

DOI:

INTERNET OF THINGS APPLIED TO SUPPORT FISH FARMING IN JOINVILLE/SC

INTERNET DAS COISAS APLICADA NO SUPORTE A PISCICULTURA EM JOINVILLE/SC

Luan Eduardo Bachtold

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE (UNIVILLE) JOINVILLE – SC – BRASIL - ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-9361-062X>

Walter Silvestre Coan

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE (UNIVILLE) JOINVILLE – SC – BRASIL - ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-3128-8161>

Abstract

This article aims to use LoRaWAN technology for the constant monitoring of fish farming, as a support to the activity of a fish farmer. For this purpose, a sensor device capable of measuring the temperature and transmitting the information to an Internet of Things platform was used. The experiment was carried out in the Vila Nova district, Joinville, with the fish farmer Leandro Sardagna indicated by SAMA (Secretariat of Agriculture and Environment). For the monitoring of the data by the fish farmer, SMS messages were sent informing the current temperature of the weir. The data collected with the experiment will be analyzed qualitatively, through an interview with a fish farmer, making an analysis of perception. The results obtained through the perception analysis validate that the use of technology in fish farming can improve the activity.

Key words: LoRaWAN, Fish farmer, Internet of Things, Joinville, Brazil

Resumo

Este artigo tem por objetivo utilizar a tecnologia LoRaWAN para o monitoramento constante da criação de peixes, como suporte à atividade de um piscicultor. Para isso foi utilizado um dispositivo sensor capaz de medir a temperatura e transmitir a informação para uma plataforma de Internet das Coisas. O experimento foi realizado no bairro Vila Nova, Joinville, com o piscicultor Leandro Sardagna indicado pela SAMA (Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente). Para o monitoramento dos dados pelo piscicultor, foi enviado mensagens SMS informando a temperatura atual do açude. Os dados coletados com o experimento serão analisados de forma qualitativa, por meio de uma entrevista com um piscicultor, fazendo uma análise de percepção. Os resultados obtidos por meio da análise de percepção validam que o uso da tecnologia na piscicultura pode trazer uma melhora na atividade.

Palavras-chave: LoRaWAN, Piscicultor, Internet das Coisas, Joinville, Brasil

Internet das Coisas aplicada no suporte a piscicultura em Joinville/SC

Luan Eduardo Bachtold, Walter Silvestre Coan

Bacharelado em Sistemas de Informação
Universidade da Região de Joinville (Univille) Joinville – SC – Brasil

luan.bachtold@univille.br, walter.coan@univille.br

Abstract. *This article aims to use LoRaWAN technology for the constant monitoring of fish farming, as a support to the activity of a fish farmer. For this purpose, a sensor device capable of measuring the temperature and transmitting the information to an Internet of Things platform was used. The experiment was carried out in the Vila Nova district, Joinville, with the fish farmer Leandro Sardagna indicated by SAMA (Secretariat of Agriculture and Environment). For the monitoring of the data by the fish farmer, SMS messages were sent informing the current temperature of the weir. The data collected with the experiment will be analyzed qualitatively, through an interview with a fish farmer, making an analysis of perception. The results obtained through the perception analysis validate that the use of technology in fish farming can improve the activity.*

Keywords: *LoRaWAN. Fish farmer.*

Resumo. *Este artigo tem por objetivo utilizar a tecnologia LoRaWAN para o monitoramento constante da criação de peixes, como suporte à atividade de um piscicultor. Para isso foi utilizado um dispositivo sensor capaz de medir a temperatura e transmitir a informação para uma plataforma de Internet das Coisas. O experimento foi realizado no bairro Vila Nova, Joinville, com o piscicultor Leandro Sardagna indicado pela SAMA (Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente). Para o monitoramento dos dados pelo piscicultor, foi enviado mensagens SMS informando a temperatura atual do açude. Os dados coletados com o experimento serão analisados de forma qualitativa, por meio de uma entrevista com um piscicultor, fazendo uma análise de percepção. Os resultados obtidos por meio da análise de percepção validam que o uso da tecnologia na piscicultura pode trazer uma melhora na atividade.*

Palavras-chave: *LoRaWAN. Piscicultor.*

1. Introdução

Conforme o avanço da tecnologia é cada vez mais comum ver soluções e projetos voltados para o meio rural, e a internet das coisas (IoT) através do monitoramento de medidas com sensores, traz um aproveitamento maior da produção de alimentos. As tecnologias LPWAN se comportam bem no meio rural por não possuir tantos obstáculos para o envio do sinal e após a aplicação não é necessário manutenção no dispositivo por um longo tempo.

Segundo a ONU (2019) “A população mundial deve crescer cerca de 2 bilhões de pessoas chegando a 9,7 bilhões em 2050”, para suprir alimento a essa quantidade de pessoas onde será cada vez maior o consumo de carne, frutas, legumes e cereais, a produção terá que

ser maior também. A adoção de uma tecnologia ou solução de forma integrada, pode reduzir a utilização de insumos e o impacto sobre o meio ambiente e, ainda assim, obter ganhos de produtividade (AGROANALYSIS, 2016, p. 1). Com a necessidade cada vez maior de alimentos e o avanço do IoT surge a questão: As tecnologias da Internet das Coisas podem contribuir para as práticas de monitoramento utilizadas na Piscicultura de Precisão?

A pesquisa tem por objetivo avaliar o monitoramento constante da criação de peixes, como suporte à atividade de um piscicultor. Através do envio de mensagens contendo a informação de temperatura do açude para que o piscicultor possa utilizar essa informação da melhor forma.

A temperatura na piscicultura é um parâmetro muito importante por conta do peixe ser um animal de sangue frio, logo eles sofrem influência direta da temperatura do ambiente em que vivem, isso varia a taxa de crescimento deles, seu metabolismo e a taxa de mortalidade (LOURENÇO et al, 1999). Portanto uma tecnologia que faça o monitoramento e traga ao piscicultor essa informação de maneira rápida e prática só traz benefícios na criação de peixes.

2. Revisão da literatura

2.1 IoT

Existem várias definições do que é IoT (Internet das Coisas - *Internet of Things*), mas Segundo Magrani (2018, p. 20) o que todas possuem em comum é "que elas se concentram em como computadores, sensores e objetos interagem uns com os outros e processam informações/dados em um contexto de hiperconectividade." Em outras palavras, IoT são diversos dispositivos que se comunicam por uma mesma rede, coletando e processando informações.

Segundo Din *et al.* (2018) o IoT pode ser empregado "nas seguintes áreas: assistência médica, indústrias, comunicações veiculares, redes sem fio de sensores (RSSF), computação em nuvem, computação em neblina, computação em borda, redes definidas por software (SDN), mineração de dados, redes celulares e muito mais"

A arquitetura básica de projetos IoT são compostas por quatro unidades: processamento/memória, comunicação, energia e sensores/atuadores:

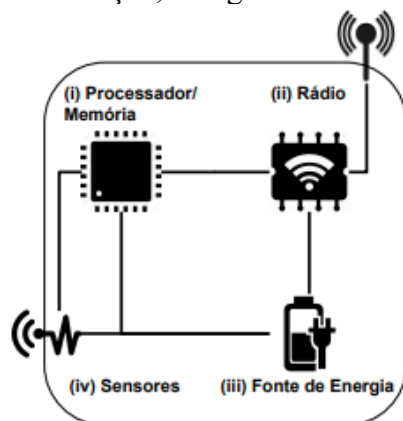


Figura 1 - Arquitetura dos dispositivos

(i) Unidade(s) de processamento/memória: “composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um microcontrolador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores.”(Santos et al., 2016, p.8) Essas unidades geralmente tem o consumo de energia baixo e ocupa o menor espaço possível.

(ii) Unidade(s) de comunicação: “consiste de pelo menos um canal de comunicação com ou sem fio, sendo mais comum o meio sem fio. Neste último caso, a maioria das plataformas usam rádio de baixo custo e baixa potência.”(Santos et al., 2016 ,p.8)

(iii) Fonte de energia: existem diversos tipos de formas de alimentar os componentes IoT, geralmente é utilizado baterias(recarregáveis ou não) ou um conversor AC-DC. Entretanto existem fontes alternativas de alimentação como por meio de energia solar, e outro tipos de fonte que captura a energia do ambiente através de técnicas de conversão, energia mecânica em energia elétrica.(Santos et al., 2016, p.8)

(iv) Unidade(s) de sensor(es): “realizam o monitoramento do ambiente no qual o objeto se encontra. Os sensores capturam valores de grandezas físicas como temperatura, umidade, pressão e presença.”(Santos et al., 2016, p.8)

2.2 LPWAN

Com o rápido crescimento do IoT, um dos principais produtos oferecidos é a LPWAN (*Low Power Wide Area Network* - rede de área ampla de baixa potência), que é uma tecnologia popular de comunicação de rádio de longo alcance, baixa taxa de dados e baixo consumo de energia, pois os dispositivos só consomem energia quando enviam alguma informação.

Segundo Mekki et al. (2019) essa tecnologia “fornece comunicação de longo alcance até 10 a 40 km nas zonas rurais e 1 a 5 km nas zonas urbanas. Além disso, é altamente eficiente em termos de energia (ou seja, mais de 10 anos de duração da bateria) e barato, com o custo de um chipset de rádio inferior a 2 € e um custo operacional de 1 € por dispositivo por ano.”

Para que essa tecnologia possa enviar a informação a longas distâncias é necessário uma potência alta, para que a potência seja alta a taxa de dados tem que ser baixa, para que o sinal não fique muito tempo no ar, assim respeitando as regras de transmissão de sinal impostas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). As informações enviadas podem ter de 20 a 256 bytes, ou seja nada vídeos, imagens ou áudios. As LPWAN's que mais se destacam são Sigfox, LoRa e NarrowBand IoT.

2.3 LoRa

LoRa é uma dessas tecnologias de longo alcance e baixo consumo de energia (LPWAN). De acordo com a Semtech (2020) a proprietária da tecnologia, “LoRa (abreviação de longo alcance) é uma técnica de modulação de espectro de dispersão derivada da tecnologia *chirp spread spectrum* (CSS).” A tecnologia LoRa ganhou uma grande importância com o rápido crescimento do mercado IoT e das LPWANs.

Segundo a LoRa Alliance Technical Marketing Workgroup (2015, p.4) “LoRa® é a camada física ou a modulação sem fio utilizada para criar o link de comunicação de longo alcance.” Essa tecnologia possui a capacidade de enviar informações a uma longa distância, com um baixo consumo de energia.

2.4 LoRaWAN

LoRaWAN é um protocolo de comunicação que usa a tecnologia LoRa, o LoRaWAN é definido pela LoRa Alliance, que é uma empresa sem fins lucrativos que tem como visão “Capacitar a IoT sustentável para maximizar a eficiência, melhorar a qualidade de vida e proteger os recursos do planeta” por meio da tecnologia LoRaWAN. (Lora-alliance, 2020)

“LoRaWAN™ define o protocolo de comunicação e a arquitetura do sistema para a rede, enquanto a camada física LoRa® permite o link de comunicação de longo alcance. O protocolo e a arquitetura de rede têm maior influência na determinação da vida útil da bateria de um nó, na capacidade da rede, na qualidade de serviço, na segurança e na variedade de aplicativos atendidos pela rede.”(Alliance Technical Marketing Workgroup, 2015, p.7)

2.4.1 Topologia LoRaWAN

Segundo a Lora-alliance (2020) “A arquitetura de rede LoRaWAN é implantada em uma topologia estrela, na qual os gateways retransmitem mensagens entre os dispositivos finais e um servidor de rede central.”

Para a informação chegar até onde deve, ela passa por algumas etapas:

- *End Nodes* (Nós finais) - Nessa fase ficam os sensores que capturam e transmitem dados para gateways a distâncias próximas e distantes, internas e externas, com um mínimo de energia.(Semtech, 2020)
- *Gateway* - Gateways são dispositivos poderosos capazes de receber e decodificar várias transmissões simultâneas, com dados recebidos dos sensores os gateways enviam informações via Wi-Fi, Ethernet ou celular para o servidor de rede.(Semtech, 2020)
- *Network Server* (Servidor de rede) - o servidor de rede é “responsável pelas funções de gerenciamento de rede, como ativação sem fio, deduplicação de dados, roteamento dinâmico de quadros, controle de taxa adaptável, gerenciamento de tráfego, e administração.”(Semtech, 2020) Após processar as informações o servidor envia as informações ao servidor de aplicação.
- *Application Server* (Servidor de Aplicação) - os servidores de aplicação “interpretam os dados coletados por dispositivos baseados em LoRa, aplicando técnicas como aprendizado de máquina e inteligência artificial para resolver problemas de negócios em um planeta mais inteligente.”(Semtech, 2020)

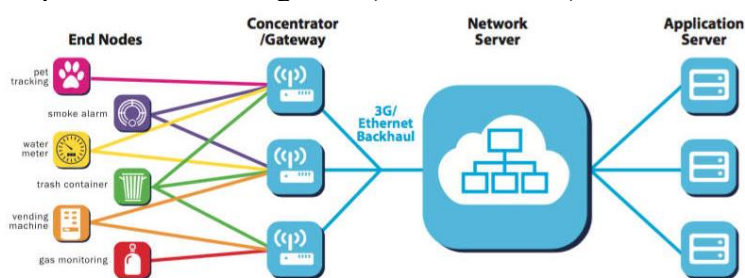


Figura 2 - Topologia em estrela de uma rede LoRaWAN.

2.4 Agricultura de Precisão

Para Jawad et al. (2017) “A agricultura de precisão (AP) é uma estratégia de gerenciamento que emprega tecnologia da informação para melhorar a qualidade e a produção.”

Dessa forma, a AP é uma ferramenta que auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais no manejo das culturas, levando em conta a variabilidade espacial e temporal

da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (Inamasu; Bernardi, 2014). Os princípios da metodologia AP podem ser aplicados na piscicultura de precisão não para a produção agrícola mas no cultivo de alimentos em si, trazendo todos os benefícios que a tecnologia da informação tem a oferecer.

3. Procedimentos metodológicos

O delineamento da pesquisa é caracterizado por um experimento com o objetivo de contribuir, avaliando o monitoramento constante da criação de peixes, como suporte à atividade de um piscicultor. Após leitura de vários artigos sobre a tecnologia aplicada na área de agricultura de precisão, como no artigo “*Internet of Shrimp: Uso da tecnologia LoRaWAN para monitoramento de carciniculturas modernas*”, fica claro que a tecnologia pode trazer muitos benefícios para a piscicultura.

A pesquisa busca utilizar o modelo de pesquisa qualitativa, após a realização do experimento foi aplicado um questionário ao piscicultor a respeito da usabilidade da tecnologia. Acreditamos que a utilização da tecnologia trouxe algum benefício ou melhora de produtividade para o piscicultor, e a avaliação busca medir isso. Por conta do experimento não ter iniciado no início do ciclo de criação dos peixes, e por ter uma quantidade menor de peixes criados nesse ciclo comparado a anterior, uma pesquisa quantitativa não traria dados confiáveis.

Após o contato com a SAMA (Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente), o Eng. Agr. Carlos Alberto N. do Amaral ajudou a localizar possíveis produtores rurais dispostos a participar do projeto, o local definido para o experimento foi uma propriedade localizada no Vila Nova, Joinville, onde o Agricultor/Piscicultor Leandro Sardagna se disponibilizou para ajudar no projeto.

Na primeira visita ao local do experimento foi realizado uma entrevista, para saber a melhor aplicação da tecnologia e onde ficaria a parte física do projeto, inicialmente a ideia era monitorar a umidade do solo, porém o senhor Leandro apresentou uma nova situação onde a tecnologia seria melhor aproveitada, que é no monitoramento da temperatura de um de seus açudes. O piscicultor explicou que na criação de peixes um dos parâmetros mais importantes é a temperatura da água, pois os peixes são mais sensíveis a mudanças de temperatura, além dela afetar na oxigenação da água, no PH, e na quantidade de ração dada aos peixes, se qualquer dessas situações estiver fora do nível ideal resulta na morte do peixe.

A proposta tecnológica utilizada no experimento pode ser dividido em 4 partes: *Endpoint*, *Gateway*, Plataforma TTN (The Things Network) e Azure.

O *Endpoint* se trata do aparelho que fica a exposição no açude coletando os dados, ele é composto pelo ESP32 LoRa, pelo sensor de Temperatura DS18B20, por 2 baterias de Li-ion, e pela caixa plástica para guardar todos esses componentes. As leituras de temperaturas são enviadas ao gateway a partir de um sinal de radiofrequência, são realizadas leituras a cada 30 minutos totalizando 48 medições por dia.



Figura 3/Figura 4 - *Endpoint/Endpoint* implantado no açude

O *Gateway* LoRa inicialmente não seria desenvolvido por se tratar de uma tecnologia comunitária e poder usar *gateways* já existentes, porém como no local do experimento não possui nenhum *gateway* no alcance teve de ser desenvolvido um. Após procura de *gateways*, a melhor opção encontrada foi montar um, com um Raspberry Pi 3, um módulo Dragino LoRa e configuração Linux que é facilmente encontrada na internet.



Figura 5 - *Gateway* em funcionamento no piscicultor

Após o sinal ser recebido do *gateway* na plataforma TTN ele deve ser decodificado e enviado a alguma plataforma de armazenamento de dados para que seja salvo, pois a plataforma TTN não guarda esses dados. Foi realizada uma integração *Webhook*, onde foi passado a URL contendo o endereço de para onde essa informação deve ser encaminhada.

A plataforma escolhida para armazenamento desses dados foi o Azure IoT Central, onde é possível analisar os dados através de gráficos, podendo comparar datas e horários de dias diferentes, notando as variações de temperatura.

Carimbo de data/hora	Tipo de mensagem	Hora de criação do evento	temperatura
> 15/04/2021 14:30:29	Telemetria		24.31
> 15/04/2021 14:00:41	Telemetria		24.31
> 15/04/2021 13:30:53	Telemetria		24.31
> 15/04/2021 13:01:01	Telemetria		24.31
> 15/04/2021 12:31:19	Telemetria		24.12
> 15/04/2021 11:31:33	Telemetria		23.87
> 15/04/2021 11:01:19	Telemetria		23.81
> 15/04/2021 10:31:25	Telemetria		23.62
> 15/04/2021 10:03:00	Telemetria		23.68

Figura 6 - Dados na plataforma Azure IoT Central

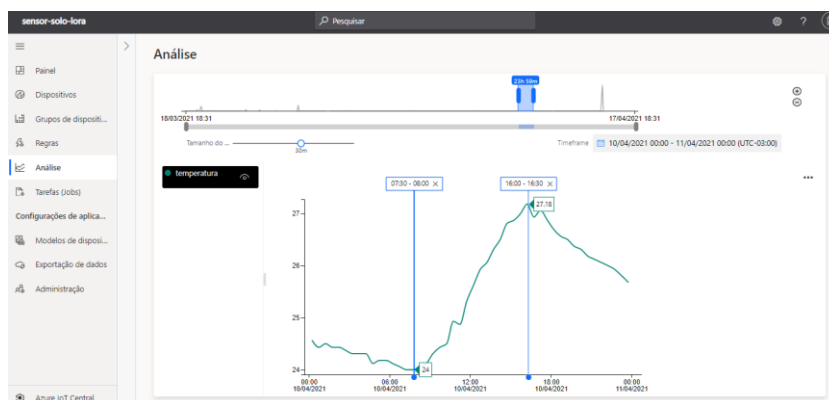


Figura 7 - Gráfico de análise na plataforma Azure IoT Central

O Azure IoT Central só armazena os dados por 30 dias, por isso, foi criado uma conta de armazenamento de dados no Azure para que os dados possam ser guardados por tempo indeterminado, enquanto tiver créditos no Azure.

Para facilitar o acesso a informação de temperatura do açude ao piscicultor, foi enviado via mensagem SMS diretamente ao celular dele a temperatura. Quando perguntado os horários para envio, o piscicultor pediu às 02:30, às 08:30, às 11:30 e às 16:30, totalizando 4 mensagens por dia.



Figura 8 - Mensagem SMS encaminhada ao celular do piscicultor

Por conta de ter sido definido uma pesquisa qualitativa, após o período de coleta de dados e envio de mensagens de temperatura do açude para o piscicultor, foi realizado uma entrevista/questionário visando coletar dados sobre a percepção do piscicultor do quanto o experimento contribuiu para sua produtividade.

O questionário é composto por 4 perguntas do tipo Escala Likert: “Você faz monitoramento da temperatura do açude manualmente?”, “Você acredita que o monitoramento de temperatura do açude, trouxe/traz benefícios na produtividade?”, “Você acredita que a tecnologia implantada a longo prazo(anos) pode trazer benefícios?”, “A implantação da tecnologia trouxe um conforto/comodidade maior em alguma situação comparado a antes da utilização da mesma?” e de 1 pergunta do tipo resposta aberta “Você mudou algum hábito após a implantação da tecnologia, como horário de alimentação dos peixes, quantidade de ração entre outras situações?”.

Para analisar os dados qualitativos obtidos através do questionário serão apresentados e discutidos, para obter um feedback da tecnologia na visão do piscicultor.

4. Análise dos dados e discussão dos resultados

O experimento teve a duração de 20 dias, do dia 26/03/2021 até 17/04/2021, chegando ao fim por conta do esgotamento da bateria. Ao ser implantado o projeto no local de experimento, não existia uma ideia ao certo de quanto tempo iria durar a bateria, pois estava sendo prototipado toda a parte física do endpoint e sendo refinado o código, e deixá-lo parado por semanas para o teste da bateria não era uma boa opção.

Durante esse período de teste, algumas mensagens foram perdidas por falha de comunicação entre *endpoint* e *gateway*, 2 situações que aconteciam era a queda de luz e a queda da internet, com essas situações o raspberry desligava ou perdia a conexão, dessa maneira o *script* que mantém o *gateway* ativo acabava parando, e via conexão remota tinha de ser ativo novamente. Dessa maneira algumas leituras foram perdidas, mas em pouco tempo já era ativo novamente o *script*, e como as leituras são feitas a cada 30 minutos mesmo perdendo 1 leitura a anterior continua bem próxima à que foi perdida.

Com apoio da plataforma Azure IoT Central, os 20 dias de leituras de temperatura podem ser vistos/analizados em forma de gráfico.



Figura 9 - Resultado gráfico de todas as medições coletadas

Após o experimento foi realizado uma entrevista com o piscicultor, onde foi obtido o seguinte feedback da tecnologia segundo a percepção do mesmo:

Você faz monitoramento da temperatura do açude manualmente?

() Nunca () Quase nunca (X) Às vezes () Quase sempre () Sempre

Você acredita que o monitoramento de temperatura do açude, trouxe/traz benefícios na produtividade?

Discordo totalmente Discordo parcialmente Nem discordo e nem concordo
Concordo Concordo totalmente

Você acredita que a tecnologia implantada a longo prazo(anos) pode trazer benefícios?

Discordo totalmente Discordo parcialmente Nem discordo e nem concordo
Concordo Concordo totalmente

A implantação da tecnologia trouxe um conforto/comodidade maior em alguma situação comparado a antes da utilização da mesma?

Discordo totalmente Discordo parcialmente Nem discordo e nem concordo
Concordo Concordo totalmente

Você mudou algum hábito após a implantação da tecnologia, como horário de alimentação dos peixes, quantidade de ração entre outras situações?

Sim, assim que recebia a mensagem mostrando a temperatura do açude já conseguia levar a quantidade certa de ração e se valia a pena tratar naquele horário com aquela temperatura.

5. Conclusão

Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de um experimento IoT, que tem como objetivo dar suporte a um piscicultor no seu dia-a-dia informando-o sobre a temperatura de seu açude de maneira rápida e cômoda, recebendo essa informação em seu celular, com essa informação o piscicultor pode ter um controle maior de suas atividades

Os resultados deste artigo obtidos através de uma análise de percepção do piscicultor, mostram que a tecnologia traz benefícios na rotina de piscicultor e com um tempo maior pode trazer ainda mais benefícios, torna sua atividade mais cômoda, e pode trazer benefícios aos peixes pois os mesmo se alimentam em um horário com uma temperatura mais ideal.

Foram obtidas informações que indicam o uso tecnologia na piscicultura, podendo servir como suporte ao piscicultor trazendo benefícios no seu dia-a-dia, aumentando sua produção final, podendo ser aplicada em diversos açudes de um mesmo piscicultor a longas distâncias, onde o mesmo teria que se deslocar por quilômetros para obter essa informação com a tecnologia possui essa informação no momento desejado em suas mãos.

Para melhorar os resultados obtidos e dar certeza sobre os benefícios que a tecnologia pode trazer, deve ser realizada o mesmo experimento buscando por dados quantitativos, comparando 2 períodos com a mesma quantidade peixes, 1 deles sem o uso da tecnologia e o outro com o uso dela, assim obtendo dados reais da diferença de ração gasta, tamanho/peso dos peixes, taxa de mortalidade, entre outros parâmetros. Assim comprovando através de uma análise de percepção quanto através de números a melhora que a tecnologia traz.

Referências

ALLIANCE, LoRa. LoRaWAN What is it. **Technical Marketing Workgroup 1.0**, Nov., 2015. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>>. Acesso em: 24 junho de 2020.

ALLIANCE, LoRa. **What is the LoRaWAN® Specification?**. Disponível em: <<https://lora-alliance.org/about-lorawan>>. Acesso em: 24 junho de 2020.

DA REDAÇÃO-AGROANALYSIS, Equipe. A nova unidade de produção. **AgroANALYSIS**, v. 36, n. 7, p. 27-30, 2016.

DIN, Ikram Ud et al. The Internet of Things: A review of enabled technologies and future challenges. **Ieee Access**, v. 7, p. 7606-7640, 2018.

Inamasu, R. Y.; Bernardi, A. C. C. Agricultura de precisão. In: bernardi, A. C. C. et al. (org.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.

Jawad, H.M.; Nordin, R.; Gharghan, S.K.; Jawad, A.M.; Ismail, M. Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review. **Sensors** 2017, 17, 1781.

LOURENÇO, JN de P.; MALTA, JC de O.; DE SOUSA, Francisneide Neves. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. Embrapa Amazônia Ocidental-Séries anteriores (INFOTECA-E), 1999.

MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, 2018.

MEKKI, Kais et al. A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. **ICT express**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2019.

ONU. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 24 junho de 2020.

SANTOS, Bruno P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, v. 31, 2016.

Semtech. **What is LoRa®?**. Disponível em: <<https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>>. Acesso em: 24 junho de 2020.