



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ  
IFCE CAMPUS ARACATI  
COORDENADORIA DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Rômulo Henrique Silva Cavalcante**

**SisAqui - Sistema IoT Baseado em LoRa para Rastreabilidade de  
Pescados na Aquicultura**

**ARACATI-CE  
2020**

Rômulo Henrique Silva Cavalcante

SISAQUI - SISTEMA IOT BASEADO EM LORA PARA RASTREABILIDADE DE PESCADOS  
NA AQUICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE - Campus Aracati, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Bezerra Braga

Coorientador: Prof Msc. Alexandre Lima Damasceno

Aracati-CE  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Instituto Federal do Ceará - IFCE

Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C376s Cavalcante, Rômulo Henrique Silva.

SisAqui - Sistema IoT Baseado em LoRa para Rastreabilidade de Pescados na Aquicultura / Rômulo Henrique Silva Cavalcante. - 2020.

48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal do Ceará, Bacharelado em Ciência da Computação, Campus Aracati, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Bezerra Braga.

Coorientação: Prof. Me. Alexandro Lima Damasceno.

1. Internet das Coisas. 2. LoRa. 3. Aquicultura. 4. Rastreabilidade. I. Título.

---

Rômulo Henrique Silva Cavalcante

SISAQUI - SISTEMA IOT BASEADO EM LORA PARA RASTREABILIDADE DE PESCADOS  
NA AQUICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado ao curso de Bacharelado em  
Ciência da Computação do Instituto Federal  
de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Ceará - IFCE - Campus Aracati, como re-  
quisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 27/05/2020

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Reinaldo Brezerra Braga (Orientador)  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

---

Prof. Msc. Alexandro Lima Damasceno (Coorientador)  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

---

Profa. Dra. Carina Teixeira de Oliveira  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

---

Prof. Msc. Silas Santiago Lopes Pereira  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Francisco José Cavalcante e Francilene Moura Silva Cavalcante.

Aos meus professores.

À comunidade científica.

## **AGRADECIMENTOS**

A toda minha família, principalmente a minha mãe, que me incentivou, deu apoio e contribuiu de todas as formas possíveis, pois sem ela, nada disso teria sido possível.

Ao Reinaldo, meu orientador. Me proporcionou grandes oportunidades desde o começo do curso com projetos, até antes mesmo de começar a estudar em Aracati, ele foi um dos responsáveis por eu ter tomado essa decisão de sair de casa para estudar. Seu pensamento vai além de si mesmo, sempre preocupado com o laboratório, buscando cada vez mais bolsas para os alunos.

Ao Alexandro, meu coorientador. Apesar de sua recente chegada ao *campus*, já entrou fazendo parte de projetos, me orientando e ajudando sempre que possíveis, até mesmo nos meus desesperos e estresses.

À Carina, que também foi uma das pessoas responsáveis pela minha decisão de ir para Aracati cursar Ciência da Computação. Me apoiou desde o meu curso técnico em Morada Nova e me levou para apresentar um projeto para suas turmas, despertando assim, cada vez mais meu interesse pelo curso e pela instituição.

Ao Thiago, que foi meu primeiro professor da área de informática, em 2013. Ele foi quem me mostrou o caminho para chegar até aqui. Me apresentou ao Reinaldo e à Carina, sendo o principal responsável por essa trajetória de sete anos.

À minha namorada Ingrid. Que me deu forças, me apoiando bastante nesta reta final de curso.

Aos amigos e colegas que tive o privilégio de conhecer no curso, em especial o Leonardo, Ruan, Vinícius e Igor. Unidos do primeiro semestre ao último, sempre se ajudando nas disciplinas, principalmente nas mais complicadas.

Ao excepcionais professores que fizeram parte desta trajetória.

À banca avaliadora, que se dispôs a prestigiar este trabalho, é uma grande honra.

## RESUMO

A confiança do consumidor é facilmente afetada, principalmente no ocasionamento de escândalos em toda a mídia sobre a qualidade dos alimentos que são comercializados. A pouca transparência, assim como a falta de informação, deixam os consumidores desconfiados em relação à procedência destes alimentos. A aquicultura é o ramo que estuda o cultivo de organismos aquáticos, monitorando e controlando os parâmetros físicos, químicos e zootécnicos desses organismos e ambiente onde vivem. No Brasil, a aquicultura tem se destacado na economia, movimentando quase cinco bilhões de reais em 2018. Apesar de ser uma área explorada há muito tempo, muitos produtores ainda utilizam técnicas de monitoramento arcaicas, ineficientes e pouco precisas, como a medição das condições da água, realizada manualmente e em tempos aleatórios, podendo ocasionar perdas na produção e aumento no custo com recursos humanos. Portanto, este trabalho apresenta um Sistema IoT Baseado em LoRa para Rastreabilidade de Pescados na Aquicultura (SisAqui). O SisAqui fornece um sistema de monitoramento automático das condições da água do viveiro (criadouro) com aplicativo móvel e sistema *web*, capaz de otimizar as etapas de produção e auxiliar na tomada de decisão do gestor. O trabalho resultou em dois Sistemas Gestores, um *web* e outro móvel, no qual possuem um *dashboard* para acompanhamento em tempo real dos parâmetros de qualidade da água.

**Palavras-chaves:** Internet das Coisas (IoT). LoRa. Aquicultura.

## ABSTRACT

Consumer confidence is easily affected, especially in the context of scandals across the media about the quality of the foods that are marketed. The lack of transparency, as well as the lack of information, make consumers suspicious about the origin of these foods. Aquaculture is the branch that studies the cultivation of aquatic organisms, monitoring and controlling the physical, chemical and zootechnical parameters of these organisms and the environment in which they live. In Brazil, aquaculture has stood out in the economy, moving almost five billion reais in 2018. Despite being an area that has been explored for a long time, many producers still use archaic, inefficient and inaccurate monitoring techniques, such as measuring the conditions of water, carried out manually and at random times, which may cause losses in production and increase in the cost of human resources. Therefore, this work presents a LoRa-Based IoT System for Traceability of Fish in Aquaculture (SisAqui). SisAqui provides an automatic monitoring system for water conditions in the nursery (breeding site) with a mobile application and a *web* system, capable of optimizing production steps and assisting manager decision making. The work resulted in two Management Systems, one web and the other mobile, in which they have a dashboard for real-time monitoring of water quality parameters.

**Keywords:** *Internet of Things*. LoRa. Aquaculture.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cidades inteligentes . . . . .	19
Figura 2 – Comparativo do alcance e largura de banda entre tipos de redes . .	20
Figura 3 – Arquitetura da Rede LoRaWAN . . . . .	22
Figura 4 – <i>Datasheet Heltec WiFi LoRa 32</i> . . . . .	23
Figura 5 – Arquitetura do Protocolo MQTT . . . . .	23
Figura 6 – Arquitetura proposta por Encinas . . . . .	25
Figura 7 – Aplicativo móvel . . . . .	26
Figura 8 – Arquitetura apresentada . . . . .	27
Figura 9 – Aplicativo móvel . . . . .	28
Figura 10 – Equipamento de monitoramento . . . . .	29
Figura 11 – Comparação dos trabalhos . . . . .	30
Figura 12 – Arquitetura . . . . .	31
Figura 13 – Esquema de prototipação . . . . .	34
Figura 14 – Camada de Comunicação . . . . .	35
Figura 15 – Esquema da API . . . . .	36
Figura 16 – Requisição à API . . . . .	37
Figura 17 – <i>Dashboard</i> . . . . .	41
Figura 18 – <i>Tela de viveiros</i> . . . . .	41
Figura 19 – <i>Tela de alimentação</i> . . . . .	42
Figura 20 – <i>Tela de lotes</i> . . . . .	43
Figura 21 – Aplicativo móvel . . . . .	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação de tecnologias LPWAN . . . . .	21
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
PF	Polícia Federal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
UE	União Europeia
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial de Hidrogênio
LPWAN	<i>Low Power Wide Area Network</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
PHY	<i>Physical Layer</i>
ISM	<i>Industrial Scientific and Medical</i>
LoRa	<i>Long Range</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Contextualização	13
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	Organização do Trabalho	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
2.1	IoT	18
2.2	LoRa e LoRaWAN	18
2.3	LoRa e ESP32	21
2.4	MQTT	22
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>25</b>
3.1	Soluções de IoT para Aquicultura	25
3.2	Comparação entre os Trabalhos	29
<b>4</b>	<b>PROPOSTA</b>	<b>31</b>
4.1	Camada de Sensoriamento	32
4.2	Camada de Comunicação	34
4.3	Camada de Serviços	36
4.4	Camada de Gestão	38
4.4.1	Aplicativo Móvel	38
4.4.2	Sistema Web	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>46</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A confiança do consumidor do setor alimentício tem sido afetada negativamente. Korthals mostra que fraudes e falta de transparência nos processos produtivos ocasionou na corrosão da confiança das pessoas nos produtores e na fiscalização do governo, o que afeta diretamente o mercado consumidor deste setor (RODRIGUEZ-SALVADOR; DOPICO, 2020) (KORTHALS, 2008).

Em 2017, a Polícia Federal (PF) do Brasil realizou sua maior operação até então, onde várias pessoas foram presas por suspeita de enganar a fiscalização sanitária, vendendo carne vencida e contaminada. Fábricas com produtos contaminados por salmonela sendo exportados para a Europa e até a adição papelão foram relatadas na investigação, o que gerou grande repercussão no país (NOVAES, 2017).

Em janeiro de 2017, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) suspendeu exportações de pescados do Brasil para a União Europeia após duras críticas do governo europeu, seguida de várias visitas e relatórios exigindo do governo brasileiro adequação à nova legislação europeia de pesca (ADUANEIROS, 2018).

Em 2014, foram criadas pelo governo europeu regras de rotulagem de peixe, moluscos, crustáceos e algas, onde se faz obrigatória a rotulagem do nome comercial e científico da espécie; se o produto foi capturado no mar, em água doce ou cultivado; se o produto foi descongelado e a data de durabilidade mínima de acordo com as regras gerais de rotulagem de alimentos; para que assim, os consumidores possam saber de onde o produto vem, informações sobre sua captura e condições de cultivo (COMMISSION, 2020). Apesar dos casos citados acima não serem tão recentes, situações semelhantes voltaram a acontecer, pois em julho de 2019, o MAPA confirmou a devolução de dezesseis contêineres de frango pelo Reino Unido para o Brasil por conter níveis da bactéria salmonela acima do permitido (LIS, 2019).

Vendruscolo realizou um teste no Brasil para observar o impacto da informação no nível de confiança do consumidor tanto de forma negativa quanto positiva sobre a produção e comércio de carne bovina; mostrou que a maior parte das pessoas confiam na cadeia produtiva da carne, enquanto a menor confiança foi relacionada ao governo na garantia da qualidade da carne e na indústria frigorífica. Os participantes que receberam informações positivas demonstraram maior confiança na qualidade, enquanto aos que receberam informações negativas ou que não receberam informa-

ções, demonstraram níveis de confiança mais baixos (VENDRUSCOLO, 2019), portanto, o acesso à informação impacta diretamente na confiança das pessoas, que afeta diretamente no consumo, seja da carne bovina ou de outros alimentos como os pescados.

Ter uma boa alimentação é fundamental para uma vida saudável, e isso inclui consumir produtos com boa qualidade e confiabilidade. A **rastreabilidade** surge como uma solução que leva transparência e segurança para assim elevar a confiança do consumidor para com produto e produtor, o que seria de grande utilidade para evitar ou contornar situações como os acontecimentos citados anteriormente.

Apesar de não haver uma frase única que defina rastreabilidade, as definições mais aceitas a respeito são da Organização Internacional de Normalização (ISO) 8402 e a Geral Lei de Alimentos da União Europeia (UE) (OLSEN; BORIT, 2013), parafraseadas respectivamente como "a capacidade de rastrear o histórico, aplicação ou localização de uma entidade por meio de identificações registradas" e

"a capacidade de rastrear e seguir um alimento, ração, animal ou substância para produção de alimentos que se pretende ser, ou se espera que seja incorporado em um alimento ou ração, em todas as etapas da produção, processamento e distribuição".

Dentre as diversas áreas passíveis da aplicação da rastreabilidade, destaca-se a produção de pescados (**aquicultura**) pela dificuldade do comprador de inferir a qualidade do alimento sem saber os aspectos em que o mesmo fora submetido, aspectos esses que podem impactar na saúde do peixe, como a alimentação durante todo o processo produtivo e a qualidade da água na qual fora submetido o processo (RODRIGUEZ-SALVADOR; DOPICO, 2020).

A Aquicultura surge da necessidade de se ter um monitoramento e controle contínuo de parâmetros físicos e químicos como Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura e pH do ambiente de cultivo que possam impactar de forma positiva ou negativa na cadeia produtiva de organismos aquáticos como peixes, crustáceos e algas (Encinas et al., 2017).

O mercado da aquicultura tem se destacado no cenário nacional, movimentando quase cinco bilhões de reais em 2018. As sub-áreas que mais produzem são piscicultura e carcinicultura, que somaram mais 3,3 bilhões em 2018 (IBGE, 2019). Para Dupont, a expectativa é que a aquicultura deva ter uma significativa contribuição para uma população mundial que deverá chegar a 9,7 bilhões em 2050 (Dupont; Cousin; Dupont, 2018).

Apesar de se tratar de uma área milenar, com registros apontando sua prática desde 2500 a.C. (SANTOS, 2009), a tecnologia voltada para aquicultura ainda não está bem disseminada, se comparada à agricultura. As técnicas atuais mais comuns de monitoramento de viveiros aquáticos (ambiente de criação) ainda são manuais e pouco eficientes. Segundo relato de criadores, geralmente, a medição das condições da água é realizada manualmente de forma aleatória ou quando o aqüicultor percebe alguma anormalidade ou uma mudança drástica nos fatores ambientais. Quando monitorados, esses dados são armazenados em planilhas ou papéis, dificultando consultas rápidas e análise desses dados. Contudo, a não observância aos fatores físico-químicos dos viveiros pode causar prejuízos significativos na produção de camarões e peixes (SOSA, 2015).

Neste contexto, surge a necessidade de uma solução automatizada para o monitoramento desses parâmetros. No entanto, a maioria das fazendas de piscicultura e carcinicultura do estado do Ceará possuem vasta extensão territorial, exigindo uma solução de comunicação de longo alcance. Além disso, segundo censo da carcinicultura realizado em 2017, 85% dos produtores do litoral sul do estado do Ceará pertencem à categoria de micro e pequeno produtor. Este percentual, segundo especialistas, aproxima-se do dado nacional, ainda sem censo. Essa categoria é formada por produtores que não podem fazer grandes investimentos, procurando soluções de baixo custo (CEARÁ, 2017).

Em contrapartida, a popularização de tecnologias de baixo custo baseadas em Internet das coisas (IoT) tem trazido novas oportunidades para o setor da aquicultura, com sensores de baixo consumo energético com código aberto (Maier; Sharp; Vagapov, 2017). Sabe-se que hoje diversos objetos possuem uma conexão com a internet, desde um *smartphone* até uma cafeteira ou uma lâmpada de um cômodo de casa. Várias "coisas" estão interligadas possibilitando o controle de qualquer lugar do mundo. Portanto, a IoT para o cenário da aquicultura torna-se uma grande aliada para automatizar seus processos ainda feitos de forma manual.

A IoT abrange diversas tecnologias para monitoramento e comunicação. Dentre elas estão as redes sem fio de longo alcance e baixa potência (do inglês *Low Power Wide Area Network* (LPWAN)) que se tornam tecnologias atraentes para cenários de monitoramento remoto, pois elas têm por principal característica um longo alcance de sinal (faixa de quilômetros) com uma baixa potência, consumindo pouca energia (CATTANI; BOANO; RÖMER, 2017). Um exemplo deste tipo de rede é a tecnologia de Longo Alcance (do inglês *Long Range* (LoRa)), utilizada neste trabalho.

Mediante à problemática abordada, surge a proposta da criação do **Sistema lot Baseado em LoRa para Rastreabilidade de Pescados na Aquicultura (SisAqui)**, que se trata de um sistema computacional capaz de otimizar o gerenciamento

das etapas de produção, aumentando a produtividade na aquicultura, fornecendo monitoramento contínuo em tempo real dos parâmetros de qualidade da água e coletando informações de rastreabilidade dos pescados.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Criação de um sistema capaz de monitorar automaticamente parâmetros que indiquem a qualidade da água e fornecer dados de rastreabilidade do processo produtivo aquícola através de Tecnologia IoT.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Utilizar sensores para monitorar parâmetros que indiquem a qualidade da água de forma automática de cada viveiro.
- Utilizar a tecnologia sem fio LoRa para a comunicação de cada nó com o dispositivo central (*gateway*).
- Utilizar o protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) para comunicação do dispositivo central com a API.
- Construção de um módulo *web* e móvel com *dashboard* para acompanhamento em tempo real das condições observadas pelos sensores (oxigênio, temperatura da água e pH).
- Possibilitar o armazenamento de informações que permitam a rastreabilidade do produto como viveiros, lotes e registro de arraçoamento, assim como a visualização do histórico de cada Lote, com informações de alimentação e por quais viveiros ele passou.

## 1.3 Organização do Trabalho

A continuação do presente trabalho é organizada da seguinte forma. No Capítulo 2 de Fundamentação Teórica, está exposto o estado da arte de todo o trabalho como arquiteturas e conceitos. O Capítulo 3), de Trabalhos Relacionados, mostra os trabalhos semelhantes ao SisAqui, tendo em vista a problemática abordada no trabalho. O Capítulo 4 apresenta a Proposta do SisAqui, mostrando toda a sua metodologia e justificativa da execução. No Capítulo 5, são mostrados os resultados. Por fim, no

Capítulo 6 é exposta a conclusão com base nos resultados, os trabalhos futuros para a continuação do projeto e as considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 IoT

A Internet das Coisas (IoT) não é um conceito novo. Nos anos 2000, foi estabelecido por Kevin Aston, um alicerce para definir o que seria a Internet das Coisas. Um dos precursores dessa ideia, ele procurava uma melhoria para transações comerciais utilizando a tecnologia de RFID com a *internet*. A fim de reduzir desperdícios, perdas e custos, Aston escreveu que "se tivéssemos computadores que soubessem tudo sobre as coisas em geral, usando dados coletados sem a nossa ajuda, seríamos capazes de rastrear e contar tudo" (LOPEZ RESEARCH LLC, 2013).

A partir disso surge a ideia de *Internet* das Coisas (do inglês *Internet of Things* (IoT)). IoT é caracterizado como uma rede de dispositivos conectados trocando informações entre si, onde se tem um dispositivo central no qual é responsável por fazer a comunicação externa com a grande rede (*internet*). Se trata de um conceito abrangente, permitindo que empresas definam com seus próprios termos como a IBM que explica como sendo "o conceito de conectar qualquer dispositivo (objeto físico) à Internet e a outros dispositivos conectados" (FIROUZI et al., 2020).

A Figura 1 ilustra o modo em que está se dando a disseminação da IoT nas cidades, no qual desde uma residência pessoal até à indústria e o setor primário como a agricultura. Essa disseminação abre portas para aplicar IoT em diversos cenários como o trabalho de Oliveira, na qual ele desenvolve uma plataforma inteligente para monitoramento de ambientes agrícolas, com sensores que monitoram as condições de cultivo e atuadores que acionam o sistema de irrigação das plantas de forma automática quando necessário. O mesmo conta com um aplicativo móvel que mostra os dados obtidos dos sensores, alertas, informações sobre as plantas e recomendações relacionadas ao cultivo (OLIVEIRA; BRAGA; OLIVEIRA, 2020).

### 2.2 LoRa e LoRaWAN

As comunicações sem fio de Baixa Potência e Longa Distância (do inglês *Low Power Wide Area Network* (LPWAN)), vem surgindo de forma crescente nos últimos anos, possuindo como característica fundamental, a capacidade de baixar a taxa de transferência de dados para obter um maior alcance. Com as tecnologias LPWAN é possível modificar as configurações da camada física (PHY), no qual se pode ajustar a sensibilidade, maior sensibilidade terá uma conexão mais lenta permitindo que haja

Figura 1 – Cidades inteligentes



Fonte: (RIBERA, 2020)

comunicação a uma maior distância. A Figura 2 mostra um comparativo do alcance e a largura de banda entre alguns tipos de redes mais conhecidos (CATTANI; BOANO; RÖMER, 2017).

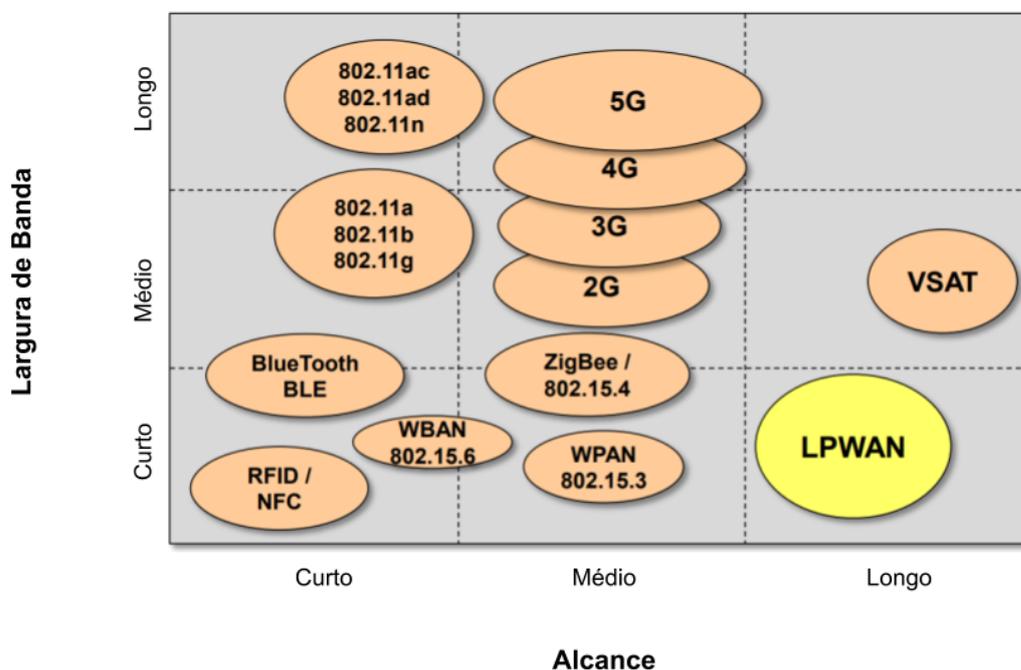
Criada pela empresa Semtech Corporation, o LoRa se trata de um módulo de comunicação proprietário que utiliza a tecnologia LPWAN (Magrin; Centenaro; Vangelista, 2017). O LoRa é uma tecnologia de camada física que modula os sinais ISM<sup>1</sup> sub-GHz usando técnica de espectro de dispersão. Assim como o LoRa, o SigFox também utiliza bandas ISM não Licenciadas: 868MHz na Europa, 915MHz na América e 433MHz na Ásia. Dentre as LPWANs analisadas e levando em consideração a aplicabilidade no contexto abordado, a que se mostra menos promissora é a NB-IoT por possuir baixa imunidade interferências e a que possui o menor alcance.

Uma vantagem que se destaca no LoRa, é o fato de possuir seis fatores de dispersão (SF7 e SF12), no qual se pode adaptar a taxa de dados e o alcance, por exemplo, quanto maior o fator de espalhamento, o alcance se torna maior e a taxa de dados será menor e vice-versa.

Apesar da SigFox e do LoRa serem as melhores opções neste contexto, o protocolo do SigFox possui um número limitado de mensagens por dia, enquanto o

<sup>1</sup> Do inglês *Industrial Scientific and Medical*, são bandas reservadas internacionalmente para o desenvolvimento Industrial, científico e médico

Figura 2 – Comparativo do alcance e largura de banda entre tipos de redes



Fonte: adaptado de (EGLI, 2015)

LoRa não possui limite, esta limitação se torna um problema quando se objetiva uma comunicação contínua (MEKKI et al., 2019). A princípio, a baixa taxa de dados não parece ser uma boa solução para diversos tipos de aplicações, mas pensando no cenário de monitoramento de dados sensoriais, como a maioria das aplicações de *Internet das Coisas*, esse fator não será um problema (Reynders; Pollin, 2016). A Tabela 1 mostra uma visão geral das tecnologias LPWAN emergentes.

Enquanto o LoRa é uma tecnologia proprietária, o LoRaWAN é um protocolo de código aberto que define os parâmetros de comunicação do LoRa, foi desenvolvido pela LoRa Alliance, uma associação aberta sem fins lucrativos que objetiva o compartilhamento de experiências para promover e impulsionar o sucesso do protocolo LoRaWAN. A Figura 3 obtida do site da revista *EE Times Europe* mostra uma típica arquitetura de uma rede LoRaWAN.

Os **End Nodes** (nós ou dispositivos finais) são os elementos da rede na qual se deseja monitorar ou ter controle, enviando ou recebendo informações através do protocolo LoRaWAN como leitura de sensores (ex: temperatura) e atuadores (ex: ligar ou desligar uma luz).

**Gateways** são entidades centrais é capazes de receber dados de milhares de nós, dependendo da robustez do equipamento. Os *gateways*, diferente dos nós, terão conexão com a internet para que assim possa mandar os dados obtidos por cada nó para a camada do **Servidor de Rede** (*Network Server*).

Tabela 1 – Comparação de tecnologias LPWAN

	<b>Sigfox</b>	<b>LoRaWAN</b>	<b>NB-IoT</b>
<b>Frequência</b>	868 MHz EU, 915 MHz América e 433 MHz Ásia	868 MHz EU, 915 MHz América e 433 MHz Ásia	Bandas de frequên- cia LTE licencia- das
<b>Taxa máxima de dados</b>	100 bps	50kbps	200kbps
<b>Bidirecional</b>	Limitado. Semidú- plex	Sim. Half- duplex	Sim. Half- duplex
<b>Máximo de mensagens por dia</b>	Limitado	Ilimitado	Ilimitado
<b>Alcance</b>	10 km (urbano) e 40 km (rural)	5 km (urbano) e 20 km (rural)	1 km (urbano) e 10 km (rural)
<b>Imunidade a interferências</b>	Muito alto	Muito alto	Baixo

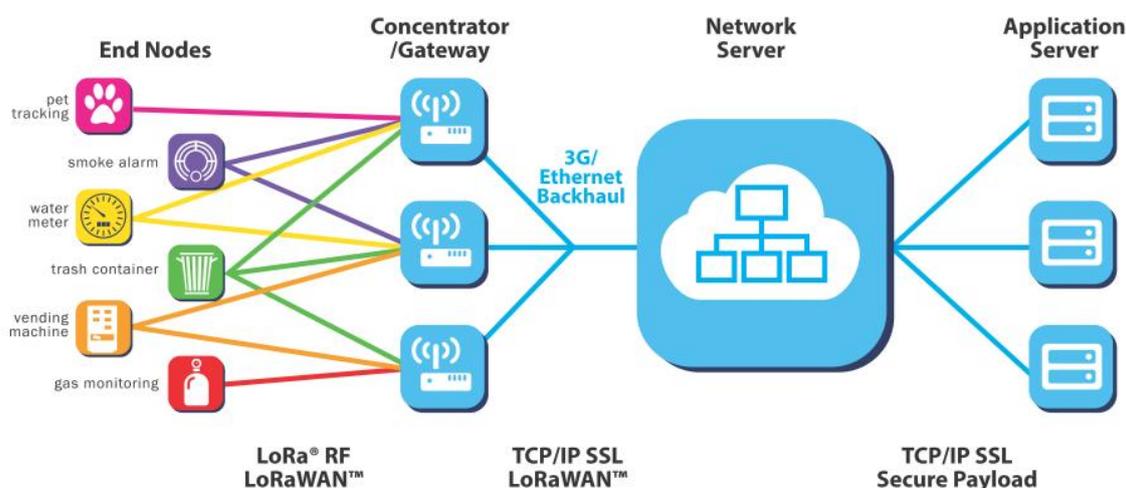
Fonte: adaptado de (MEKKI et al., 2019)

O servidor é o responsável pelo tratamento dos dados recebidos do *gateway* como remover dados duplicados ou incompletos, ao mesmo tempo em que pode ser responsável por preparar a aplicação para a camada de **aplicação**. A aplicação é a parte que estará mais próxima do usuário final, onde poderá haver uma interação como uma tela de monitoramento e atuação ou um aplicativo móvel (EMILIO, 2019).

## 2.3 LoRa e ESP32

No mercado atual existem várias placas para prototipagem de código aberto, como o bastante conhecido Arduino, que utiliza o chip microcontrolador Atmel. Com a expansão da IoT e a possibilidade de tudo estar conectado, foram surgindo chips capazes de se conectar à internet (BATRINU, 2018), como a placa NodeMCU que utiliza os microcontroladores de baixo custo ESP8266 e ESP32, ambos com recursos TCP/IP, Wi-Fi e *bluetooth* (apenas o ESP32 possui este recurso). Composta por uma arquitetura de 32 *bits*, *clock* de 240MHz, Wi-Fi de 2,4GHz de frequência e placa com pinos de entrada e saída (*input* e *output*) de dados.

Figura 3 – Arquitetura da Rede LoRaWAN



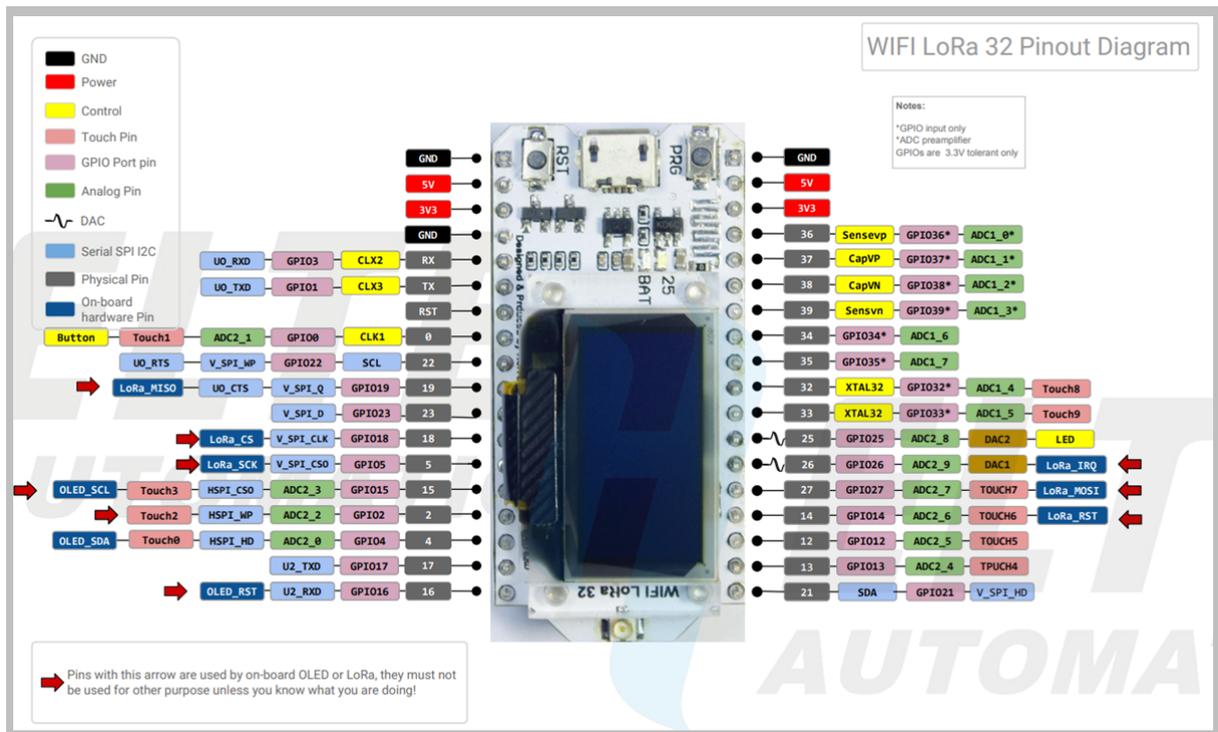
Fonte: (EMILIO, 2019)

Com o crescimento da IoT, as placas de prototipagem e as redes LoRa, possibilitaram o surgimento de placas com esses recursos integrados, como a placa WiFi LoRa 32, que integra os recursos da placa NodeMCU ESP32 com o módulo LoRa e um *display oled*, desenvolvida pela empresa Heltec Automation. A placa possui pinos digitais e analógicos de entrada e de saída (*input* e *output*), no *datasheet* (Figura 4) disponibilizado pelo fabricante, é representado por GPIO, que podem ser utilizados tanto para leitura de sensores quanto para acionamento de algum mecanismo ou atuador. Por ser uma placa que integra um *display oled*, um módulo LoRa a um *chip* microcontrolador ESP32, alguns pinos do ESP32 já estão sendo utilizadas, e o *datasheet* alerta sobre isso indicando-os com setas vermelhas, a empresa recomenda a não utilização desses pinos. O módulo LoRa da placa é fabricado para ser utilizado na frequência de 915MHz bem como sua antena e o fabricante estima um alcance máximo de 3,6 quilômetros em ambientes abertos e livres de interferências (AUTOMATION, 2020).

## 2.4 MQTT

O protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), é um protocolo de transmissão de mensagens baseado no modelo publicação-assinatura (do inglês ***publish-subscribe***) que funciona no protocolo TCP que garante a entrega segura do pacote pela rede (Mukherji et al., 2019). Ideal para aplicações IoT como o monitoramento de sensores que não necessitam de um grande volume de dados, pois o MQTT é leve e eficiente em termos de largura de banda com mensagem de tamanho mínimo

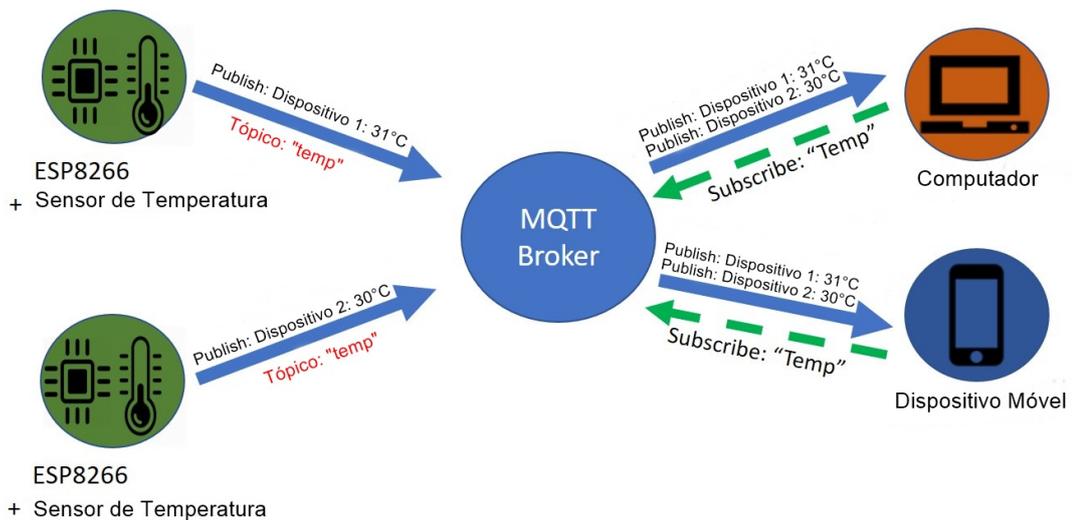
Figura 4 – Datasheet Heltec WiFi LoRa 32



Fonte: (AUTOMATION, 2020)

de 2 bytes (BATRINU, 2018). A arquitetura pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 – Arquitetura do Protocolo MQTT



Fonte: (SHOP, 2019)

O MQTT define dois tipos de entidades na rede, o *broker* e os clientes. O *broker* recebe as mensagens de todos os clientes e as encaminha para os outros clientes a quem pertencem. Os clientes podem ser diversos dispositivos desde uma placa microcontroladora como o ESP8266, que faz a leitura de um sensor de temperatura, até

um *smartphone* ou computador. Quando um cliente **publica** (*publish*) uma mensagem, ele escolhe um tópico que será usado pelo broker para direcionar a mensagem aos outros clientes que possuam uma **assinatura** (*subscribe*) neste mesmo tópico (YUAN, 2017). O dispositivo que faz a assinatura, fica "ouvindo" o broker em um tópico para quando um ou mais clientes publicar naquele mesmo tópico, ele consegue receber a mensagem.

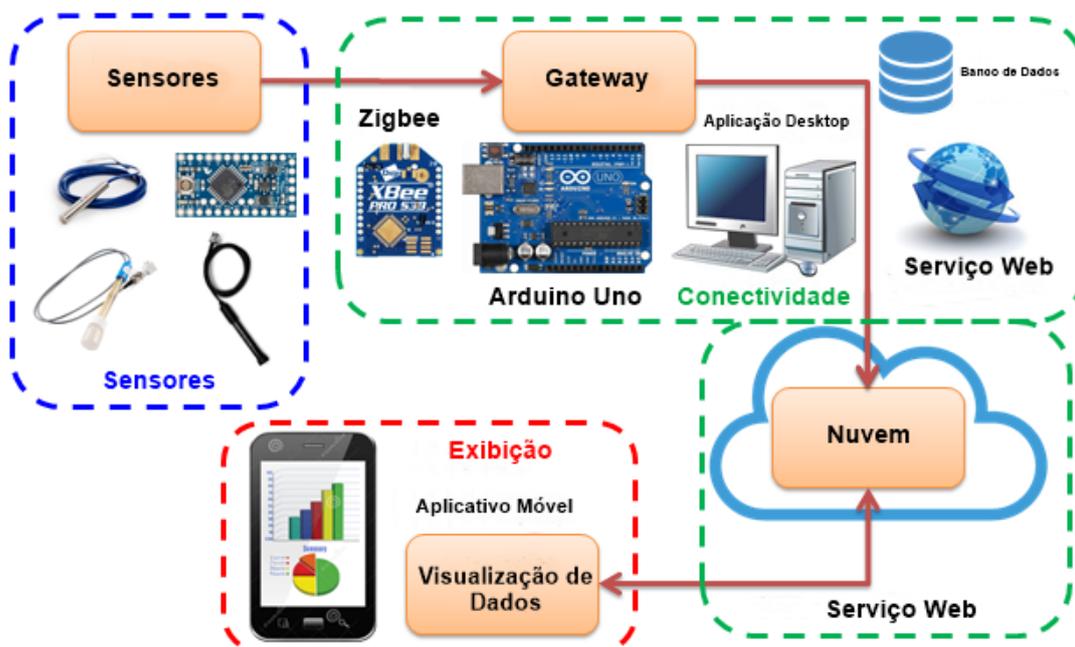
### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

#### 3.1 Soluções de IoT para Aquicultura

O avanço da *Internet das Coisas* (IoT) vem trazendo infinitas possibilidades para todos os setores, onde aqui se destaca o alimentício. É natural o surgimento de pesquisas, projetos e produtos oferecendo soluções para um mesmo setor. Seguem alguns trabalhos em que a tecnologia IoT é utilizada para o desenvolvimento da aquicultura, objeto de estudo do presente trabalho.

Diante do atraso tecnológico da aquicultura em comparação a áreas como agricultura, Encinas *et al.* apresentam um protótipo de um sistema distribuído de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água mais importantes na aquicultura. Utilizando IoT, os autores desenvolveram um sistema de baixo custo que monitora a qualidade da água (temperatura, pH e oxigênio dissolvido) utilizando redes de sensores sem fio. Essas informações são exibidas em um aplicativo móvel (Encinas *et al.*, 2017). A Figura 6 mostra a arquitetura proposta pelos autores e a Figura 7 mostra a aplicação móvel onde é mostrado o nível de oxigênio, pH e temperatura da água, com botão para atualização dos dados.

Figura 6 – Arquitetura proposta por Encinas



Fonte: (Encinas *et al.*, 2017)

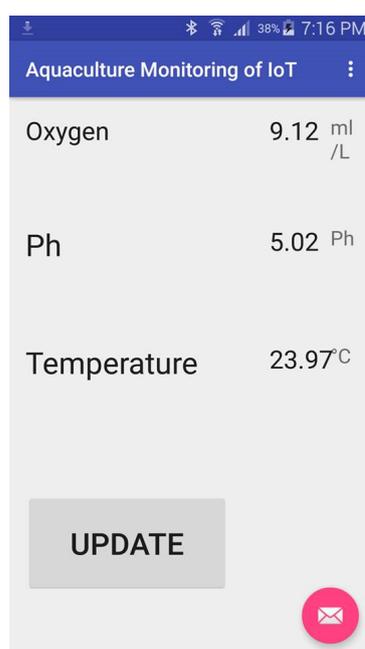
O sistema é composto por três módulos:

- **Módulo de Sensores**, onde a leitura dos parâmetros da água é comunicada para a placa de prototipagem Arduino.
- **Módulo de Conectividade**: as informações do Arduino são transmitidas através de um módulo transmissor chamado **Xbee** para um módulo receptor Xbee que está conectado a um computador através da porta serial.

O Xbee é um módulo de comunicação que utiliza o padrão IEEE 802.15.4 funcionando na frequência de 2,4GHz. Possui uma taxa de transferência entre 10-250kbps com alcance que varia de 91 metros até 1,6 quilômetros.

- O **Módulo de Desenvolvimento** se trata dos aplicativos utilizados no sistema, como o aplicativo móvel para a visualização dos dados e o *software* do computador.

**Figura 7 – Aplicativo móvel**



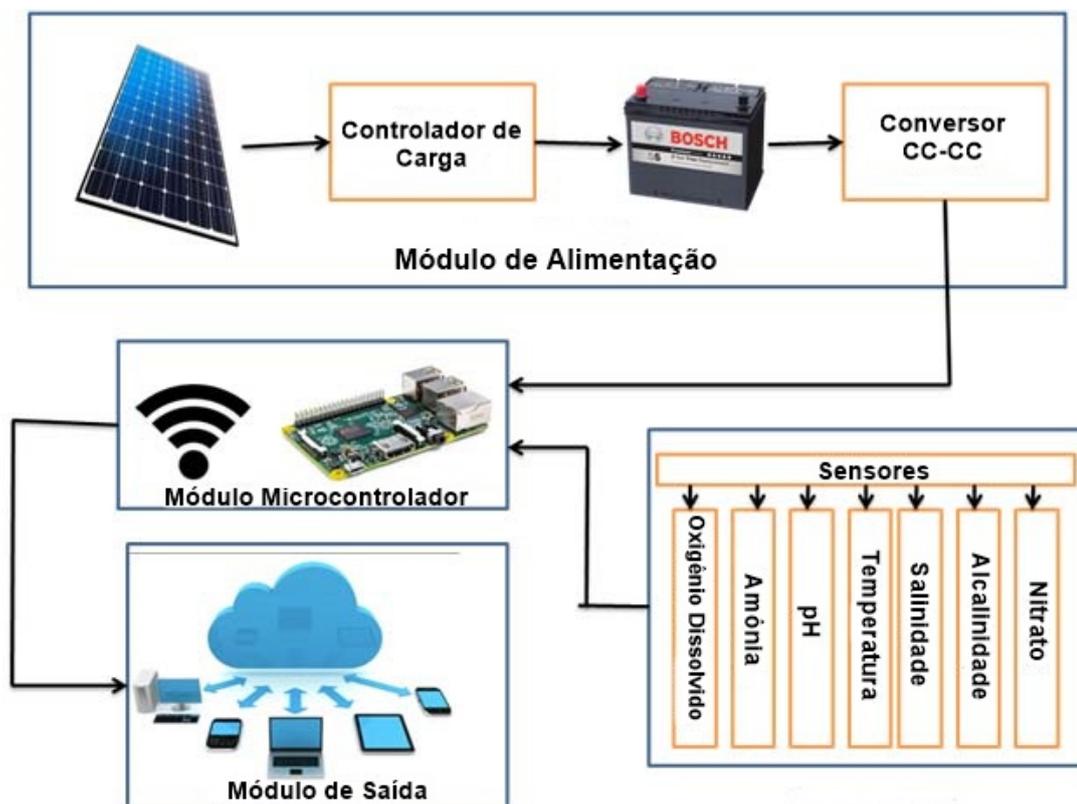
Fonte: (Encinas et al., 2017)

Apesar de se mostrar uma solução funcional, um fator pode inviabilizar a implementação em um cenário real ao não possuir uma rede de longo alcance, pois as fazendas de cultivo de pescados podem ocupar grandes áreas (até quilômetros).

Os autores Raju e Varma destacam a importância da qualidade água como um fator crítico no cultivo de organismos aquáticos. Eles apresentam um sistema de monitoramento contínuo de baixo custo que usa sensores para garantir o crescimento e a sobrevivência da vida aquática, alertando o aquicultor a tomar medidas preventivas e minimizar perdas, aumentando a produtividade. Um aplicativo móvel mostra os dados dos sensores em tempo real usando nuvem e exibe uma tela de alerta com

sugestões de ações para ajudar o aquicultor. O sistema utiliza como microcontrolador um computador de baixo custo Raspberry pi, que possui o Linux como sistema operacional (Raju; Varma, 2017). A arquitetura do trabalho é ilustrada na Figura 8.

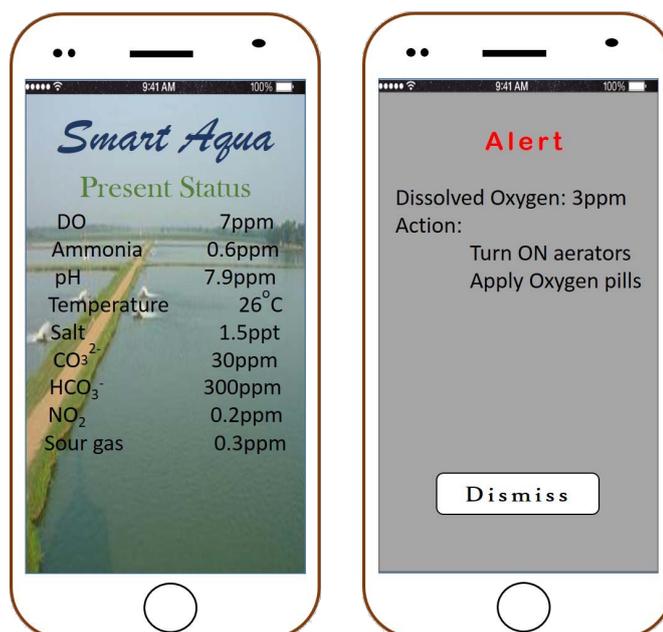
**Figura 8 – Arquitetura apresentada**



Fonte: (Raju; Varma, 2017)

- O **Módulo de Alimentação** tem como foco a sustentabilidade. Composto por um painel solar, controlador de carga, bateria e conversor de corrente (CC ou do inglês (DC)). A bateria é utilizada para alimentar o equipamento durante o período da noite e o conversor para que a tensão fornecida seja constante.
- **Módulo do Sensor:** onde são monitorados por sensores, oxigênio dissolvido, amônia, pH, temperatura, sal, nitrato e carbonatos.
- O **Módulo Microcontrolador** é responsável por receber os dados de sensoria-mento e enviá-los para um banco de dados na nuvem. Para isso é utilizado o computador *Raspberry pi*, um computador de baixo busco que utiliza o sistema operacional Linux e possui um módulo *Wi-Fi* embutido.
- O **Módulo de saída** é composto por um aplicativo *mobile*, onde o mesmo possui as funções de mostrar os dados, o histórico e um alerta caso haja uma irregularidade do limite estabelecido (como na Figura 9), mostrando qual ação deve ser tomada.

Figura 9 – Aplicativo móvel



Fonte: (Raju; Varma, 2017)

Apesar de ser um projeto de baixo custo, há outras opções mais acessíveis além da placa Raspberry pi, capazes de executar as mesmas funções descritas do sistema.

Burkina Faso é um país Africano onde a economia é essencialmente baseada na agricultura, porém, a aquicultura não é muito tradicional no país. Apesar de ser um território com bastante potencial, o país carece de produtores com conhecimento especializado de cultivo. Pensando nisso, Togueyini cria uma rede de sensores sem fio utilizando LoRa para monitoramento automático das condições de cultivo (temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido) de um incubatório de clarias (espécie de peixe), campos de banana e mamão (umidade do solo) e parâmetros meteorológicos (velocidade do vento e temperatura do ar) (TOGUEYINI, 2018).

A solução apresenta três cenários, de monitoramento da água, campos de banana e mamão e condições meteorológicas, mas aqui será destacado o de monitoramento da água. Além de fazer a leitura dos sensores, a solução utiliza um módulo LoRa para a comunicação à longa distância. Um *gateway* também foi utilizado para a recepção dos dados sensoriais, feito com Raspberry Pi e equipado com um módulo LoRa e um modem 2G/3G. Para o armazenamento e visualização dos dados, é utilizada a plataforma WAZIUP, um projeto da União Europeia-África que desenvolve tecnologias de IoT na África (TOGUEYINI, 2018). O equipamento utilizado para monitoramento da qualidade da água pode ser visto na Figura 10, no qual pode ser vista uma caixa com os sensores conectados, assim como uma antena para comunicação sem fio e um painel solar pequeno, para a energização do equipamento.

**Figura 10 – Equipamento de monitoramento**

Fonte: (TOGUEYINI, 2018)

### 3.2 Comparação entre os Trabalhos

As fazendas de cultivo de pescados podem ocupar grandes áreas (quilômetros) territoriais, o que necessita de uma comunicação sem fio de longa distância, dentre os trabalhos citados acima, apenas o de Togueyini utiliza uma tecnologia sem fio que possui um longo alcance, mas o fato de não possuir um aplicativo móvel pode ser um fator de desvantagem, tendo em vista que cada dia mais surgem novas tecnologias e aplicações IoT com aplicações móveis, o que torna isso um fator promissor.

Pelos trabalhos de Encinas e Raju e Varma não possuem um sistema gestor e uma comunicação à longa distância, eles podem não ser tão viáveis para um cenário real, tendo em vista que uma fazenda possuirá vários viveiros e grande extensão territorial; ao mesmo tempo em que eles focam apenas no monitoramento, um sistema web ou site para gestão de produção, por exemplo, poderia ser de grande complemento.

Os trabalhos citados possuem o foco somente no monitoramento e geração de alertas das condições observadas nos viveiros, sendo assim, não possuem um módulo de gestão, como um sistema *Web* (computador), onde possam acompanhar a situação geral da fazenda e um aplicativo móvel, que mostre os dados de sensoriamento em tempo real e auxilie na gestão da alimentação dos viveiros. Os fatores levados em consideração para a comparação dos trabalhos pode ser visto na Figura 11.

Também é importante para um sistema que visa manter a qualidade de cultivo de pescados, transparecer essas informações que influenciam para a qualidade do

produto. Nenhum dos projetos apresentados visa fornecer informações sobre o cultivo aos consumidores finais, o que se encaixaria no conceito de rastreabilidade.

**Figura 11 – Comparação dos trabalhos**

	Encinas, 2017	Raju, Varma, 2017	Toguyini, 2018	SisAqui
Baixo Custo Financeiro	Sim	Sim	Sim	Sim
Baixo Consumo Energético	Sim	Sim	Sim	Sim
Comunicação de Longa Distância			Sim	Sim
Sistema Gestor			Sim	Sim
Alertas	Sim	Sim	Sim	Sim
Aplicativo Móvel	Sim	Sim		Sim
Rastreabilidade				Sim

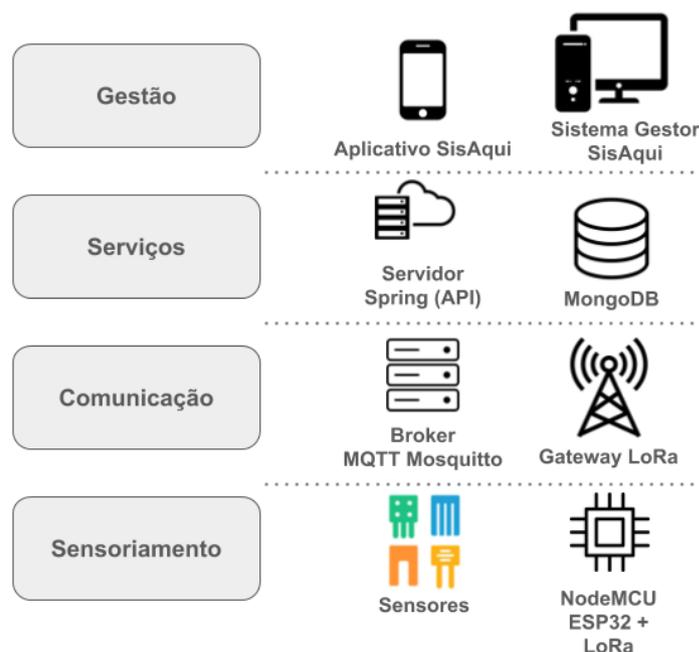
Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 PROPOSTA

Neste capítulo é apresentado o SisAqui, um Sistema IoT Baseado em LoRa para Rastreabilidade de Pescados na Aquicultura. A proposta fundamenta-se na construção de um sistema que ofereça às empresas do ramo da aquicultura uma solução de baixo custo que monitore de forma contínua as condições de cultivo de pescados, oferecendo também, sistemas computadorizados para que o gestor possa acompanhar a situação da fazenda, ajudando assim, nas tomadas de decisão relacionadas ao processo produtivo. Como detalhado no Capítulo 1, a proposta aborda duas problemáticas: 1) a baixa confiança do consumidor em produtos alimentícios por falta de transparência do processo de produção, que visa construir uma base com coleta de dados para a implementação de um sistema final com rastreabilidade. (VENDRUS-COLO, 2019); 2) o monitoramento que ainda é feito de forma manual e aleatória, podendo acarretar em grandes perdas em caso de alteração não identificada em tempo hábil (Encinas et al., 2017).

A Figura 12 ilustra a arquitetura do SisAqui em quatro camadas das quais se-guem detalhadas nas próximas sessões respectivamente, sendo elas: sensoriamento, comunicação, serviços e gestão. As sessões seguintes destacam a função, sua importância e a composição de cada camada da proposta.

**Figura 12 – Arquitetura**



Fonte: Elaborada pelo autor

## 4.1 Camada de Sensoriamento

A camada de sensoriamento é a parte embarcada (*hardware*), como pode ser vista na Figura 13, é composta pela placa WiFi LoRa 32 e como explicado no Capítulo 2, integra em uma mesma placa o *chip* microcontrolador ESP32, um display oled e um módulo de comunicação sem fio LoRa. A camada também conta com o sensor de temperatura DS18B20 e um sensor de pH, que no esquema da figura é representado por sua versão sem o encapsulamento que garanta a resistência à água. Ela tem por finalidade, fazer o monitoramento contínuo das condições do ambiente de cultivo. Segue a lista detalhada de cada componente utilizado:

- **Sensores**

O sensor utilizado para medir a temperatura da água foi o DS18B20, uma sonda à prova d'água revestida de aço inoxidável, tornando-se capaz de submergir em líquidos em uma faixa de temperatura que varia de  $-55.0^{\circ}\text{C}$  a  $+125.0^{\circ}\text{C}$ , de acordo com a especificação do fabricante<sup>1</sup>. Para o devido funcionamento deste sensor, ele possui três pinos, sendo eles o terra (GND), o de voltagem de corrente contínua (VCC) ou de alimentação e o pino de dados. Este sensor possui um baixo consumo de energia, podendo ser alimentado a uma tensão entre 3 e 5,5V.

O Sistema também propõe o monitoramento contínuo do oxigênio dissolvido em água (OD). Li mostra que a qualidade da água na aquicultura é um fator sensível, podendo facilmente ser afetada por fatores como físico, químico, biológico e humano. O OD é um fator fundamental para a vida do pescado, como por exemplo: se a taxa de OD for inferior a 3 miligramas por litro (mg/L), há uma grande facilidade de surgirem doenças que poderão levar a uma grande perda de cultivo (LI et al., 2018).

Um estudo feito por Mukwabi em 2018 investiga a temperatura e a influência do potencial de hidrogênio (pH) em patógenos bacterianos infectando tilápias. O estudo mostra fortes indícios de que a temperatura e o pH da água influenciam na ocorrência de infecções bacterianas em peixes cultivados, pois ele verificou que de cinco parâmetros de qualidade da água observados, apenas a temperatura e o pH estavam fora dos níveis recomendados, os outros fatores observados foram OD, nível de condutividade e turbidez. Com isso, percebe-se que qualquer alterações de pH podem causar infecções bacterianas nas tilápias, assim como pode representar um indício de alguma infecção nos peixes. O Banco Mundial

<sup>1</sup> <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>

estima perdas de três bilhões de dólares por ano na aquicultura, sendo a maior causa delas perdas devido a doenças. (MUKWABI et al., 2019)

Com isso, se faz necessário um especial esforço tanto no monitoramento do OD quanto o do pH. O monitoramento em tempo real destes fatores de qualidade da água, fará com que qualquer variação possa ser identificada com facilidade pelo profissional responsável e ele poderá tomar providências para contornar a situação. Devido a dificuldades na aquisição do sensor de OD, foi utilizado no protótipo apenas o sensor de temperatura da água e de pH.

- **WiFi LoRa 32**

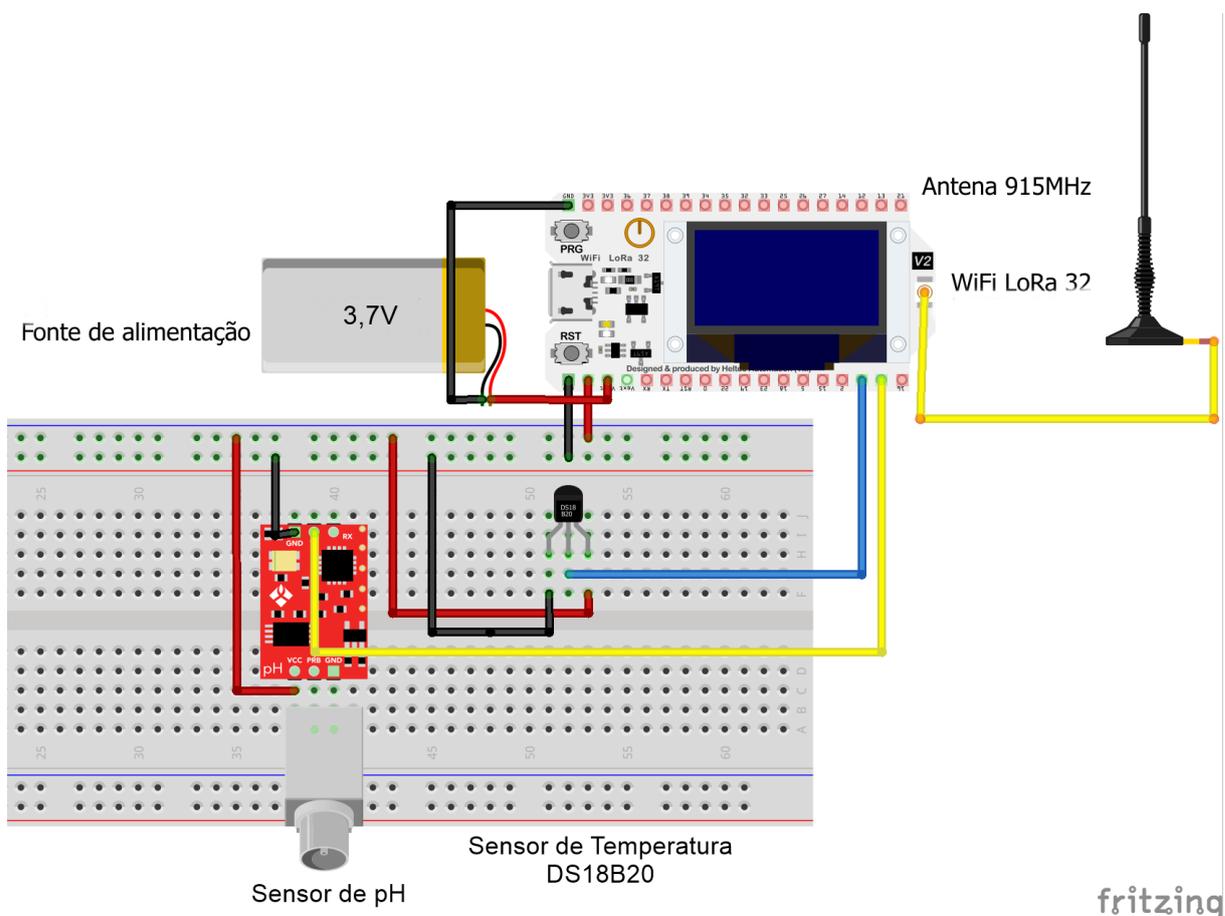
Como explicado no Capítulo 2, a placa utilizada para a prototipação embarcada do sistema foi a WiFi LoRa 32. Criada pela empresa Heltec *Automation*, é uma placa que integra recursos como *WiFi*, *bluetooth*, *display oled* e um módulo LoRa na frequência de 915MHz. O fabricante a disponibiliza com uma antena padrão, mas que pode ser substituída por outra com maior ganho de alcance ou outra necessidade. A motivação da utilização desta placa parte de sua praticidade, por possuir estes recursos integrados tornando o processo de desenvolvimento mais prático dispensando ações como soldagem de equipamentos, tendo em vista que o objetivo é focado para fim de prototipação. Também foi visto como algo positivo por ser de baixo custo financeiro e possuir um baixo consumo de energia, podendo ser alimentada com apenas 3,3V.

Além da placa utilizada possuir recursos do *ESP32* como *WiFi* e *bluetooth*, quando a mesma está sendo utilizada como nó, no SisAqui não há a necessidade no uso destes recursos. Como um nó, necessita-se apenas o microcontrolador para tratamento dos dados recebidos dos sensores conectados, do módulo LoRa, para realizar o envio desses dados para o *gateway* e o *display oled* para mostrar os dados que estão sendo enviados. O *WiFi LoRa 32* também foi utilizado como *gateway*, onde seu funcionamento será explicado no capítulo seguinte; no qual ele utiliza tanto o módulo LoRa quanto o *WiFi*.

Como pode ser visto na Figura 4, nem todos os pinos de entrada e saída da placa podem ser utilizados por estarem alocados para os recursos integrados; portanto para que a placa possa ler os dados de temperatura do sensor, ele foi conectado no pino 23, como mostra a Figura 13, assim foi possível obter a temperatura da água e mostrar no *display*. Após obter os dados do sensor, é criada uma *String*<sup>2</sup> e enviada através do LoRa para o *gateway* com os dados de temperatura da água, nível de OD, pH e um número de identificação da placa para saber a que viveiro pertence, mas para representar os dados de OD foi utilizado um sensor de umidade do ar para fins de teste do funcionamento do sistema.

<sup>2</sup> Uma cadeia de caracteres, geralmente usada para representar frases ou palavras.

Figura 13 – Esquema de prototipação



Fonte: Elaborada pelo autor

## 4.2 Camada de Comunicação

A camada de comunicação do SisAqui é responsável por levar os dados dos sensores para um servidor em nuvem, no qual pode ser acessado de qualquer lugar que possua conexão com a *internet*. É composta por um *Gateway* LoRa e um Broker MQTT. A Figura 14 descreve o funcionamento do módulo.

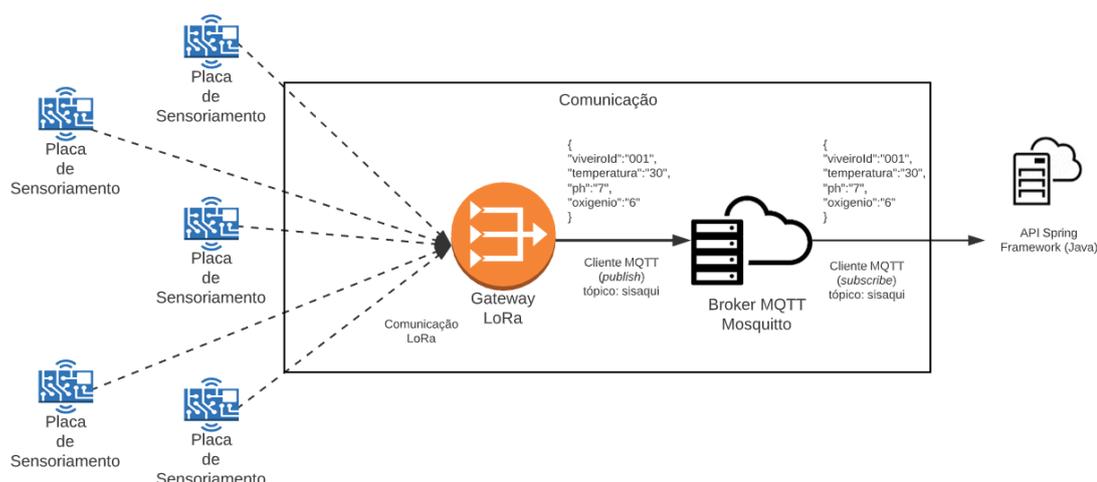
- **Gateway**

Como *Gateway*, foi utilizado o mesmo modelo de placa do dispositivo de sensoriamento ou nó. Ele é responsável por concentrar todas as mensagens que são recebidas dos nós (interface LoRa) e enviá-las para um Broker MQTT (*interface WiFi*) com o protocolo MQTT que como mostrado no Capítulo 2 atua como um cliente que publica no Broker MQTT.

Este dispositivo se faz necessário por possuir uma simples topologia em formato de estrela, sem a utilização deste dispositivo, cada nó precisaria ter uma conexão direta com a *internet*, então este formato torna tanto mais simples de ser

implementado quando de se fazer manutenção. *Gateways* LoRa possuem um custo financeiro mais elevado se comparado aos nós, ele necessita de maior robustez para possa processar os dados de todos os nós. Para este projeto, a prototipação não necessitou de um dispositivo mais robustos, pois os testes foram feitos com poucos dispositivos enviando informações, mas aplicando um cenário real com muitos dispositivos necessitaria de um mais robusto.

**Figura 14 – Camada de Comunicação**



Fonte: Elaborada pelo autor

O Broker MQTT atua como um intermediário, possibilitando a troca rápida de mensagens do *gateway* para a *Application Programming Interface* (API). Como explicado no Capítulo 2, o MQTT funciona no modelo publicação e assinatura (*publish* e *subscribe*), no qual um cliente pode tanto publicar quanto fazer uma assinatura mas não de forma simultânea (Mukherji et al., 2019). No caso do SisAqui, como o fluxo das mensagens MQTT possuem um único sentido, a API abre uma assinatura no Broker em um determinado tópico e fica em modo "escuta" esperando publicações do *gateway* neste mesmo tópico. Além de mostrar o funcionamento deste módulo, a Figura 14 também mostra o formato da publicação que o *gateway* faz ao receber dos nós montando a mensagem em formato de arquivo JSON, uma formatação leve e independente de qualquer linguagem de programação, utilizando convenções para as linguagens mais utilizadas (JSON, 2020).

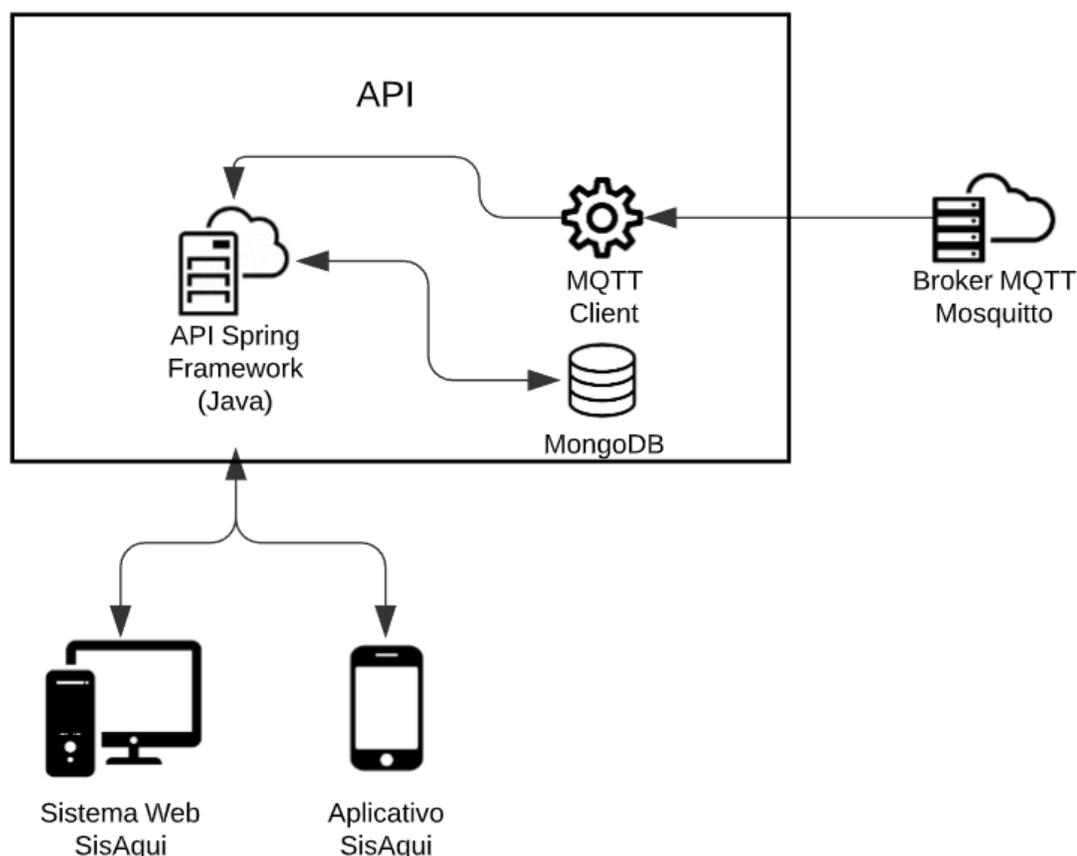
Yokotani e Sasaki fizeram um estudo comparativo de desempenho do MQTT e do HTTP. O estudo conclui que o MQTT se sobressai do HTTP, se tornando ideal para aplicações IoT, onde é necessário um protocolo que não necessite de uma alta taxa de transferência de dados (Yokotani; Sasaki, 2016). O Broker utilizado

foi o Mosquitto, um broker *open source*<sup>3</sup> criado pela empresa Eclipse (LIGHT, 2017).

### 4.3 Camada de Serviços

Quando a mensagem passa do *gateway* para a API através do Broker, ela entra na camada de serviços que desempenha o papel do processamento dos dados, armazenamento no banco de dados e a disponibilização de forma acessível para as principais plataformas, como o aplicativo móvel SisAqui e o Sistema Web. Composta por uma API construída utilizando o *Spring Framework* e dois recursos principais, sendo eles o banco de dados MongoDB e o MQTT *Client*, como na Figura 15

Figura 15 – Esquema da API



Fonte: Elaborada pelo autor

O Spring Framework é uma ferramenta de código aberto para a linguagem de programação Java que possui diversos recursos para uma melhor experiência e resultados no desenvolvimento, como microsserviços, reatividade e suporte à criação de

<sup>3</sup> Software de computador cujo código fonte é disponibilizado e licenciado com uma licença de código aberto

aplicativos *web* (SPRING, 2020). A API possui algoritmos responsáveis por identificar a que viveiro os dados de sensoriamento pertencem e ao inserir essas informações no banco de dados, o sistema terá toda a relação de viveiros e seus respectivos dados de sensoriamento. Também serão gerenciados na API, os dados de alimentação, que como foi enfatizado no Capítulo 1, é de suma importância para um produto rastreável, transparecer as informações sobre o cultivo dentre eles a alimentação dos pescados. Para se tem uma noção de como funciona o gerenciamento de uma empresa do ramo, foi feita uma consulta a um profissional que possui experiência em uma fazenda de camarão. Foi relatado pelo profissional algumas problemáticas abordadas pelo SisAqui: o técnico responsável pelo arraçoamento dos viveiros anotava em uma folha de papel quando estava executando a função, a carência de um sistema ou *software* que forneça uma boa visualização dos dados de sensoriamento da fazenda. A Figura 16 mostra um exemplo da forma com que a API organiza os dados e disponibiliza em formato JSON para requisições de diversas plataformas como *mobile* e *web*.

**Figura 16 – Requisição à API**

```
1 // 20200503010206
2 // http://localhost:9000/nurseries
3
4 [
5   {
6     "id": "5df3de132dd5a50a14373e10",
7     "name": "V-01",
8     "type": "FATTEN",
9     "events": [
10    {
11      "data": {
12        "umidade": "30",
13        "ph": "10",
14        "temperatura": "45",
15        "type": "SENSING"
16      },
17      "instant": "2019-12-14T00:18:08.541",
18      "type": "SENSING"
19    },
20    {
21      "data": {
22        "umidade": "30",
23        "ph": "10",
24        "temperatura": "45",
25        "type": "SENSING"
26      },
27      "instant": "2019-12-14T00:18:08.6",
28      "type": "SENSING"
29    },
30    {
31      "data": {
32        "umidade": "30",
```

Fonte: elaborado pelo autor

Como mostra a Figura 15, a API utiliza dois recursos principais: o MongoDB e um Cliente MQTT. MongoDB é um banco de dados distribuído de código aberto e fácil integração com diversas linguagem de programação. Conhecido por ser um banco de dados não relacional, o MongoDB organiza seus dados em documentos no formato de JSON (MONGODB, 2020).

## 4.4 Camada de Gestão

Foi vista a necessidade da construção desta camada para se ter acesso de forma amigável, intuitiva e organizada, tanto aos dados de sensoriamento quanto aos de auxílio à gestão que deverão ser em um sistema *web* e um aplicativo móvel. Para acessar os dados coletados pelos sensores foram projetadas duas interfaces de sistema para gestores e técnicos de fazendas.

### 4.4.1 Aplicativo Móvel

A aquicultura intensiva vem crescendo cada vez mais, e para este método são necessárias técnicas mais avançadas para melhorar a automação e eficácia. Atualmente, as tendências estão convergindo para as tecnologias móveis, principalmente pelos *smartphones*, que estão cada vez mais presente na vida das pessoas. A partir disso, surge a proposta da criação de um aplicativo para que o gestor possa ter o acompanhamento da situação de cada viveiro individualmente com maior praticidade usando *smartphone* (HUAN et al., 2014). Além disso, uma aplicação móvel que permita o registro de alimentação, facilitando o processo de arreoamento e emite alertas para quando os dados dos sensores ultrapassarem limites preestabelecidos pelo gestor, ele possa alertá-lo.

Hoje existem diversas ferramentas (*frameworks*) para a criação de aplicativos móveis, o que facilita a criação de aplicativos multiplataforma. Ao invés de desenvolver uma aplicação para cada sistema operacional, os *frameworks* são capazes de criar uma só aplicação que funcione para diversas plataformas (exp. Android e iOS). Ionic, React Native, Unity e Flutter são exemplos dessas ferramentas, e para a criação do aplicativo SisAqui, o Flutter é utilizado.

Criado pela Google em 2017, o Flutter é utilizado para a criação de aplicativos para as plataformas Android e iOS. Suas aplicações são construídas usando a linguagem de programação Dart, pertencente à própria empresa. O Flutter adota certas diferenças de comportamento, se adequando a elas, como a barra de navegação, que é diferente no Android e iOS. (GOOGLE, 2019).

### 4.4.2 Sistema Web

O Sistema *Web* consiste em uma interface amigável que oferece funcionalidades para apoiar o gestor do empreendimento. O Sistema mostra a visualização em tempo real dos dados sensoriais de viveiros, oferece o gerenciamento dos viveiros, o controle dos registros de alimentação dos viveiros e possui uma funcionalidade

para gerenciamento e acompanhamento dos lotes ou carregamentos que estão em produção.

## 5 RESULTADOS

No Capítulo 1 foram apresentados os objetivos específicos do presente trabalho e este capítulo apresenta o resultado do que foi construído com base nestes objetivos.

Um experimento realizado em laboratório, no qual foi utilizado um dispositivo como nó e um como *gateway*. Os dispositivos ficaram conectados e em pleno funcionamento durante um período de vinte horas, enquanto estava sendo verificado a cada uma hora de forma remota pela *internet*. O sistema não apresentou falhas de comunicação, as mensagens chegavam na API a todo momento e eram armazenadas no banco de dados. Através do *dashboards web* e móvel foi possível acompanhar estes dados em tempo real e para simular uma situação real, alguns registros de alimentação foram inseridos pelo aplicativo e que também pôde ser acompanhado pelo sistema *web*.

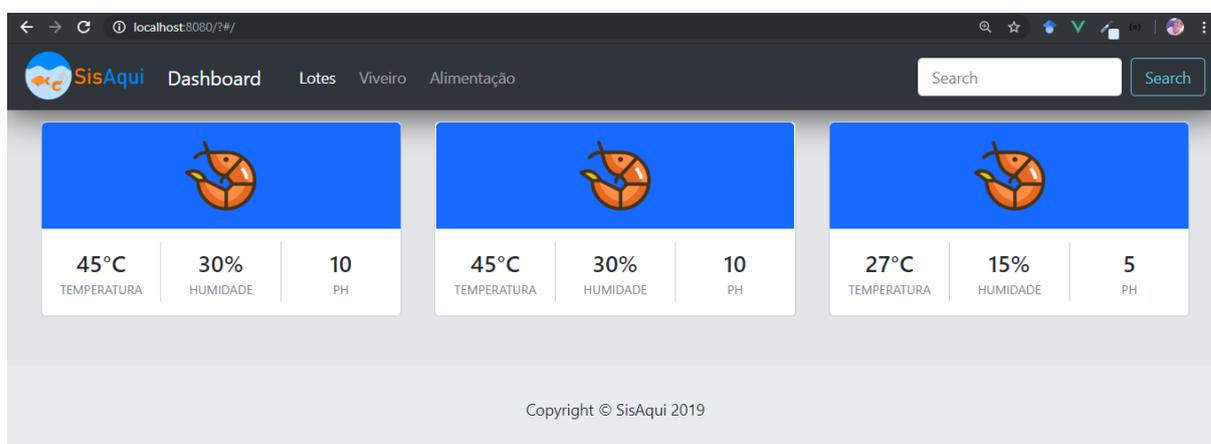
A camada de sensoriamento proposta no Capítulo 4, resultou em uma infraestrutura de redes LoRa composta por três nós e um *gateway*, onde cada nó é composto por um microcontrolador que recebe os dados sensoriais. Não foi realizado estudo de caso em um ambiente real, mas houve a construção de uma prova de conceito para análise de funcionalidade de todos os componentes envolvidos. Todo o funcionamento dos nós e do *gateway* foi testado com pleno funcionamento no laboratório no qual este projeto foi desenvolvido.

O Sistema *Web* foi construído com o intuito de fornecer aos gestores de empresas do ramo da aquicultura, um lugar onde possam acompanhar os parâmetros de qualidade da água de cada viveiro, para auxiliá-lo na tomada de decisão se houver alteração que possa prejudicar sua cultura, ao identificar essas alterações com rapidez, pois o sistema fornece uma visualização em tempo real dos dados. O sistema também possibilita efetuar o registro de arraçoamento de cada viveiro, tanto pelo *smartphone* através de um aplicativo móvel, quanto pelo sistema *web*. Por fim, foi criada uma funcionalidade que proporciona acesso a informações de rastreabilidade sobre o cultivo.

A Figura 17 mostra a tela principal, onde pode ser vista como é feita a visualização com os dados sendo atualizados a cada vez que o sistema recebe esses dados. Pela carência de equipamentos, foram configurados três nós e três sensores (o de OD foi substituído pelo de umidade do ar), onde cada um deles possui dois dados fictícios e um real, por exemplo, no primeiro viveiro, o dados real que está sendo exibido é o de umidade do ar, no segundo o de pH e no terceiro o de temperatura. Estes dados foram

gerados e enviados pela própria placa de sensoriamento, o que mostra o sistema totalmente funcional, conseguindo fazer a leitura do sensor de temperatura e mostrando em tempo real na tela.

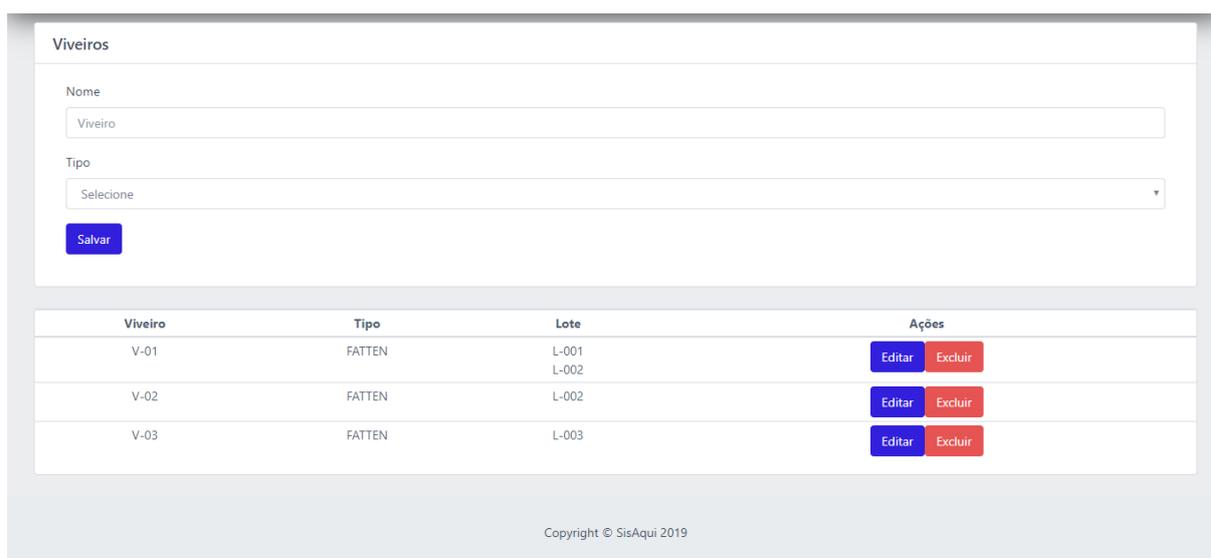
**Figura 17 – Dashboard**



Fonte: elaborado pelo autor

Na Figura 18, é mostrada a tela na qual é feita a parte de gestão dos viveiros. A funcionalidade permite que se faça o registro dos viveiros existentes na fazenda e de quais tipos eles são (berço ou engorda); na parte inferior da página é possível visualizar a relação de todos os viveiros registrados, seu tipo, quais lotes estão inseridos em cada viveiro e a opção de editar ou excluir o viveiro.

**Figura 18 – Tela de viveiros**



Fonte: elaborado pelo autor

Os dados mostrados na tela, são adquiridos através das requisições à API, ou seja, através daquele exemplo da Figura que é mostrada da requisição à API do

SisAqui, o sistema este sistema consegue ter acesso àqueles dados e apresentá-los de forma que possibilite uma boa visualização e de uso bastante intuitivo.

A gestão de alimentação proporciona um gerenciamento de registros do arraçamentos de cada viveiro, salvando os dados de qual ração foi utilizada, a quantidade em quilogramas (kg), o dia e horário, e por fim, a qual viveiro este registro pertence. O registro pode ser feito clicando na parte inferior no qual seleciona-se qual viveiro se deseja registrar uma alimentação, que logo na parte superior aparecerá o viveiro selecionado para que se possa escolher a ração e a quantidade em quilogramas utilizada, como mostrado na Figura 19.

**Figura 19 – Tela de alimentação**

The screenshot shows the 'Alimentação' (Feeding) interface. At the top, there is a form with the following fields:

- Viveiro:** A dropdown menu with 'V-01' selected.
- Ração:** A dropdown menu with 'Ração Engorda' selected.
- Quantidade (kg):** A text input field containing the number '50'.
- Salvar:** A blue button to save the record.

Below the form is a table with two columns: 'Viveiro' and 'Alimentação'. The table lists three nurseries (V-01, V-02, V-03) and each has a blue 'Registrar' button next to it.

Viveiro	Alimentação
V-01	Registrar
V-02	Registrar
V-03	Registrar

At the bottom of the screen, there is a copyright notice: 'Copyright © SisAqui 2019'.

Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, o sistema possui uma funcionalidade para acompanhamento de produção que acompanha a produção dos lotes (carregamentos) por suas etapas de produção: por quais viveiros ele passou, as condições ambientes a que foram submetidos e seu histórico alimentício. Na tela de lotes (Figura 20) é onde se tem o controle de cada carregamento da produção, nela poderá ser visualizado, na parte inferior, o registro dos dados de produção, em quais viveiros eles foram despejados e informa ração, data e hora e quantidade em quilogramas da ração de cada alimentação registrada tanto pelo Sistema *Web* quanto pelo aplicativo. Caso o gestor deseje fazer alguma alteração, ele pode selecionar a opção de editar que a parte superior da página será preenchida para que o gestor possa fazer a modificação e salvar. Caso precise cadastrar um novo lote, ele precisa apenas digitar o nome no campo indicado e salvar.

Figura 20 – Tela de lotes

**Lotes**

Nome

Monitorados por:

V-01  V-02  V-03

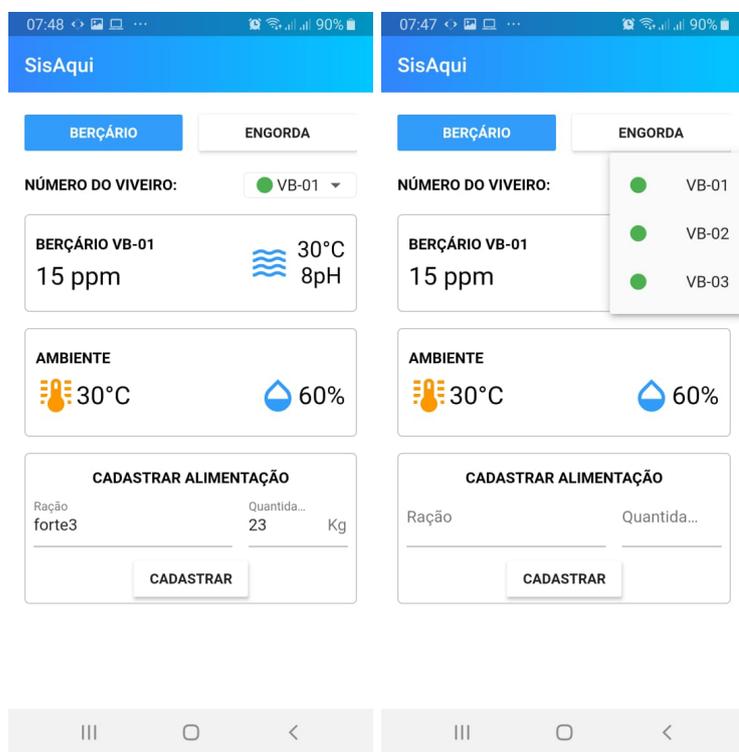
Lote	Viveiros	Alimentação			Ações	
		Ração	Quantidade (kg)	Data/Hora	Editar	Excluir
L-001	V-01	Ração Engorda	30	2019-12-13T15:56:35.162	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
		Ração Berçário	20	2019-12-14T09:26:06.783		
		Ração Engorda	500	2019-12-14T09:26:21.767		
		Ração Engorda	10	2019-12-14T09:26:50.084		
		Ração Berçário	50	2019-12-14T09:28:35.577		
L-002	V-01 V-02	Ração Engorda	50	2019-12-13T15:57:01.246	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
		Ração Berçário	20	2019-12-14T09:27:40.186		
		Ração Berçário	50	2019-12-14T09:28:35.577		
L-003	V-03	Ração Engorda	40	2019-12-13T15:57:14.825	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Fonte: elaborado pelo autor

O aplicativo SisAqui tem como objetivo oferecer uma opção prática tanto para o gestor quanto para o técnico responsável pelo arraçoamento dos viveiros. Na Figura 21 são mostradas as telas principais do aplicativo que foi construído, onde são mostradas duas abas, uma para viveiros do tipo **berçário** e outra para o tipo **engorda**. São etapas de produção utilizadas por algumas empresas e um laboratório de aquicultura, que foram consultados na fase de planejamento do projeto. Em cada aba são listados os viveiros respectivos ao tipo selecionado (berçário ou engorda). Ao selecionar o viveiro são exibidas as condições da água (temperatura, pH e oxigênio) e do ambiente externo (temperatura e umidade do ar). Como sinal de alerta, o aplicativo possui um indicador que fica ao lado da identificação do viveiro.

Na mesma tela é possível registrar uma alimentação (ração e quantidade em quilogramas) daquele viveiro selecionado; funcionalidade útil para o agente responsável pela ação, que ao cadastrar no aplicativo, o sistema é responsável por fazer o registro. Também é possível identificar quaisquer falhas no equipamento, como inconsistência de dados, pois os sensores possuem um padrão de leitura para quando não está configurado de forma correta ou quando não está devidamente conectado.

Figura 21 – Aplicativo móvel



Fonte: elaborado pelo autor

## 6 CONCLUSÃO

Apesar de não se ter um estudo de caso do sistema, o SisAqui apresenta uma solução que funciona, pois atende às exigências propostas mesmo que na ausência do sensor de OD que podem ser facilmente acoplados à solução, assim como a facilidade de implementar outros equipamentos que sejam necessários ou que a fazenda necessite. Os resultados aqui apresentados, também foram apresentado aos eixos de aquicultura e tecnologia da informação, apresentando-os o funcionamento desde a captura dos dados sensoriais até o aplicativo móvel e o sistema *web*. A apresentação foi importante para destacar as potencialidades do uso de IoT no cenário de cultivo de pescados na aquicultura.

Durante o desenvolvimento do projeto, algumas dificuldades foram encontradas, como a obtenção do sensor de OD que possua código aberto para que possa ser embarcado no módulo.

Como trabalhos futuros, almeja-se a aquisição deste equipamento faltoso e seus testes em cenário real. Mas se pode ter como conclusão que o sistema consegue monitorar o sensor, fazer a comunicação LoRa em tempo real com o sistema *web* e com o aplicativo assim como fazer o registro de alimentação pelas duas plataformas. O Sistema também permite o gerenciamento de viveiros e acompanhamento dos lotes durante o processo de produção.

Ao efetuar pesquisas relacionando a transparência de dados do processo produtivo com a confiança do consumidor, foi decidido que para o seguimento deste trabalho será feita uma versão comercial para levar transparência do processo produtivo de pescados até o consumidor acrescentando funcionalidades que atendam a essa necessidade. Devido a confiança do consumidor do setor alimentício ter sido afetada negativamente por causa de fraudes e falta de transparência nos processos produtivos e fiscalização do governo (RODRIGUEZ-SALVADOR; DOPICO, 2020; KORTHALS, 2008) este trabalho pretende acrescentar um módulo rastreabilidade à solução proposta, criando um aplicativo para disponibilizar ao consumidor, todas as informações sobre todo o processo de cultivo.

Para a continuação deste trabalho, também almeja-se utilizar algoritmos de Inteligência Artificial (AI) para se ter um melhor aproveitamento na produção, utilizando dados coletados em um estudo de caso em um ambiente real sobre as condições da água, de alimentação e informações relacionadas a cada lote, como tempo de berço, tempo de engorda e peso final do pescado.

## REFERÊNCIAS

- ADUANEIROS, E. *TUDO Sobre as Barreiras Protecionistas Europeia aos Pescados Brasileiros*. 2018. Disponível em: <<https://estudosaduaneiros.com.br/barreiras-protecionistas-europeia-aos-pescados-brasileiros/>>. Acesso em: 4 março. 2020. Citado na página 13.
- AUTOMATION, H. *WiFi LoRa 32 (v2)*. 2020. Disponível em: <<https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- BATRINU, C. *Projetos de Automação Residencial com ESP8266*. São Paulo - SP: novatec, 2018. 176 p. Bibliografia: p. 16–49. ISBN 978-85-7522-680-3. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 23.
- CATTANI, M.; BOANO, C. A.; RÖMER, K. An experimental evaluation of the reliability of lora long-range low-power wireless communication. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 6, n. 2, p. 7, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 19.
- CEARÁ, L. N. d. E. do. Censo da carcinicultura do litoral norte do estado do ceará e zonas interioranas adjacentes. 2017. Citado na página 15.
- COMMISSION, E. *Consumer information*. 2020. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/market/consumer-information>>. Citado na página 13.
- Dupont, C.; Cousin, P.; Dupont, S. lot for aquaculture 4.0 smart and easy-to-deploy real-time water monitoring with iot. In: *2018 Global Internet of Things Summit (GloTS)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–5. ISSN null. Citado na página 14.
- EGLI, P. R. *LPWAN - Low Power Wide Area Network*. 2015. Disponível em: <[http://indigoo.com/dox/itdp/12\\_MobileWireless/LPWAN.pdf](http://indigoo.com/dox/itdp/12_MobileWireless/LPWAN.pdf)>. Acesso em: 30 Abril. 2020. Citado na página 20.
- EMILIO, M. di P. *Comunicação LPWAN para IoT*. 2019. Disponível em: <<https://www.eetimes.eu/lpwan-communication-for-iot/>>. Acesso em: 5 março. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- Encinas, C. et al. Design and implementation of a distributed iot system for the monitoring of water quality in aquaculture. In: *2017 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–7. ISSN null. Citado 4 vezes nas páginas 14, 25, 26 e 31.
- FIROUZI, F. et al. lot fundamentals: Definitions, architectures, challenges, and promises. In: \_\_\_\_\_. *Intelligent Internet of Things: From Device to Fog and Cloud*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 3–50. ISBN 978-3-030-30367-9. Citado na página 18.
- GOOGLE. *Flutter Technical Overview, What is Flutter*. 2019. Disponível em: <<https://flutter.dev/docs/resources/technical-overview>>. Acesso em: 15 março. 2020. Citado na página 38.

- HUAN, J. et al. A monitoring and control system for aquaculture via wireless network and android platform. *Sensors Transducers*, v. 169, n. 4, p. 250–256, 04 2014. Nome - Google Inc; Copyright - Copyright IFSA Publishing, S.L. Apr 2014; Artigo principal do documento - Diagrams; Illustrations; Tables; Graphs; ; Última atualização em - 2014-06-09; SubjectsTermNotLitGenreText - China. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/1534083567?accountid=26550>>. Citado na página 38.
- IBGE. *Produção da Pecuária Municipal 2018*. 2019. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2018\\_v46\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf)>. Acesso em: 10 março. 2020. Citado na página 14.
- JSON. *Introdução ao JSON*. 2020. Disponível em: <<https://www.json.org/json-pt.html>>. Acesso em: 16 de maio 2020. Citado na página 35.
- KORTHALS, M. Ethical rooms for maneuver and their prospects vis-à-vis the current ethical food policies in europe. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, Springer, v. 21, n. 3, p. 249, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 45.
- LI, C. et al. A hybrid model for dissolved oxygen prediction in aquaculture based on multi-scale features. *Information Processing in Agriculture*, v. 5, n. 1, p. 11 – 20, 2018. ISSN 2214-3173. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317317301208>>. Citado na página 32.
- LIGHT, R. Mosquitto: server and client implementation of the mqtt protocol. *Journal of Open Source Software*, The Open Journal, v. 2, n. 13, p. 265, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.21105/joss.00265>>. Citado na página 36.
- LIS, R. T. L. *Ministra da Agricultura confirma devolução de 1,4 mil toneladas de frango pelo Reino Unido por problemas com salmonela*. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/07/03/ministra-da-agricultura-confirma-devolucao-de-14-mil-toneladas-de-frango-pelo-reino-unido-por-problemas-com-salmonela.ghtml>>. Acesso em: 4 março. 2020. Citado na página 13.
- LOPEZ RESEARCH LLC. Uma introdução à internet da coisas (iot). In: \_\_\_\_\_. *Uma introdução à Internet da Coisas (IoT)*. 2013. v. 1. Disponível em: <[https://www.cisco.com/c/dam/global/pt\\_br/assets/brand/iot/iot/pdfs-/lopez\\_research\\_an\\_introduction\\_to\\_iot\\_102413\\_final\\_portuguese.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs-/lopez_research_an_introduction_to_iot_102413_final_portuguese.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2020. Citado na página 18.
- Magrin, D.; Centenaro, M.; Vangelista, L. Performance evaluation of lora networks in a smart city scenario. In: *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–7. ISSN 1938-1883. Citado na página 19.
- Maier, A.; Sharp, A.; Vagapov, Y. Comparative analysis and practical implementation of the esp32 microcontroller module for the internet of things. In: *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 143–148. ISSN null. Citado na página 15.
- MEKKI, K. et al. A comparative study of lpwan technologies for large-scale iot deployment. *ICT Express*, v. 5, n. 1, p. 1 – 7, 2019. ISSN 2405-9595. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

MONGODB. *The database for modern applications*. 2020. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/>>. Citado na página 37.

Mukherji, S. V. et al. Smart agriculture using internet of things and mqtt protocol. In: *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 14–16. ISSN null. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 35.

MUKWABI, D. et al. Temperature and ph influence on bacterial pathogens infecting farmed Nile tilapia in aquaculture systems in Bungoma County, Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 7, n. 1, p. 190–197, 2019. Citado na página 33.

NOVAES, C. B. D. *Operação revela venda de carne vencida e moída com papelão*. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2017/03/operacao-revela-venda-de-carne-vencida-e-moida-com-papelao.html>>. Acesso em: 4 março. 2020. Citado na página 13.

OLIVEIRA, R.; BRAGA, R.; OLIVEIRA, C. Plante: An Intelligent Platform for Monitoring and Controlling of Agricultural Environments. In: MENA, F. M. et al. (Ed.). *8th International Workshop on ADVANCEs in ICT Infrastructures and Services (ADVANCE 2020)*. Cancún, Mexico, 2020. (Proc. of the 8th International Workshop on ADVANCEs in ICT Infrastructures and Services (ADVANCE 2020)), p. 1–8. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02495231>>. Citado na página 18.

OLSEN, P.; BORIT, M. How to define traceability. *Trends in Food Science Technology*, v. 29, n. 2, p. 142 – 150, 2013. ISSN 0924-2244. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224412002117>>. Citado na página 14.

Raju, K. R. S. R.; Varma, G. H. K. Knowledge based real time monitoring system for aquaculture using IoT. In: *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 318–321. ISSN 2473-3571. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

Reynders, B.; Pollin, S. Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication. In: *2016 Symposium on Communications and Vehicular Technologies (SCVT)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–5. ISSN null. Citado na página 20.

RIBERA. *Cidade inteligente, IoT e AI*. 2020. Disponível em: <<https://riberasolutions.com/smart-city-iot-and-ai/>>. Citado na página 19.

RODRIGUEZ-SALVADOR, B.; DOPICO, D. C. Understanding the value of traceability of fishery products from a consumer perspective. *Food Control*, p. 107142, 2020. ISSN 0956-7135. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671352030058X>>. Citado 3 vezes nas páginas 13, 14 e 45.

SANTOS, C. Aquicultura e pesca: a mudança do modelo exploratório. *Manejo e sanidade de peixes em cultivo*. Macapá: Embrapa Amapá, p. 13–32, 2009. Citado na página 15.

- SHOP, E. *Configure MQTT runing on ESP8266 for Home Automation*. 2019. Disponível em: <<https://esp8266-shop.com/blog/configure-mqtt-runing-on-esp8266-for-home-automation/>>. Citado na página 23.
- SOSA, B. d. S. Identificação dos parâmetros físico-químicos da água e climáticos mais relevantes na produtividade da criação de camarões (*litopenaeus vannamei*) em sistema heterotrófico. Universidade Federal do Pampa, 2015. Citado na página 15.
- SPRING. *Why Spring?* 2020. Disponível em: <<https://spring.io/why-spring>>. Acesso em: 16 de maio 2020. Citado na página 37.
- TOGUEYINI, T. Z. e S. MALO e F. KAGEMBEGA e A. Soluções de iot de baixo custo para piscicultores agrícolas de afirca: um estudo de caso de burkina faso. In: *2018 1ª Conferência Internacional sobre Cidades e Comunidades Inteligentes (SCCIC)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–7. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.
- VENDRUSCOLO, A. B. Reflexo dos escândalos alimentares na confiança dos consumidores de carne bovina no brasil. Universidade Federal da Grande Dourados, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 31.
- Yokotani, T.; Sasaki, Y. Comparison with http and mqtt on required network resources for iot. In: *2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–6. ISSN null. Citado na página 35.
- YUAN, M. *Conhecendo o MQTT*. 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com-developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>>. Acesso em: 5 março. 2020. Citado na página 24.