquido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, ficou evidente que as transformações na estrutura e as ligações entre os componentes eletrônicos, conseguiram mostrar um controle e automação realizada em um processo de regulação de nível em uma caixa d'água, entrando de acordo com o objetivo do projeto. A tecnologia usada pode ser considerada acessível e de fácil instalação. O trabalho também apresenta uma boa base para projetos futuros.

Para melhoria, pode ser considerada a adição de mais um sensor de nível. Com os sensores instalados em dois pontos diferentes, pode-se verificar a situação do nível, programando-os como um sensor de altura máxima e altura mínima. Dependendo do tamanho da estrutura que representará a caixa d'água, será possível ter um maior nível do líquido para ser analisado, possibilitando o uso de mais sensores.

Outra sugestão de melhoria seria a inclusão de um sensor de nível analógico. Com isso se poderia acompanhar o nível d'água em tempo real, facilitando o controle do reservatório. Esse dispositivo também criaria um sistema de controle automático para ligar ou desligar as bombas de acordo com o nível do líquido. O sensor controlaria a bomba analogicamente, diminuindo a vazão d'água assim que se aproximasse da altura crítica. Com esse dispositivo, poderia assegurar que a bomba não ativasse com qualquer flutuação do sensor de nível, enviando um sinal para o Arduino®, para que possa verificar uma altura crítica ou normal, ativando o motor.

O trabalho também pode servir como uma atividade de aprendizagem para escolas técnicas ou universidades, no uso de práticas laboratoriais de disciplinas como Eletrônica e Controle e Automação.

REFERÊNCIAS

- [1] RIBEIRO, Marco Antônio. Automação Industrial. Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 4ª edição. Salvador – BA, 1999.
- [2] JESUS, Aline Viana de. Controle de nível de caixas d'água e reservatórios residenciais, 2017. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Faculdade Anhanguera de Jacareí, Jacareí, 2017.
- [3] EBANATAW. Ocupação Imobiliária. Disponível em: <www.ebanataw.com.br/ocupacao/esgotoDecreto5916.htm>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [4] THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores Industriais – Fundamentos e aplicações, 4ª edição rev. São Paulo: Érica, 2009.
- [5] ELETROGATE. Sensor para Nível de Líquidos - Chave boia. Disponível em: <www.eletrogate.com/sensor-para-nivel-de-agua-liquidos-chave-boia>. Acesso em: 30 set. 2024.
- [6] MAKERHERO. Mini Bomba D'água Submersiva 3-6 V. Disponível em: <www.makerhero.com/produto/mini-bomba-dagua-submersiva-3-6v>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [7] ELETROGATE. Mini Bomba de Água Motor 12V DC – RS-385. Disponível em: <www.eletrogate.com/mini-bomba-de-agua-motor-dc-rs-385>. Acesso em: 13 out. 2024.
- [8] MICRO ROBOTICS. Hot Water Pump 800L/H 12 V – Submersible. Disponível em: <www.robotics.org.za/YX-800BL>. Acesso em: 13 out. 2024.
- [9] MARTINAZZO, Claodomir Antonio et al. Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. Revista Perspecfiva, v. 38, n. 143, 2014.
- [10] MAKERHERO. Arduino MEGA 2560 R3 + Cabo USB. Disponível em: <www.makerhero.com/produto/placa-mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino>. Acesso em: 13 out. 2024.
- [11] HERNÁNDEZ, Miguel Roque Vasquez; ROJAS, Víctor Quintero. El uso de optoacopladores em su región activa como una alternativa de sensar voltaje y corriente de CA. Miscelánea Científica en México, p. 538, 2020.
- [12] OLIVEIRA, Sérgio de. Internet das Coisas com ESP2866, Arduino e RASPBERRY PI, 1ª edição. São Paulo: Novatec, 2017.