

SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMATIZADO PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM SISTEMA AQUAPÔNICO

Alessandro Antonioli¹, Edson Moacir Ahlert

Resumo: Aquaponia é um sistema de cultivo sustentável de peixes e plantas que tem ampliado sua capacidade de produção nos últimos anos, onde, com a união da Aquicultura e a Hidroponia em um sistema cíclico integrado, são gerados benefícios em ambos os cultivos, economizando água e eliminando produtos químicos dos cultivos. Contudo, apesar de promissor, há certa resistência com o método, por possuir uma alta sensibilidade aos parâmetros biológicos que a envolvem e, concomitantemente, pela falta de tecnologia que auxilie no desenvolvimento e controle do sistema. Evidenciando a água como elemento chave na aquaponia, foram tratadas tecnologias capazes de monitorar e automatizar os processos para manter o ecossistema em condições ideais. Assim, este projeto realizou o estudo e a elaboração de um sistema automatizado empregando a internet das coisas para monitoramento e controle dos parâmetros físicos e químicos presentes na água em sistemas aquapônicos, na produção de folhosas e hortaliças bem como peixes da espécie *Oreochromis niloticus* (Tilápia). Por meio da avaliação do sistema, coleta e análise de dados, constatou-se que o sistema obteve uma boa estabilidade, considerando o controle automatizado como fator importante para o um bom funcionamento do mesmo. Os dispositivos e tecnologias empregadas não apresentaram erros graves nem travamentos, mesmo submetidos a intempéries, como chuva, sol, vento, umidade. Os parâmetros coletados foram pH e temperatura da água, através de sensores. O pH variou entre 6.5 e 7.0 e a temperatura manteve-se entre 23 e 25 °C, estes resultados foram precisos e demonstram o sucesso da implantação de um sistema controlado automaticamente. Tendo em vista que é um projeto que resulta em mais segurança para os organismos presentes na água, demanda menor esforço manual e oferece dados precisos e importantes para um sistema sadio, fica comprovada a viabilidade desse projeto em um panorama econômico e operacional.

Palavras-chave: Aquaponia, Automação agroindustrial, Internet das coisas.

1 Engenheiro da Computação.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é um recurso essencial para a vida e para que a sua escassez seja evitada no futuro são necessárias medidas garantindo economia e soluções mitigadoras de impactos. Mais de 70% da água tratada é utilizada na agricultura, e a maior problemática é o desperdício de quase metade dessa (FAO, 2018).

Para que os impactos ambientais sejam atenuados, faz-se necessário pensar em tecnologias alternativas de baixo impacto, principalmente no setor da produção alimentícia e seus métodos, que implicam em mudanças climáticas, poluição da água e solos, desmatamento, geração de resíduos, além do risco para a saúde humana na utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos.

Uma das alternativas sustentáveis para atenuar esses problemas é a aquaponia, sistema que integra a aquicultura (produção de peixes em ambiente controlado) e a hidroponia (cultivo de plantas em meio aquoso), beneficiando ambos métodos de produção, onde os vegetais utilizam os dejetos dos peixes para seu desenvolvimento, limpando a água e reciclando-a. Assim, é gerado 90% de economia da água se comparada à agricultura convencional, além da aquaponia possuir alto aproveitamento de resíduos e dispensar o uso de adubos e agrotóxicos (OLIVEIRA, 2016).

Um dos grandes problemas que surgem na Aquaponia é a quantidade de dados que precisam ser analisados e manipulados para manter o sistema adequado e otimizar os resultados. Para isso, vários fatores ambientais tais como temperatura do ar, temperatura da água, nível de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH e outras variáveis como nível de água, vazão, entre outros, também precisam ser monitorados e qualquer mudança em qualquer destas variáveis requer intervenção no ambiente. Isso se torna uma tarefa árdua para qualquer pessoa gerenciar constantemente (NICHANI, *et al.*, 2017).

A fim de amplificar as vantagens e atenuar as limitações, um sistema automatizado pode diminuir o trabalho humano, auxiliar na manutenção eficiente dos fatores biológicos envolvidos e tornar a aquaponia um sistema mais eficiente, com maior qualidade, reduzindo os custos e aumentando a produtividade (TACHIKAWA, 2008).

Diante do exposto, pretende-se responder à seguinte pergunta: De que forma a automação dos processos de monitoramento pode contribuir para auxiliar na otimização de um sistema aquapônico, especificamente aumentando a qualidade dos parâmetros presentes na água, de forma economicamente viável, onde os benefícios em ambos os cultivos (peixes e plantas) sejam ainda mais relevantes, podendo assim produzir em grande escala e gerar alimentos de maior qualidade aos consumidores?

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento para a aquaponia, para que dessa forma obtenha-se controles automatizados sobre a água, sua qualidade, parâmetros ideais

de temperatura, pH, vazão, oxigenação, turbidez da mesma e nível da água no tanque, conseqüentemente maximizando a escala de produção, gerando condições para produção de alimentos de maior qualidade e contribuindo para o desenvolvimento tecnológico na área da agricultura e aquicultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nomeia-se aquicultura a criação de organismos aquáticos em ambiente controlado ou semicontrolado (DIAS; MARIANO, 2015). A aquicultura depende de aporte de nutrientes para os animais, os quais produzem efluentes e resíduos através dos processos naturais de sobrevivência, gerando impactos negativos para o sistema e para o ambiente (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2006).

A hidroponia conceitua-se na produção agrícola sem o uso do solo, através de soluções que provém os nutrientes necessários para o sustento e o desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2000). Apesar da hidroponia possuir um número grande de vantagens, Neto e Barreto (2012) salientam que ela possui algumas desvantagens, entre elas a dependência de energia elétrica e um possível problema com o aglomeramento de nitrato nas plantas e dependência de solução nutritiva artificial.

Combinando o sistema hidropônico com a aquicultura, originou-se a aquaponia, onde, sinergicamente, os pontos fracos de ambos sistemas são transformados em pontos fortes, minimizando a produção de resíduos e o provimento da entrada de nutrientes (GODDEK *et al.*, 2015).

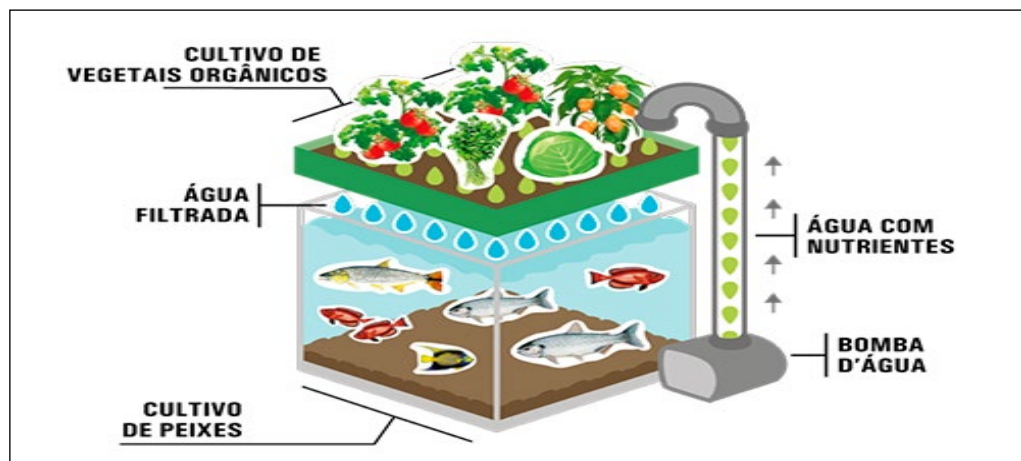
A aquaponia integra aquicultura e hidroponia, de maneira que ambos os sistemas se complementam em uma inter-relação benéfica, de forma simbiótica. Através da recirculação da água, que é o componente principal de um sistema aquapônico, resíduos tóxicos produzidos pelos peixes são transmutados em matéria orgânica e produtos não tóxicos, os quais servirão como subsídio indispensável para o cultivo das plantas em um sistema hidropônico, ou seja, um sistema onde a produção das plantas dispensa o uso do solo (CARNEIRO *et al.*, 2015; TYSON *et al.*, 2011; RAKOCY *et al.*, 2006).

Em um sistema aquapônico, plantas e peixes compartilham a mesma massa de água, a recirculação da água ocorre de forma que o desperdício seja mínimo, além de reduzir radicalmente, ou até extinguir o efluente liberado no meio ambiente. A água necessária para esse tipo de sistema é extremamente baixa se confrontado com sistemas comuns, como a produção de plantas em solo e a criação de peixes em tanques escavados (CARNEIRO *et al.*, 2015; DIVER, 2006).

Além do desperdício mínimo de água, a aquaponia possui outras grandes vantagens como a alta taxa de produção de peixes e derivados de hortaliças, a criação tanto em áreas rurais como em centros urbanos, e a sustentabilidade no processo de produção, gerando um produto único, saudável e livre de

agrotóxicos e antibióticos (CANASTRA, 2017; HUNDLEY; NAVARRO, 2013). A Figura 1 demonstra de forma básica como funciona um sistema aquapônico, bem como a aquicultura e a hidroponia se relacionam.

Figura 1 – Sistema básico de aquaponia



Fonte: Embrapa (2015).

Segundo Carneiro *et al.* (2015), o processo simbiótico na aquaponia inicia-se a partir do fornecimento da ração aos peixes. A ração serve de alimento para os peixes, o resto da ração não ingerida e excretos produzidos são convertidos em nutrientes para as plantas e o sistema de recirculação da água funciona como transporte dessas matérias orgânicas desperdiçadas dos peixes em alimentos para as plantas. Após a água com nutrientes circular e as plantas absorverem esses nutrientes, em conjunto com as bactérias, a filtragem biológica da água é realizada, tornando a água limpa e em condições apropriadas para o desenvolvimento saudável dos peixes, podendo agora retornar aos tanques (WAHAP *et al.*, 2010).

Segundo Celada *et al.* (2009), uma desvantagem do sistema aquapônico é a necessidade de mão de obra qualificada, pois o sistema possui uma alta sensibilidade aos parâmetros biológicos que a envolvem. Os fatores físicos, químicos e biológicos da água são extremamente importantes para o correto desenvolvimento dos peixes e das plantas.

O Quadro 1 resume os respectivos parâmetros e o valor ideal que deve ser mantido em um sistema aquapônico.

Quadro 1 – Faixa de tolerância e valor ideal para os parâmetros de qualidade da água no sistema aquapônico

Parâmetro	Faixa de tolerância	Valor ideal
pH	6.0 – 7.5	6.5 - 7.0
Oxigênio Dissolvido	Maior que 3 ppm	Maior que 5 ppm
Temperatura da água	18 - 30 °C	23 – 25 °C
Condutividade elétrica	Varia conforme o ambiente	Varia conforme o ambiente
Turbidez	100 UNT	100 UNT

Fonte: Do autor, com base em Rakocy et al. (2019).

Há diversas técnicas de sistemas aquapônicos, com diferentes técnicas de cultivo de plantas, cada uma com suas vantagens e desvantagens. São destacados três exemplos mais conhecidos: cultivo em canaletas (NFT), cultivo em substrato (*Media-filled bed*) e cultivo em bandejas flutuantes (DWC) (RAKOCY et al., 2006).

Segundo Ribeiro (2003), o conceito de automação consiste na troca do trabalho humano pela operação de uma máquina autônoma ou com a mínima interferência de atividade humana. Pode-se citar inúmeros benefícios que a automação fornece, entre eles o aumento na produção, um produto de maior qualidade; e redução de gastos dos recursos naturais (JÚNIOR *et al.*, 2003).

Conforme Junior *et al.* (2014) um termo usado para contextualizar o atual cenário tecnológico no setor agroindustrial é o AgroTIC, sendo definido como: a junção de hardware, software e instrumentos de produção que possibilitam coleta, armazenamento e processamento de grandes volumes de dados, automatização de processos, troca, e manejo da informação e do conhecimento.

A IoT abreviatura do termo *Internet of Things*, refere-se a tecnologias que permitem a comunicação entre dispositivos. Através da Internet, possibilita que objetos físicos dos mais variados tipos possam se comunicar, compartilhar dados e informações, dessa forma tornando os sistemas ainda mais conectado (SAP Brasil, 2016).

O termo Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, em 2011, refere-se a um conjunto de novas tecnologias disruptivas capazes de fundir os mundos físico, digital e biológico, impactando exponencialmente todas as disciplinas, economias e indústrias. Engloba tecnologias para automação e troca de dados, por intermédio de sistemas ciberfísicos, internet das coisas, computação em nuvem e computação cognitiva (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; SCHWAB, 2016).

Com o intuito de transformar a aquaponia em um sistema sustentável e viável em larga escala, o uso da tecnologia está crescendo e é proficiente

em automatizar sistemas agrícolas inteiros. Do ponto de vista tecnológico, o uso da IoT pode monitorar muitas variáveis da água na aquaponia de forma automatizada, possibilitando visualizar, de forma remota, os dados coletados (T SHAFEENA, 2016).

Na automação agroindustrial, os sensores são dispositivos amplamente utilizados, transformando variáveis físicas importantes para a agronomia em sinais eletrônicos que são transmitidos para o microcontrolador onde o processamento é realizado e então transformado em dados que possam ser interpretados de forma facilitada para o ser humano (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Analisando os procedimentos técnicos, a pesquisa é bibliográfica e experimental, pois baseia-se em fontes já existentes, as principais sendo artigos científicos e livros, e também usa o experimento como forma de observar e controlar as variáveis que são capazes de influenciar no objeto de estudo (GIL, 2002).

Inicialmente, foi realizado um estudo, através da abordagem de artigos gerando uma revisão sobre o sistema aquapônico e suas técnicas, bem como o estudo das tecnologias que abrangem toda a área macro da automação agroindustrial nos dias atuais, através da pesquisa de referencial teórico. Em um segundo momento, foi realizado um experimento prático, verificando a viabilidade das tecnologias abordadas neste trabalho. Após a experimentação tecnológica, foi desenvolvido um pequeno sistema aquapônico para demonstrar o funcionamento da ideia proposta, para que permita realizar o monitoramento e controle da qualidade da água, através de uma comunicação entre a aplicação centralizadora e aplicação gerenciadora.

Para a realização do trabalho, foi realizada a montagem de um sistema aquapônico. No sistema implantado, foi utilizada a união de sistema com cama de cultivo e NFT (cultivo em canaletas). Isso se dá pelos benefícios de ambas, eliminando as desvantagens se fosse aplicada somente uma técnica, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Sistema aquapônico em funcionamento



Fonte: Dos Autores (2019).

As camas de cultivo são recipientes com água, onde as plantas têm suas raízes submersas em brita e argila expandida, as quais também cumprem o papel de filtrar compostos orgânicos, possíveis impurezas e são encarregadas de produzir a colônia de bactérias nitrificantes. No sistema NFT, as plantas ficam fixadas em uma canaleta, com suas raízes expostas a água, nutrindo-as.

As camas de cultivo abrigarão plantas que demandam mais espaço, como sálvia, manjericão, cebolinha, tomate, pimenta e hortelã. Já os canos da técnica NFT abrigarão hortaliças: alface crespa, americana, mimosa, crespa vermelha e lisa, agrião e rúcula.

O tanque dos peixes é composto pela caixa de água com peixes da espécie tilápia (*Oreochromis niloticus*) como principal, e peixes cascudos (*Hypostomus commersoni*), como secundários, auxiliando na limpeza do tanque.

Neste trabalho é proposto um sistema composto por duas aplicações distintas, uma será encarregada pela centralização dos dados e a outra parte para a função de gerenciamento. A aplicação centralizadora será feita na plataforma Ubidots, gerando a interface Web para o usuário e armazenando os dados coletados, obtidos através do protocolo MQTT.

A aplicação gerenciadora estará sempre coletando dados e enviando para a aplicação centralizadora, para que o usuário possa executar uma ação, controlando os parâmetros que interferem na qualidade da água. Quando a aplicação centralizadora é executada, o usuário receberá um menu principal que representa diretamente o sistema de automação no modo automático, onde

é possível visualizar informações coletadas pelos sensores. A aplicação consiste em uma única camada, com o objetivo de simplificar e acelerar os usuários no monitoramento e controle. Na Figura 3 é apresentada a interface no modo automático de operação.

Figura 3 – Interface de acesso no modo automático de operação



Fonte: Dos autores (2018).

Para realizar ações ou interferir no sistema, o usuário deverá entrar no modo manual de operação, onde há um menu para obter o acesso detalhado para controlar os relés, como ligar ou desligar a resistência para aquecimento da água, as bombas de água, etc. Abaixo é demonstrado, por meio da Figura 4, a aplicação centralizadora no modo manual de operação.

Figura 4 – Modo manual de operação



Fonte: Dos autores (2019).

A aplicação centralizadora também ficará encarregada de emitir alertas caso os parâmetros da água estejam fora da faixa de segurança ou quando o sistema apresentar inatividade. Esses alertas acontecerão através de envio de e-mail e também invocando uma trigger que irá enviar um Telegram² para o usuário.

A aplicação gerenciadora consiste em duas plataformas de hardware distintas, as quais complementam uma a outra, o Arduino UNO e o NodeMCU. O Arduino foi escolhido por sua experiência de usuário simples e acessível, por possuir plataforma cruzada, ambiente de programação simples e claro, hardware *open source* e extensível, além de possuir baixo custo comparado a outras plataformas de microcontroladores. Já o NodeMCU, foi escolhido para o projeto por ter baixo custo, tamanho reduzido, baixo consumo de energia e suporte integrado a redes WiFi, o qual o Arduino não possui.

A aplicação gerenciadora utiliza softwares feitos na linguagem de programação C. Sua escolha para o trabalho se deve pela questão da portabilidade, concisão e pela possibilidade de decomposição de um programa em módulos onde diferentes partes do código podem ser escritos por programadores diferentes, tornando a manutenção do código mais simples.

2 O Telegram é um serviço de mensagens instantâneas baseado na nuvem, oferece troca de mensagens de texto, áudio, vídeo e fotos.

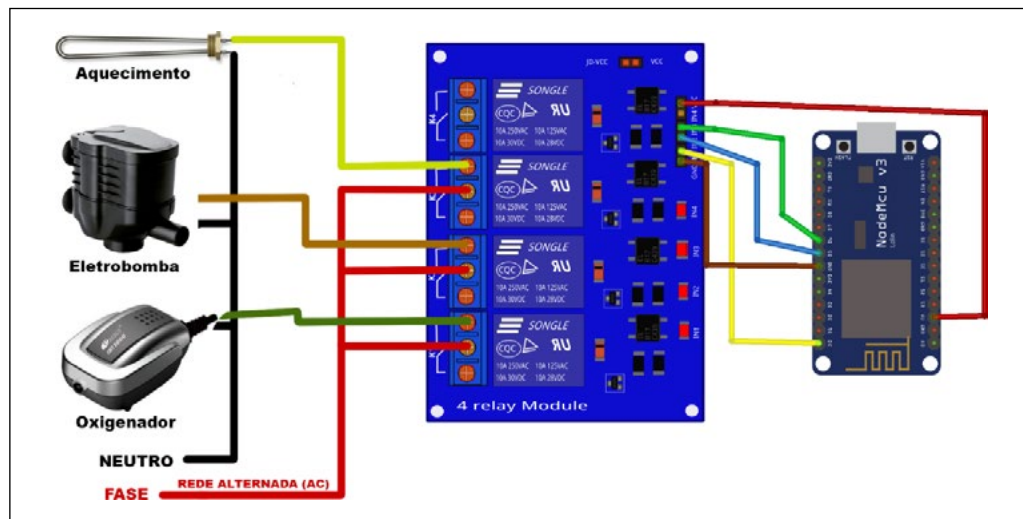
Funciona de forma autônoma, coletando os dados dos sensores e enviando, via protocolo MQTT, à plataforma Ubidots. A aplicação gerenciadora executará uma determinada ação definida pela aplicação centralizadora, quando estiver no modo de operação manual.

Dado que a aplicação gerenciadora se dará através da comunicação entre dois dispositivos, cada um desempenha um papel individual. O Arduino é responsável por coletar os dados dos sensores, obtendo as informações sobre a qualidade da água em um intervalo de dois segundos. O NodeMCU receberá os dados coletados do Arduino via Protocolo I2C, e é o responsável pelo controle do sistema, através da análise das informações. Além disso, está conectado em rede local via wireless, enviando dados, através do Protocolo MQTT, até a plataforma Ubidots.

A comunicação entre os dois dispositivos é feita via Protocolo I2C, sendo que ambos possuem pinos relacionados a este. O Arduino atuará como escravo, coletando os dados de cinco variáveis da água, são elas: temperatura, vazão, pH, turbidez e nível e transmitindo ao NodeMCU, que atua como mestre, receptor das informações.

Todo controle do sistema será realizado pelo NodeMCU, realizado com o uso de um módulo relé de quatro canais, neste projeto, usa-se apenas três, das quatro entradas disponíveis. Na Figura 5, é ilustrada a ligação entre o NodeMCU e o módulo, bem como os periféricos de controle utilizados em cada canal.

Figura 5 – Esquema de ligação para controle da água



Fonte: Dos autores (2019).

No canal um (*IN1*), é ligado o oxigenador, que fica ligado constantemente, pois níveis de oxigênio maiores do que o necessário não irão interferir no sistema. Seria interessante obter um sensor de oxigênio dissolvido (OD), controlando o acionamento do oxigenador, economizando energia, porém, por possuir alto custo (entre mil e dois mil reais) e indisponibilidade no Brasil, torna-se inviável.

No canal dois (*IN2*), é conectado a eletrobomba, tem como papel realizar a circulação da água do tanque dos peixes até a cama de cultivo.

Essa irrigação é feita no formato T15 (15 minutos de fluxo de água e intervalo de 15 minutos), o intervalo é necessário para as raízes conseguirem absorver o oxigênio, enquanto os minutos de fluxo constante levam a água até as raízes, de forma que os nutrientes sejam absorvidos. Para realizar esse controle foi utilizado o timer interno do ESP8266, este timer é baseado em software e o limite mínimo é 1 mS e máximo de 2 horas. Devido ao fato de ser baseado em software, esse tipo de timer pode ter a influência de alguns fatores e conseqüentemente atrasar em alguns mS, nas premissas desse projeto, não é um fator crítico, tendo em vista que alguns mS ou até mesmo segundos não irão interferir no funcionamento correto do sistema.

No canal três (*IN3*), localiza-se a resistência responsável pelo aquecimento da água. Escolheu-se uma resistência de aquecimento lento, de modo que a água aqueça lentamente, assim possibilitando que o metabolismo dos peixes se acostume com o aquecimento gradual da água, até chegar na temperatura ideal. O NodeMCU fará a administração da temperatura, controlando-a na faixa de 23 a 25 graus celsius.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento do sistema foi implantado 10 dias após o sistema aquapônico ter entrado em funcionamento. Ficou em funcionamento durante trinta dias no período de testes, não apresentando erros graves nem travamentos, mesmo tendo contato com umidade e demais intempéries devido a estar instalado em recipientes plásticos, no ambiente externo.

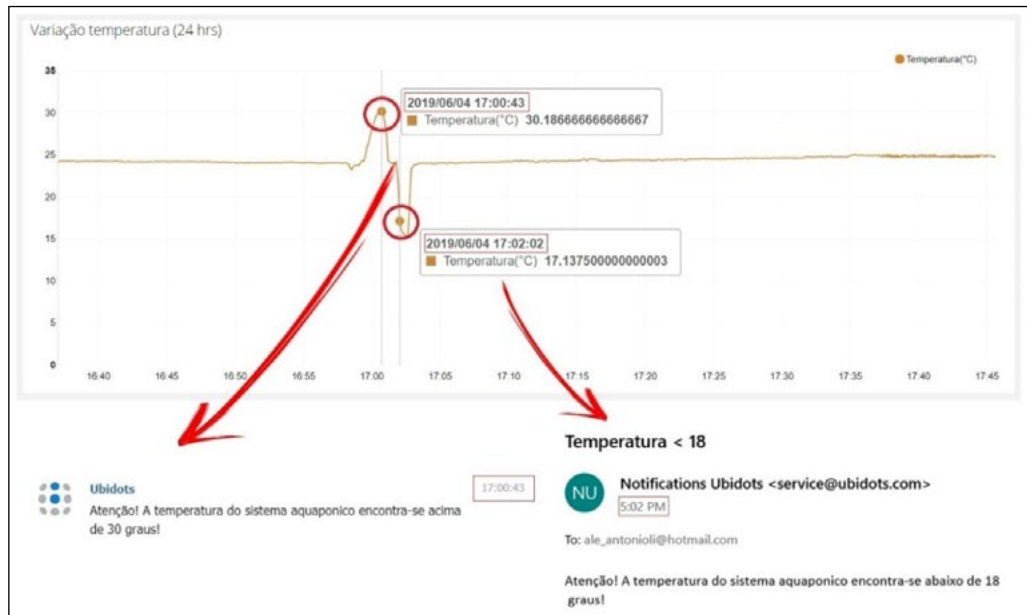
Algumas instabilidades foram ocasionadas devido ao mau contato quando o sistema precisou de manutenção ou estava em testes, assim perdendo a comunicação entre os dois hardwares, Arduino e NodeMCU.

Quanto ao nível de água no tanque, o sensor teve bom funcionamento, mostrando estabilidade, isso deve-se aos fatos de que não houve vazamentos e o sistema é coberto, protegido da chuva.

O sensor de temperatura obteve um tempo de resposta extremamente rápido e preciso, conseqüentemente o controle da temperatura da água entre a faixa definida foi constante e preciso, com uma mínima diferença em alguns momentos, por conseqüência do fator da termodinâmica.

O *MQTT broker* da plataforma Ubidots mostrou-se extremamente estável e rápido, todos os alertas foram emitidos praticamente em tempo real, viabilizando uma correção rápida no sistema quando necessário. Na Figura 6, pode-se observar que tanto o alerta via e-mail, quanto via Telegram tiveram um tempo de resposta muito satisfatório.

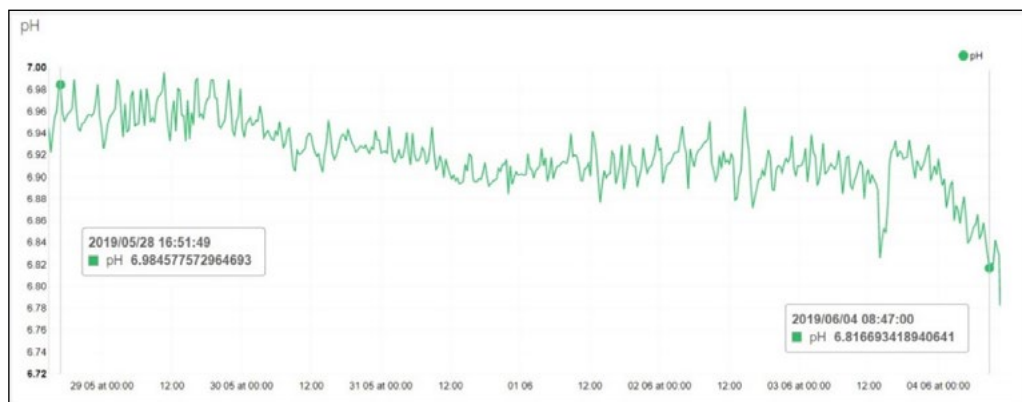
Figura 6 – Simulação de alertas faixa de segurança da temperatura



Fonte: Dos autores (2019).

Tendo em vista que conforme as bactérias criam suas colônias e nitrificam a água o valor do pH tende a cair (CARNEIRO *et al.*, 2015), é possível verificar na Figura 7 que isso passou a acontecer a partir de quarenta dias depois que o sistema aquapônico foi implantado. Nota-se que este foi o período de ciclagem necessário para as colônias de bactérias se formarem, consumindo a amônia e convertendo-a através do processo de nitrificação, o qual é responsável por consumir a alcalinidade da água deixando-a mais ácida, ou seja, níveis mais baixos de pH.

Figura 7 – Redução do pH em uma semana



Fonte: Dos autores (2019).

Isso é um vestígio que indica um bom funcionamento do filtro biológico, beneficiando os organismos do sistema. Este fato é consequência de muitos aspectos, porém, o controle da temperatura foi imprescindível para que este processo tenha acontecido.

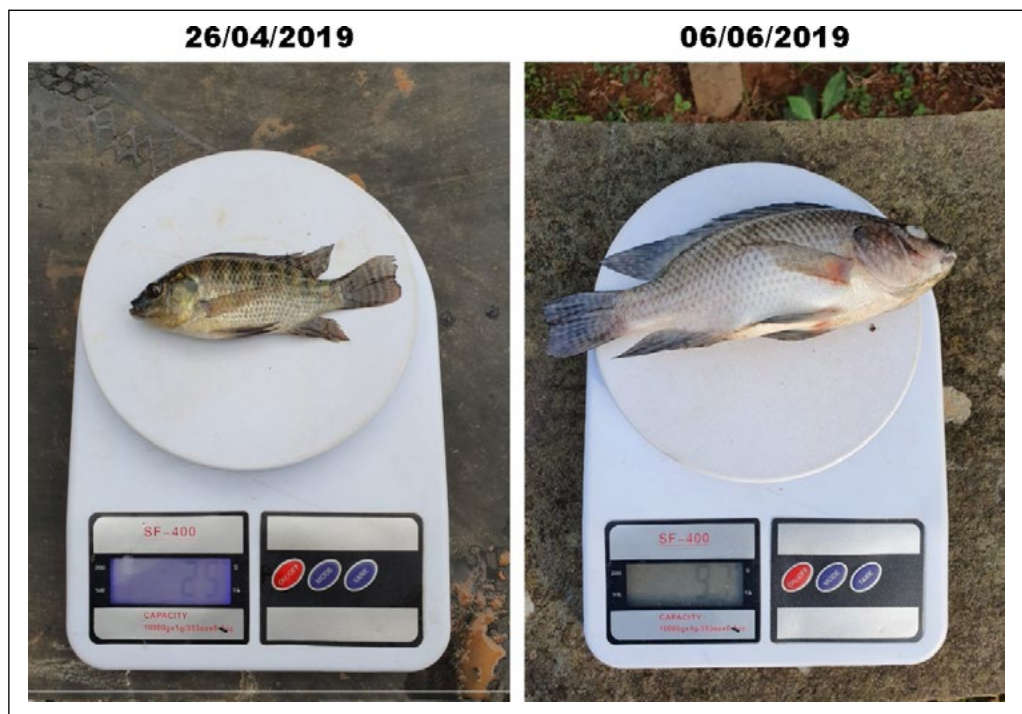
Percebeu-se que principalmente o controle da temperatura e do pH da água influenciaram diretamente no desenvolvimento e saúde dos peixes. Coletando os dados continuamente, assim podendo monitorá-los, facilita-se o manejo da qualidade da água, em consequência melhorando o ambiente em que os organismos se desenvolvem, que se demonstra a partir da Figura 8, demonstrando a evolução das plantas e da Figura 9 a evolução de um dos peixes.

Figura 8 – Evolução das plantas durante período de teste



Fonte: Dos autores (2019).

Figura 9 – Evolução aproximada dos peixes durante período de teste



Fonte: Dos autores (2019).

Assim, podemos comprovar que a automação do sistema permite monitorar e controlar os parâmetros envolvidos no sistema aquapônico de forma eficiente, proporcionando alimentos mais seguros e saudáveis para o consumidor e gerando facilidade no manuseio e na produção por meio da automação, pode haver um maior incentivo e maiores investimentos na aquaponia, com foco à escala de produção

5. CONCLUSÕES

Com um controle preciso da água, ambiente de desenvolvimento dos peixes e plantas, é propiciada a condição ideal para que os organismos se desenvolvam. Em sistemas aquapônicos convencionais não automatizados, a produção não é aproveitada o ano inteiro, pois em alguns períodos, principalmente no inverno, o crescimento das hortaliças e dos peixes são mais lentos. Constatou-se que em um sistema automático onde os parâmetros da água são controlados, essa deficiência é minimizada, transformando o sistema aquapônico em um sistema mais eficiente.

Além da vantagem de produzir o ano todo, outra vantagem que se constatou é que a automatização da aquaponia, permitindo um controle e

monitoramento maior sobre os parâmetros da água, assegura que falhas no sistema sejam rapidamente detectadas, de modo que possam ser corrigidas. Dentre as demais vantagens, a principal é o auxílio no desenvolvimento da vida dos peixes e dos vegetais.

A automação da aquaponia apresenta um custo considerável, principalmente com o valor elevado dos sensores como pH, turbidez, entre outros que podem ser usados para o monitoramento dos parâmetros da água. A partir da coleta e análise dos dados, confirmou-se que o sistema de monitoramento automatizado se comportou de forma esperada, mitigando o trabalho da coleta diária de alguns parâmetros importantes da água.

Otimizando o processo de coleta dos parâmetros da água, incentiva-se o investimento em sistemas aquapônicos em maiores escalas, atendendo ao objetivo da pesquisa. Esse fato auxilia nas medidas socioambientais que devem ser consideradas no cenário atual mundial, pois a aquaponia impacta positivamente as problemáticas relacionadas ao meio ambiente, como: a escassez de água potável, sendo que é um sistema que utiliza pouca água e reutiliza-a; o uso abusivo de defensivos nos alimentos, visto que a aquaponia produz alimentos limpos e saudáveis, livres de defensivos; o descarte impróprio dos resíduos da piscicultura, entre outros.

Além de incentivar a produção em larga escala, o monitoramento automatizado dos parâmetros da qualidade da água do sistema aquapônico facilita a produção caseira, pois não há necessidade de trabalho humano contínuo, democratizando a produção aquapônica à entusiastas e pequenos comerciantes.

Assim, esse projeto atendeu aos objetivos da pesquisa, uma vez que foi desenvolvido o sistema de monitoramento da aquaponia e obtido o controle automatizado sobre a água, sua qualidade, parâmetros ideais de temperatura, pH, vazão, oxigenação, turbidez e nível da água no tanque. Ao mesmo tempo, o trabalho permitiu compreender aspectos e possibilidades no campo da aquaponia e tecnologias associadas ao agronegócio.

REFERÊNCIAS

CANASTRA, Inês Isabel de Oliveira. **Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático.**

Porto, Portugal. 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110688/2/250465.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

CARNEIRO, Paulo César Falanghe; MARIA, Alexandre Nizio; NUNES, Maria Urbana Correa; FUJIMOTO, Rodrigo Yudi. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais.** Macapá, 2015. 683–706p. v2.

CELADA, L.D., AQUILERA, A., GARCÍA, V., CARRAL, J.M., Sáez-ROYUELA, González, R., GONZÁLEZ, Á. **Rearing juvenile tench (Tinca tinca L.) under**

controlled conditions using *Artemia nauplii* as supplement to a dry diet.

Aquaculture Int. 2009. Espanha. 17: 565-570.

CHEMIN, Beatris Francisca. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos:**

planejamento, elaboração e apresentação. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015.

DIAS, Marcos Tavares; MARIANO, Wagner dos Santos [Orgs.] **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas.** [Vol. 1]. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. 429p.

DIVER, Steve. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture.** ATTRA - National Sustainable Agriculture Information. 28p. 2006. Disponível em: <<https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php?id=56>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** Rome: FAO, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

GIL, Antônio Carlos, 1946- **Como elaborar projetos de pesquisa**/ Antônio Carlos Gil. - 4. ed. - São Paulo : Atlas, 2002

GODDEK, Simon; DELAIDE, Boris; MANKASINGH, Utra; RAGNARSDOTTIR, Kristin Vala; JIJAKLI, Haissam; THORARINSDOTTIR, Ragnheidur. **Challenges of sustainable and commercial aquaponics.** Sustainability, Basel, Switzerland, v. 7, p. 4199-4224, 2015. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/7/4/4199/html>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. **Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents.** 2006. Scientia Agricola, 63(5): 417-513. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v63n5/31402.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review.** 2015. Disponível em: <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, Rodrigo Diana Navarro. **Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 3: 52-61, 2013.

JÚNIOR, Antônio Pereira de Araújo; CHAGAS, Christiano Vasconcelos das; FERNANDES, Raphaela Galhardo. **Uma rápida análise sobre automação industrial.** Natal - RN, 2003. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO05.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

JUNIOR, Ariovaldo Luchiari; QUEIRÓS, Leonardo Ribeiro; NETO, João Camargo; CHAIM, Aldemir. **AgroTIC em agricultura de precisão e automação agrícola.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 10. p.191-213. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia>>.

embrapa.br/digital/bitstream/item/126969/1/capitulo10-074-14.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

JUNIOR, Celso F. **Guia do trabalho científico: do projeto à redação final**. 1 ed. São Paulo: Contexto, 2011.

NETO, Egídio Bezerra; BARRETO, Levy Paes. **As técnicas de hidroponia**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 8 e 9, p.107-137, 2011/2012.

NICHANI, Akhil; KUMAR, Angad; IYER, Suchet; RAMYA. Ms. A. **Environmental parameter monitoring and Data acquisition for Aquaponics**. 2017. Chennai, India. Disponível em: <<http://www.ijetcs.com/wp-content/plugins/ijetcs/file/upload/docx/694Environmental-parameter-monitoring-and-Data-acquisition-for-Aquaponics-pdf.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

OLIVEIRA, Saulo Duarte De. **Sistema de Aquaponia**. Jataí - GO, 2016. Disponível em: <https://zootecnia.jatai.ufg.br/up/186/o/TCC_Saulo_Duarte_de_Oliveira.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER. M. P. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture**. Aquaculture Center Publications, n. 454, p. 1-7, 2006. Disponível em: <http://www.gemstone.umd.edu/team-sites/classof2014/mega/documents/Rakocy_RAS.PDF>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação**. Tek Treinamento & Consultoria Ltda Salvador, Verão 2003. v 1. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAeOMAA/fundamentos-automacao-marco-antonio-ribeiro>>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

SANTOS, Osmar Souza. **Conceito, histórico e vantagens da hidroponia**. In: SANTOS, O. Hidroponia da Alface. Santa Maria: UFSM, 2000.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, Editora: Currency, 3 de janeiro de 2017. Cologny/Geneva, Switzerland, 2016.

T SHAFEENA. **Smart Aquaponics System: Challenges and Opportunities**. Department of Computer Science and Engineering, Govt. College of Engineering, Mananthavady, Wayanad, Kerala, India, 2016. Disponível em: <<http://www.ejaet.com/PDF/3-2/EJAET-3-2-52-55.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

TACHIKAWA, Éderson Massahiro. **Automação de técnica de cultivos hidropônicos**. Itatiba, São Paulo, 2008. 53p. Disponível em: <<https://slidex.tips/downloadFile/curso-de-engenharia-da-computacao-automacao-de-tecnica-de-cultivos-hidroponicos>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 8. ed. São Paulo: Érica, 2011. 224 p.

TYSON, Richard.V.; TREADWELL, Danielle. D.; SIMONNE, Eric. H. **Opportunities and Challenges to Sustainability**. Hortscience, 21: 6-13, 2011. Disponível em: <<http://horttech.ashspublications.org/content/21/1/6.full.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.

WAHAP, Normala; ESTIM, Abentin; KIAN, Annita Yong Seok; SENNO, Shigeharu. **Producing organic fish and mint in an aquaponic system**. Sabah, Malaysia. 2010. Disponível em: <<http://www.aquaponics.com/wp-content/uploads/articles/Producing-Organic-Fish-and-Mint-in-Aquaponics.pdf>>. Acesso em: 31 de outubro de 2018.