

Sistema de Monitoramento da Qualidade de Água para Piscicultura

Water Quality Monitoring System for Fish Farming

Francisco Vinícius Lopes Costa^{1*}, Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo¹, Reudismam Rolim de Sousa¹

RESUMO

O crescimento da produção de peixe abriu espaço para inserção da tecnologia nos meios produtivos desta atividade, surgindo com a finalidade de ampliar a lucratividade do negócio. Neste trabalho é proposto um protótipo de hardware aliado a um sistema web, que visa facilitar as atividades de gerência, controle e acompanhamento da produção, através das variáveis temperatura e pH, bem como disponibiliza meios para automatizar o acionamento de bombas, resfriadores e aquecedores e qualquer outro equipamento. O sistema proposto possibilita a exibição de dados, utilizando um sistema web, e também o armazenamento de dados, por meio de um banco de dados relacional. Para realização do trabalho foi feito um levantamento bibliográfico acerca dos parâmetros de qualidade da água, uma análise sobre trabalhos relacionados à automação na piscicultura, e também um estudo sobre quais dispositivos seriam utilizados para montar o protótipo. Por fim, viu-se que o conjunto (software + hardware) respondeu bem a maioria dos testes e atestou sua utilidade como ferramenta para avaliação de desempenho através de gráficos e tabelas.

Palavras-chave: Piscicultura. Automação. pH. Temperatura. NodeMCU.

ABSTRACT

The growth of fish production opened space for the insertion of technology in the productive industry of this activity, emerging to increase the profitability of the business. In this work, a prototype of hardware combined with a web system is proposed, which aims to facilitate the activities of management, control, and monitoring of production, through the variables temperature and pH, as well as providing means to automate the activation of pumps, coolers and heaters and any other equipment. The proposed system allows the display of data, using a web system, and also the storage of data, through a relational database. To carry out the work, a bibliographic survey was performed on the parameters of water quality, an analysis of works related to automation in fish farming, and also a study on which devices would be used to assemble the prototype. Finally, it was seen that the set (software + hardware) responded well to most tests and attested to its usefulness as a tool for performance evaluation through graphs and tables.

Keywords: Pisciculture. Automation. pH. Temperature. NodeMCU.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido. *E-mail: vinicius.lopes@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

A tilápia é um peixe tradicional e desponta entre as principais espécies nas feiras municipais. Conforme Mallasen et al. (2012), baseada nos dados do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura, entre 2006 e 2009, a produção de tilápia no Brasil aumentou 86%, mais de 130 mil toneladas. Esse crescimento deve-se principalmente à expansão de empreendimentos na região Nordeste e Sudeste (MALLASEN et al., 2012).

De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA) (2016), a qualidade da água é fundamental para garantir uma boa produção. O Grupo Águas Claras (2018) especializado no ramo da piscicultura confirma que a qualidade da água é de suma importância para o sucesso da produção, considerada ainda a principal matéria-prima do processo.

Conforme Kubitzka (1998), a incidência de doenças e parasitoses aumenta de forma proporcional em relação à redução na qualidade nutricional e da água, podendo causar significativas perdas na produção.

Além da preocupação com a saúde do peixe, Silva, Ferreira e Logato (2007) comentam que devido ao aumento de criadouros, esses têm se tornado alvo dos órgãos de controle ambiental, para fim de fiscalização de uso, reuso e despejo de água, bem como o aspecto sanitário do produto e entre outros fatores.

Com base nesse contexto, percebe-se que o monitoramento da qualidade da água é indispensável para o produtor que deseja ter rentabilidade em seu empreendimento. Diante desse cenário, o trabalho propõe um dispositivo de hardware que reúne medição de pH e temperatura, ajudando o criador de peixe a medir, monitorar, gerir, acompanhar e controlar as informações sobre a água dos viveiros.

CONCEITOS IMPORTANTES

A Internet das Coisas (*IoT*) pode ser definida como a conexão de coisas como: geladeiras, pulseiras, lâmpadas, etc. à internet por meio do uso de sistemas embarcados (SE), microeletrônica, comunicação e sensoriamento (SANTOS et al., 2016). A caracterização desse avanço se pontua na capacidade de comunicação desses sistemas com a Internet. Por meio da *IoT* é possível controlar remotamente qualquer objeto que se utilize desta tecnologia. Estes objetos se somam a outros recursos disponíveis,

possibilitando o desenvolvimento de uma variedade de aplicações como *Smartwatch*, *Smart TV*, *Smartphones*, entre outras.

Na utilização de *IoT* em crises hídricas, Kadar, Rafee e Sameon (2018) afirmam que ela é uma ferramenta potencial que orienta, entende e auxilia neste contexto. Os autores defendem que esta tecnologia seja usada pelo governo, indústrias e pessoas para a utilização mais consciente da demanda e priorização do abastecimento de água para os que mais necessitam.

A *IoT* utiliza sistemas embarcados, que são sistemas de processamento de informação incorporados em um produto maior (MARWEDEL, 2021) e denotam projetos com funcionalidade que atendem a atuação de sensores, atuadores e controladores, que passam por centrais eletrônicas de processamento, destinada somente para atividades específicas (SANTOS; CAMPOS; OLIVEIRA, 2021). Em concordância, Pont (2020) cita exemplos de aplicações de sistemas embarcados presentes no cotidiano como celulares, eletrodomésticos e a assistente virtual da *Amazon*, a *Alexa*, entre outros.

Para contextualizar a utilização de SE como recurso para sanar alguns problemas da escassez d'água, Carvalho (2021) apresenta uma alternativa para utilização de água em período de racionamento de água. Ele cria um SE voltado para o combate ao desperdício de água, utilizando um microcontrolador para controlar o fluxo de água injetado no solo, sem interferência humana direta para alimentar o sistema que assegura a plantação de cana-de-açúcar e mandioca. Por sua vez, Lima et. al. (2022) apresentam um sistema de monitoramento para crises hídricas.

QUALIDADE DA ÁGUA

O ecossistema aquático implica diretamente no equilíbrio econômico da piscicultura, conseqüentemente, a desconfiguração do mesmo influencia de forma direta na diminuição da produtividade e geração de prejuízos para o empreendedor (MEDEIROS; MORAES, 2013). Como a água é a principal composição do ecossistema em questão, ver-se de forma notória um alto grau de dependência entre a produtividade e a qualidade da água. De acordo com Medeiros e Moraes (2013), a qualidade da água inclui as características físicas, químicas e biológicas que interagem individualmente ou coletivamente. Os fatores que mais limitam a produção do peixe são: temperatura, transparência, oxigênio, gás carbônico, pH da água (acidez ou alcalinidade) e amônia.

TEMPERATURA

A temperatura é um importante fator principalmente para peixes tropicais, os quais são considerados pecilotérmicos, isto é, a temperatura corporal varia em função da temperatura da água (MEDEIROS; MORAES, 2013). Conforme Medeiros e Moraes (2013), os peixes nativos, geralmente, toleram temperaturas entre 22 °C e 32 °C, sendo que a faixa ideal é entre 24 °C e 30 °C. Kubitzka (2000) aponta que o conforto térmico de peixes tropicais, por exemplo, a tilápia está entre 27 e 32 °C. De acordo com Grupo Águas Claras (2018), a temperatura está diretamente ligada às atividades fisiológicas como respiração, digestão, excreção e alimentação.

Como já dito, a temperatura da água influencia o metabolismo dos peixes, além disso, também estabelece conexões com a degradação de matéria orgânica e produtos químicos (MEDEIROS; MORAES, 2013). Com relação ao metabolismo, ele é aumentado quando a temperatura aumenta, e por consequência aumenta-se a ingestão de alimentos, caso a temperatura diminua o metabolismo é reduzido e o peixe pouco se alimenta (MEDEIROS; MORAES, 2013). Segundo Medeiros e Moraes (2013), o que acontece com o metabolismo ocorre de forma similar com a degradação de matéria orgânica e produtos químicos. A incidência da radiação solar causa a transferência de calor para a superfície da água, aumentando a temperatura e diminuindo a densidade, ocasionando assim a formação de camadas de águas quente e fria (MEDEIROS; MORAES, 2013). Este processo de formação de camadas é denominado estratificação térmica no corpo da água. Em viveiros e represas rasos a estratificação e desestratificação apresentam comportamento diuturno, ou seja, aquecimento da água durante o dia e homogeneização à noite, mudança brusca essa de temperatura que pode causar estresse e mortalidade aos peixes (MEDEIROS; MORAES, 2013). De acordo com Medeiros e Moraes (2013), a medição de temperatura deve ser feita na superfície, cerca de 20 cm de profundidade.

TRANSPARÊNCIA

Conforme Medeiros e Moraes (2013), a transparência da água é o quanto de luz penetra na coluna do líquido, e ela é principalmente determinada pela quantidade de partículas – minerais (argila, silte) ou orgânicas (plâncton) – em suspensão.

A transparência é essencial, pois sem ela a luz penetra poucos centímetros na superfície, impedindo a chegada de luz e calor nas camadas de água mais inferiores (MEDEIROS; MORAES, 2013). A falta destes últimos prejudica no desenvolvimento do fitoplâncton, organismo ligado à produção de oxigênio (MEDEIROS; MORAES, 2013). Segundo Medeiros e Moraes (2013), a transparência ideal para o cultivo de peixes é entre 35 e 60 cm.

OXIGÊNIO

O oxigênio é considerado o mais crítico na determinação da qualidade da água, a medida utilizada é miligrama por litro (mg/l), fator que depende da temperatura, altitude e salinidade, em que quanto maior a temperatura e/ou altitude, menor o nível de saturação do oxigênio (MEDEIROS; MORAES, 2013).

Os organismos aquáticos apresentam limites máximos e mínimos para teores de oxigênio dissolvido, geralmente, os peixes tropicais exigem concentração acima de 5 mg/l, sendo que a contínua exposição a valores inferiores a 3 mg/l pode levar ao estresse do peixe, diminuição da resistência, incidência de doenças e mortalidade (MEDEIROS; MORAES, 2013). Conforme Kubitza (2000), a concentração crítica de oxigênio para as tilápias está entre 20 a 10% da saturação a temperaturas na faixa de 26 a 35°C, isto é, entre 1,6 a 0,7 mg/litro.

O oxigênio em excesso também é prejudicial para a saúde do peixe, podendo causar principalmente um problema conhecido por embolia gasosa (MEDEIROS; MORAES, 2013). Medeiros e Moraes (2013) afirmam que os melhores níveis de oxigênio estão a uma profundidade de até duas vezes o nível de transparência da água, ou seja, se o nível de transparência for de meio metro, até 1 metro têm-se níveis de oxigênio adequado para criação de peixe.

GÁS CARBÔNICO

O gás carbônico (CO₂) está ligado a respiração dos peixes e a processos de decomposição de matéria orgânica; o maior nível de CO₂ nos criatórios de peixe acontece no período noturno, no qual não há fotossíntese, apenas o consumo de oxigênio e

eliminação do CO₂ decorrente do metabolismo dos peixes (MEDEIROS; MORAES, 2013).

pH

O pH é uma medida que se refere ao percentual de hidrogênio da água, sua escala de valor varia entre 0 e 14, sendo que abaixo de 7, diz-se que a solução é ácida, acima de 7, a solução é básica/alcalina, e quando igual a 7, a solução é considerada neutra (SCIDLE, 2017). Conforme Medeiros e Moraes (2013), o pH ideal para produção de peixe varia entre 6,5 e 8. De encontro a essas informações, o manual de qualidade da água para aquicultura disponibilizado pela EMBRAPA e adaptado por Oliveira (2018) diz que os valores entre 7 e 8,3 são considerados ótimos para piscicultura, porém, pode-se trabalhar com valores entre 6,5 e 9. Apesar das afirmações, é importante verificar essa faixa de valores de pH, conforme a espécie de peixe que o produtor for criar.

A exposição da produção a índices de pH abaixo de 4 ou acima de 11 pode ser letal para os peixes. Os principais responsáveis pelo índice de pH da água são o gás carbônico (CO₂) e a concentração de sais (MEDEIROS; MORAES, 2013; OLIVEIRA, 2018).

AMÔNIA

A amônia encontra-se em duas formas na água, amônia ionizada (NH⁴⁺) e amônia não-ionizada (NH³), sendo esta última mais prejudicial; o pH e a temperatura são os responsáveis pela regulação dessas duas condições de amônia, entretanto, a presença destas substâncias deve-se principalmente à excreção dos peixes pelas brânquias, adubos nitrogenados e alimento não consumido (MEDEIROS; MORAES, 2013). De acordo com Medeiros e Moraes (2013), os níveis tóxicos de amônia estão na faixa de 0,6 ppm (partes por milhão) e 2,0 ppm, níveis acima da faixa citada podem ser letais para os peixes.

Kubitza (2000) alerta que a exposição dos peixes a níveis sub-letais de amônia afeta a lucratividade do empreendimento, pois tal exposição compromete o crescimento e a conversão alimentar, a tolerância ao manuseio e transporte e a condição de saúde dos peixes.

TRABALHOS SOBRE AUTOMAÇÃO NO ÂMBITO DA PISCICULTURA

Beck *et al.* (2006) propõem um protótipo que monitora e controla as seguintes variáveis: pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e nível de água. A intenção do trabalho é fazer o controle automático dessas variáveis, sem a necessidade de intervenção humana (BECK *et al.*, 2006). O pH e a temperatura são exibidos através de um *display*, e para processamento das instruções foi utilizado um microprocessador da Atmel, modelo ATmega8 (BECK *et al.*, 2006).

Apesar das semelhanças no propósito, o protótipo de que trata o presente trabalho difere do de Beck *et al.* (2006) no que se refere a interferência do usuário, pois o sistema proposto aqui é ideal para que o produtor possa monitorar melhor seu criatório, incluindo a geração de gráficos e relatórios; além disso, os projetos diferem também no processador e na forma de exibição das informações. A proposta aqui é guardar as informações em um banco de dados e exibir para o usuário através de uma página web, enquanto no projeto de Beck *et al.* (2006), as informações são exibidas diretamente em um *display* ligado a placa microcontroladora.

Outra diferença crucial é em relação aos acionamentos, o projeto de Beck *et al.* (2006) não permite o usuário fazer acionamento, sendo que esta tarefa ocorre de forma automática de acordo com predefinições na programação do microcontrolador. O protótipo de que trata este texto permite que o usuário possa fazer acionamento via a interface web, seguindo o princípio da IoT.

O trabalho de Brito *et al.* (2017) trata da automação na criação da tilápia de forma geral, ou seja, não foca em uma implementação ou desenvolvimento de protótipo, sendo um trabalho de revisão, no qual são apontados os pontos positivos da automação. Brito *et al.* (2017) conclui que a inserção da tecnologia na criação de peixes é fundamental para a rentabilidade do negócio.

O trabalho de Zaccharias e Da Rocha (2016) utiliza o microcontrolador Arduino UNO e três sensores para mensurar: pH, temperatura e oxigênio dissolvido. Ao adquirir as informações e processar os sinais, as informações são enviadas ao usuário via módulo GSM/GPRS.

As diferenças mencionadas em relação ao trabalho de Beck *et al.* (2006) podem ser visualizadas em relação ao trabalho de Zaccharias e Da Rocha (2016).

Bresciani (2015) traz um projeto similar aos já mencionados, porém, inova no microcontrolador, o PIC18F4550, e acrescenta uma estrutura para guardar dados, um cartão SD. Bresciani (2015) também inova na inserção de um teclado, para que o usuário possa interagir com o protótipo.

O trabalho de Guimarães e Lohmann (2017) objetiva automatizar o controle de tanques que utilizam aeradores para injetar oxigênio na água, informando a situação dos tanques sem precisar ir até o local físico. Conforme Guimarães e Lohmann (2017), o produto desenvolvido por eles “terá como função principal automatizar os tanques utilizados para criação de animais aquáticos, com base no controle de aeradores, pois um dos principais fatores para o desenvolvimento de animais na água é o oxigênio”. O projeto utiliza botões de membrana com *feedback* tátil e um *display* LCD para interação com o usuário; o microcontrolador utilizado é o ATmega328P.

O projeto de Guimarães e Lohmann (2017) inova na inserção da comunicação sem fio. De acordo com os autores “é de suma importância para monitoramento em tempo real dos tanques. Em sua grande maioria as casas/fazendas dos criadores não ficam exatamente ao lado dos tanques e a comunicação sem fio evita o uso demorado de cabos”. O projeto ainda possibilita uma interação do dispositivo com um computador para ser possível fazer o *download* dos dados gravados.

Motivado por um levantamento realizado junto a um grupo de piscicultores da região Oeste do Paraná, Bartz (2017) desenvolveu um “sistema de monitoramento da qualidade da água, por uma boia sensorial autônoma, interligada a um software de apoio ao manejo e gestão dos viveiros produtivos”.

O trabalho de Martineli (2017) trata sobre a automação do mecanismo de fornecimento de ração, avaliando o efeito da frequência alimentar sobre o desempenho produtivo, morfologia intestinal e digestibilidade de proteínas. O sistema é composto por um CLP (Controlador Lógico Programável) que calcula a oferta diária de ração, baseando-se no peso médio do peixe, no número de peixes por aquário e na taxa de alimentação definida inicialmente. O CLP controla dois alimentadores sobre os aquários e corrige a oferta de ração diariamente conforme o ganho de peso estimado pela conversão alimentar (MARTINELI, 2017).

Ferreira e Silva (2018) propuseram um projeto de um sistema de tanque voltado para piscicultura, por controladores PID's (Controlador Proporcional Integral Derivativo) que consiga levar a temperatura da água para 28 °C, temperatura ideal para criação de

tilápias. O artigo aborda a modelagem matemática dos tanques, projeto de compensadores discretos no tempo, atuadores e sensores para construção de um protótipo (FERREIRA; SILVA, 2018).

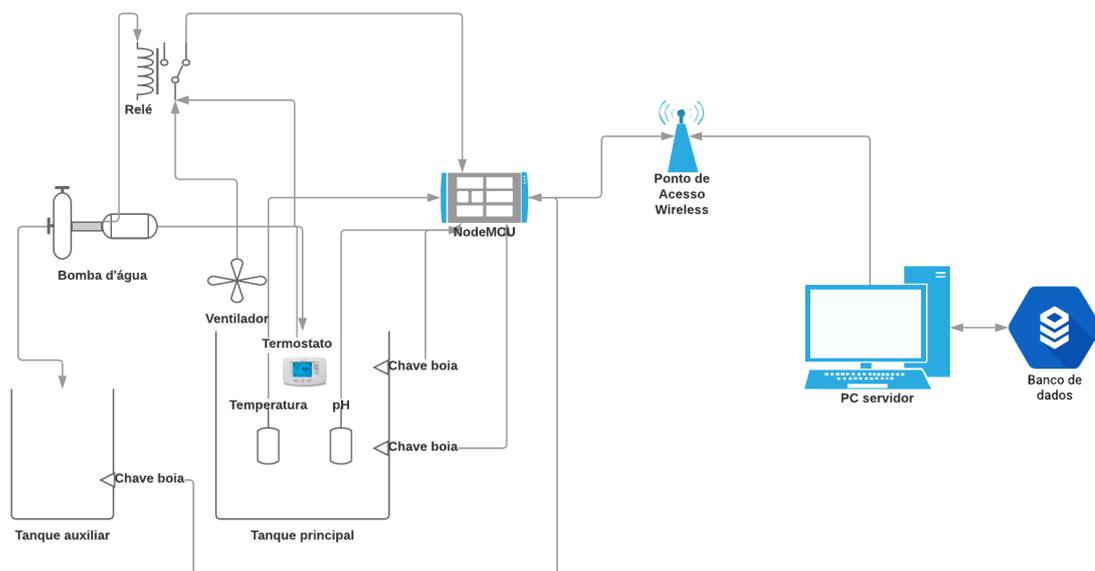
A partir dos trabalhos listados nesta seção, percebe-se que a maioria dos trabalhos trata da automação de alimentadores; a maioria dos que abordam os parâmetros de qualidade da água não implementam uma forma de guardar os dados registrados, e os que guardam os dados de alguma forma, é de maneira mais rudimentar: em cartões SD ou permitindo os dados serem baixados em algum formato específico.

O estudo de que trata este trabalho é inovador pelo uso de um banco de dados relacional para guardar os dados registrados pelos sensores e também na utilização da rede sem fio para enviar/receber os dados, assim como pela forma de exibição dos dados e gráficos, por um sistema web acessado na rede local.

PROJETO DO SISTEMA

O sistema de monitoramento proposto neste trabalho usa diversos componentes físicos (hardwares), como também componentes abstratos (softwares, trechos de códigos e banco de dados). Na Figura 1 pode ser visto o esquema proposto por este trabalho.

Figura 1 - Diagrama esquemático do projeto.



Fonte: Autor (2019).

NODEMCU

Conforme Souza e Oliveira (2017), o NodeMCU é uma pequena placa de desenvolvimento que agrega em sua composição o ESP8266, um módulo que permite conexão *wireless* pelo padrão *Wi-Fi*. De acordo com Graça (2017), o NodeMCU surgiu para facilitar a construção de projetos que utilizam o ESP8266, pois a primeira placa apresenta um regulador de tensão para 3,3 Volts e ainda descarta o uso de adaptadores SPI e UART para realização da conexão. O NodeMCU pode ser encontrado em três modelos distintos:

- NodeMCU Devkit V0.9 aka NodeMCU V1;
- NodeMCU Devkit V1.0 aka NodeMCU V2;
- Lolin NodeMCU aka “NodeMCU V3”.

O microcontrolador utilizado neste projeto é o Lolin NodeMCU aka “NodeMCU V3”, que conta com uma interface de comunicação USB, para programação da placa; 9 pinos de entrada/saída digitais e 1 pino entrada/saída analógica (SOUZA;OLIVEIRA, 2017; SANT’ANNA;CAVALCANTI, 2018). O NodeMCU pode ser codificado através da linguagem LUA, ou então com a IDE do Arduíno (SOUZA;OLIVEIRA, 2017).

SENSORES

Segundo Santos (2007), os sensores são dispositivos utilizados para medir, identificar e/ou gravar informações físico-químicas de soluções, ambientes e situações, que respondem transmitindo informações, iniciando mudanças ou operando controles.

Na definição de Steffens (2006), os sensores “são dispositivos eletroeletrônicos com a propriedade de transformar em sinal elétrico, uma transformação de uma grandeza física, que está relacionada a uma ou mais propriedades do material de que é feito o sensor”. Complementando Steffens (2006), Sant’anna e Cavalcanti (2018) afirmam que estes dispositivos (sensores) mudam de comportamento sob a ação de uma grandeza física, de modo a indicar direta ou indiretamente um sinal de tal grandeza.

Quando os sensores agem de maneira direta, convertendo uma forma de energia em outra, são chamados transdutores; os que funcionam indiretamente alteram suas características como a resistência, capacitância, indutância ou outras propriedades, de

maneira que dê para observar tal mudança em forma de alguma função, seja linear, exponencial ou logarítmica (SANT'ANNA;CAVALCANTI, 2018).

SENSOR DE TEMPERATURA

O sensor de temperatura utilizado no projeto foi o DS18B20 à prova d'água, escolhido devido sua boa acurácia e a característica de poder ser submerso em água. O DS18B20 fornece medições com apenas um fio de dados e apresenta uma precisão que varia entre 0,5°C para mais ou para menos; além disso, tal sensor proporciona leituras de temperatura de até 12 bits (ELETROGATE COMPONENTES ELETRÔNICOS, 2019a; FILIPEFLOP COMPONENTES ELETRÔNICOS, 2019).

Conforme informações disponibilizadas nos sites da Filipeflop Componentes Eletrônicos (2019) e Eletrogate Componentes Eletrônicos (2019a), o sensor apresenta as seguintes características:

- Tensão de operação entre 3 e 5,5 V;
- Faixa de medição de -55°C a +125°C;
- Ponta de aço inoxidável;
- Precisão: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ entre -10°C e +85°C.

SENSOR DE pH

O pH pode ser quantificado por um sensor que mede a diferença de potencial entre dois eletrodos: um eletrodo base (prata ou cloreto de prata) e outro eletrodo de vidro sensível a íons hidrogênio (SCIDLE, 2017).

O sensor de pH é constituído por uma sonda (a qual tem o eletrodo base e o eletrodo de vidro) e um circuito eletrônico que faz o tratamento do sinal, para que o mesmo possa ser utilizado adequadamente com algum microcontrolador.

CALIBRAÇÃO DO SENSOR DE pH

Antes de captar os valores de pH, faz-se necessário a calibração do sensor, para ele poder refletir valores condizentes. O circuito eletrônico contém dois potenciômetros,

um mais próximo do conector da sonda, chamado de *offset* e o outro que define o limite do pH (SCIDLE, 2017).

A sonda oscila entre valores negativos e positivos de acordo com o pH da solução que o sensor esteja submerso, sendo o valor zero referente ao pH 7 (SCIDLE, 2017). Os microcontroladores trabalham, em geral, com valores de 0 a 5 V, dessa forma é necessário regular o circuito eletrônico através do potenciômetro *offset* para não enviar valores negativos para o pino PO. Para regular é necessário inserir o eletrodo numa solução tampão de pH 7, e com um multímetro verificar a tensão no pino PO; após isso, com o auxílio do potenciômetro *offset* regula-se para aparecer 2,5 V no visor do multímetro (SCIDLE, 2017). Este procedimento retorna uma tensão de 2,5 V no pino PO quando o eletrodo estiver inserido numa solução de pH 7.

Também, é necessário inserir um eletrodo em solução tampão de pH 4 e verificar a tensão retornada no multímetro. Com esses dados é possível obter um sistema de equações e descobrir os coeficientes “a” e “b” da equação da reta ($y = ax + b$).

O fato deste projeto utilizar o NodeMCU como placa microcontroladora gera um agravante a mais, pois este dispositivo trabalha com tensões entre 0 e 3,3 V, e o sensor de pH é confeccionado para trabalhar por padrão com microcontroladores que operam entre 0 e 5 V.

Para contornar esta situação foi necessário fazer uso de um circuito divisor de tensão, no qual se utilizou dois resistores de 4,7 k Ω ; este arranjo divide a tensão de entrada por dois, logo se entrar 5V a saída será de 2,5V. Não é preciso uma nova calibração, porém, é fundamental notar as novas tensões apresentadas no visor do multímetro quando o eletrodo é inserido nas soluções de pH 7 e 4, e a partir destes valores descobrir os coeficientes da equação da reta.

O outro potenciômetro (pH *limit*) é usado para definir um valor de tensão que servirá de gatilho para enviar um sinal para o pino DO; seu uso é ideal para disparar alguma ação quando o pH atingir certo limiar; neste trabalho tal função não é explorada (BOTSHOP, 2019).

RELÉ

De acordo com o Mundo da Elétrica (2019), os relés são dispositivos elétricos que produzem modificações súbitas e predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de

saída, acrescenta-se ainda que estes dispositivos possuem um circuito de comando, que assim que é alimentado por uma corrente, dispara uma ação para que um eletroímã mude a posição de outro par de contadores que estão ligados a um circuito secundário (circuito acionado).

Neste projeto estão sendo utilizados três relés: um é utilizado para acionar uma bomba d'água; outro para ligar um ventilador que resfria a água quando esta atinge um valor limite de temperatura; e um terceiro é responsável por acionar um termostato.

CHAVE BOIA

Neste trabalho estão sendo utilizadas três chaves boias. Duas chaves são usadas no tanque principal, na qual uma delimita o limite inferior (nível abaixo do esperado), e outra delimita o limite superior (indica que o tanque está cheio). A terceira chave é utilizada em um tanque auxiliar para indicar quando o nível de água deste tanque está abaixo do esperado.

BANCO DE DADOS

Segundo Korth (1994), um banco de dados “é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico”. Relacionado a banco de dados, um conceito inerente é o de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), conforme Alecrim (2018), um SGBD é uma estrutura de software que permite que dados sejam armazenados, organizados, protegidos, atualizados, acrescentados, excluídos e acessados.

No projeto que trata este trabalho, faz-se uso de uma estrutura de banco de dados para guardar os valores de temperatura e pH registrados pelos respectivos sensores, além disso, também guarda-se o identificador (*id*) de cada informação e a data e hora de cada registro. O SGBD utilizado no projeto é o MySQL.

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

O projeto proposto neste trabalho usa a linguagem PHP (*Hypertext Preprocessor*). Conforme o site do PHP (2019), o PHP é uma linguagem de *script open source* de uso

geral, especialmente, adequada para o desenvolvimento *web*, e que age no lado do servidor.

BIBLIOTECA DE GRÁFICOS

Para facilitar a geração de gráficos foi utilizada a biblioteca *JpGraph*. O *JpGraph* é uma biblioteca que inclui uma série de classes que servem para criar imagens com todo tipo de gráfico; os gráficos são dinamicamente gerados por meio de páginas PHP (GONZÁLEZ, 2008).

A biblioteca *JpGraph* está sendo utilizada neste trabalho para gerar gráficos de linhas, referentes aos registros de pH e temperatura. A motivação destes gráficos é incluir no projeto uma forma simples e de fácil entendimento, para que o usuário possa acompanhar a variação dessas duas características (temperatura e pH).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os dias 13 e 15 de março de 2019 foram realizados alguns testes com o protótipo pronto. Os valores coletados pelos sensores se fizeram condizentes, salvo uma situação específica em que houve uma alta divergência.

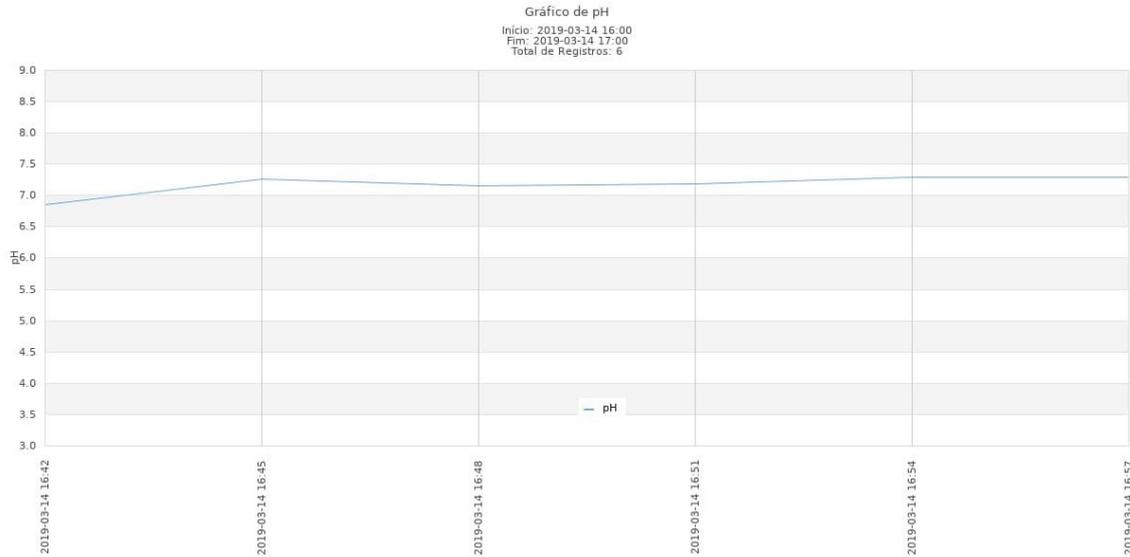
Os códigos e as conexões foram revistas, e tudo aparenta estar conforme expresso em literatura; salienta-se a necessidade de investigação do problema em trabalhos futuros, tal como: testar a autonomia do dispositivo, checar se há algum tempo predeterminado de descalibragem, checar características inerentes aos dispositivos (sensor de pH e nodeMCU) e entre outros pontos que podem afetar o protótipo, bem como novas formas de utilizá-lo.

Na Figura 2 pode ser visto o gráfico gerado a partir de dados captados pelo sensor de pH. Para geração do gráfico foi utilizada a interface do sistema desenvolvido, empregando os seguintes parâmetros:

- Data inicial: 14/03/2019;
- Hora inicial: 16:00;
- Data final: 14/03/2019;
- Hora final: 17:00.

Na Figura 3 é mostrada a interface inicial do sistema *web*, no qual pode-se ver os campos em que se inserem os parâmetros descritos no último parágrafo.

Figura 2 - Gráfico da variável pH.



Fonte: gráfico gerado a partir dos dados do sensor de pH, com auxílio da biblioteca *JpGraph*.

Figura 3 - Tela inicial do sistema.

Sistema de Monitoramento

Ligar/Desligar BOMBA D'AGUA Ligar/Desligar VENTILADOR Ligar/Desligar TERMOSTATO

Últimos dados registrados
Temperatura = 24.63
pH = 6.93
Data = 2019-03-14 15:26:38

Gerar gráfico de temperatura
Data inicio: dd/mm/aaaa
Hora inicio: --:--
Data fim: dd/mm/aaaa
Hora fim: --:--

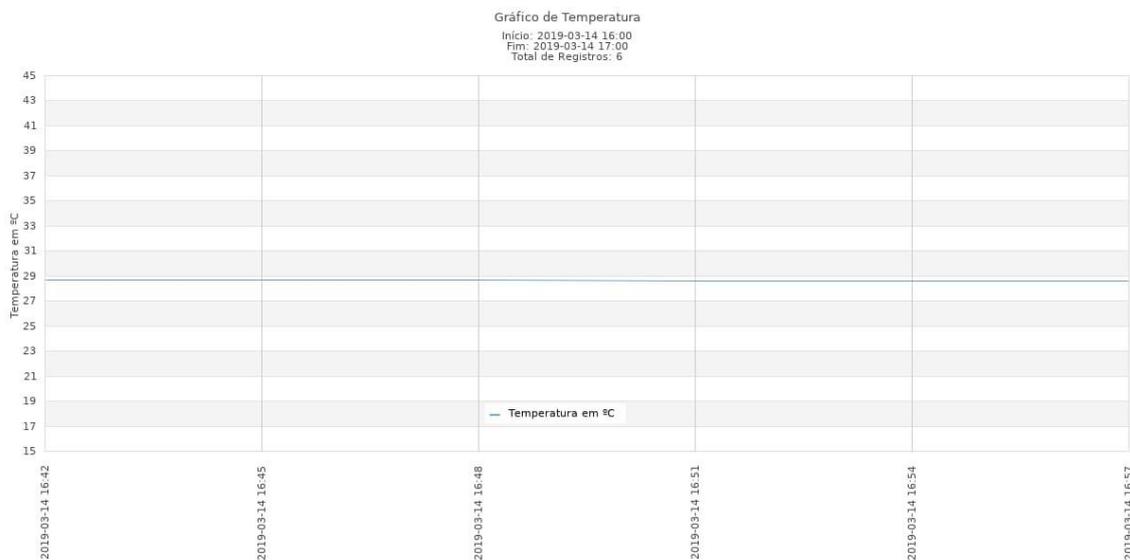
Gerar gráfico de pH
Data inicio: dd/mm/aaaa
Hora inicio: --:--
Data fim: dd/mm/aaaa
Hora fim: --:--

Gerar tabela de dados
Data inicio: 14/03/2019
Hora inicio: 14:30
Data fim: 14/03/2019
Hora fim: 15:30

Fonte: autor (2019).

Na Figura 4 é mostrado o gráfico de temperatura, utilizando os parâmetros utilizados para gerar o gráfico de pH.

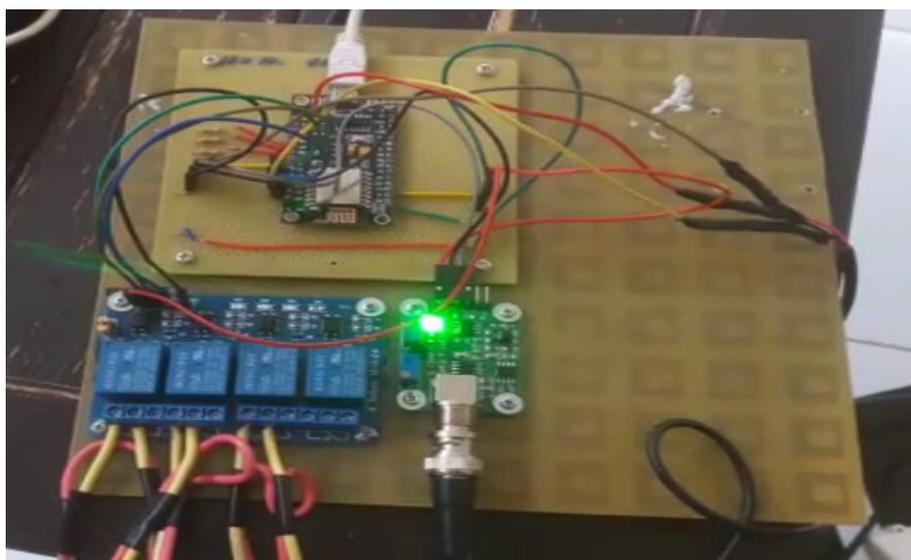
Figura 4 - Gráfico da variável temperatura.



Fonte: gráfico gerado a partir dos dados do sensor de temperatura, com auxílio da biblioteca *JpGraph*.

Na Figura 5 pode ser vista a montagem do dispositivo. A placa azul são os módulos relés; a plaquinha verde que apresenta um cabo conectado é o circuito que trata a medida de pH; e a placa acima das duas já citadas é a placa microcontroladora (nodeMCU).

Figura 5 - Imagem do protótipo.



Fonte: autor (2019).

Na Figura 6 é exemplificado o formato das tabelas geradas pelo sistema de monitoramento.

Figura 6 - Tabela gerada pelo sistema.

Tabela de Dados			
ID	DATA	TEMPERATURA	PH
6988	2019-03-14 14:32:38	24.75	6.93
6989	2019-03-14 14:35:38	24.75	6.93
6990	2019-03-14 14:38:38	24.75	6.93
6991	2019-03-14 14:41:38	24.75	6.93
6992	2019-03-14 14:44:38	24.69	6.93
6993	2019-03-14 14:47:38	24.75	6.93
6994	2019-03-14 14:50:38	24.69	6.93
6995	2019-03-14 14:53:38	24.75	6.93
6996	2019-03-14 14:56:38	24.69	6.93
6997	2019-03-14 14:59:38	24.69	6.93
6998	2019-03-14 15:02:38	24.69	6.93
6999	2019-03-14 15:05:38	24.75	6.93

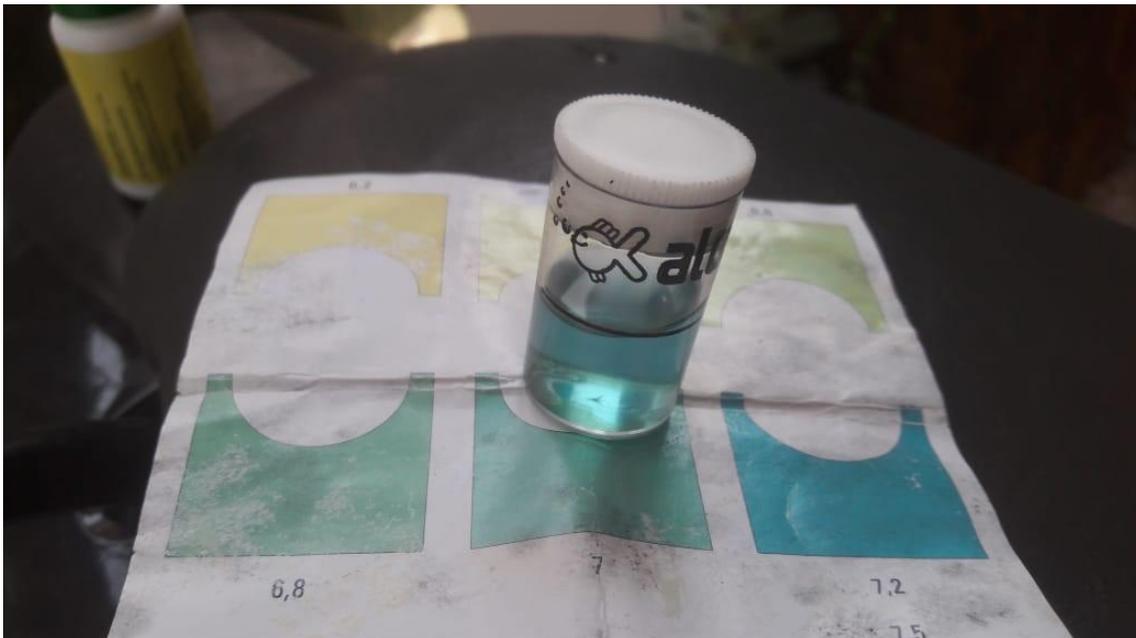
Fonte: autor (2019).

A inconsistência já comentada no início desta seção pode ser visualizada na Figura 8, em que o gráfico desce e sobe subitamente em três momentos. Acredita-se que esteja acontecendo alguma interferência no microcontrolador ou no sensor de pH, pois a medida de pH é mensurada através do nível de tensão no pino PO. Havendo algo que interfira na tensão do pino PO, isso refletirá na medida de pH mostrada ao usuário.

Curiosamente, após três dias de testes, percebeu-se que o sensor funciona normalmente entre 09:00 e 16:00 horas, após esse período o sensor apresenta comportamento divergente da realidade, voltando ao normal no dia seguinte mediante o mesmo intervalo de tempo. Tal observação é um indício para investigações futuras.

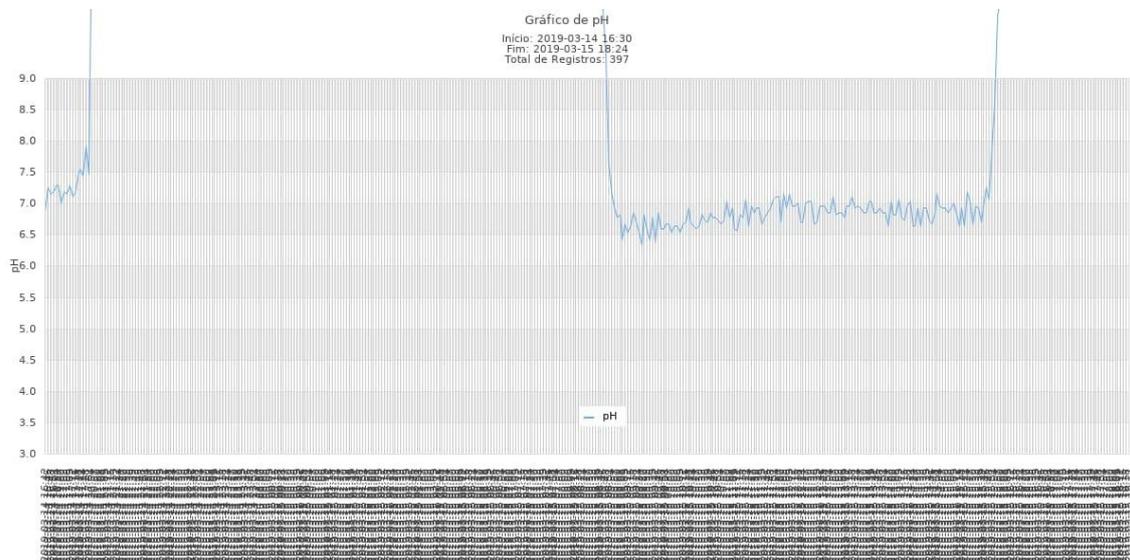
Na Figura 7 pode ser visto o teste de pH realizado de forma mais rústica; esse teste pega uma amostra da água, adiciona-se certa solução e espera-se reagir para ver a coloração; após isso ver-se num gabarito a coloração referente ao pH. Comparando-se o intervalo em que o sensor obteve funcionamento normal com o valor obtido na Figura 7, verifica-se coerência entre os valores, e que os dados remetidos pelos sensores são plausíveis de análises e conclusões.

Figura 7 - Medida de pH através de solução.



Fonte: autor (2019).

Figura 8 - Erro na medida do pH.



Fonte: gráfico gerado a partir dos dados do sensor de pH, com auxílio da biblioteca *JpGraph*.

Nas Figuras 9 e 10 é apresentada a montagem do dispositivo construído, no ambiente de testes. O tanque maior, onde ver-se alguns peixes, é o tanque principal, do qual estão sendo monitoradas as medidas de temperatura e pH. O tanque menor (onde há

uma bomba d'água em cima) é o tanque auxiliar, que servirá para inserção de novas águas no tanque principal quando for necessário a realização da troca de água.

A troca de água é uma atividade necessária sempre que o pH estiver fora da zona de segurança descrita na literatura. Para facilitar essa atividade, montou-se um sistema de tubulação que pode funcionar em duas situações: a primeira é tirando água do tanque principal e a segunda é inserindo água no tanque principal.

Para realizar o acionamento da bomba d'água, e para ela poder retirar/inserir água no tanque principal, adicionou-se um botão no sistema *web* que se encarrega de ligar/desligar. Ou seja, basta estar conectado através da rede local com um *smartphone*, *laptop* ou computador, que será possível acionar a bomba d'água, sem a necessidade de se deslocar fisicamente ao local.

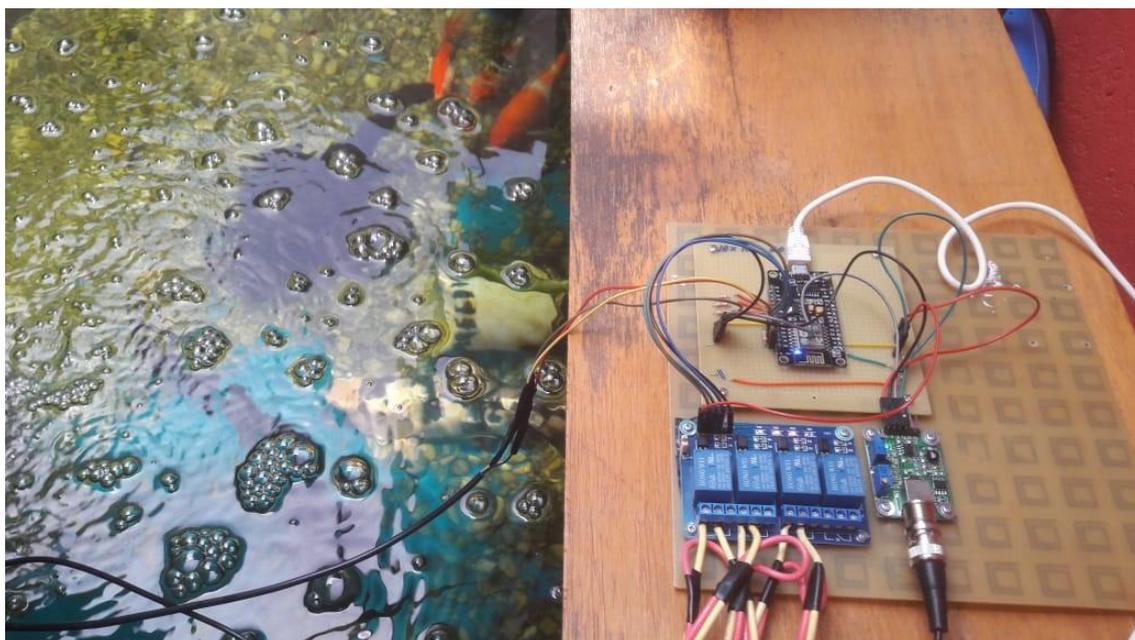
Atividades semelhantes a de ligar/desligar a bomba d'água podem ser feitas com um ventilador para diminuir a temperatura quando está muito alta, e também com um termostato para aumentar a temperatura quando estiver muito baixa.

Figura 9 - Montagem do projeto no tanque.



Fonte: autor (2019).

Figura 10 - Dispositivo na borda do tanque.



Fonte: autor (2019).

CONCLUSÃO

O projeto desenvolveu um protótipo de hardware que funciona em conjunto com um sistema *web* para modernizar e melhorar a criação de peixes por parte dos produtores. Fez-se um estudo bibliográfico acerca da qualidade da água e sobre recentes trabalhos que trataram de automação no âmbito da aquicultura. Além disso, pesquisaram-se diversos sensores e dispositivos para encontrar os que seriam mais interessantes para o projeto.

Como esperado, ver-se que o conjunto (protótipo + sistema *web*) proposto pode colaborar bastante para o aumento, controle e gerência da criação de peixes. O sistema mostrou-se satisfatório para as atividades de geração de gráfico e acompanhamento dos parâmetros de qualidade da água ao longo de um determinado tempo. Os sensores demonstraram valores precisos em comparação com a realidade, salvo alguns casos específicos como explicado na seção de resultados e discussão. Apesar dos pontos positivos, salienta-se a necessidade de mais testes para ter mais consistência sobre a autonomia do protótipo.

O trabalho que aqui se encerra pode servir como base para futuros trabalhos. Como sugestões de melhorias e novos possíveis trabalhos, tem-se:

- Implementação de mais sensores, para mensurar mais variáveis sobre a qualidade da água;
- Implementar o projeto com o uso de um CLP;
- Fazer o controle das variáveis pH e temperatura em malha fechada;
- Fazer a implementação do banco de dados a partir dos conceitos de computação em nuvem;
- Utilização do protocolo MQTT para implementação efetiva do conceito de IoT;
- Melhorias na estrutura física do projeto;
- Implementação de *display* e botões para melhorar a interatividade com o usuário;
- Utilização de alarmes sonoros e avisos por e-mail para notificar alertas;
- Geração de gráficos em tempo real;
- Controle e racionamento de alimentação, conforme o trabalho de Martineli (2017).

REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. **Bancos de dados são mais importantes nas nossas vidas do que a gente imagina**. 2018. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/245120/banco-de-dados-importancia/>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

BARTZ, Rafael Luis. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tanques de piscicultura para auxiliar no manejo de tilápias**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

BECK, João C. P. et al. AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE TANQUE PARA PISCICULTURA. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2006, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

BOTSHOP. **How to use a PH probe and sensor**. Disponível em: <<https://www.botshop.co.za/how-to-use-a-ph-probe-and-sensor/>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRESCIANI, Geovani. **Sistema de monitoramento e automação aplicado à piscicultura**. 2015. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6237>. Acesso em : 25 fev. 2019.

BRITO, Johnny Martins de et al. Automação na tilapicultura: revisão de literatura. **Nutritime**, [s.l], v. 14, n. 03, p.5053-5062, jun. 2017. Bimestral. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_422.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.

ELETROGATE COMPONENTES ELETRÔNICOS. **SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20 A PROVA D'ÁGUA**. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua>>. Acesso em: 16 fev. 2019a.

ELETROGATE COMPONENTES ELETRÔNICOS. **CHAVE BOIA SENSOR PARA NÍVEL DE LÍQUIDOS**. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/chave-boia-sensor-para-nivel-de-liquidos>>. Acesso em: 17 fev. 2019b.

FERREIRA, Gabriel Oliveira; SILVA, Luís Filipe Pereira. Controladores, tratamento de sinais e programação aplicados á piscicultura. In: **SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH_CSBC)**, 45. , 2018, 1/2018. 45º Seminário Integrado de Software e Hardware 2018 (SEMISH 2018). Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, july 2018.

FILIFELOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20 A PROVA D'ÁGUA**. Disponível em: <<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua/>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

GONZÁLEZ, Pablo. **Criação de gráficos em PHP com JpGraph**. 2008. Disponível em: <<http://www.criarweb.com/artigos/criacao-graficos-em-php-com-jpgraph.html>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

GRAÇA, Pedro Cannavale. **Sistema de aquisição de dados utilizando o módulo ESP8266 NodeMCU**. 2017. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/156909>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

GRUPO ÁGUAS CLARAS. **Água, um dos fatores principais na piscicultura**. 2018. Disponível em: <https://www.grupoaguasclaras.com.br/aguas-um-dos-fatores-principais-na-piscicultura>. Acesso em: 07 nov. 2018.

GUIMARÃES, Kevin Manoel; LOHMANN, Daniel. AUTOMAÇÃO DE TANQUES PARA AQUICULTURA. **Revista Ilha Digital**, Florianópolis, v. 06, n. 01, p.34-47, maio 2017. Disponível em: <<http://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/>>. Acesso em: 23 fev. 2019.

KORTH, H.F. e SILBERSCHATZ, A. **Sistemas de Bancos de Dados**, Makron Books, 2a. edição revisada, 1994.

KUBITZA, Fernando. Tilapias: **Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Parte I.** 2000.

KUBITZA, Fernando. **Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte II.** Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 8, n. 46, p.35-41, abr. 1998. Disponível em: http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan46_Kubitza.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

LIMA, J. J. F, SILVA, V. M. L. SOUSA, R. R., COSTA, R. L. S. **Sistema embarcado IOT aplicado ao contexto de crises hídricas.** Conjecturas, 22(6), 443–457. 2022

MALLASEN, Margarete et al. **QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMA DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE NO RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA.** 2012. Disponível em: https://www.pesca.sp.gov.br/38_1_15-30.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

MARTINELLI, Gabriel Moreno. **AUTOMAÇÃO DO FORNECIMENTO DE RAÇÃO E FRACIONAMENTO DA RAÇÃO DIÁRIA PARA TILÁPIAS CRIADAS EM AMBIENTE CONTROLADO COM DIETA BALANCEADA.** 2017. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

MEDEIROS, Francisco das Chagas de; MORAES, Adair José de. **Manual como Iniciar Piscicultura com Espécies Regionais.** Brasília: Sebrae, 2013. 78 p.

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é relé? Como funciona um relé?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>. Acesso em: 18 fev. 2019.

OLIVEIRA, Léo de. **MANUAL DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA AQUICULTURA.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743436/Manual+Qualidade+%C3%81gua+A>. Acesso em: 10 nov. 2018.

OLIVEIRA, R.R. **Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial.** 2017. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2017.

PHP. **O que é o PHP?** Disponível em: http://php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php. Acesso em: 20 fev. 2019.

RAMBO, Wagner. **TERMÔMETRO À PROVA D'ÁGUA | Curso de Arduino #120.** São Sebastião do Caí: Wr Kits, 2017. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xoIHy3Cp9ls&t=308s>. Acesso em: 20 dez. 2018.

SANT'ANNA, Bernardo Guimarães Harduim; CAVALCANTI, Luiz Vinicius da Silva. **Automação residencial com NodeMCU**. 2018. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

SANTOS, Sérgio Torres dos. **REDES DE SENSORES SEM FIO EM MONITORAMENTO E CONTROLE**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SCIDLE. **How to use a pH sensor with Arduino**. 2017. Disponível em: <<https://scidle.com/how-to-use-a-ph-sensor-with-arduino/>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. **Qualidade da água na piscicultura**. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_79.pdf> Acesso em: 3 abr. 2007.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA (SNA) (Rio de Janeiro). **Piscicultura: qualidade e temperatura da água são fundamentais no inverno**. 2016.

SOUZA, Ivo Martins de; OLIVEIRA, Rodolfo Francisco de. **SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA - AQUAMEASURE**. 2017. 1 v. TCC (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Hortolândia, Hortolândia, 2017.

STEFFENS, César Augusto. **SENSORES**. 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Definicao.html>>. Acesso em: 09 fev. 2019.

WIKA. **Chave de nível tipo boia**. Disponível em: <https://www.wika.com.br/products_float_switches_pt_br.WIKA>. Acesso em: 17 fev. 2019.

ZACCHARIAS, R. L.; DA ROCHA, R. V. Automação dos processos de produção e controle para aumento de produtividade e redução de desperdícios na piscicultura. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 2, p. 52-67, jul./dez. 2016. ISSN: 2448-0452.

Recebido em: 05/07/2022

Aprovado em: 08/08/2022

Publicado em: 12/08/2022