

ESTUDO DE SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO PARA AQUÁRIO UTILIZANDO UMA PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA OPEN SOURCE

STUDY OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AQUARIUM USING AN OPEN SOURCE ELECTRONIC PROTOTYPING PLATFORM

Rodrigo Jeremias dos Santos¹
Felipe Lima dos Santos²
Jorge Luís Machado do Amaral³
Gabriel Arruda Evangelista⁴
Newton José Ferro Júnior⁵

RESUMO: O artigo visa apresentar um estudo sobre o desenvolvimento de um controlador automático para aquários capaz de medir e controlar alguns parâmetros importantes para a manutenção do sistema em questão, utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica open source, denominada Arduino. O objetivo deste artigo é detalhar este estudo, com a medição de três parâmetros principais: pH (potencial hidrogeniônico), temperatura e nível, controlando os dois últimos citados e a comprovação de seu funcionamento por meio de demonstração em um aquário de pequena escala. Deste modo, constata-se a exequibilidade do projeto e que a aplicação desta solução pode ser estendida, servindo de base para diversos outros sistemas, como projetos de tratamento de água ou outras substâncias, como óleos, bebidas em geral e solventes, dependendo da programação realizada em seu software de controle e inclusão de sensores e atuadores adequados, com custos potencialmente reduzidos pelo uso de ferramentas open source.

Palavras-chave: Controle. Automação. Aquário. Arduino. *Open source*.

ABSTRACT: The article aims to present a study of the development of an automatic controller for aquariums capable of measuring and controlling some important parameters for the maintenance of the system in question, using the open source electronic prototyping platform, called Arduino. The objective of this article is to detail this study, with the measurement of three main parameters: pH (hydrogen potential), temperature and level, controlling the last two mentioned and proving its functioning through demonstration in a small-scale aquarium. In this way, it is verified the feasibility of the project that the application of this project can be extended, serving as a basis for several other systems, such as water treatment projects or other substances, such as oils, beverages in general and solvents, depending on the programming carried out, in its control software and inclusion of suitable sensors and actuators, with potentially reduced costs by using open-source tools.

Keyword: Control. Automation. Aquarium. Arduino. Open source

¹ E-mail: rjsuerj@gmail.com

² E-mail: felsantos@metrorio.com.br

³ E-mail: jorge.luis.machado.amaral@gmail.com

⁴ E-mail: gabrievangelista7@poli.ufrj.br

⁵ E-mail: newtonferro@gmail.com

INTRODUÇÃO

O uso dos aquários é uma prática antiga e presente em várias culturas no mundo. Sabe-se que os antigos sumérios tinham o costume de separar peixes em tanques para suas refeições e os chineses cultivavam peixes coloridos com propósitos decorativos em vasos de cerâmica (WIKIPEDIA, 2022). Um aquário consiste em um recipiente, com pelo menos uma de suas paredes feitas de algum material transparente, como vidro, acrílico ou plástico, contendo água com o intuito de dar condições ambientais para seres aquáticos em geral (AQUABASE, 2022), conforme figura 1, e para correta manutenção deste habitat para estes seres, dentre diversos fatores, são necessários alguns cuidados com a água, como a checagem da temperatura, do pH (potencial hidrogeniônico) e sua troca rotineira (PETZ, 2022).

Figura 1 – Exemplo de aquário



Fonte: Petz, 2022.

Este artigo demonstrará um estudo para obtenção da medição de três parâmetros básicos da água em um aquário: seu nível ou quantidade, temperatura e pH, com a possibilidade de controle do sistema dos dois primeiros citados.

1. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

2.1 Nível de água

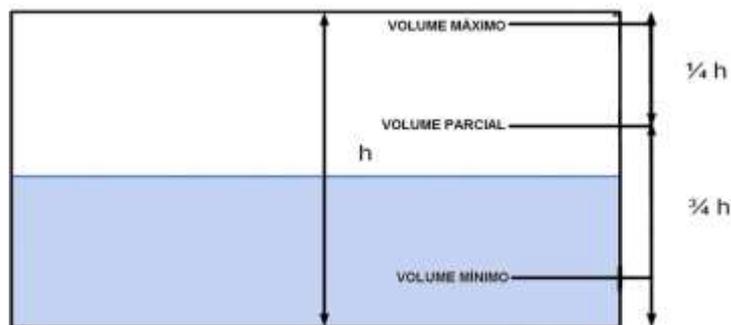
A troca da água de um aquário é extremamente importante, pois com o decorrer do tempo, a água terá substâncias orgânicas acumuladas em excesso, as quais podem ser prejudiciais aos habitantes do aquário. O principal produto acumulado no aquário é o *nitrato*, uma substância que se forma principalmente pelos processos de decomposição no aquário, devido a amônia da urina dos peixes, e aos restos de alimentos. A alta concentração do nitrato torna os peixes cada vez mais suscetíveis às doenças e prejudica o crescimento de plantas (WIKIPEDIA, 2022).

Em contrapartida, a completa troca da água causa mudanças bruscas no ambiente do aquário, o que afeta diversos parâmetros de vital importância como pH e temperatura. A

solução é realizar trocas parciais de água com uma curta periodicidade e eventualmente, quando a limpeza do tanque realmente for necessária, realizar uma troca completa da água (AQUARIUM, 2022).

A solução utilizada para determinação dos níveis é realizar a sua classificação em três pontos distintos, que representarão a ocupação do volume do tanque em mínimo possível, parcial ou máximo aceitável no aquário, conforme figura 2.

Figura 2: Ilustração pontos de Nível



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

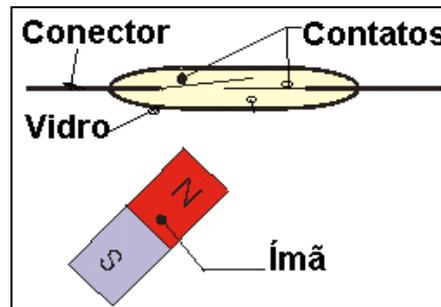
O sensor utilizado para esta medição funcionará semelhantemente a uma chave. Assim, a programação implementada interpretará as informações lidas como representações binárias - 0 ou 1. O modelo será o Sensor de Nível LA16M-40 da empresa EICOS. Fisicamente, este sensor apresenta os modos Normalmente Fechado (NF) e Normalmente Aberto (NA), exibidos na figura 3, e utiliza a tecnologia *Reed Switch*, que basicamente determina que o sensor possa ser acionado por campos magnéticos produzidos por eletroímãs internos (UFRGS, 2022), conforme figura 3. Desta maneira, nenhum cabo entrará em contato com o líquido.

Figura 3: Exibição dos modos NF e NA



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Figura 4: Ilustração funcionamento *Reed Switch*



Fonte: UFRGS, (2022).

Para atuação no sistema, serão utilizadas duas bombas de água de atuação submersa para aquários, sendo que uma terá como função o enchimento e outra o esvaziamento do tanque, de acordo com as indicações dos sensores e o comando do usuário.

Figura 5: Foto bomba submersa para aquários



Fonte: AMAZON, (2022).

2.2 Temperatura da água

Temperatura é a grandeza física que mede o grau de agitação térmica, ou energia cinética, translacional, rotacional e vibracional dos átomos e moléculas que constituem um corpo. Quanto maior for a agitação das moléculas, maior será a sua temperatura. As escalas termométricas são usadas para representar medidas de temperatura de acordo com propriedades físicas de diferentes materiais. A escala mais popular de todas, a escala celsius, por exemplo, baseia-se nos pontos de fusão (0 °C) e ebulição da água (100 °C) (UOL, 2022), e será a escala de referência para este projeto.

A temperatura é uma grandeza de extrema importância, conforme afirma Potter (2006):

Várias propriedades da matéria – densidade, solubilidade, condutibilidade elétrica e as reações químicas dependem diretamente da temperatura. Outro fato interessante é a temperatura ser considerada como uma propriedade intensiva de um sistema, ou seja, independentemente do tamanho ou da quantidade de matéria no sistema - ao contrário de massa e volume, dependentes da quantidade de material presente no sistema.

Para a medição, as pesquisas conduziram ao uso do sensor de circuito integrado LM35 devido à precisão e ao baixo custo. Este sensor apresenta uma relação de tensão de saída proporcional à temperatura em Celsius, para faixa que será utilizada (entre 20 e 30 °C), por uma função linear. Um único sensor entrará em contato direto com a água.

O sensor de temperatura LM35 não precisa de qualquer calibração externa para que possa fornecer com a máxima exatidão os valores de temperatura com variações de 0,25°C ou até mesmo 0,75°C dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C, mostrando-se muito prático e eficiente (UNISINFO, 2022).

Figura 5: Foto sensor LM 35



Fonte: UNISINFO, (2022).

O aquecedor é o componente responsável por realizar a transferência de calor por contato direto com a água do aquário. Terá sua atuação inibida pelo controlador quando ultrapassar o valor de temperatura indicada.

573

É feito com um componente metálico com invólucro de cerâmica que pode ser inserido diretamente no aquário.

Figura 5: Foto aquecedor



Fonte: SHOPTIME, (2022).

2.3 pH da água

O símbolo pH significa 'potencial hidrogeniônico' e se define como a grandeza físico-química que determina, de uma solução líquida, a sua alcalinidade, neutralidade ou acidez. Os valores da escala de pH podem variar na faixa de 0 a 14, e são indicados como (EM, 2022):

(pH < 7): Solução ácida;

(pH = 7): Solução Neutra

(pH > 7): Solução básica/alcalina.

O que se pode afirmar é que, matematicamente, o "p" equivale ao simétrico do logaritmo de base 10 da atividade dos íons de Hidrogênio, conforme equação 1 (EM, 2022):

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} \quad (1)$$

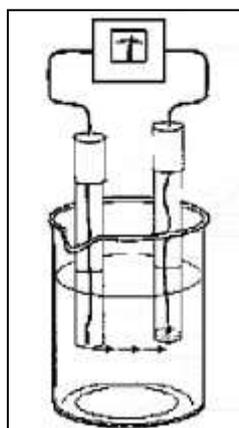
Onde, a_{H^+} é a atividade em mol dm^{-3} . Em soluções diluídas (abaixo de $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$), aproximamos os valores da atividade com a concentração, o que nos indica:

$$\text{pH} = -\log c_{\text{H}^+} \quad (2)$$

Sabe-se que para a água pura, o pH encontrado deverá ser 7 (solução neutra, em 25°C) e que para uma boa manutenção das espécies de peixes em geral, é aceitável uma variação entre 5,5 e 8 (AQUARISMO, 2022).

A leitura de pH pode ser feita por meio de um potenciômetro, que mede a diferença de potencial, em mV, entre o interior de dois eletrodos: chamados “eletrodo de medida” e “eletrodo de referência”, que se encontram em contato com a amostra, conforme figura 6 (ANALYSER, 2022).

Figura 6: Ilustração de leitura de pH por eletrodos em amostra.



Fonte: ANALYSER, (2022).

O eletrodo de medida é o que forma, quando em contato com a solução em análise, um sistema com potencial (figura 7). Geralmente, este eletrodo é calibrado por uma solução tampão - responsável por neutralizar o eletrodo - e após poderá ser submerso na amostra. Desta forma, é extraído o valor em milivolts que o eletrodo oferece. As tensões estão

relacionadas com a diferença da atividade do íon H^+ no interior e exterior do material envolto do eletrodo. Abaixo, a representação desta reação, com o eletrodo de referência formado por KCl – cloreto potássico, por meio da figura 8 (ANALYSER, 2022)

Figura 7: Ilustração do interior do eletrodo de medida.

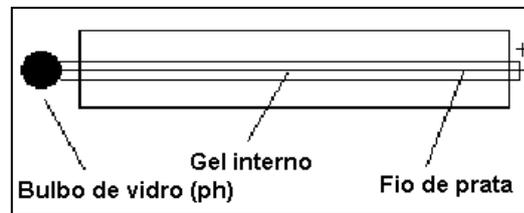
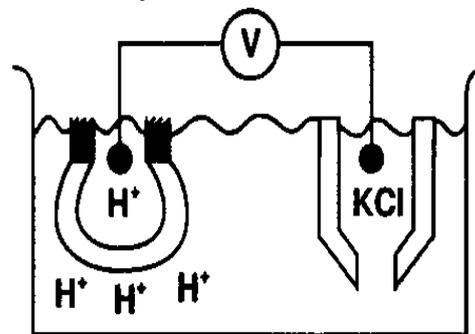


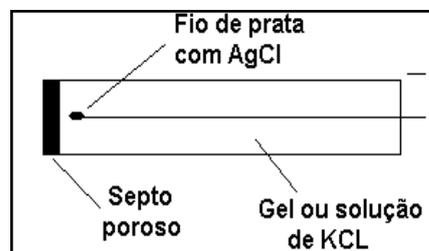
Figura 8: Ilustração dos interiores dos sensores.



Fonte: ANALYSER, (2022).

O eletrodo de referência é o cuja tensão de saída é constante para ser comparada com o eletrodo de pH. A concentração constante de íons de cloreto dentro do eletrodo gera uma tensão elétrica (-) com um fio de prata. O fio de prata pura (geralmente, cloreto de prata AgCl) capta a corrente e transmite ao cabo de conexão, que leva o sinal do sensor ao leitor/controlador, conforme ilustrado na figura 9.

Figura 9: Ilustração do interior do sensor de referência.



Fonte: ANALYSER, (2022).

Por razões de comodidade, simplicidade e economia, os dois eletrodos descritos podem se reunidos em um só. O “sensor combinado” é o mais utilizado e pode ser interpretado como uma bateria completa cuja voltagem muda de acordo com a solução que for mergulhado, exibido na figura 10 (TECNAL, 2022).

Figura 10: Ilustração dos interiores dos sensores.



Fonte: TECNAL, (2022).

Com isto, é possível converter os milivolts para o valor de pH, por meio da equação de Nerst (ANALYSER, 2022):

$$E = E_o + S \log A \quad (3)$$

Onde:

E = Potencial medido;

E_o = Potencial do eletrodo quando este mostra zero de atividade;

S = Variação em mV da variação em décadas na atividade que exhibe o eletrodo, 576
dependente da temperatura da amostra ou tampão medido; e

A = Atividade do Hidrogênio em mol.

Logo, o valor do pH depende também do valor da temperatura.

O fabricante do sensor deste estudo fornece a tabela 1, calculados da equação acima:

Tabela 1: Valores teóricos de variação de 1 pH em mV por temperatura.

TEMPERATURA °C	mV
0	54,2
10	56,19
20	58,16
25	59,16
30	60,16
35	61,15

Fonte: ANALYSER, (2022).

O sensor utilizado para este estudo é o modelo 2A09 da empresa Analyser.

Figura II: Foto do sensor modelo 2A09.



Fonte: ANALYSER, (2022).

2.4 Microcomputador e unidade de controle

Um Microcomputador será o responsável por carregar o programa na Unidade de Controle e exibir as informações medidas pelo sistema se requisitado. Este componente que realizará a execução do software a ser carregado na unidade de controle.

A unidade de controle será o Arduino, que consiste em uma placa de circuito microcontrolador para desenvolvimento de protótipos eletrônicos, que permite a gravação de um conjunto de instruções através de uma linguagem de programação de modo a minimizar complexidades (FRIZZARIN, 2016).

Para utilizar a linguagem de programação de criação dos programas e gravá-los na placa, é necessário o uso de um ambiente de desenvolvimento que suporte essa linguagem e realize as etapas necessárias para compila-lo e gravá-lo através de uma interface entre o computador e a plataforma. Para desenvolver instruções e gravá-las na plataforma Arduino, deve-se fazer uso de um Ambiente de Desenvolvimento Integrado – IDE (QUEIROZ, 2018), exibido na figura 12. Possui um editor de texto que aceita as instruções e verifica erros de sintaxe, um compilador para gerar o arquivo e um carregador para enviá-lo para a plataforma. A linguagem de programação utilizada para desenvolver essas instruções é própria da plataforma Arduino e é chamada Wiring, derivada da linguagem C e C++ (MONK, 2015).

O Arduino não só facilita a programação, por meio de instruções da linguagem, como também facilita a utilização do hardware devido ao formato da sua plataforma. Mais do

que os simples pinos, foram desenvolvidas placas que integram e expandem as conexões e funções da placa, permitindo ao Arduino conexão à rede ethernet, wireless, GSM, comunicação RF (Radiofrequência), etc. Essas placas chamadas de Shields, se encaixam aos pinos da placa e permitem a comunicação de forma simples com demais dispositivos, estendendo o alcance da aplicação em que o Arduino está inserido (MONK, 2015).

Figura 12: Ilustração do Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino.

```
Arduino - 0011 Alpha
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
 * Blink
 *
 * The basic Arduino example. Turns on an LED on for one second,
 * then off for one second, and so on... We use pin 13 because,
 * depending on your Arduino board, it has either a built-in LED
 * or a built-in resistor so that you need only an LED.
 *
 * http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
 */

int ledPin = 13;           // LED connected to digital pin 13

void setup()              // run once, when the sketch starts
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output
}

void loop()               // run over and over again
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on
  delay(1000);                // waits for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // sets the LED off
  delay(1000);                // waits for a second
}

Done compiling.

Binary sketch size: 1098 bytes (of a 14336 byte maximum)

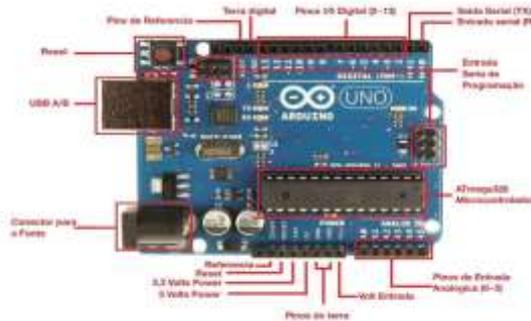
22
```

Fonte: QUEIROZ, (2018).

O principal objetivo e vantagem de se utilizar uma arquitetura baseada no Arduino é que este alia características como relativo baixo custo e facilidade de uso e se trata de um computador físico baseado numa simples plataforma de hardware e softwares livres, ou seja, não existe qualquer proibição que resulte em pagamento de patente para seu uso – o mesmo pode ser alterado e montado pelo usuário, que pode inserir melhorias, se necessário. Todos os seus dados, desde programas aos esquemas, estão disponíveis em seu site gratuitamente e foram criados fóruns para discussões sobre o Arduino (FILIPEFLOP, 2022).

O modelo de Arduino escolhido é o *duamilanove* (figura 13), cujas características são exibidas na tabela 2.

Figura 13: Foto do Arduino *duamilanove*



Fonte: ARDUINO, (2022)

Tabela 2: Principais características do modelo Arduino *duamilanove*.

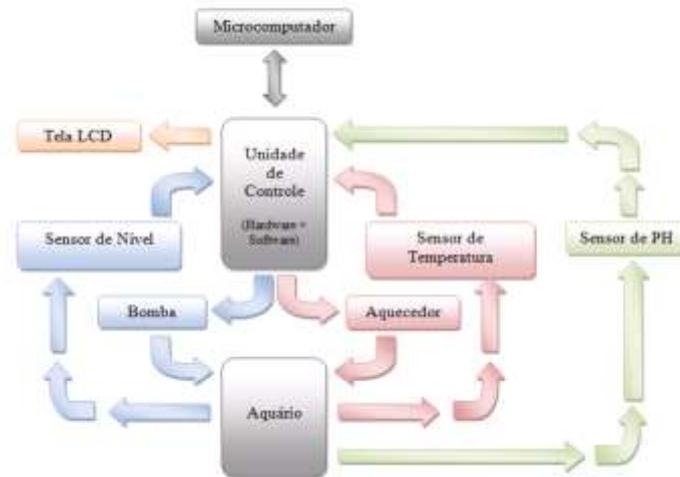
Microcontrolador	ATmega328
Tensão de operação	5 V
Tensão de entrada (recomendada)	7 - 12 V
Tensão de entrada (limite)	6 - 20 V
Pinos de E/S digital	14
Entradas analógicas	6
Corrente CC por pino	40 mA
Corrente CC para o pino de 3,3 V	50 mA
Memória Flash	32 KB (2 KB ocupados pelo bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidade de clock	16 MHz

Fonte: ARDUINO, (2022)

2.5 Sistema de controle

O sistema de controle será constituído por um sistema principal microprocessado com as entradas e saídas de sinais; as leituras serão feitas por sensores específicos para cada parâmetro e as modificações nos tanques serão realizadas pelos atuadores- as leituras e atuações serão descritas com detalhes nos próximos tópicos. Os valores de temperatura e pH medidos serão exibidos em uma tela de LCD acoplada ao sistema, apesar da possibilidade de leitura pelo monitor serial do Arduino.

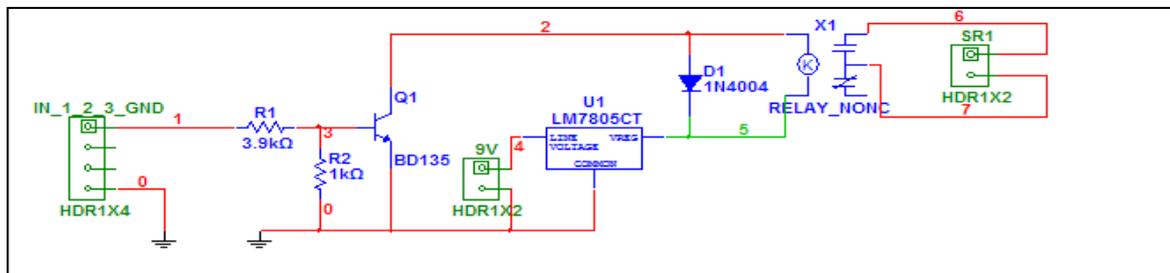
Figura 14: Diagrama em blocos do sistema de medição e controle



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Para efetuar o controle do sistema de nível, foi aplicado o esquemático (figura 15) aliado a relés de 5V/70mA, capazes de acionar até 120 Volts Ac/15A, para ativar ou desligar as bombas. Remete-se a ideia de uma chave eletrônica, ou seja, dependendo da programação, aplicar ou retirar água por meio da indicação do sensor de nível.

Figura 15: Esquemático do sistema de controle de nível

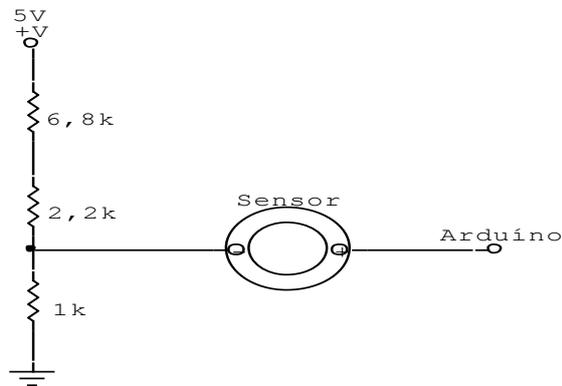


Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Para os testes de leitura da temperatura, foi instalado o sensor LM35 envolvido por uma mangueira de borracha para não entrar em contato indevidamente com a água. A saída do sensor, que tem como resposta em volts a variação da temperatura, foi conectada em uma das portas analógicas para o sinal ser tratado com o conversor A/D (analogico / digital) de 10 bits pertencente ao microcontrolador do Arduino. Assim, coloca-se uma medição de temperatura de referência na programação, e aciona-se o aquecedor até atingi-la.

Para os testes de medição do pH, foi desenvolvido um circuito chamado “Somador não inversor”, devido ao fato de que para leituras de líquidos alcalinos, a tensão apresenta potencial negativo, o que inviabiliza a utilização conversor A/D. A ideia para solucionar a questão foi somar a tensão gerada pelo eletrodo a 0,5V e dentro da programação é subtraído este valor da leitura analógica.

Figura 16: Esquemático para medição de Ph



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

1.RESULTADOS

Um aquário foi montado com o que foi definido com citado anteriormente, conforme figura 17.

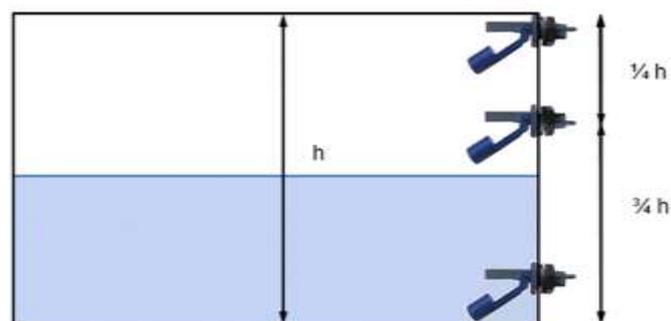
Figura 17: Montagem de aquário



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Para o nível, foi possível observar seu preenchimento ou esvaziamento quando do acionamento por programação. A figura 18 ilustra a montagem dos sensores nos três níveis distintos de medição.

Figura 18: Disposição dos sensores de nível



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

O teste consistiu em medir a temperatura ambiente e comparar com o resultado de um termômetro. Para ilustrar, foi possível observar a leitura da temperatura ambiente pela tela de LCD (figura 19).

Figura 19: Exibição da temperatura ambiente da água em teste

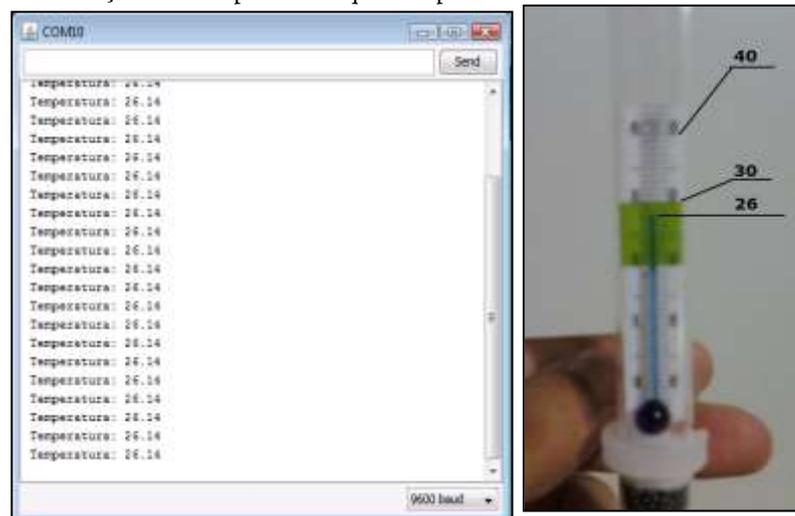


Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Com a alteração da programação inserida para que a temperatura seja aumentada para 27° C, ocorreu o acionamento do aquecedor, sendo observada a leitura de aquecimento da água no monitor de leitura serial, sendo confirmada por um termômetro analógico (figura 20).

582

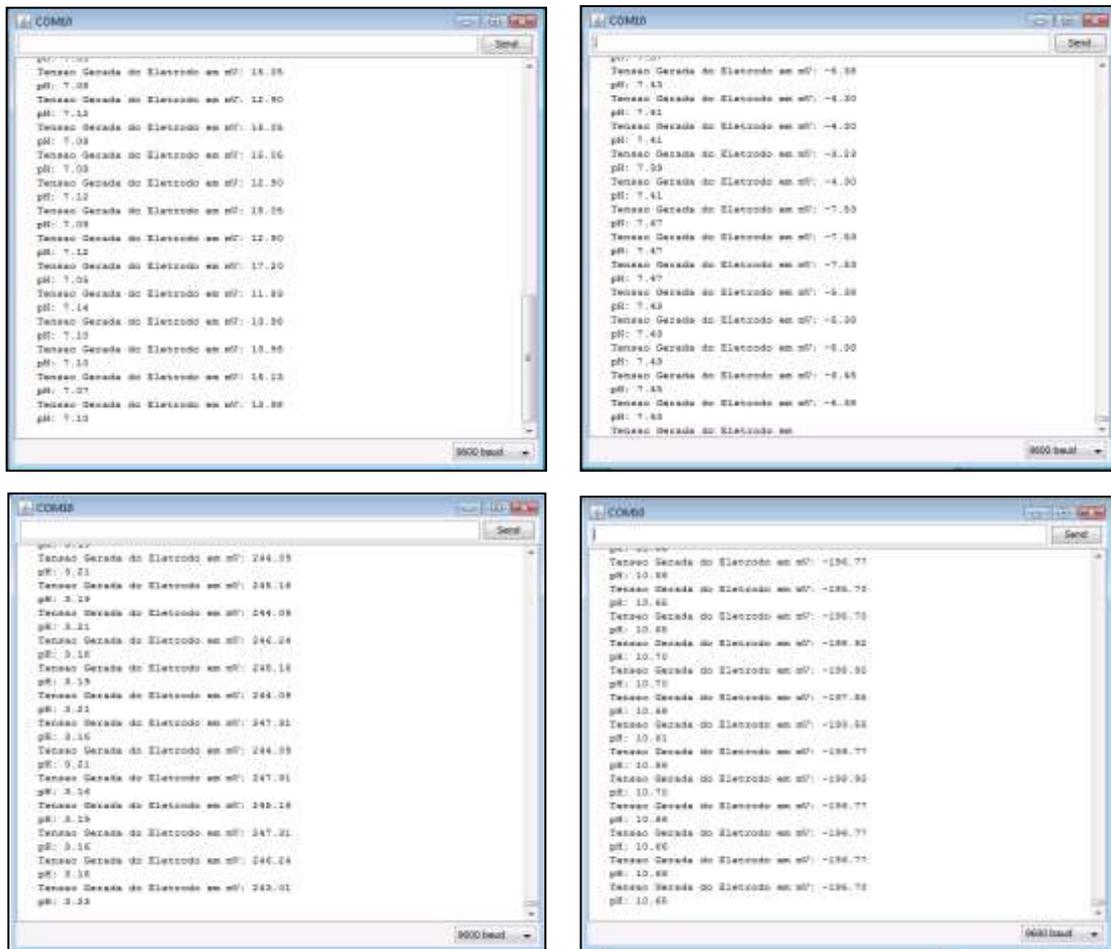
Figura 20: Medições da temperatura aquecida pelo monitor serial e termômetro analógico



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Para os testes referente às medições de pH, o sensor é colocado em 4 amostras de soluções distintas: solução tampão (solução neutra), água potável, água misturada a água sanitária (solução alcalina) e água misturada a vinagre (solução ácida). São realizadas leituras pelo monitor de leitura serial do Arduino, conforme figura abaixo.

Figura 21: Medições de pH de soluções distintas (em sentido horário: solução tampão, água potável, água misturada a água sanitária e água misturada a vinagre).



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

É exibida então a tabela 3, comparando os valores teóricos de pH com os medidos pelo sistema.

Tabela 3: Comparação entre valor teórico e medido de pH

Líquido	Valor de pH teórico	Valor de pH lido aproximado
Solução Tampão (KCl)	7	7,1
Água potável	entre 6,5 e 7,5	7,4
Água misturada a Vinagre	entre 2,5 e 3,5	3,2
Água misturada a água Oxigenada	entre 10,5 e 12,5	10,7

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Por fim, é medido o valor da solução tampão pela tela de LCD para ilustrar esta possibilidade.

Figura 22: Medição da solução tampão exibida em tela de LCD



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados e com as figuras, foi alcançado o objetivo de se construir um sistema para um aquário utilizando um equipamento de software e hardware livres. A facilidade de uso e a disponibilidade de um microcontrolador de qualidade também contribuíram notoriamente. Obviamente, melhorias podem ser aplicadas como, por exemplo, sensores com maior precisão.

De uma maneira geral, o projeto supriu os requisitos mínimos para realizar os acionamentos, medições e controles dos parâmetros. A aplicação deste estudo pode ser estendida, servindo de base para diversos outros sistemas, como projetos de tratamento de água ou outras substâncias, como óleos, bebidas em geral e solventes, dependendo da programação realizada em seu software de controle e inclusão de sensores e atuadores adequados, com custos potencialmente reduzidos pelo uso de ferramentas *open source*.

584

REFERÊNCIAS

ANALYSER. Medidor de pH. 21 set. 2010. 40 slides.

AQUABASE. O aquário. Disponível em: <<https://aquabahasergipe.wordpress.com/2010/07/05/o-aquario/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

AQUARISMO. O pH no aquário. Disponível em: <<http://www.aquarismopaulista.com/ph-aquario/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

AQUARIUM. Como reduzir drasticamente o nitrato em um aquário?. Disponível em: <<https://myaquarium.com.br/artigos/como-reduzir-drasticamente-o-nitrato-em-um-aquario/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

AMAZON. Boyu Bomba Submersa FP-58 27w 2500l/h. Disponível em: < <https://www.amazon.com.br/Boyu-Bomba-Submersa-Produto-Original/dp/Bo7Z6PLJSV/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

ARDUINO. Arduino Duemilanove. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-duemilanove>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

EM. Entenda o pH ou potencial hidrogeniônico de uma solução. Disponível em: < <https://www.em.com.br/app/noticia/educacao/enem/2019/12/12/noticia-especial-enem,1107526/entenda-o-ph-ou-potencial-hidrogenionico-de-uma-solucao.shtml>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

FILIFELOP. O que é Arduino?. Disponível em: < <https://www.filieflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

FRIZZARIN, Fernando Bryan. Arduino: Guia para colocar suas ideias em prática. São Paulo: CASA DO CÓDIGO, 2016.

MONK, Simon. Fritzing for Inventors: Take Your Electronics Project from Prototype to Product. Editora: McGraw-Hill Education Tab, 2015.

POTTER, Merle C.; SCOTT, Elaine P. Ciências térmicas: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transmissão de calor. São Paulo: Thomson-Learning, 2007.

585

PETZ. Cuidados com peixes – A manutenção correta do aquário. Disponível em: < <https://www.petz.com.br/blog/bem-estar/aquario/cuidados-com-peixes-como-fazer-manutencao-correta-dos-aquarios/>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

QUEIROZ, Wagner Rodrigues de Oliveira. SOUSA, Wanderson Quaresma de. A importância da plataforma arduino no meio acadêmico. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 12, pp. 123-133, Agosto de 2018. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico

SHOPTIME. Aquecedor de aquário. Disponível em: < <https://www.shoptime.com.br/busca/aquecedor-de-aquario> >. Acesso em: 30 jan. 2022.

TECNAL. Medidores de pH: 3 dicas essenciais na escolha e utilização. Disponível em: < https://www.tecnal.com.br/es/blog/218_medidores_de_ph_3_dicas_essenciais_na_escolha_e_utilizacao?q=%2Fpt-BR%2Fblog%2F218_medidores_de_ph_3_dicas_essenciais_na_escolha_e_utilizacao>. Acesso em: 30 jan. 2022.

UFRGS. Reed switch. Disponível em:
<<https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mefoo4/20061/Cesar/SENSORES-Reed-switch.html>>.
Acesso em: 30 jan. 2022.

USINAINFO. Sensor de temperatura LM35: primeiros passos. Disponível em: <
<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-temperatura-lm35-primeiros-passos/>>.
Acesso em: 30 jan. 2022.

WIKIPEDIA. Aquário. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aqu%C3%A1rio>
>. Acesso em: 30 jan. 2022.