

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

JÚLIO DE MESQUITA FILHO

FACULDADE DE CIÊNCIAS

CAMPUS BAURU - SP

**AUTOMAÇÃO DO MONITORAMENTO E CONTROLE REMOTO DA QUALIDADE
DA ÁGUA EM AMBIENTES CONTROLADOS DE PISCICULTURA**

MARCELO BENTO - MATEUS GARCIA

BAURU – SÃO PAULO

DEZEMBRO / 2019

RESUMO

Mudanças radicais na qualidade da água nas fases de incubação, larvicultura e alevinagem podem causar deformações, muitas vezes fatais, dos ovos, larvas e pós larvas, causando perdas na produção de peixes para consumo humano. Estas mudanças são caracterizadas principalmente por flutuações na temperatura da água, alterações nos níveis de pH e queda nos níveis oxigênio dissolvido na água. Objetiva-se que o sistema seja capaz, em fase inicial, de monitorar os principais elementos que influenciam a qualidade da água registrá-los e transmiti-los para um aplicativo web para visualização remota, foi analisado, também, a possibilidade de controlar esses elementos remotamente através da mesma aplicação.

Palavras-chave: Controle. Monitoramento. Reprodução. Web. Piscicultura.

ABSTRACT

Radical changes in water quality during the periods of incubation, larviculture, and raising may cause deformities, often lethal, of eggs, larvae and post larvae, causing losses to production of fish for human consumption. These changes are mainly characterized by fluctuations in water temperature, shifting of pH levels and the drop of dissolved oxygens levels. This system first objective is to enable the monitoring of the source elements of water quality, register and transmit them to a web application for remote visualization. Also, another analysis was made to consider the possibilities of remote controlling these elements through the same application.

Keywords: Control. Monitoring. Reproduction. Web. Pisciculture.

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCII American Standard Code for Information Interchange

OD Oxigênio Dissolvido

NoSQL Not only Structured Query Language

JSON JavaScript Object Notation

NC Normally Closed

HTML HyperText Markup Language

CSS Cascading Style Sheet

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema breadboard do circuito.	11
Figura 2 - Diagrama elétrico do circuito.	13
Figura 3 - Diagrama de atividades da unidade de controle	14
Figura 4 - Diagrama de atividades do webapp	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 SOLUÇÕES EXISTENTES	8
3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA	9
3.1 HARDWARE	9
3.2 SOFTWARE	9
3.3 BANCO DE DADOS	9
3.4 ESQUEMAS	10
4 TECNOLOGIAS	15
4.1 MICROCONTROLADOR	15
4.2 SENSORES E SONDAS	15
4.2.1 TEMPERATURA	15
4.2.2 PH	15
4.3 ATUADORES	16
4.4 BANCO DE DADOS	16
4.5 APLICAÇÃO	16
4.5.1 HTML	16
4.5.2 CSS	18
4.5.3 JAVASCRIPT	18
4.5.4 VUE.JS	18
5 TESTES E VALIDAÇÃO	20
6 CONCLUSÃO	22

1 INTRODUÇÃO

Firetti Garcia e Sales (2007) caracterizaram a redução da qualidade da água como um dos riscos de alta probabilidade e alto impacto na piscicultura, este risco pode ser reduzido através do monitoramento constante das condições da água, monitoramento que pode ser realizado digitalmente através de sensores especializados.

Em seu trabalho Baldisserotto (2009) aponta uma perspectiva de crescimento no setor de criação de espécies exóticas para venda como peixe ornamental, setor que se beneficia da qualidade da água no crescimento dos peixes.

A proposta desta monografia é digitalizar essas condições, registrá-las, exibi-las e controlá-las remotamente em uma aplicação móvel que permita ao produtor um melhor controle sobre o ciclo de vida da sua cultura.

Os problemas a serem discutidos neste documento incluem o tratamento das informações coletadas, a calibragem dos sensores e o armazenamento dos dados.

O sistema desenvolvido teve como foco o desenvolvimento de uma aplicação capaz de auxiliar a reprodução em cativeiro de peixes. O sistema compreende um conjunto de sensores que é responsável pela coleta de dados sobre a temperatura da água e os níveis de pH e o envio a um sistema de banco de dados responsável por armazenar as leituras de forma ordenada assim como uma aplicação web responsável por exibir a última leitura realizada pelos sensores e o registro completo de cada sensor de forma simplificada.

O objetivo é que com este sistema fosse possível reduzir os riscos no período de incubação, larvicultura e alevinagem, onde os peixes são mais sensíveis a mudanças no seu ambiente, necessitando de atenção constante às suas condições, e assim aumentar o número de peixes adultos produzidos sem necessariamente aumentar o tamanho do tanque.

2 SOLUÇÕES EXISTENTES

Neste capítulo será abordada a solução proposta em pequena escala por Beck (2006) que utilizou propostas similares para o tratamento da qualidade de água e alimentação em aquários de 90 litros.

Beck (2006) realizou um projeto similar em pequena escala com as seguintes diferenças: A aplicação de um sensor de turbidez, que não se fez relevante no nosso projeto, a produção de um sensor de temperatura, que não se englobava no escopo do nosso projeto. Não é possível comparar os problemas posteriormente uma vez que o trabalho realizado por BECK (2006) não apresenta apenas o sistema teórico.

Seneye é uma solução comercial proposta pela Seneye LTD (2019), capaz de realizar medições de temperatura, nível da água e luz, podendo fazer leituras de pH e amônia com um equipamento secundário vendido também pela Seneye em aquários e poças ornamentais. O seneye registra as temperaturas e as apresenta também em um webapp mostrando os históricos de suas medições, no entanto este não fornece informações que possibilitem influenciar remotamente no ambiente monitorado.

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema é dividido inicialmente em três módulos: Hardware, software e banco de dados, desenvolvidos da seguinte forma.

3.1 HARDWARE

Neste módulo foi planejado o microcontrolador a ser utilizados, quais sensores e atuadores seriam utilizados e como seriam tratados os dados provenientes destes sensores. Foi tratado também como o microcontrolador se conectará a rede externa e como os dados foram enviados.

O sensor de temperatura foi implementado inicialmente como suporte para os demais sensores e atuadores, seguido pela implementação do sensor de pH e por fim a instalação dos atuadores responsáveis pelo controle do ambiente.

3.2 SOFTWARE

Um WebApp para o qual todas as informações serão enviadas e armazenadas por um período de 24 horas mostrando variações entre as leituras. E será capaz de atuar ativando ou desativando mecanismos como termostato, bomba de oxigênio e alimentados, os quais serão implementados numa segunda fase.

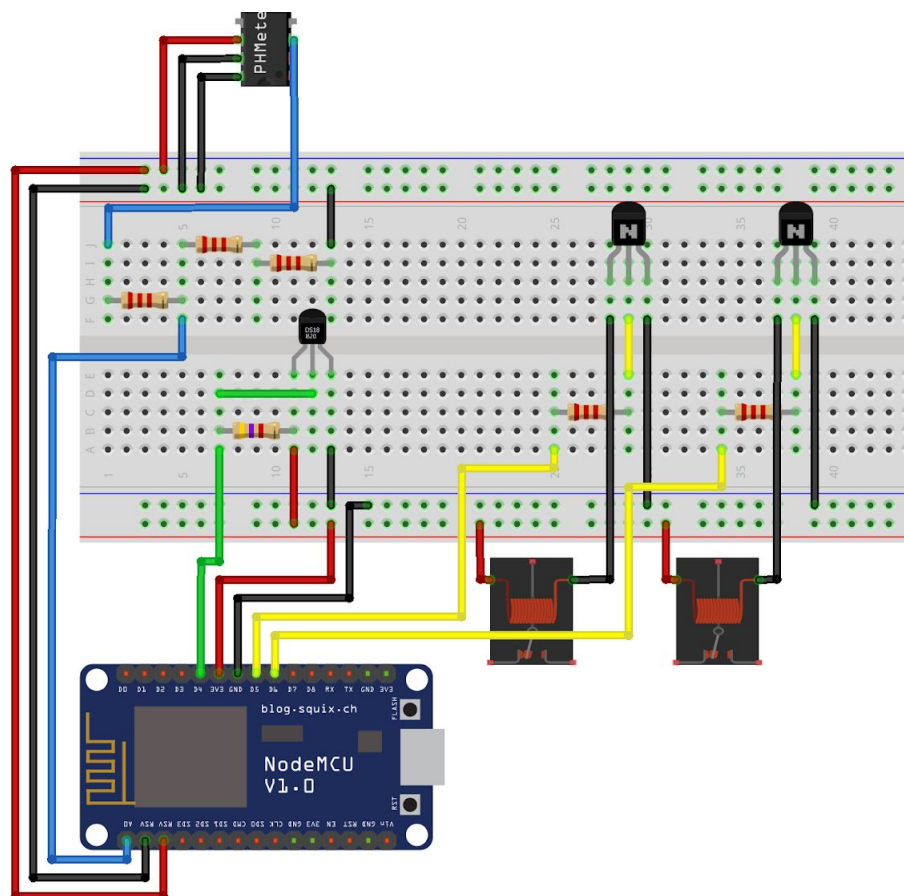
3.3 BANCO DE DADOS

O banco de dados utilizado foi o Google Realtime Database em conjunto com o Google Cloud Firestore. Ambos bancos de dados NoSQL orientados a documentos, utilizando o formato JavaScript Object Notation (JSON) para o armazenamento e busca dos dados não relacional.

3.4 ESQUEMAS

A Figura 1 expõe o esquema de conexões entre a placa de controle NodeMCU (no canto inferior esquerdo), o pHMetro (na parte superior), o sensor de temperatura DS18B20 (na parte central da breadboard), e os dois relês responsáveis pela interface com os aparelhos de aquecimento e aeração dos tanques. Os cabos vermelhos representam os cabos de força, os cabos verdes entradas digitais, os cabos amarelos saídas digitais, os azuis entradas analógicas e por fim os cabos pretos representam o aterramento do dispositivo.

Figura 1 - Esquema breadboard do circuito.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As portas RSV representadas nas imagens são portas de alimentação e aterramento 5V necessárias para o funcionamento do medidor de pH. Devido às restrições do dispositivos houve a necessidade de realizar uma redução do sinal do pHmetro de 5V para 3.3V com o uso de três resistores 2.2k Ω , sendo um conjunto de dois resistores em série paralelos a um terceiro resistor.

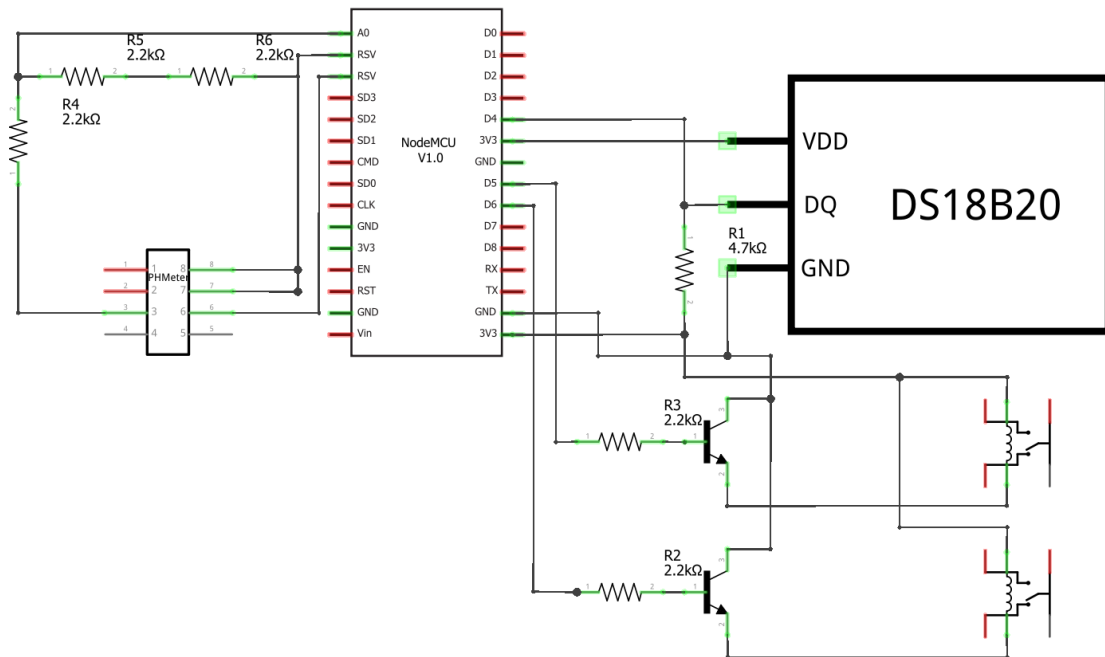
Para a leitura dos dados do sensor DS18B20 utilizou-se um resistor 4.7k Ω entre o cabo de força e de dados para poder realizar as leituras de múltiplos sensores DS18B20 em série.

Para o acionamento do relé foi utilizado um transistor NPN BC547 conectado a linha de aterramento. Uma vez que o sinal digital da placa de controle se provou inconsistente no acionamento do relé, para fazer o acionamento do BC547 foi utilizado um resistor 2.2k Ω seguindo o circuito recomendado pelo fabricante.

Os relés JQC-3F(T73) se conectaram ao sistema de fornecimento externo de eletricidade de 127V, e aos aparelhos de aquecimento e aeração do tanque através das portas NC (Normally Closed) sendo ativadas ao receberem um sinal positivo vindo da placa de controle.

O diagrama da Figura 2 representa o diagrama elétrico do circuito mostrado na Figura 1, para uma melhor visualização das conexões entre a placa de controle, os sensores e os atuadores.

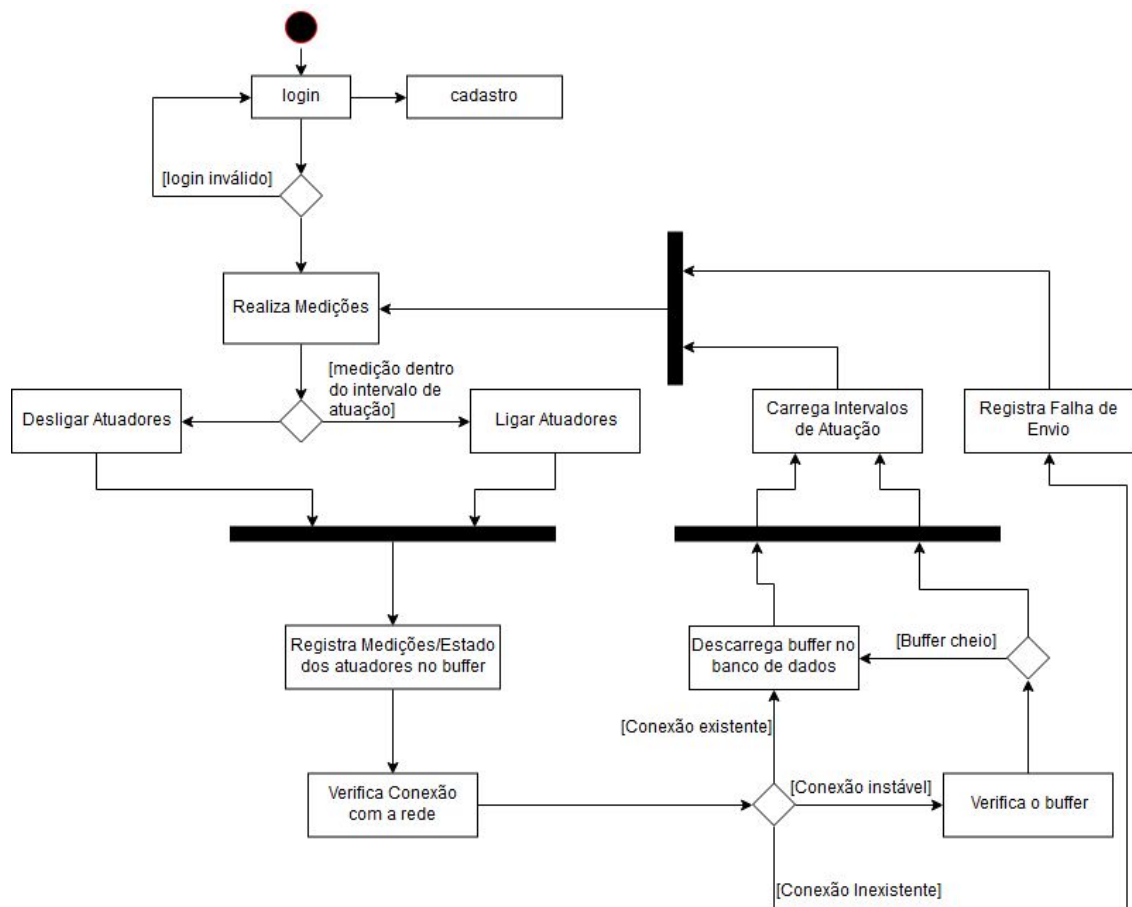
Figura 2 - Diagrama elétrico do circuito.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A unidade de controle capta as informações seguindo o diagramas de atividades demonstrado na Figura 3 realizando as medições sob um tempo pré determinado e as mandando para o banco de dados.

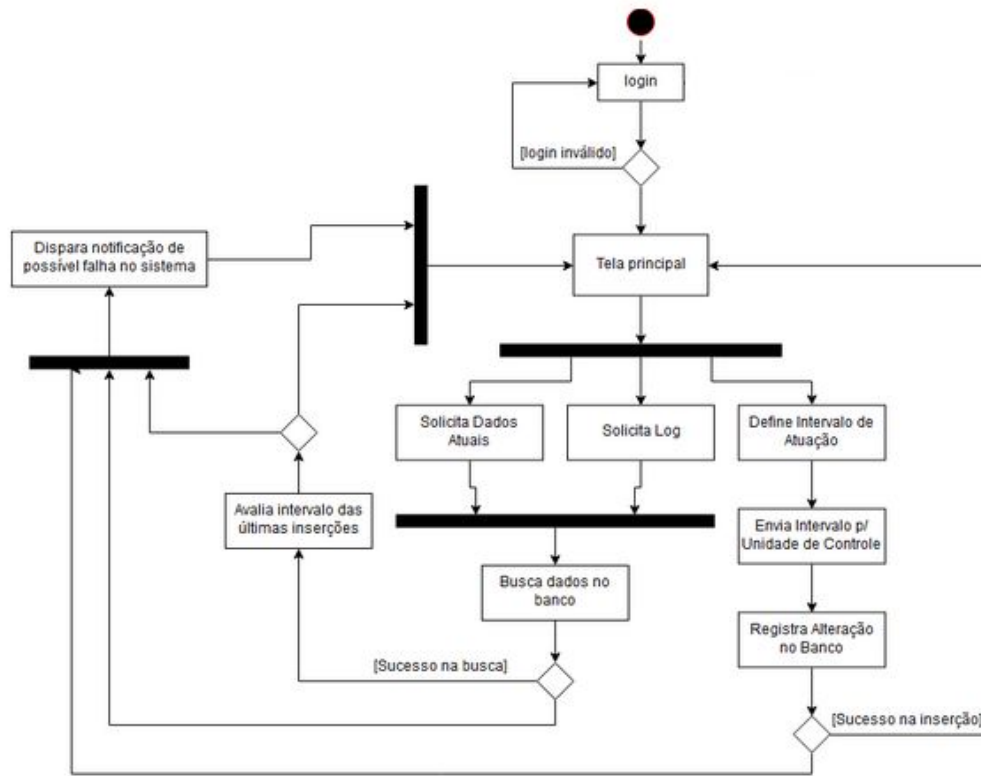
Figura 3 - Diagrama de atividades da unidade de controle



Fonte: Elaborado pelos autores.

O webapp segue um diagrama de atividades similar, demonstrado na Figura 4, requisitando em enviando informações ao banco de dados sem se comunicar diretamente com a placa. O usuário terá três principais opções ao utilizar a aplicação: Conferir a medição mais recente, que será uma checagem da última inserção no banco de dados, gerar um log de todas as medições, todas as medições realizadas no período escolhido serão retornadas do banco de dados e colocadas sobre um gráfico de fácil compreensão e alterar os intervalos de atuação dos dispositivos instalados nos aquários, inserindo um novo intervalo no banco de dados que será recuperado pela unidade de controle.

Figura 4 - Diagrama de atividades do webapp



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 TECNOLOGIAS

As tecnologias escolhidas foram pesquisadas e estudadas com a finalidade de garantir maior facilidade de produção, programação e também devido a uma maior quantidade de material disponível para estudo. Assim como os equipamentos de hardware e sondas, que foram escolhidas também com base na disponibilidade em mercado nacional em caso da necessidade de reposição e acessibilidade de preço.

4.1 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador escolhido foi o NodeMCU da família ESP8266, pois, segundo Veloso et al. (2017) esta placa é uma das mais completas e simples de se utilizar. Todo o processamento e transmissão dos dados proveniente dos sensores será realizado pelo NodeMCU.

4.2 SENSORES E SONDAS

Uma variedade de sondas e sensores serão utilizadas para monitorar e armazenar as informações relevantes para o utilizador da aplicação. Os sensores e sondas utilizados serão capazes de monitorar temperatura e pH.

4.2.1 TEMPERATURA

O sensor de temperatura utilizado foi o DS18B20 que segundo Maxim Integrated Products, Inc (2018), é um termômetro digital que realiza medições em graus celsius, característico pela necessidade de apenas um cabo de dados e precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ entre -10°C e $+85^{\circ}\text{C}$, adaptado para ambientes aquáticos.

4.2.2 PH

A sonda de pH modelo PH-4502C fabricada pela Diymore foi escolhida pela

sua precisão de $\pm 0,5$ pH e baixo tempo de resposta, uma vez que este esteja submerso há pelo menos dois minutos na solução a ser avaliada.

4.3 ATUADORES

Um simples relé JQC-3F(T73) foi escolhido para fazer interface com redes elétricas de até 220V, sendo acionado por uma voltagem de 3V este se adequa a todas as características do sistema.

4.4 BANCO DE DADOS

Ainda que os dados sejam bem estruturados os bancos de dados NoSQL Firestore e Firebase Real Time Database foram escolhidos pelas suas características como bancos de dados orientados a documentos que possibilitam alterações na estrutura do documento sem influenciar documentos já inseridos na base de dados.

4.5 APLICAÇÃO

Um WebApp feito para visualizar e controlar os módulos inseridos no ambiente aquático. Tecnologias utilizadas envolvem JavaScript, HTML, CSS e frameworks correlatos como Vue.js e suas respectivas bibliotecas.

4.5.1 HTML

Silva (2011) define que HTML (HyperText Markup Language) é uma linguagem de marcação utilizada na construção de páginas web. Documentos HTML podem ser interpretados diretamente pelo navegador.

Será utilizado pois HTML se faz necessário na programação de qualquer webapp independente da linguagem de programação utilizada, a estrutura de uma linguagem de marcação é a base para a apresentação de qualquer página web cuja

a finalidade é tornar a visualização mais clara e agradável.

4.5.2 CSS

Cascading Style Sheets (CSS), segundo Silva (2011), é uma linguagem utilizada para definir a apresentação (aparência) de documentos que adotam para o seu desenvolvimento linguagens de marcação (como XML, HTML e XHTML). O CSS define como serão exibidos os elementos contidos no código de um documento e sua maior vantagem é efetuar a separação entre o formato e o conteúdo de um documento.

Assim como HTML, CSS se tornou necessário no desenvolvimento de qualquer webapp.

4.5.3 JAVASCRIPT

A linguagem de programação Javascript é utilizada em sites junto com a linguagem de marcação HTML para tornar a página mais dinâmica, deste modo, o conjunto de tags HTML e Javascript criam condições para renderizar atualizações na tela sem que a página tenha que ser atualizada, de acordo com Silva (2011).

4.5.4 VUE.JS

O Vue.js é uma biblioteca Javascript progressiva que se concentra na criação de componentes web reativos. Vue foi projetado para ser adotado incrementalmente, adicionando-se componentes até se atingir um objetivo final. Sua biblioteca principal tem como foco a camada de visualização, sendo de fácil integração e ajuste, e por se tratar de uma biblioteca e não de um framework, a flexibilidade oferecida vai de encontro aos objetivos deste sistema, uma vez que Vue pode ser usado para pequenos ou grandes projetos. Por outro lado também é perfeitamente capaz de criar aplicações de página única quando usado em conjunto com outras ferramentas.

A escolha da biblioteca Vue.js se deve a facilidade de uso, experiência prévia e sua ótima documentação. Como este sistema foi dividido em fases, a utilização das características de incremento de componentes vai de encontro direto com as

necessidades do sistema.

5 TESTES E VALIDAÇÃO

O sensor de temperatura foi testado em comparação com um termômetro clínico digital em temperaturas entre 2°C e 40°C ambos submersos em ambiente aquático, apresentando uma margem de erro média de 0,25°C entre 100 amostras coletadas, superando as expectativas iniciais quanto a precisão do sensor.

O sensor de pH foi testado e calibrado em comparação com um medidor de pH digital, apresentando medições com até 0.4 de diferença de valores em casos de alta acidez e erro médio de 0.15 ao longo de 20 amostras variando de pH 3 a 11.

Os sensores foram testados durante um período de 72 horas em ambiente controlado de 27°C e pH 7 em solução estável, para avaliar a necessidade de manutenção ou interação com o sistema neste período, não foi constatado nenhum comportamento inesperado neste período.

Os sensores foram testados com a calibragem padrão ao longo de um mês, a fim de testar a necessidade de manutenção de cada sensor. O sensor de temperatura apresentou comportamento estável durante o período como esperado, eliminando a necessidade de realizar quaisquer ajuste neste sensor. O sensor de pH apresentou uma variação de 0.4 ao fim do período, sendo necessário ajustar o desvio através do potenciômetro incluso na placa.

Os relés foram testados utilizando uma placa externa contabilizando quantas conexões fechadas foram registradas. A seguir os relés foram configurados para trocar de estado uma vez a cada segundo durante uma hora. Ao final do teste foi comparado quantas conexões a placa externa registrou com o número esperado de 1800. Foi constatado uma falha de 1,11% nas trocas de estado, uma taxa de erro aceitável para a função. O funcionamento dos relés não apresentou nenhum comportamento anormal após os testes.

A placa selecionada se apresentou incapaz de realizar conexões wireless com redes enterprise como a Eduroam, sendo necessário uma sub rede para fazer conexão com este tipo de rede Wi-Fi.

O módulo de visualização web foi testado em rede local por 72 horas,

juntamente com o hardware utilizado, com a finalidade de exibir qualquer falha por parte dos sensores ou inserção no banco de dados por inconsistência nos números exibidos. Durante o período de teste não ocorreu nenhum comportamento anormal, assim como esperado. O log gerado para acompanhamento do histórico dos valores funciona como esperado, porém se a quantidade de dados em determinado eixo excede um dado número artefatos gráficos desconhecidos surgem durante a apresentação do registro.

Os métodos e campos de entrada de dados foram testados com a inserção de valores acima e abaixo dos intervalos definidos, nenhum comportamento anormal foi observado. Alertas e salvaguardas foram configurados para alertar o usuário caso ele tente utilizar caracteres que possam causar algum tipo de dano ou mal funcionamento ao sistema. Não foram testados caracteres não ASCII nas validações de inserção.

Não foi possível validar a eficácia do sistemas na reprodução e criação de peixes, devido a limitações de tempo e disponibilidade de dito ambiente para testes.

6 CONCLUSÃO

A criação de um sistema capaz de monitorar e controlar remotamente aspectos e mecanismos de um aquário, embora simples, exigiu conhecimento em diversos campos, alguns inclusive fora da abrangência do curso, foi necessários adquirir conhecimentos sobre eletrônica, elétrica, química e biologia. Criar e integrar sistemas capazes de coletar dados em ambientes fora da área de tecnologia trouxe enorme conhecimento técnico e cultural sobre a abrangência e capacidade de atuação de profissionais de TI.

O objetivo do sistema é facilitar e melhorar o controle de tanques no laboratório de genética de peixes da Unesp, possivelmente diminuindo a quantidade de trabalho necessária para realizar checagens e mudanças no sistema, agregando a comodidade do trabalho remoto.

O resultado foi um sistema capaz de monitorar e controlar remotamente a temperatura e pH de um ambiente controlado de piscicultura, capaz de acionar equipamentos para oxigenação e aquecimento dos tanques, registrar e exibir alterações na temperatura e no pH.

O sistema é capaz de se conectar em redes Wi-Fi WEP, WPA e WPA 2, não podendo, por limitações do equipamento, se conectar diretamente com redes enterprise, sendo necessário a instalação de uma sub-rede intermediária nestes cenários.

É proposta a implantação deste sistema em cenário real para validar se sua utilização é benéfica e viável para os interessados, também sugerimos a adição da sonda de oxigênio dissolvido a fim de gerar economia de energia no acionamento dos aeradores nos tanques.

REFERÊNCIAS

BALDISSEROTTO, Bernardo. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. *Ciência rural*, v. 39, n. 1, p. 291-299, 2009.

BECK, João CP et al. Automação e controle de tanque para Piscicultura. *Anais do XXXIV COBENGE*. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.

FIRETTI, Ricardo; GARCIA, Sheila Merlo; SALES, Dalton Skajko. Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura. *Pesquisa e Tecnologia*, v. 4, n. 2, 2007.

MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, INC. Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

SENEYE LTD. Seneye. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.seneye.com>. Acesso em: 20 jun. 2019.

SILVA, EDUARDO NICOLINI SODRE DA. DESENVOLVIMENTO DO FRAMEWORK JAVA-FÁCIL. *In: SILVA, EDUARDO NICOLINI SODRE DA. DESENVOLVIMENTO DO FRAMEWORK JAVA-FÁCIL*. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências da Computação) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA, Assis, 2011. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0911060212.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.