



AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS RURAIS: PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM GATEWAY DE INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA SIMPLIFICAR A AUTOMAÇÃO DA AQUICULTURA

AUTOMATION OF RURAL PROCESS: PROPOSAL TO IMPLEMENT A INTERNET OF THINGS (IOT) GATEWAY TO SIMPLIFY AQUACULTURE AUTOMATION

I. B. SANTOS^{2,*}, A. SANDMANN¹, B. E. SOUZA², C. A. P. PIZARRO¹, J. F. MARCOLIN¹ e A. I. MELGES¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

² Instituto Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil

*Corresponding author. Instituto Federal do Paraná, Department of TIC, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, Phone: +55 45 99138-3891
e-mail address: izaiaastic@gmail.com (I. B. Santos).

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2019-11-28

Accepted 2020-01-03

Available online 2020-02-15

palavras-chave

Gateway

Peixe

Sensor

Arduino

keywords

Gateway

Fish

Sensor

Arduino

ABSTRACT

The future increase in world population will require greater efficiency in food production and one way to meet this demand is to use technology to automate and optimize agribusiness production processes. In order to facilitate the automation of some of the aquaculture processes, this paper presents a proposal for simplification through information technology following the concept of Internet of Things (IoT), which is part of the definition of the term emerging platforms and consists of machine-to-machine communication over the internet. One of the advantages of this communication is the reduction of human interaction in the execution of simple processes. Applying IoT to automation using an IoT gateway can make this work easier for agribusiness professionals without prior technological experience in automation, and the approach presented in this study is more precisely aimed for professionals who want to automate aquaculture processes. This paper presents an approach on how to automate aquaculture processes following the concept of IoT.

RESUMO

O futuro aumento da população mundial exigirá maior eficiência na produção de alimentos e uma forma de atender a esta demanda é usar a tecnologia para automatizar e otimizar os processos de produção do agronegócio. Com objetivo de facilitar a automatização de alguns dos processos da aquicultura, neste trabalho é apresentada uma proposta de simplificação por meio da tecnologia da informação seguindo o conceito de Internet das Coisas (IoT), que faz parte da definição do termo plataformas emergentes e consiste na comunicação entre máquinas por meio da internet. Uma das vantagens da comunicação citada é a redução da interação humana na execução de processos simples. A aplicação da IoT na automatização utilizando um gateway de IoT pode facilitar este trabalho para profissionais do agronegócio sem prévia experiência tecnológica em automação e a abordagem apresentada neste estudo é mais precisamente voltada para profissionais que desejam automatizar os processos da aquicultura. No decorrer deste artigo é apresentado uma abordagem de como automatizar os processos da aquicultura seguindo o conceito de IoT.

1. INTRODUÇÃO

A aceleração continua das inovações tecnológicas demanda cada vez mais eficiência na produção, pois a competitividade aumenta em virtude das facilidades de conexão entre as fronteiras que em um rol de vantagens tem uma que é a facilitação do comércio de produtos.

Entre os produtos que tem o comércio facilitado estão os agrícolas e quando se trata do comércio internacional, os produtores que conseguem reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade ganham vantagem competitiva no setor de commodities que de acordo com Sarquis (2011, p. 209), são fundamentais para assegurar saldos comerciais e amenizar restrições de poupança externa do Brasil e podem ser fortalecidas com uma maior agregação de valor nos segmentos industriais derivados da agropecuária e outros.

Uma forma de reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade é utilizar a Tecnologia da Informação (TI) a favor desta demanda e um termo da TI que pode ser usado é o de Internet das Coisas (Internet of Things - IoT).

A IoT faz parte do conceito de plataformas emergentes que consiste em um termo que denota um conjunto de tecnologias que surgiram a partir de 2010. O termo ganhou popularidade e se tornou importante também na área de tecnologia da informação (TI).

O termo IoT é a capacidade de nos conectarmos a qualquer tipo de dispositivo e permitir com isto um alto nível de interoperabilidade, que é a capacidade de tornar flexível a integração de sistemas desenvolvidos em plataformas ou linguagens heterogêneas.

Conforme Ji et al. (2015, p. 1001), a IoT é um conceito emergente apresentado nos últimos anos. É uma rede de objetos habilitados para Internet, bem como os serviços de rede que interagem com esses objetos.

Alguns exemplos que podem auxiliar no entendimento da IoT são: relógios inteligentes, óculos inteligentes como o google glass, tênis com sensores e IP que passam informações de corrida em tempo real as quais podem ser analisadas por sistemas de computador. Os equipamentos a serem usados para possibilitar o uso da IoT possuem Protocolo da Internet (IP), a Figura 1 apresenta a relação de tecnologias que estão abrangidas pela IoT.

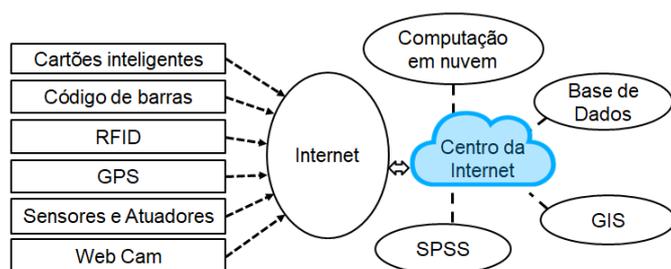


Figura 1: Sistema tecnológico de IoT

Fonte: Traduzido e adaptado de Ji et al.

Na área de negócios a IoT oferece diversos benefícios dentro de uma série de áreas das quais podemos destacar as seguintes: comércio, eventos, agricultura, medicina, energia,

automação, transporte e outras. Há uma previsão de que até 2020 teremos 200 (duzentos) bilhões de dispositivos conectados à internet por meio de IP.

Na área de agricultura seria possível utilizar a IoT para conectar sensores de detecção de umidade a fim de obter mais precisão no controle da irrigação, câmeras IP para análise de imagens visando identificar a presença de anomalias tais como: insetos, doenças, etc.

Em um cenário ideal no ramo do agronegócio deveria ser possível gerir as atividades do campo de forma mais fácil e precisa otimizando a utilização dos recursos e evitando desperdícios no intuito de torná-la mais eficiente e efetiva.

Alguns desperdícios que ocorrem no campo, quando não possuímos sistemas inteligentes, são por exemplo excesso de irrigação quando já existe previsão de chuva, exagero na aplicação de produtos químicos como adubos e agrotóxicos quando não há necessidade, etc.

É adequado considerar, ainda, que o exagero na aplicação de agrotóxicos pode causar danos a nossa saúde o que torna uma aplicação precisamente controlada por tecnologia da informação ainda mais relevante.

No presente trabalho o conceito de IoT é aplicado ao ramo do agronegócio com uma abordagem voltada para o complexo da aquicultura. De acordo com Gupta; Kotha (2017, p. 2), quando a IoT é usada na criação de sistemas inteligentes para a aquicultura, o agricultor pode monitorar facilmente as informações em relação à água, isto é, pH da água, sua temperatura e outros elementos. Usando tais recursos o agricultor pode, por exemplo, prever o que deve ser feito para ampliar o crescimento dos peixes.

Este trabalho tem como objetivo facilitar a automatização dos processos da aquicultura, e no decorrer é apresentada uma proposta de facilitação da automação por meio da tecnologia da informação seguindo o conceito de Internet das Coisas (IoT).

2. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS DA AQUICULTURA AUXILIADA PELA INTERNET DAS COISAS (IOT)

Neste tópico é realizada uma breve analogia do conceito de automação com o de IoT e é apresentado ainda as principais características da IoT conforme as referências pesquisadas.

A automação ajuda a eliminar as atividades redundantes que geram estresse quando executadas por pessoas e ajuda a criar demanda por mão de obra especializada e isto gera oportunidades de empregos nas quais o ser humano é mais valorizado e nas quais os trabalhadores podem trabalhar na construção, operação e manutenção das máquinas ao invés de executar as atividades.

A aplicação do conceito de IoT não é obtida com a simples automação, contudo esta ajuda a implementar a IoT. O conceito de internet da coisa é mais abrangente, quando automatizamos fazemos com que uma atividade que exigia um esforço manual seja executada por mecanismos tecnológicos mas em muitos casos a interação humana permanece, como por

exemplo: dirigindo uma empilhadeira ou operando um controle remoto, o conceito de IoT é mais avançado e neste a interação humana é menos demandada ou seja as máquinas interagem umas com as outras e fazem isto com o auxílio da internet.

A plataforma IoT deve fornecer suporte para pesquisadores e desenvolvedores trabalharem no projeto em soluções de protótipos para vários cenários dos domínios de pesquisa da agricultura de precisão, maricultura e monitoramento ecológico. A plataforma deve permitir a rápida criação de bancos de ensaio e protótipos de novas modelagem e funções preditivas. (POPOVIC et al., 2017, p. 256).

De acordo com Ray (2018, p. 294), um sistema IoT é baseado em dispositivos que fornecem atividades de sensoriamento, atuação, controle e monitoramento. Na IoT os dispositivos podem trocar dados com outros dispositivos conectados e aplicações, ou coletar dados de outros dispositivos e processar os dados localmente ou enviar os dados para a central de servidores ou back-ends de aplicativos baseados em nuvem para processar os dados ou executar algumas tarefas localmente e outras tarefas dentro da infraestrutura de IoT baseada em restrições temporais e espaciais (ou seja, memória, capacidades de processamento, latências de comunicação e de velocidades e prazos).

Na maioria dos trabalhos analisados os autores elaboraram os mecanismos de automação utilizando hardware de computadores em conjunto com arduino e diversos componentes eletrônicos tais como por exemplo: sensores, atuadores, transistores, protoboard, etc.

3. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM GATEWAY DE IOT PARA SIMPLIFICAR A AUTOMATIZAÇÃO DA AQUICULTURA

Este tópico apresenta como os autores referenciados implementaram as suas pesquisas, as tecnologias usadas por eles, a forma de implementação prática deste termo no âmbito da aquicultura, suas conclusões e recomendações e mostra ainda as decisões sobre tecnologias e componentes a serem utilizados na implementação do Gateway proposto neste projeto.

As dificuldades atuais para realizar a automação são por exemplo: alta complexidade para quem não possui expertise na área de tecnologia da informação e automação, custo da mão de obra qualificada e número reduzido de materiais relacionados com o tema.

Um gateway de IoT é uma suíte de componentes eletrônicos e softwares que funciona como uma interface mediadora entre sensores, computadores, homens e internet.

A principal vantagem de utilizar o Gateway é o encapsulamento das complexidades para implantação e das existentes na rotina de operação o que facilita a utilização da tecnologia tanto no contexto do agronegócio quanto em outros.

Outra vantagem é atender ao requisito modularidade que segundo Lee (2000, p. 31), agrega benefícios que se tratando de software você não terá que comprar recursos desnecessários e ainda poderá atualizar os recursos mais tarde. No caso do hardware, a seleção de dispositivos de

comunicação modulares tais como: transmissores, medidores, sensores e atuadores, significa que um sistema pode ser implementado rapidamente e modificado sem grandes atrasos.

O design modular também agrega a vantagem de que uma vez que um sistema de monitoramento e controle de tanque de aquicultura seja projetado e implementado em suas instalações, ele poderá ser facilmente replicado para todos os outros sistemas de tanques.

Para Bokinkito Jr (2017, p. 698), na gestão moderna da área de aquicultura, um controle remoto da qualidade da água e cultura intensiva controlada por computador é a futura tendência para a área da aquicultura. O controle ocorre por meio da interação humana com a máquina ou por meio da interação entre as máquinas como no caso do conceito apresentado para o termo IoT.

Conforme Qiuwei (2015, p. 137), um exemplo de interação entre máquina acontece quando o autor cita que se o controlador detectar que a concentração de oxigênio dissolvido é menor que o limite inferior predefinido, serão enviadas instruções para que o aerador seja ligado. Quando detecta que a concentração de oxigênio dissolvido é maior do que o limite superior predefinido, o aerador é então desligado. Segundo Huan et al. (2018, p. 257), oxigênio dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros de qualidade da água e para os produtos desta, logo suas mudanças refletem diretamente na qualidade dos resultados da aquicultura.

Devido ao balanço entre a atividade fotossintética do fitoplâncton e a atividade respiratória das diferentes comunidades aquáticas (plâncton, peixes e organismos bentônicos), os níveis de oxigênio dissolvido (OD) nos sistemas aquiculturais flutuam durante o dia. (GUIMARÃES; LOHMANN, 2017, p. 37).

É importante considerar que além das tecnologias utilizadas outras podem ser projetadas e implementadas a fim de obter produtos mais eficientes e reduzir os custos para a automatização um exemplo é o proposto segundo Chu et al. (2018), que criou um sensor plástico de fibra óptica que permite a detecção simultânea de H₂O₂ e OD e pode ser usado, por exemplo, para o sensoriamento de OD compensado por H₂O₂, assim como são os das aplicações da aquicultura.

Segundo Benavent (2018, p. 52), o monitoramento dos peixes e a inspeção na aquicultura exigem manipulação extremamente delicada do cultivo a fim de evitar danos, mas métodos de amostragem são geralmente invasivos, caros, demorados e trabalhosos. Sensores ópticos e sistemas de visão de máquina demonstraram ser métodos muito apropriados para um desenvolvimento mais rápido, mais barato e não invasivo para trabalhar com peixes vivos.

Para Jiang (2018, p. 57), alguns sistemas inteligentes podem contribuir para aumentar a produção e reduzir os custos aplicado na aquicultura de água doce quando usados para monitorizar variáveis ambientais da água em tempo real, tais como concentração de oxigênio dissolvido (DO) na água, temperatura da água, pH, etc.

Um dos importantes controles para a aquicultura é o do requisito qualidade da água e nas bibliografias estudadas o tema mais abordado foi sobre automação da recirculação da água dos açudes visando conforme Bokinkito Jr (2017, p. 699), controlar mudanças repentinas no clima e temperatura que afetam a qualidade da água e são algumas das principais causas das mortes dos peixes tendo em vista que a temperatura da água é uma variável chave de qualidade desta porque

influencia todas as demais variáveis de sua qualidade e dos organismos aquáticos.

Nos sistemas de recirculação automatizada deve ser dada a devida atenção ao consumo de energia elétrica haja vista que segundo Schulz (2018, p. 1), a ventilação da instalação é um dos principais consumidores de energia em um sistema de recirculação de aquicultura (Recirculation Aquacultural System - RAS).

Outro autor que apresentou a importância do controle automatizado da recirculação foi Zupo (2017, p. 155), para ele uma unidade de processamento central programável controla as operações, ou seja, mudanças de água, temperatura, leve irradiância, abertura e fechamento de válvulas para descarga de alimentos não utilizados, circulação e filtragem da água e sistemas de desinfecção, de acordo com as informações recebidas por várias sondas. Vários dispositivos podem ser configurados para modificar a circulação e mudanças de água para satisfazer as necessidades dos organismos.

De acordo com Gehlert (2018, p. 1), os sistemas de recirculação da aquicultura requerem um maior nível técnico infraestrutura que sistemas abertos. Especialmente, em atividades como: tratamento de água, controle de temperatura e suprimento de oxigênio os desafios são maiores.

A água da recirculação pode ser utilizada na aquaponia, de acordo com Romli et al. (2018, p.), a palavra aquaponia surge da junção da aquicultura com a hidroponia, os peixes e também outros animais aquáticos produzem resíduos e o sistema de cultivo trata-o como nutriente e absorve-os no canteiro hidropônico. Após passar pelos canteiros a água limpa retorna ao tanque. Isto é como o sistema de recirculação da aquicultura realmente trabalha.

É importante desenvolver sistemas de cultura flexíveis, programáveis e modulares, facilitando a produção automática de espécies exigentes, tanto para fins científicos quanto para fins de aquicultura. Na verdade, os sistemas dedicados de cultura devem satisfazer as necessidades fisiológicas dos organismos alvos (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade), reduzir a abundância de matéria orgânica em decomposição e concentração de poluentes (por exemplo, compostos nitrogenados), evitar a introdução de patógenos e reduzir o estresse que pode alterar padrões comportamentais e fisiológicos. (ZUPO, 2017, p. 156).

De acordo com Simbeye (2014, p. 32), alguns dos itens presentes na aquicultura que podem ser automatizados são: alimentador, recirculação da água: abrindo a saída e acionando o abastecimento, aerador, controle de temperatura da água e controle do nível da água que segundo Parra et al. (2017, p. 6), pode ser medido por um sensor de distância a exemplo do GP2Y0A02YK0F que é desenvolvido pela empresa SHARP entre outros, ele é composto por uma combinação integrada de um detector sensível de posição, de um emissor infravermelho para diodo e de um circuito de processamento de sinais.

Os sensores a serem usados na aquicultura podem ser de tecnologias sem fio que conforme Pule (2017, p. 1), ganharam popularidade dentro da comunidade de pesquisa, porque fornecem uma infraestrutura promissora para inúmeras aplicações de controle e monitoramento. Essas redes simples de baixo custo permitem que os processos de monitoramento sejam realizados remotamente, em tempo real e com um mínimo de intervenção humana.

Além das tecnologias de redes sem fio existentes a um bom tempo no mercado outras novas já foram usadas com sucesso na aquicultura como, por exemplo, Espinosa-Faller

(2012, p. 381), que utilizou o protocolo ZigBee e afirma que a capacidade multi-hop de uma rede ZigBee, fornece um método para ampliar o alcance e aumentar a confiabilidade nas comunicações com fornecimento de baixo custo e tecnologia de fácil implantação e monitoramento podendo ser usada em aquicultura com alta densidade de peixes.

Outro importante controle segundo Parra et al. (2018, p. 10), é o da turbidez pois é útil para tomar diferentes ações a fim de evitar mais danos na produção de peixe. Pode ser especialmente valioso para instalações internas com circuito de águas abertas. Nas instalações onde larvas e reprodutores são mantidos, esses sensores são cruciais para garantir a qualidade da água nos tanques de produção. No entanto, diferentes tipos de turbidez podem causar diferentes efeitos nos peixes e em virtude disso algumas ações específicas devem ser tomadas.

Por esta razão, é necessário ter um método automático para monitorar a turbidez e caracterizá-la. Para o autor o método mais comum para medir a turbidez é a utilização de sensores ópticos. O sensor óptico funciona emitindo um feixe de luz e detectando a quantidade de luz que chega ao detector. Esta seria uma forma para automatizar a leitura da turbidez na aquicultura.

É possível também utilizar sensores e outros mecanismos de controles para auxiliar a tomada de decisão baseada no comportamento dos peixes haja vista que segundo Lloret et al. (2018, p. 1), se o peixe está estressado, o consumo de alimento, por exemplo, cai e o desempenho diminui. Muitos fatores podem causar estresse nos peixes. Existem muitos parâmetros que devem ser monitorados para ajudar os peixes a melhorarem seu desempenho e, portanto, melhorar a sustentabilidade e a lucratividade do mercado das fazendas de peixes.

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de bloco das tecnologias envolvidas na automatização da aquicultura proposta neste trabalho.

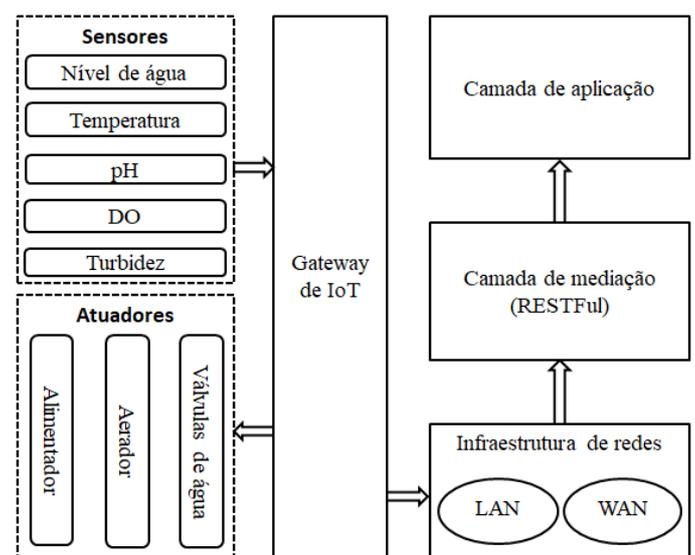


Figura 2: Diagrama de bloco das tecnologias envolvidas na automatização da aquicultura

Fonte: Traduzido e adaptado de Moses et al.

É necessário que haja sistemas de redundância em itens mais críticos tendo em vista que de acordo com Xu et al. (2017, p. 3), a aquicultura possui falhas e estas são complexas e cada parte em cada camada do sistema geral pode falhar.

Devido ao ambiente hostil, o equipamento externo pode falhar na camada de aquisição de dados ou na camada de comunicação. Os sensores podem ser corroídos pela poluição e por micro-organismos.

Para o design de um projeto de automação é necessário modelar e desenhar os processos e realizar a análise dos dados e feito isto se implementa então o algoritmo de fusão de dados com modificação de mais de um parâmetro que de acordo com Khaire; Wahul (2018, p. 60), é usado para a otimização de dados.

As comunicações sem fio também podem ser interrompidas ou falharem facilmente devido às variáveis do ambiente ou até mesmo por erros humanos no complexo ambiente de aplicativos. Na camada de armazenamento e na camada de aplicativo, podem ocorrer falhas como as de software. Falhas na fonte de alimentação por consequência de diferentes fontes de energia, como baterias, energia principal ou energia do painel fotovoltaico podem acontecer. Quando as falhas ocorrem, isso pode levar a decisões erradas, desperdício de recursos e até ameaçar a segurança de produtos aquáticos, o que resultaria em perdas significativas de recursos econômicos e humanos. Para automatizar a aquicultura foi proposta uma arquitetura tecnológica organizada em camadas conforme apresentado na Figura 3.

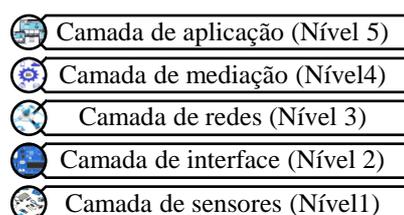


Figura 3: Representação visual da arquitetura proposta
Fonte: Traduzido e adaptado de Huan et al.

O modelo proposto na Figura 3 é uma adaptação dos modelos propostos por Huan et al. (2018), e Bokinkito et al. (2017), e funciona da seguinte forma, a camada de sensores é a de mais baixo nível na qual a coleta dos dados será realizada e os mesmos serão enviados para a camada de interface que é onde estará o gateway de IoT o envio de dados pode ser feito por meio de cabeamento ou até mesmo via wireless que segundo Parra et al. (2017, p. 1), tem a vantagem do rápido processamento na aquisição de dados, a camada de redes é responsável pelo desempenho das funções básicas de transmitir dados e informações para as aplicações por meio da rede, a camada mediadora permite a interoperabilidade entre aplicações heterogêneas, e por último a camada de aplicação é a que provê meios para interações com os usuários.

Em alguns modelos arquiteturais como, por exemplo, o apresentado por Jiang (2018), o nível gateway cria automaticamente a camada de rede sem fio e a administra por padrão ou por configuração manual. O nó de gateway não é responsável apenas por aceitar os dados de nós dos sensores, mas também por transmiti-los para o computador de monitoramento central a fim de realizar processamento adicional usando o módulo GPRS.

Já no modelo, aqui proposto, o gateway é representado pela camada de interface e é responsável por encapsular a complexidade existente na tarefa de interconectar a camada de sensores com a camada de rede, feito isto a camada de sensores fica responsável por coletar os dados e a camada de redes por

realizar a transmissão dos mesmos usando a infraestrutura de redes.

Os autores Huan et al. (2018), elaboraram um diagrama de bloco no qual é possível ter uma visão arquitetural do sistema por ele proposto neste os componentes do sistema são organizados em quatro níveis de camada.

O autor Bokinkito (2017), apresenta em seu artigo um modelo arquitetural que está organizado nos seguintes níveis: camada de sensores, camada de redes, camada mediadora e camada de aplicação.

O gateway de IoT proposto neste trabalho pode ser usado também em experimentos para identificar a viabilidade de implantação de cultivo em áreas costeiras tendo em vista que de acordo com Schmidt (2018, p. 28), a necessidade de garantir a segurança alimentar no futuro e as questões da variação da qualidade da água estuarina estará impulsionando a expansão da aquicultura em águas costeiras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É prudente avaliar totalmente os novos locais de aquicultura ou propostos, antes de qualquer investimento financeiro substancial em infraestrutura e pessoal. Medições da temperatura da água, salinidade e oxigênio dissolvido podem ser usados para obter informações sobre a qualidade física, química e biológica da água e das condições dentro de uma fazenda, para identificar sua adequação para a agricultura, tanto para as espécies de interesse como para avaliar o risco potencial de algas nocivas ou tóxicas.

Este último pode causar o fechamento da coleta de marisco. Infelizmente, os sistemas de monitoramento científico comercial podem ter um custo proibitivo para pequenas organizações e empresas desde a compra até a operação, contudo a utilização de um gateway de IoT pode prover uma relevante redução do valor total tendo em vista que a maior parte do trabalho necessário para a automatização já está implementada neste componente.

Para elaboração deste trabalho várias bibliografias com temas relacionados ao desta pesquisa foram selecionados e estudados com a finalidade de conhecer as tecnologias utilizadas, analisar os processos implantados, as boas praticas recomendadas e problemas não solucionados. Identificou-se trabalhos cujos resultados possuem certas similaridades ao deste trabalho, contudo os objetivos são diferentes tendo em vista que a maior parte teve como objetivo a automatização propriamente dita enquanto este visou facilitar a automatização por meio do encapsulamento da complexidade existente nos processos necessários para a automação.

O estudo realizado neste trabalho atende mas não se limita à automatização da aquicultura haja vista que grande parte do conhecimento aqui compilado poderá ser aplicado em outros complexos do ramo do agronegócio após a realização de determinadas adequações tais como por exemplo: tratamento para outros tipos de sensores, modelagem para utilização de diferentes atuadores e tratamento das exceções existentes em cada setor produtivo.

Trabalhos futuros que poderão ser realizados dando continuidade ou expandindo a abrangência deste artigo são, por exemplo, os que tratam sobre automatização dos processos

produtivos de: aquaponia, green houses, ranicultura, suinocultura, aviários, etc.

REFERÊNCIAS

- BENAVENT, Muñoz, P. et al. Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, Espanha, v. 150, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- BOKINGKITO JR, Paul B., LLANTOS, Orven E. Design and Implementation of Real-Time Mobile-based Water Temperature Monitoring System. *Procedia Computer Science*, Indonesia, v. 124, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- CHU, Cheng-Shane. SU, Chih-Jen. Optical fiber sensor for dual sensing of H₂O₂ and DO based on CdSe/ZnS QDs and Ru(dpp)₃²⁺ embedded in EC matrix. *Sensors and Actuators B: Chemical*, Taiwan, v. 255, 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- ESPINOSA-FALLER, Francisco J.. RENDÓN-RODRÍGUEZ, Guillermo E.. A ZigBee Wireless Sensor Network for Monitoring an Aquaculture Recirculating System. *Journal of Applied Research and Technology*, México, v. 10, no.3, p. 380 - 387, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org/php/index.php/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- GEHLERT, G. et al. Analysis and optimisation of dynamic facility ventilation in recirculation aquacultural systems. *Aquacultural Engineering*, Alemanha, v. 80, p. 1–10, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- GEETHA, S.. GOUTHAMI, S.. Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water*, India, v. 2.1, 2017. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- GUIMARÃES, Kevin Manoel. LOHMANN, Daniel. Automação de Tanques para Aquicultura. *Revista Ilha Digital*, Brasil, v. 6, p. 34 – 47, 2017. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- HUAN, Juan, CAO, Weijian. QIN, Yilin. Prediction of dissolved oxygen in aquaculture based on EEMD and LSSVM optimized by the Bayesian evidence framework. *Computers and Electronics in Agriculture*, China, v. 150, p. 257–265, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- Ji, Changbo. et al. An IoT and Mobile Cloud based Architecture for Smart Planting. *Materials and Information Technology Applications*, China, 2015. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- JIANG, Jianming. A wireless sensor network-based monitoring system for freshwater fishpond aquaculture. *Biosystems Engineering*, Australia, v. 172, p. 57 - 66, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- KHAIRE, Supriya R., WAHUL, Revati M.. Water Quality Data Gathering and Analysis System using IoT Environment. *JASC: Journal of Applied Science and Computations*, India, v. 5, 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- KITCHENHAM, Barbara, et al.. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, Durham, UK, v. 51, p. 7 – 15, 2009.
- KOTHA, Harika Devi. GUPTA, V Mnssvk. IoT Application, A Survey. *International Journal of Engineering & Technology*, India, v. 7 (2.7), p. 891-896, 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- LEE, Phillip G. Process control and artificial intelligence software for aquaculture. *Aquacultural Engineering*, EUA, v. 23, p. 13–36, 2000. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- LLORET, Jaime. et al. Design and Deployment of Low-Cost Sensors for Monitoring the Water Quality and Fish Behavior in Aquaculture Tanks during the Feeding Process. *Sensors*, Espanha, v. 18, 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- MOSES, M. Balasingh., PARAMESWARI, M. Online measurement of water quality and reporting system using prominent rule controller based on aqua care-IOT. *Design Automation for Embedded Systems*, India, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- MUÑOZ-BENAVENT, P. et al. Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, Espanha, v. 150, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- QIUWEI, Bai. et al. Real-time remote monitoring system for aquaculture water quality. *International Journal Of Agricultural And Biological Engineering*, China, v. 8, 2015. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- PARRA, Lorena. et al. Design and development of low cost smart turbidity sensor for water quality monitoring in fish farms. *Aquacultural Engineering*, Espanha, v. 81, p. 10–18, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- PARRA, Lorena. et al. Design and deployment of a smart system for data gathering in aquaculture tanks using wireless sensor networks. *International Journal Of Communication Systems*, Espanha. Brasil. Portugal., v. 30, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.

- POPOVIC, Tomo. et al. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, Montenegro, v. 140, p. 255–265, 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- RAY, P.P. A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, India, v. 30, p. 291–319, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- SARQUIS, José B. *Comércio Internacional e Crescimento Econômico no Brasil*. Fundação Alexandre Gusmão. Brasília. 2011.
- SIMBEYE, Daudi S. ZHAO, Jimin. YANG, Shifeng. Design and deployment of wireless sensor networks for aquaculture monitoring and control based on virtual instruments. *Computer and Electronics in Agriculture*, China, v. 102, p. 31 – 42, 2014. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_collection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- SCHMIDT, Wiebke. Design and operation of a low-cost and compact autonomous buoy system for use in coastal aquaculture and water quality monitoring. *Aquacultural Engineering*, Reino Unido, v. 80, p. 28–36, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- SCHULZ, C. et al. Analysis and optimisation of dynamic facility ventilation in recirculation aquacultural systems. *Aquacultural Engineering*, Alemanha, v. 80, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- PULE, Mompoloki, YAHYA, Abid. CHUMA, Joseph. Wireless sensor networks: A survey on monitoring water quality. *Journal of Applied Research and Technology*, Botswana, v. 15, p. 562–570, 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2018.
- ROMLI, Muhamad Asmi. Aquaponic Growbed Water Level Control Using Fog Architecture. *Journal of Physics*, Malásia, v. 1018, 2018. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.
- XU, Jing. et al. Application of Fault Tree Analysis and Fuzzy Neural Networks to Fault Diagnosis in the Internet of Things (IoT) for Aquaculture. *Sensors*, China, v. 153, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_collection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- ZUPO, V. et al. Automated culture of aquatic model organisms: shrimp larvae husbandry for the needs of research and aquaculture. *Animal*, Italia, v. 12:1, p. 155–163, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>>. Acesso em: 26 jun. 2018.