

Desenvolvimento de um protótipo modular para atualização tecnológica de aeradores comerciais aplicados a piscicultura

Marcelo D. S. Malmeto*, Leandro Chies**,
Marcos Virgílio***

Instituto Federal de Santa Catarina, Chapecó, 89813-00 (e-mail:
marcelo.malmeto@gmail.com*, leandro.chies@ifsc.edu.br**, marcos.virgilio@ifsc.edu.br***)

Abstract: In Brazil, fish farming in recent years has developed intensely, having as a virtue the increase in production and the professionalization of the sector. For this, it is necessary to study technological developments to monitor water quality to reduce losses in the sector. The general objective of this work is to build a prototype of a system to monitor water quality and act on commercial aerators in fish farming, aiming to provide fish farmers with information on how the water quality is for the production of fish on their properties. A prototype was developed and validated.

Resumo: No Brasil, a piscicultura nos últimos anos desenvolveu-se de maneira intensa, tendo como virtude o aumento da produção e a profissionalização do setor. Para isso, faz-se necessário o estudo de desenvolvimentos tecnológicos para monitorar a qualidade de água para reduzir as perdas no setor. O objetivo geral deste trabalho é construir um protótipo de um sistema para monitorar a qualidade da água e atuar em aeradores comerciais na piscicultura, visando fornecer aos piscicultores informações de como está a qualidade da água para a produção de pescados em suas propriedades. Um protótipo foi desenvolvido e validado.

Keywords: Fish farming, aerators, technological update, IoT, long range.

Palavras-chaves: Piscicultura, aeradores, atualização tecnológica, IoT, longo alcance.

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade que visa o cultivo de peixes, para uma boa produção é necessário um planejamento adequado, além de um manejo eficaz. No Brasil, a piscicultura nos últimos anos desenvolveu-se de maneira intensa, tendo como virtude o aumento da produção e a profissionalização do setor. O crescimento justifica-se também pela alta demanda interna do país para consumo dos pescados, visto que em 2019 das 579 mil toneladas produzidas, aproximadamente 1% apenas foi destinado para a exportação (Umezú, 2009; Leira et al, 2017; Filho et al, 2020).

Na produção intensiva de diversas variedades de peixes no país, muitas vezes ocorrem perdas consideráveis na produção, por conta do manejo errôneo nos tanques de produção, acarretando em falta de oxigênio na água, elevação da temperatura da água, oxigênio dissolvido em percentual não adequado, o potencial hidrogeniônico (PH) da água em níveis não adequados, além do excesso de matéria orgânica, entre outros fatores. Tendo em vista que no Brasil existe um clima favorável para a produção de pescados, o seu cultivo ainda possui lacunas que se não controladas geram perdas elevadas na produção (Golombieski et al, 2005; Leira et al, 2017).

Em 2008, estima-se que as perdas mundiais na aquicultura em relação às doenças e a qualidade da água, superaram os US\$ 9 bilhões. E desde então desenvolveu-se inúmeras pesquisas e

estudos visando o aperfeiçoamento das boas práticas de produção e manejo sanitário, a fim de reduzir essas perdas (Umezú, 2009). Para auxiliar na redução dessas perdas, existem equipamentos que visam diminuir a temperatura da água e equilibrar os níveis de oxigênio dissolvidos na água. Como exemplo, pode-se citar os aeradores (Pasco e Arana, 2015; Souza et al, 2017).

Tabela 1. Características dos trabalhos relacionados em comparação com o protótipo proposto

	Trabalhos relacionados		Protótipo Proposto
	Monteiro (2020)	Lima (2018)	
Monitora qualidade da água	Sim	Sim	Sim
Armazena dados na nuvem	Sim	Sim	Sim
Comunicação de longo alcance com baixo consumo de energia	Não	Não	Sim
Possibilita o projeto ser multiplataforma	Sim	Não	Sim
Acionamento automático de aeradores comerciais	Não	Não	Sim
Possibilita ser modular	Não	Não	Sim
Foco na piscicultura	Não	Não	Sim

Monteiro (2020) e Lima (2018) desenvolveram protótipos para realizar o monitoramento da qualidade dos parâmetros da água em tempo real. Em ambos os trabalhos a transmissão de dados foi por meio da tecnologia GSM/GPRS que pode alcançar distâncias de até 30km de transmissão de dados por conta de utilizar a frequência e as redes de telefonia celular, porém dificuldades foram encontradas quanto a dependência da área de cobertura das telefonias, e quedas dos sinais, impossibilitando a transmissão de dados por algumas vezes. Na Tabela 1, são listadas as características presentes nos trabalhos relacionados em comparação com o módulo proposto.

Com base nas lacunas destacadas na Tabela 1, as próximas seções deste trabalho têm o objetivo de apresentar a elaboração de um protótipo modular para a atualização tecnológica dos aeradores comerciais. Este trabalho é definido modular devido a possibilidade de adicionar diferentes módulos com sensores para leitura dos parâmetros da qualidade da água, adotando o número de módulos que atendem à demanda de cada piscicultor ou de tanques específicos. Dentre as possibilidades de monitoramento, tem-se: oxigênio dissolvido, temperatura, ph, dureza, transparência, amônia, nitrito e alcalinidade. Sendo que o desenvolvimento do protótipo dividiu-se em duas partes: dispositivo 1 (slave) alocado nos tanques, açudes ou viveiros no qual desenvolve a leitura dos sensores e o chaveamento do relé para acionar o aerador, e o dispositivo 2 (master) que aloca-se em residência para realizar as solicitações ao dispositivo 1 e transmitir os dados ao servidor *web*, vide Fig. 1.

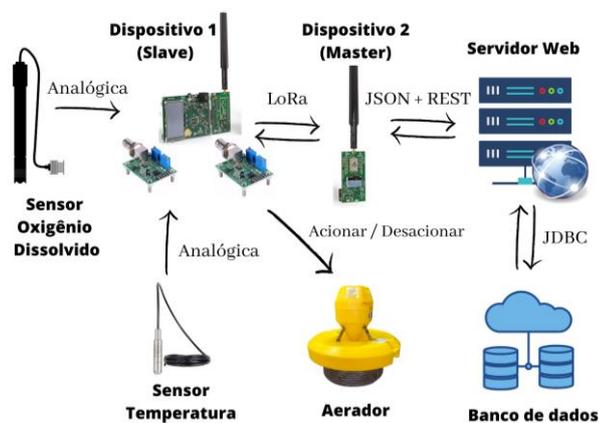


Fig. 1 Interação entre componentes.

2. MÉTODOS

Inicialmente desenvolve-se uma revisão bibliográfica visando selecionar os principais componentes para o projeto, identifica-se as formas de transmissão e recepção de dados, o banco de dados para alocação das informações obtidas, realiza-se a construção dos módulos, e posteriormente valida-se o projeto de pesquisa quanto ao funcionamento do *software* desenvolvido e também dos resultados obtidos dos sensores com ensaios em laboratório.

2.1 Parâmetros físico-químicos

A qualidade da água é um dos itens essenciais a serem verificados diariamente na piscicultura, pois, o habitat dos

peixes está em constante alteração e pode comprometer o crescimento ou a produção em curto espaço de tempo.

Os parâmetros físico-químicos são análises das características presentes na água que possam alterar sua pureza (Sperling, 2014). Sendo que os principais princípios físico-químicos que influenciam a qualidade da água são: oxigênio dissolvido, temperatura, ph, dureza, transparência, amônia, nitrito e alcalinidade. Destes é necessário um controle diário do oxigênio dissolvido, temperatura e ph (Lopes, 2012).

O oxigênio dissolvido é o agente oxidante mais importante em águas naturais, pois, toda a biomassa dos tanques ou viveiros é dependente de valores adequados, para manter o equilíbrio ecológico. A presença de O₂ em grande parte ocorre pela dissolução do ar atmosférico na água, e também devido a ocorrência da fotossíntese de plantas aquáticas durante o dia. Sua concentração acima de 3 mg/l é considerada boa, acima de 5 mg/l é considerada ótima para o crescimento e desenvolvimento e a incidência abaixo de 3 mg/l começa acarretar em estresse aos peixes, gerando atrasos de crescimento das espécies, aumento da incidência de doenças e mortalidade dos peixes (Fiorucci e Filho, 2005; Lopes, 2012; Vieira, 2015).

A temperatura também está diretamente ligada ao crescimento dos peixes, porém cada espécie possui uma zona térmica ótima no qual possibilita seu desenvolvimento ideal. Existem espécies de águas frias, temperadas e tropicais. Para peixes tropicais, sendo estes de maior incidência no Brasil, a zona térmica ideal fica entre 26°C e 30°C (Lopes, 2012; Vieira, 2015).

O potencial hidrogeniônico, mais conhecido como ph, corresponde ao nível de acidez presente na água. O ph igual a 7 é considerado neutro, abaixo de 7 é considerado um meio aquático ácido e acima de 7 é considerado um meio aquático alcalino ou básico. Os limites de tolerância de ph diferem-se de cada espécie de peixes, porém recomenda-se que não esteja abaixo de 5, e o ideal é entre 6 a 8. É relevante citar que variações bruscas podem gerar mortandade em massa, e exposições prolongadas em condições baixas podem afetar o desenvolvimento das espécies (Vieira, 2015; Bonfim et al, 2017).

2.2 Banco de dados

Os bancos de dados são coleções de informações que ficam interligadas de forma estruturada normalmente alocadas em computadores ou servidores *web*. Além de serem responsáveis por armazenar informações, são fáceis de serem gerenciados para modificar, solicitar ou atualizar dados. Vários bancos de dados usam a linguagem de consulta estruturada (SQL) para consultar e enviar dados. Para fazer o gerenciamento dos bancos de dados são necessários *softwares* capazes de desenvolver a manipulação das informações do banco de dados ao usuário (Rezende, 2006; Oracle Brasil, nd).

Neste projeto de pesquisa utilizou-se o MySQL Server Community versão 8 devido ao domínio de hospedagem selecionado, sendo este uma ferramenta de gerenciamento de banco de dados relacionais e contam com um modelo cliente-

servidor, no qual consultam o servidor sempre que necessita-se de informações ou guardar informações (Longen, 2021).

A modelagem de um banco de dados consiste em fazer levantamento da fundamentação teórica, análises, exploração dos dados e tipos de informações (Escola Superior de Redes, 2020). O programa Oracle SQL Developer Data Modeler (Oracle, nd), disponibilizado gratuitamente pela fabricante Oracle, foi utilizado para desenvolver a modelagem relacional do banco de dados deste projeto de pesquisa. O grande objetivo da realização do desenvolvimento de uma modelagem do banco de dados é obter a demonstração de como será a composição da estrutura, com seus atributos, métodos e relações (Escola Superior de Redes, 2020).

A modelagem deste trabalho foi desenvolvida analisando e estudando as principais necessidades a serem atendidas na piscicultura, com objetivo de implementar um modelo no qual englobe todo o processo da piscicultura. Na modelagem desenvolveu-se as classes, seus atributos, tipos de dados e as associações. Para este trabalho foram elaboradas 12 classes, visualizadas na Tabela 2 e seus relacionamentos entre as classes são vistos na Fig. 2.

Tabela 2. Classes da modelagem do banco de dados

Classe	Descrição
Manutenção Módulo	Dados das últimas manutenções realizadas.
Dispositivo	Cadastro dos dispositivos utilizados.
Proprietário	Informações de cadastro do usuário.
Aerador	Informações das especificações dos aeradores.
Fabricante	Informações sobre os fabricantes dos aeradores.
Leitura	Informações obtidas das leituras dos sensores de cada parâmetro da qualidade da água.
Módulo	Informações dos dispositivos utilizados, onde está vinculado, e qual o proprietário.
Tanque	Informações dos tanques e suas capacidades.
Espécies	Informações das espécies cultivadas e suas características.
Módulo/Aerador	Informações da vinculação de qual módulo está acoplado ao aerador.
Tanque/Espécie	Informações da vinculação das espécies de peixes aos tanques.
Aerador/Tanque	Informações da vinculação dos aeradores aos tanques.

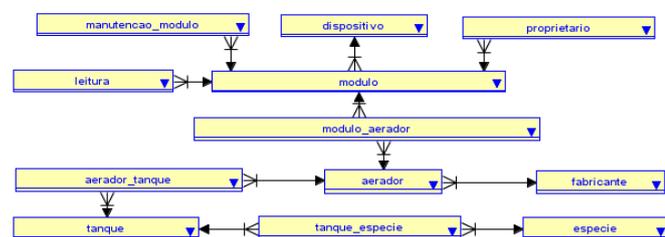


Fig. 2 Relacionamento entre classes.

Também é importante enfatizar que a classe leitura, corresponde a todas as leituras desenvolvidas pelo dispositivo 1, contendo os principais parâmetros da qualidade da água, citados na seção 2.1, e alguns parâmetros previstos para sua alocação em mais de um ponto de altura, devido aos diferentes valores na superfície em comparação ao fundo dos tanques, estas impactando diretamente no cultivo dos peixes. As

variáveis desta classe são: idEnderecomac, dtLeitura, vlo2dissolvido1, vlo2dissolvido2, vlPh1, vlPh2, vlTemperatura1, vlTemperatura2, vlTurbidez1, vlTurbidez2, vlAmonia, vlAlcalinidade, vlDureza, vlNitrito.

A linguagem de programação orientada a objetos Java é baseada em classes nos quais são fornecidos atributos e métodos. Atualmente é utilizada para integração com servidor web (*Web Server*) e aplicativos *mobile* (Java, 2022). A escolha por Java ocorre devido a familiaridade com a programação, suporte para o desenvolvimento, e por suas características de compatibilidade com diferentes *hardwares* e também com relação a segurança. Neste projeto de pesquisa desenvolve-se a programação Java na Eclipse IDE, disponibilizada gratuitamente pela fabricante Eclipse Foundation, no qual conta com ferramentas para compilação e depuração para encontrar falhas (*bugs*), além de rodar um servidor local para fazer a alocação dos dados obtidos no banco de dados no servidor *web*. Para alocar o banco de dados foi utilizado como servidor *web* o Apache Tomcat versão 7, com hospedagem de domínio paga UOL HOST, ou seja, o site fica hospedado em um servidor junto com diversos outros sites de clientes, sendo a principal vantagem o baixo custo de implantação inicial (Vasconcelos, 2021).

O JSON (*JavaScript Object Notation*) é um formato padronizado e leve, que desenvolve a troca de informações entre diferentes linguagens e sistemas. A escolha por JSON ao invés de XML, ocorre devido a sua agilidade na execução e transporte de dados. Além de ser uma estrutura mais simples e arquivos menores comparado ao XML. O formato JSON é adotado neste projeto de pesquisa como padrão para o envio das informações obtidas dos sensores para o banco de dados (Gama, 2011; Noletto, 2020; JSON, nd).

A arquitetura REST (Transferência de estado representacional) consiste em uma API (Interface de programas de aplicações) na qual representa um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos, para que as solicitações em HTTP (Protocolo de transferência de hiper texto) sejam padronizadas. Esta arquitetura foi adotada no projeto de pesquisa por conta de desenvolver a padronização dos métodos GET e POST das requisições HTTP, desenvolvendo rotas claras e entendíveis. Outro fator importante é que as *web services* que utilizam REST são mais leves e ágeis, além de sua flexibilidade em relação aos formatos JSON e XML (Totvs, 2020; Noletto, 2022).

2.3 Sensores

Para o desenvolvimento do módulo 1, neste trabalho são utilizados um sensor de oxigênio dissolvido e um sensor de temperatura. Porém pode-se inserir mais sensores caso desejado. Existem sensores de oxigênio dissolvido baseado no princípio da luminescência e eletroquímica (Ferreira, 2007). Na Tabela 3, verifica-se o sensor RDO Titan da fabricante In-Situ com base na luminescência, o sensor SEN0237 da DFRobot e o sensor EZO da Atlas Scientific com base na eletroquímica, e o comparativo entre eles. Tendo em vista que o trabalho visa o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo, optou-se pela escolha do sensor da fabricante DFRobot por atender a faixa de medição e precisão necessária na aplicação.

Tabela 3. Comparativo de sensores de oxigênio dissolvido

	DFRobot	Atlas S.	RDO Titan
Valores	US\$ 187	US\$ 311	US\$ 2299
Faixa de Medições	0-20 (mg/l)	0-100 (mg/l)	0-20 (mg/l)
Precisão	±0,1 (mg/l)	±0,05 (mg/l)	±0,2 (mg/l)
Troca de Membrana	5 meses	Anual	Não informado
Calibração	Mensal	Mensal	Anual
Troca de solução	Mensal	Mensal	Não requer

O sensor da DFRobot é composto por uma placa de condicionamento de sinal, uma sonda galvânica, uma membrana removível na qual é preenchida por uma solução de NaOH 0,5mol/l. A troca da membrana se faz necessária entre 1 a 2 meses em água muito lamacenta, ou de 4 a 5 meses em água limpa (DFRobot, nd).

O sensor de temperatura colabora com o sensor de oxigênio dissolvido, visto que a saturação do oxigênio dissolvido tem relação direta com a temperatura (DFRobot, nd). Na Tabela 4, observa-se um comparativo dos principais sensores de temperatura comerciais.

Tabela 4. Comparativo de sensores de temperatura

Componente	DS18B20	Pt100	Termopar K
Valores	US\$ 2,50	US\$ 4,95	US\$ 14,00
Faixa de medição	-55°C a 125°C	-20°C a 450°C	-50°C a 1280°C
Precisão	0,5 °C	0,5°C	1%
Prova d'água	Sim	Sim	Sim

O sensor utilizado foi o DS18B20, sendo este o melhor custo benefício e sua faixa de medição e precisão atendem o processo produtivo da piscicultura. É um sensor à prova d'água com saída analógica de 0 a 5V (DFRobot, nd).

2.4 Comunicação de dados

Levantou-se as possibilidades existentes no mercado comercial para a realização da transmissão de dados e suas abrangências, Tabela 5.

Tabela 5. Comparativo de transmissores de dados

Componente	Alcance	Comunicação bidirecional	Valores
GSM SIM800L	(Telefonia Celular)	Sim	US\$ 10,80
LoRa 1276	2km	Sim	US\$ 11,80
HC 12	1km	Sim	US\$ 14,30
HC 05	10m	Sim	US\$ 8,95
NRF24L01	50m	Sim	US\$ 7,25
RF433MHz	200m	Não	US\$ 3,20

Como as áreas de piscicultura são extensas em muitos dos casos, então uma das necessidades é a transmissão de dados em longas distâncias. Os dispositivos que atendem a demanda são os módulos LoRa 1276, GSM SIM800L e HC 12. Com pequenas observações ao GSM que é interligado a 2G

amplamente utilizada por operadoras de telefonia celular, porém com empecilho de ter que estar em uma área de abrangência de telefonia celular para o funcionamento.

A comunicação de dados irá ocorrer por meio do módulo LoRa, com alcance de 2km à 4km (este dependendo de não conter interferências). A LoRa é uma tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance e baixa potência, ela foi desenvolvida pela *Semtech Corporation* e promovida ao redor do mundo pela associação sem fins lucrativos, *LoRa Alliance*, no qual diversas companhias fazem parte e apoiam a expansão com o objetivo de fortalecer o desenvolvimento de aplicações na IoT (Internet das coisas). A tecnologia se apresenta em duas partes: LoRa no qual descreve a camada física, e posteriormente desenvolveram a LoRaWAN no qual baseia-se no LoRa, mas refere-se às camadas superiores, ou seja, adiciona endereçamento, criptografia e camadas adicionais, no qual torna um protocolo mais robusto e complexo. Neste trabalho utilizou-se somente a camada física, utilizando o protocolo P2P (ponto a ponto) LoRa, permitindo que os módulos se comuniquem entre si sem um gateway, obtendo uma flexibilidade maior. Para realizar a transmissão dos dados são utilizadas as bandas de radiofrequência, sendo que na Europa são utilizadas as de 169 MHz, 433 MHz e 868 MHz, e na América do Norte e no Brasil a de 915 MHz (Ortiz et al, 2019; Lopes, 2019; Pedó, 2020).

2.5 Plataforma de prototipagem eletrônica de hardware (PPEH)

Plataformas de prototipagem eletrônica de *hardware* tem objetivos de integrar *hardware* e *software* de maneira simples, que permitem desenvolver seus conhecimentos e aprendizados de eletrônica básica e programação (Oliveira et al, 2020). As demandas necessárias neste projeto de pesquisa são de 12 portas analógicas, devido a possibilidade da utilização de todos os sensores, uma porta digital a fim de chavear um módulo relé para o acionamento dos aeradores e possuir comunicação WiFi para o envio dos dados obtidos para o banco de dados na nuvem. Na Tabela 6 apresenta-se algumas opções de PPEH e algumas de suas especificações técnicas para a escolha do modelo a ser utilizado.

Tabela 6. Comparativo de PPEH

PPEH	Portas Analógicas	Portas Digitais	WiFi
Arduino Nano	8	14	Não
Arduino Mega 2560	16	54	Não
Arduino Leonardo	12	20	Não
Arduino UNO	6	14	Não
ESP 32	18	34	Sim
ESP8266	1	17	Sim
Raspberry Pi4	0	40	Sim

Nota-se na Tabela 6, que o principal problema dos arduinos são a falta de comunicação WiFi, sendo necessário adicionar um módulo WiFi para atender os requisitos, a *raspberry pi 4* não possui portas analógicas e possui um custo elevado, sendo necessário adicionar conversores analógicos para atender os

requisitos, e a ESP8266 conta com apenas uma porta analógica. Portanto, a ESP32 foi a *PPEH* escolhida por atender os requisitos de projeto, e também porque possui a possibilidade de vir com o LoRa integrado, na versão ESP32 Wi-Fi LoRa.

2.6 Programação

Para o desenvolvimento da programação da captura de dados dos sensores, acionamento do módulo relé, transmissão de dados via LoRa, e comunicação Wi-Fi com o banco de dados utilizou-se da IDE Arduino, que consiste em um ambiente de desenvolvimento integrado para desenvolver o código fonte através da linguagem nativa do *software*. É importante salientar que apesar do microcontrolador escolhido ser o ESP32 e não ser da família arduino, ele tem compatibilidade com a IDE arduino. Para compreender como foram desenvolvidas as rotinas dos dispositivos na IDE arduino, é necessário explicar o modelo *Master/Slave*. Basicamente é um modelo de comunicação ou controle, que tem um dispositivo principal (*Master*) e este faz as solicitações aos outros dispositivos (*Slaves*), podendo ter mais de um *slave*, no qual retornam as informações solicitadas pelo *master*.

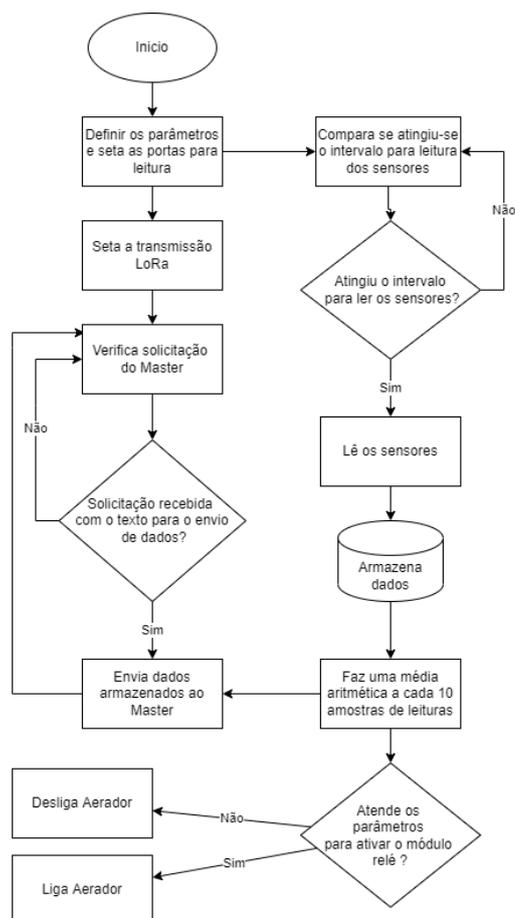


Fig. 3 - Diagrama de blocos dispositivo 1 (slave).

A partir do conceito apresentado, são exibidos dois diagramas de blocos com as rotinas principais e fluxo das informações. Sendo um do *slave* o dispositivo acoplado ao aerador, Fig. 3, e outro do *master* o dispositivo residencial, Fig. 4.

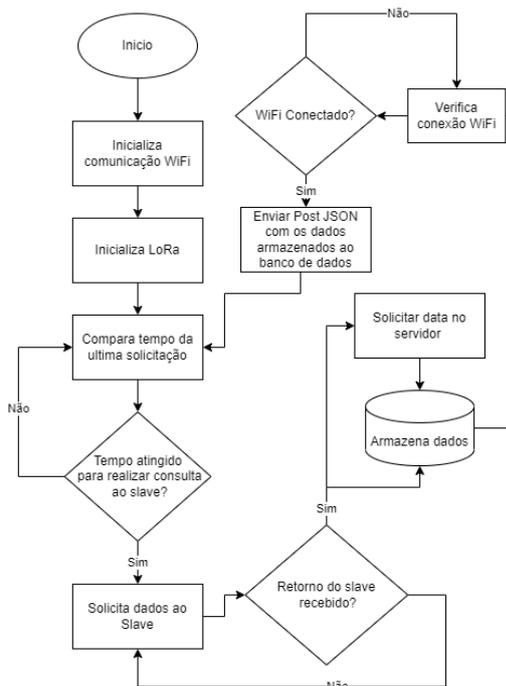


Fig. 4 - Diagrama de blocos dispositivo 2 (master).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o desenvolvimento dos dispositivos finalizados, iniciaram-se as validações com o objetivo de compreender e verificar a confiabilidade das leituras obtidas pelos dispositivos desenvolvidos. O experimento foi desenvolvido no laboratório de Química do IFSC - Câmpus Chapecó, a obtenção da leitura foi realizada pelo sensor de temperatura DS18B20 do módulo e comparada com termômetro de mercúrio, disponibilizado pela instituição. Salienta-se que o termômetro utilizado para comparação possui uma faixa de medição de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, e que sua resolução é de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Foram desenvolvidos dois tipos de validações, uma para testar faixas de valores e outra para testar a estabilidade da leitura. Para a validação de faixa de valores dos parâmetros físico-químicos utilizou-se uma amostra e inseriu-se o sensor de temperatura e o termômetro ao mesmo instante, e foram criadas três diferentes situações de temperatura para as leituras, sendo necessário aguardar o tempo de estabilização das leituras, vide Tabela 7.

Tabela 7. Dados obtidos através da medição de temperatura

Componente	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
DS18B20	26,37 °C	23,69 °C	35,69 °C
Termômetro	26 °C	24 °C	36 °C
Diferença Percentual	+1,42%	-1,29%	-1,29%

Apesar da resolução do termômetro não permitir desenvolver uma comparação mais efetiva com o sensor de temperatura, a diferença percentual dos resultados obtidos não foi maior do que 1,42%. A estabilidade das medições foi realizada através de leituras com o intervalo de 5 minutos, e os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 8, nota-se a estabilidade da leitura do sensor DS18B20.

Tabela 8. Dados de temperatura obtidos em amostra de curta duração

ID	HH:mm	DS18B20 (°C)	Termômetro (°C)
1	15:30	26,44	26
2	15:35	26,37	26
3	15:40	26,37	26
4	15:45	26,31	26
5	15:50	26,31	26
6	15:55	26,25	26
7	16:00	26,25	26
8	16:05	26,29	26
Desvio Padrão		0,061	0

Para validar as leituras desenvolvidas através do sensor de oxigênio dissolvido, realizou-se um comparativo no laboratório de piscicultura da EPAGRI (Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina). A obtenção das leituras foi desenvolvida pelo sensor SEN0237 da fabricante DFRobot e o oxímetro microprocessado AT-150 da fabricante ALFAKIT, sendo este equipamento capaz de medir o oxigênio dissolvido, a saturação e a temperatura. A faixa de medição do oxigênio dissolvido é de 0 a 20 mg/l. Para a validação das faixas de valores foram realizadas três situações diferentes, conforme Tabela 9 e a validação da estabilidade foi realizada em períodos com intervalo de 5 minutos de coleta de dados, conforme a Tabela 10.

Tabela 9. Dados obtidos através da medição de OD

Componente	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3
SEN0237	5,87	4,90	3,31
AT-150	6,50	4,36	4,28
Diferença percentual	-9,69%	+12,38%	-22,66%

Ao analisar a Tabela 9, nota-se uma diferença na coleta de leituras expressiva, sendo que em determinados momentos ultrapassa o valor de 1 mg/l. A Tabela 10 confirma as informações, e demonstra uma instabilidade nas leituras. Com base nos dados obtidos é possível determinar que o sensor de oxigênio dissolvido SEN 0237 da DFRobot gera dúvidas entre os dados informados no *datasheet* em relação a validação, sendo necessário uma investigação mais aprofundada do sistema de medição de oxigênio dissolvido.

Tabela 10. Dados de OD obtidos em amostra de curta duração

ID	HH:mm	SEN0237 (mg/l)	AT-150 (mg/l)
1	09:30	3,31	4,28
2	09:35	3,12	4,18
3	09:40	3,15	4,15
4	09:45	2,98	4,08
5	09:50	2,85	4,05
6	09:55	2,93	4,02
7	10:00	3,45	4,02
8	10:05	3,54	4,02
9	10:10	3,87	4,12
Desvio Padrão		0,30	0,08

A partir das classes modeladas na seção 2.3 e os parâmetros mensurados no dispositivo 1, para a validação do *software*, realizou-se o teste de *software* denominado: teste da caixa preta, o qual consiste em acompanhar se todas as funcionalidades estão operando corretamente, ou seja, é baseado no comportamento funcional do sistema, não levando em consideração o comportamento interno do sistema, mas

sim com a saída gerada após a entrada de dados específicos. Caso a saída não seja a desejada, o erro é constatado. Este teste de *software* é aplicado neste trabalho visando encontrar possíveis erros na obtenção dos dados, na transmissão dos dados ou na alocação das informações no banco de dados (Bacalá, 2016; Agência de tecnologia da informação e comunicação da USP, 2022).

A primeira etapa consiste na coleta de dados do dispositivo *slave* e envio para o dispositivo *master*. Para verificar-se o resultado obtido pelo *master*, utiliza-se a IDE Arduino com o uso da ferramenta *Serial Monitor*, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 11, sendo que estes dados apresentados são as variáveis da classe leitura apresentada na seção 2.2 no qual disserta sobre a modelagem do banco de dados.

Tabela 11. Dados extraídos da IDE arduino

Variável	Leitura
idenderecomac	7C:9E:BD:5B:01:3C
dtleitura	2022-02-14 07:42:24
vldissolvido1	19.02
vldissolvido2	2
vlph1	3
vlph2	4
vltemperatura1	24.31
vltemperatura2	6
vturbidez1	7
vturbidez2	8
vlamonia	9
vlalcalinidade	10
vldureza	11
vlnitrito	12

A ferramenta *Console* do Eclipse IDE é utilizada para verificar se o dispositivo *master* envia a informação idêntica à recebida. Na Fig. 5, visualiza-se que as informações são transmitidas corretamente, e no formato JSON a fim de que o banco de dados aloque os dados.

```
REST /cad start - jsonText =
{"idEnderecoMac": "7C:9E:BD:5B:01:3C",
dtLeitura": "2022-02-14
07:42:24", "vlo2dissolvido1": "19.02", "v
lo2dissolvido2": "2.00", "vlph1": "3.00",
"vlph2": "4.00", "vltemperatura1": "24.31
", "vltemperatura2": "6.00", "vturbidez1
": "7.00", "vturbidez2": "8.00", "vlamoni
a": "9.00", "vlalcalinidade": "10.00", "vl
dureza": "11.00", "vlnitrito": "12.00"}
JDBC Driver Ok
```

Fig. 5 – Dados extraídos no Eclipse IDE.

Todos os dados foram alocados corretamente na estrutura do banco de dados na nuvem, Na Fig. 6 são apresentados os seis primeiros dados. Logo não foram encontrados erros na estrutura do *software*, e as saídas geradas são as esperadas.

idenderecomac	dtleitura	vlo2dissolvido1	vlo2dissolvido2	vlph1	vlph2	vltemperatura1
7C:9E:BD:5B:01:3C	2022-02-07 12:37:16	5.16	2.00	3.00	4.00	22.87
7C:9E:BD:5B:01:3C	2022-02-07 12:38:16	5.61	2.00	3.00	4.00	22.87
7C:9E:BD:5B:01:3C	2022-02-14 09:42:24	19.02	2.00	3.00	4.00	24.31

Fig. 6 - Dados extraídos no banco de dados.

Posteriormente com a finalidade de demonstrar a consistência dos resultados obtidos e da continuidade do armazenamento

correto em um período de curta duração, utilizou-se uma validação com intervalo de 1 minuto, com duração de 9 minutos de coleta, totalizando 9 amostras. Os dados obtidos foram extraídos do banco de dados e são apresentados apenas os valores da data, oxigênio dissolvido e temperatura, nas Tabela 12.

Tabela 12. Resultados validação dia 7 de fevereiro

Horário	vlodissolvido1	vltemperatura1
10:30:16	4,67	22,69
10:31:16	4,72	22,75
10:32:16	4,89	22,75
10:33:16	4,67	22,81
10:34:16	4,95	22,81
10:35:16	5,00	22,81
10:36:16	5,27	22,87
10:37:16	5,16	22,87
10:38:16	5,61	22,87

Para os acionamentos dos aeradores em cada tanque é necessário a customização das condições, devido às espécies de peixes presentes no tanque, as maneiras de renovação da água, entre outros fatores. Na validação realizada do acionamento do aerador, colocou-se uma situação simulada para acionamento do aerador com temperatura acima de 30° C ou abaixo de 26 °C, ou com oxigênio dissolvido abaixo de 3 mg/l. Essa simulação é feita com base nos parâmetros gerais apresentados na seção 2.1.

Não foi possível desenvolver testes do protótipo em campo, ou seja, em alguma propriedade piscicultora. No entanto elaborou-se o acionamento de uma lâmpada para simular o acionamento de um aerador quando algum dos parâmetros de simulação citado anteriormente foram atingidos. Os resultados obtidos podem ser observados na Fig. 7, onde permitem visualizar a representação do aerador acionado quando o relé está em 1, e desacionado quando está em 0.

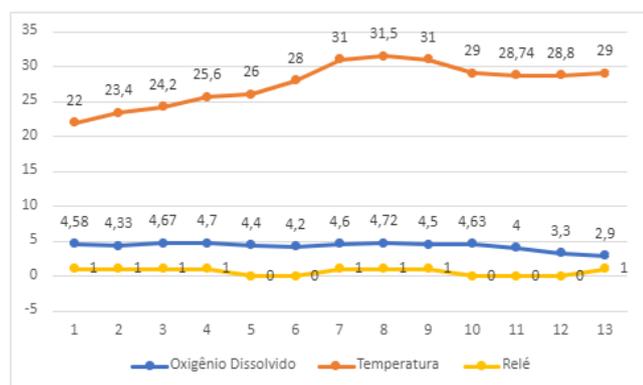


Fig. 7 - Gráfico simulação do chaveamento do relé para acionar o aerador.

Para obter o alcance da comunicação LoRa entre os dispositivos *slave* e *master*, realizou-se alguns testes com o protocolo LoRa ponto a ponto com antenas na frequência de 915MHz de pequeno porte, representado na Fig. 8. Nota-se que na medida que os dispositivos foram distanciados gradativamente num cenário urbano com alta densidade de casas, a intensidade do sinal foi sendo reduzida. E obteve-se a distância de até 200m de transmissão de dados, e entre 200m e 250m ocorreram algumas perdas de dados, e acima de 250 não ocorreu transmissão de dados. A importância desta

distância de transmissão é devido a necessidade de atender a transmissão de dados em pequenas e médias propriedades piscicultoras, para grandes propriedades se faz necessário ajustes para conseguir um alcance maior na transmissão de dados.

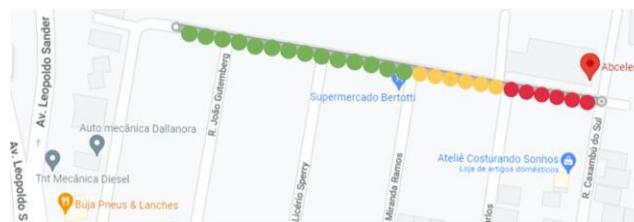


Fig. 8 - Ilustração do teste de alcance da comunicação LoRa.

4. CONCLUSÕES

Este projeto de pesquisa consistiu na construção de um módulo capaz de realizar medições de oxigênio dissolvido e temperatura, com potencial de desenvolvimento de outras medições de parâmetros importantes da qualidade da água, necessitando apenas o desenvolvimento dos respectivos módulos. O desenvolvimento deste sistema permite fazer leituras e acompanhamentos dos parâmetros da qualidade da água, além do acionamento automático dos aeradores. Os valores obtidos através das leituras, necessitam passar por uma nova validação, principalmente em relação ao sensor de oxigênio dissolvido no qual apresentou grande diferença em relação aos dados informados pelo fabricante.

A programação desenvolvida para coletar os dados dos sensores e acionamento do módulo relé não apresentou falhas na execução das rotinas, juntamente com a transmissão de dados, todos os dados coletados foram alocados no banco de dados quando solicitados. A gravação no banco de dados ocorreu sem falhas, uma vez que a internet utilizada durante o período de transmissão de dados estava estável. Portanto, a implementação de módulos acoplados em aeradores comerciais é uma opção atrativa para a implementação e desenvolvimento devido a versatilidade e ao monitoramento constante dos parâmetros produtivos.

Como sugestões de trabalhos futuros, cita-se: o desenvolvimento de aplicativos *mobiles*, trazendo comodidade para o piscicultor e o acompanhamento da coleta de dados de maneira mais visual.

REFERÊNCIAS

- Agência de Tecnologia da Informação e Comunicação - UFPR. (2022). Técnicas de testes. Universidade Federal do Paraná. Acessado em 22 de fevereiro de 2022, de https://www.agtic.ufpr.br/pds-ufpr/ProcessoDemoisellePlugin/guidances/supportingmaterials/tecnicasTestes_8AB32ED1.html.
- Bacalá, S. (2016). Teste de software. FACOM. Acessado em 22 de fevereiro de 2022, de <http://www.facom.ufu.br/~bacala/ES/Teste%20de%20Software.pdf>.
- Bonfim, B. H., et al. (2017). Piscicultura: fundamentos da produção de peixes. SENAR. <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/195-PISCICULTURA.pdf>.

- DFRobot. (nd). Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor. Acessado em 1 de setembro de 2021, de https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237#target_4.
- DFRobot. (nd). Gravity : Waterproof DS18B20 Sensor Kit. Acessado em 1 de setembro de 2021, de <https://www.dfrobot.com/product-1354.html>.
- Escola Superior de Redes. (2020). O que é a modelagem de banco de dados e quais os seus principais conceitos. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://esr.rnp.br/governanca-de-ti/o-que-e-a-modelagem-de-banco-de-dados-e-quais-os-seus-principais-conceitos/>.
- Ferreira, M. A. C. (2007). Desenvolvimento de sensores de oxigênio dissolvido utilizando métodos eletroquímicos e ópticos para monitoramento em tempo real da qualidade da água. Universidade de São Paulo. doi: 10.11606/T.3.2007.tde-08012008-161104.
- Filho, M. X. P., Flores, R. M. V., and Rocha, H. S. (2020). O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados, p. 40.
- Fiorucci, A. R., and Filho, E. B. (2005). A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química nova na escola, 22^o ed. p. 10.
- Gama, A. (2011). O que é json: do básico ao avançado. DevMedia. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.devmedia.com.br/o-que-e-json/23166>.
- Golombieski, J. I., Marchezan, E., Monti M. B., Storck L., Camargo E. R., and dos Santos F. M. (2005). Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. *Ciênc. Rural*, vol. 35, n^o 6, p. 1263–1268, doi: 10.1590/S0103-84782005000600006.
- Java (2022). Obtenha informações sobre a tecnologia Java. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.java.com/pt-BR/about/>.
- JSON. (nd). Introdução json. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.json.org/json-en.html>.
- Leira, M. H., *et al.* (2017). Problemas sanitários das pisciculturas brasileiras. *Pubvet*, vol. 11, n^o 6, p. 538–544, doi: 10.22256/pubvet.v6n11.538-544.
- Lima, E. L. (2018). Módulo de sensores para monitoramento da qualidade da água com transmissão sem fio utilizando plataforma de prototipagem. Universidade Estadual de Feira de Santana. <http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/863/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Ellen%20Lima%20de%20Lima.pdf>.
- Longen, A. S. (2021). O que é mysql? Guia para iniciantes. Hostinger. <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-mysql>.
- Lopes, J. C. O. (2012). Técnico em agropecuária: piscicultura. EDUFPI, 80p.
- Lopes, A. I. (2019). Estudo de área de cobertura de dispositivo LORA para ambientes de Smart Campus. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/43652/1/TCC_Ficha.pdf.
- Monteiro L. N. (2020). Sistema de monitoramento da qualidade da água. Repositório Institucional da UNESP. https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/202370/monteiro_ln_me_sjbv.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Noletto, C. (2020). Json: O que é, qual sua importância e por que usar?. Blog da Trybe, Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://blog.betrybe.com/tecnologia/json/>.
- Noletto, C. (2022). Api rest: O que é e como montar uma api sem complicação?. Blog da Trybe, Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://blog.betrybe.com/desenvolvimento-web/api-rest-tudo-sobre/>.
- Oliveira, M. E., Zuccherelli, M. F. L., Libera, G.P.D., Oliveira, R. L. Z., and Tech, A. R. B. (2020). Introdução à robótica educacional com Arduino. Universidade de São Paulo. doi:10.11606/9786587023052
- Oracle (nd). SQL developer Data Modeler. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.oracle.com/africa/database/technologies/appdev/datamodeler.html>.
- Oracle Brasil (nd). O que é um Banco de Dados. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.oracle.com/br/database/what-is-database/>.
- Ortiz, F. M., Almeida, T. T., Ferreira, A. E., and Costa, L. H. M. K. (2019). Caracterização de desempenho de uma rede Lora em ambientes urbanos: simulação vs prática. Universidade Federal do Rio de Janeiro. <https://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/OAF19.pdf>.
- Pasco, J. J. M., and Arana, L. A. V. (2015). Aeração em cultivos superintensivos de tilápias *Oreochromis niloticus*, em bioflocos e com troca mínima de água.
- Pedó, A. (2020). Sistema de monitoramento LoRa aplicado em um aviário do tipo dark house. Universidade do vale do Taquari. <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/3056/1/2020AlvinPedo.pdf>.
- Rezende, R. (2006). Banco de Dados: Conceitos Fundamentais. DevMedia. <https://www.devmedia.com.br/conceitos-fundamentais-de-banco-de-dados/1649>.
- Souza E. da S., Pontuschka R. B., e Sousa R. G. C. (2017). Viabilidade econômica do uso de aerador para o cultivo semi-intensivo de Tambaqui em tanques escavados. *DESAFIOS - Rev. Interdiscip. Universidade Fed. Tocantins*, vol. 4, n^o 1, Art. n^o 1, doi: 10.20873/ufc.2359-3652.2017v4n1p50.
- Sperling, M. V. (2014). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. UFMG, 4^o ed. p. 470.
- Totvs. (2020). Arquitetura rest: Saiba o que é e seus diferenciais. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.totvs.com/blog/developers/rest/>.
- Umezú, D. (2009). Manejo na produção de peixes, p. 9.
- Vasconcelos, L. A. (2021). O que é um servidor web e como funciona. Blog Hostgator. Acessado em 14 de fevereiro de 2022, de <https://www.hostgator.com.br/blog/o-que-e-um-servidor-web-e-como-funciona/>.
- Vieira, H. B. (2015). Iniciando a criação de peixes. Emater-DF. https://emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/na_pratica_criacao_peixes.pdf.