

## **Monitoramento e Controle de Temperatura em um Sistema Aquapônico.<sup>1</sup>**

*SILVA, Marcus Vinícius Sevenini<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia - UniAcademia*  
*SILVA JÚNIOR, Dalmo Cardoso da<sup>3</sup>*  
*Centro Universitário Academia - UniAcademia*

Linha de pesquisa: Automação

### **RESUMO**

Este trabalho consiste no estudo comparativo entre um sistema de criação de tilápia convencional e um sistema aquapônico com controle de temperatura. A aquaponia é um sistema de cultivo sustentável onde se tem a união da aquicultura e hidroponia, isto é, um sistema onde há integração da criação de peixes e plantas num ciclo fechado. Com o sistema aquapônico é possível economizar água e reduzir a geração de resíduos tóxicos e químicos, pois nesse sistema há sintonia entre a criação dos peixes e das plantas, onde ambos se beneficiam do cultivo em conjunto. Apesar dos benefícios citados e do grande potencial de crescimento desse tipo de sistema, há ainda uma resistência com o método devido a sensibilidade aos parâmetros biológicos da água utilizada e, paralelamente, a falta de controle e/ou tecnologia que auxilie no desenvolvimento eficaz do projeto. Contudo, o foco desse trabalho será na apresentação e demonstração de um sistema de controle de um dos parâmetros mais importantes do cultivo aquapônico, a temperatura, que auxiliará na melhoria do desenvolvimento do sistema e redução do tempo de engorda do peixe, resultando em um projeto mais seguro e confiável em um panorama de viabilidade econômica e técnica.

**Palavras-chave:** Aquaponia. Automação agroindustrial. Arduino.

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Academia - UniAcademia, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

<sup>3</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com o futuro do meio ambiente e da oferta de água vem sendo discutida constantemente no mundo de negócios e é pauta em diversas organizações mundiais. A preservação da natureza é algo tão importante hoje, que empresas consideradas sustentáveis ganham valor de mercado e garantem um novo olhar da população. Segundo divulgação da Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP), um estudo realizado pela agência de pesquisa norte-americana, Union + Webster, apontou que em 2019, 87% da população brasileira tem preferência em comprar produtos de empresas sustentáveis, além de, 70% dos entrevistados não se importarem em pagar um valor final maior (FIEP, 2019).

A indústria de produção de alimentos tem uma responsabilidade grande nos impactos gerados ao meio ambiente nas décadas passadas, pois cultivos intensivos, visando apenas o lucro, distanciaram as empresas dos cuidados à natureza. Infelizmente, ainda hoje, a má utilização dos recursos na agricultura, principalmente nos processos de irrigação, consome mais de 70% da água tratada e desperdiça mais da metade desse volume (FAO, 2018). Em contrapartida, a produção de alimentos em sistemas intensivos é extremamente necessária para suprir e acompanhar o crescimento populacional. De acordo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o crescimento da produção de alimentos precisará aumentar em 70% até 2050 para atender a demanda populacional. Nesse cenário, é preciso buscar novas formas de cultivo unindo a alta taxa de produção com impactos ambientais atenuados e com baixo risco para saúde humana, já que, a larga utilização de agrotóxicos e fertilizantes no manejo dos alimentos é outra preocupação que a assola a população mundial.

Uma das alternativas sustentáveis para atender o mercado mundial é o cultivo conjunto de plantas e peixes, chamado de aquaponia. Nesse sistema, tem-se a união de cultivos já bem conhecidos e praticados no mundo, a aquicultura (produção de peixes em ambiente controlado) e hidroponia (cultivo de plantas em meio aquoso) (OLIVEIRA, 2016). A técnica une os peixes e as hortaliças em um sistema circulante de água, onde os subprodutos da criação dos peixes servem como nutrientes para as hortaliças, que em conjunto com bactérias, realizam a filtragem da água em níveis

adequados para o crescimento dos peixes, ou seja, a aquaponia se assemelha aos processos de simbiose ocorridos na natureza, onde os peixes dos rios produzem dejetos nitrogenados com fração de nutrientes que são absorvidos pelos vegetais para a produção de sua própria biomassa, tornando assim, a água limpa novamente ao ambiente. Por conceito, nesse sistema não é possível a utilização de antibióticos, agrotóxicos e adubos químicos, como usualmente é praticado na agricultura convencional, pois na aquaponia, há um equilíbrio entre todos os organismos do sistema que não pode ser alterado por substâncias externas (FINKELSTEIN, 2018). Com isso, o produtor que faz uso do sistema aquapônico consegue agregar valor ao seu produto, obtendo um produto com qualidade superior e com poder de venda superior ao do cultivo comum.

Ainda, como a técnica da aquaponia utiliza um sistema fechado circulante, o consumo de água torna-se mínimo, sendo necessário somente em momentos de reposição do volume evaporado, ou seja, não há desperdício de água e o volume perdido retorna ao meio ambiente de forma limpa, sem poluição e produtos químicos (ANTONIOLLI, 2019). Pode-se assim dizer, que em um sistema aquapônico são reduzidos os dois principais impactos ambientais dos cultivos convencionais, sendo eles, a larga utilização/desperdício de água e o uso desenfreado de produtos químicos.

Apesar de promover muitos benefícios, a aquaponia, diferentemente de um cultivo comum, é uma prática que necessita de um monitoramento constante e especializado para manutenção da qualidade da água, o que torna sua aplicação ainda limitada no Brasil. São fatores como oxigenação, temperatura, nível, fluxo, pH e nível de amônia da água que devem ser checados e controlados para tornar o ambiente propício ao desenvolvimento dos peixes e vegetais.

Contudo, com o objetivo de ampliar vantagens da produção aquapônica e atenuar as dificuldades, um sistema disposto de sensores e automação pode ser empregado. O propósito não é a criação de tecnologia nova, mas sim a introdução de elementos já existentes na área tecnológica da microeletrônica, comunicação e automação para o desenvolvimento de um sistema confiável para tornar a prática da aquaponia possível.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Diante do apresentado, o trabalho pretende responder a seguinte pergunta: Como a automação e controle de parâmetros para o monitoramento da qualidade da água podem contribuir na otimização de um sistema aquapônico, reduzindo o tempo de desenvolvimento dos peixes e aumentando os benefícios em ambos os cultivos (plantas e peixes), tornando o sistema mais vantajoso que outros cultivos intensivos?

## 1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento da qualidade da água de um sistema aquapônico, para que, controles automatizados sejam gerados para atuação imediata no processo de cultivo.

São vários os parâmetros ideais da água que necessitam ser controlados em um sistema aquapônico, como por exemplo: temperatura, pH, oxigenação, fluxo, turbidez, nível da água, concentração de amônia, entre outros. Aqui, o foco principal será no controle da temperatura da água do sistema, fator este, importantíssimo na maximização da escala de produção.

Além disso, podem ser citados alguns objetivos específicos que contribuem para mostrar os caminhos que foram seguidos ao longo do trabalho:

- Realizar estudo de temas na área da Aquaponia, com intuito de entender quais são as maiores dificuldades e limitações para que sejam buscadas as devidas soluções.
- Estudar o mercado de pescados, em busca de escolher a espécie com melhor adaptação ao sistema aquapônico e com maior potencial financeiro.
- Estudar a área da automação e maneiras da sua implantação no sistema aquapônico.
- Concentrar informações de monitoramento por meio de um painel, para que, parâmetros do sistema possam ser visualizados em tempo real.
- Implantar o sistema automatizado com atuação de correção e em seguida reanalisar o resultado.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 6 seções. Após a introdução do tema, é apresentado uma seção com conceitos importantes que serviram de base para esse trabalho sobre a técnica de aquaponia, sistemas intensivos de criação de peixes e automação geral. Ainda na seção 2, é comentado sobre a espécie de peixe que mais se adapta ao sistema e o seu potencial comercial.

Na terceira seção, é apresentada a metodologia usada neste trabalho, como será efetuada coleta e análise de dados.

Na seção 4, é mostrado os dispositivos utilizados na construção do projeto e a programação utilizada para entregar os resultados esperados. Em seguida, na seção 5, é discutido os resultados obtidos.

Por fim, a última seção apresenta uma conclusão geral do tema do trabalho, destacando as vantagens do sistema controlado e as melhorias que ainda podem ser feitas para tornar o sistema aquapônico atrativo ao produtor.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

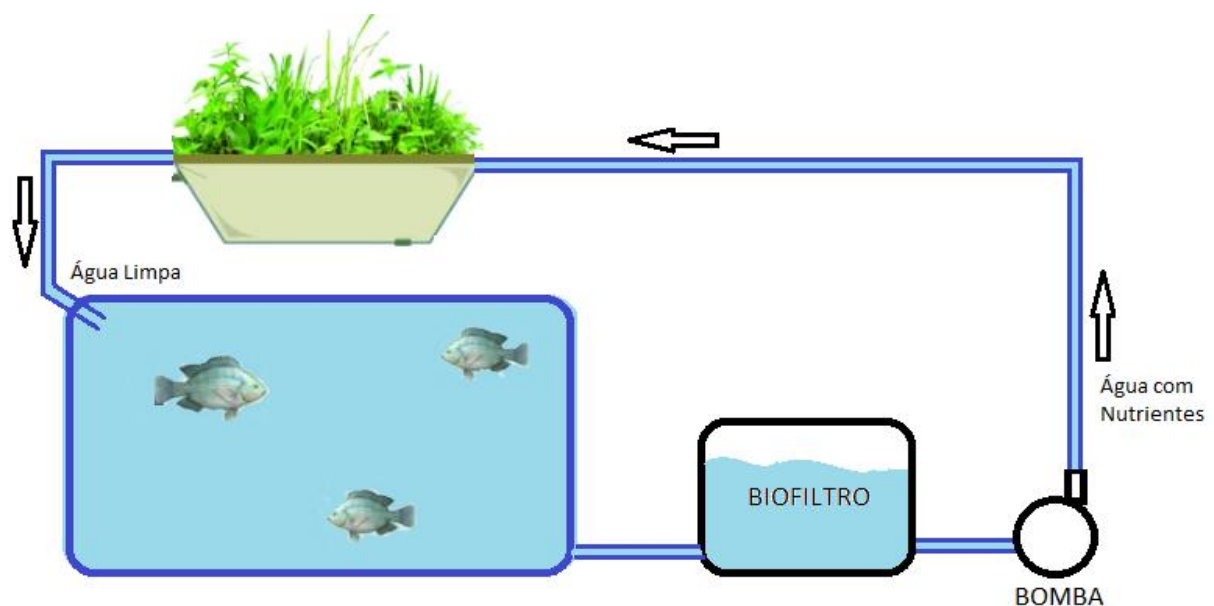
Nesta seção, é apresentada, primeiramente, a fundamentação teórica da aquaponia, uma técnica sustentável para criação de peixes e vegetais de alta qualidade para o consumo humano. Em seguida, outros tipos de sistemas de cultivo intensivo são mostrados, com intuito de apresentar as vantagens do sistema aquapônico, quando este é controlado. Por fim, serão expostos os embasamentos teóricos em automação que possibilitaram o desenvolvimento do sistema de monitoramento aquapônico.

### 2.1 AQUAPONIA

Conforme Finkelstein (2018, p. 14) a aquaponia é um sistema de cultivo integrado e colaborativo que pode ser considerado ecologicamente correto, uma vez que, a técnica consiste em produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado. Outra particularidade da aquaponia é a possibilidade de realizar o cultivo em estruturas verticais, reduzindo assim, a área para a sua implantação. Com isso, a instalação do sistema aquapônico pode ser realizado

próximo a centros urbanos, reduzindo custos de transporte no valor final do produto. Logo, essa técnica se mostra uma excelente alternativa para o cultivo de peixes e hortaliças em locais com escassez de água, solo inapropriado para agricultura e ambientes urbanos. Na Figura 1 está exemplificado o funcionamento básico de um sistema aquapônico.

**Figura 1** - Esquemático de um Sistema Aquapônico



Fonte: Próprio Autor (2021).

### 2.1.1 Fundamentos

Para entender os processos da aquaponia é preciso citar outras duas técnicas que são base para todo o sistema, a aquicultura e hidroponia.

A aquicultura é um tipo de cultivo intensivo e confinado para produção de peixes e de outras espécies de animais (moluscos, crustáceos, anfíbios e répteis) sob condições geralmente controladas. Atualmente, a aquicultura é praticada por meio de algumas técnicas, onde a mais conhecida e difundida é a produção em sistemas abertos e lagoas (FAO, 2014). Apesar de mais praticada, esse tipo de cultivo não é o mais benéfico ao meio ambiente, isso porque, grande parte da água utilizada no cultivo é descartada quando se torna imprópria, causando desequilíbrio no ecossistema, já que, a água é eliminada com alta concentração de subprodutos e elementos tóxicos

a outros seres aquáticos. Em contrapartida, outra técnica da aquicultura, chamada RAS, utiliza a recirculação de água com a implementação de filtros que removem os subprodutos do cultivo, reduzindo assim, o volume de água descartado e os impactos causados ao meio ambiente (FINDELSTEIN, 2018). Por essas vantagens, esse método de produção, complementado com a hidroponia, é o de interesse desse trabalho.

A hidroponia é o método de produção agrícola sem a utilização do solo, onde meios de comunicação inerte ao crescimento são utilizados. Esses meios podem ser algum substrato poroso, como argila expandida, que servirá como sustentação das plantas e suporte para submersão das raízes diretamente em solução nutritiva (SANTOS, 2002). A água usada no sistema é rica em minerais essenciais para o crescimento das plantas e é circulada, através de uma bomba, até o reservatório das plantas para que os nutrientes sejam absorvidos e a água não utilizada retornar ao sistema. A agricultura sem solo chama a atenção por reduzir as pragas e doenças com origem no solo que geralmente afetam uma monocultura. Além disso, alguns substratos são melhores que o solo em retenção de água e fornecimento de oxigênio a base das raízes das plantas, melhorando assim, a eficiência, o quantitativo e qualidade do produto (FAO, 2014).

Contudo, a integração da técnica de recirculação da aquicultura e a hidroponia dão origem a aquaponia, de forma que, ambos os sistemas se complementam em uma relação benéfica. Assim, através da recirculação da água, os resíduos tóxicos produzidos pelos peixes são transformados em matéria orgânica e em produtos não tóxicos por bactérias e absorvidos como nutrientes pelas plantas (ANTONIOLLI, 2019). A relação entre esses sistemas se dá pelo ciclo do nitrogênio que será comentado no próximo item e observado na Figura 2:

**Figura 2 - Ciclo do Nitrogênio**


Fonte: CANASTRA (2017).

### 2.1.2 Ciclo biológico no sistema aquapônico

Conforme citado e observado, as bactérias nitrificantes são as responsáveis por tornar possível o sistema de cultivo compartilhado de plantas e peixes utilizando e nutrindo-se da mesma água. O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no desenvolvimento de um vegetal. No sistema aquapônico, o ciclo do nitrogênio é iniciado pelos peixes, que geram amônia como subproduto da sua alimentação e respiração. Contudo, o aumento de concentração de amônia é pouco aproveitável pelas plantas e é extremamente desfavorável para o sistema, por ser um dos principais fatores que tornam a água tóxica aos peixes, podendo causar a perda de toda produção. Algumas plantas como a taboa, lírio do brejo e agrião são capazes de absorver a amônia, porém a baixa taxa de absorção torna a utilização inviável. A alternativa é utilizar bactérias para acelerar e compor o ciclo do nitrogênio. Bactérias dos gêneros *nitrossomonas* e *nitrobacters* transformam a amônia presente no sistema pelo processo de nitrificação, oxidando a amônia primeiramente em nitrito, ainda tóxico e pouco aproveitável, e em seguida para nitrato, que é absorvido as plantas.



Por fim, após a transformação da amônia em nitrato para absorção das plantas, a água retorna ao sistema dos peixes limpa e com baixa concentração de compostos tóxicos (TOKUYAMA, 2004).

### **2.1.3 Sistemas aquapônicos de produção**

Os sistemas de aquaponia são constituídos pelos tanques de criação de peixes, sistema de filtragem para tratamento da água (onde ocorre o processo de nitrificação pelas bactérias) e pelas bancadas onde são acondicionadas as plantas da hidroponia.

Os peixes em um sistema aquapônico são inseridos em um ou mais tanques com materiais atóxicos para o cultivo. Nesse ponto ocorre a inclusão de todos os nutrientes do sistema, onde a ração é distribuída aos peixes e resíduos são gerados por restos de rações, fezes e respiração dos peixes. Os tanques podem ser de diversos volumes e possuir densidade de produção distintas, ou seja, podem agrupar mais ou menos peixes por metro cúbico de água. Essa diferença de população de peixe por metro cúbico do viveiro é variável porque cada sistema utiliza um sistema de controle e um tipo de tecnologia empregada, isto é, sistemas que são altamente controlados e monitorados constantemente conseguem adensar um número maior de peixes por volume do que sistemas que não regulam de forma rígida a qualidade da água (CARNEIRO, 2015).

Em seguida, a água oriunda dos tanques de peixes é bombeada para o sistema de filtragem e hidroponia. Para essa fase do projeto são usadas configurações distintas por cada produtor, isto porque, o espaço disponível para o cultivo geralmente não é o mesmo e o potencial de produção de interesse varia entre cada investidor. Um dos sistemas mais utilizados por pequenos produtores utiliza a própria cama de cultivo das plantas como filtro biológico para o processo de transformação de amônia para nitrito, de nitrito para nitrato e para ser então absorvido pelas plantas. Na Figura 3 está exposta essa configuração:

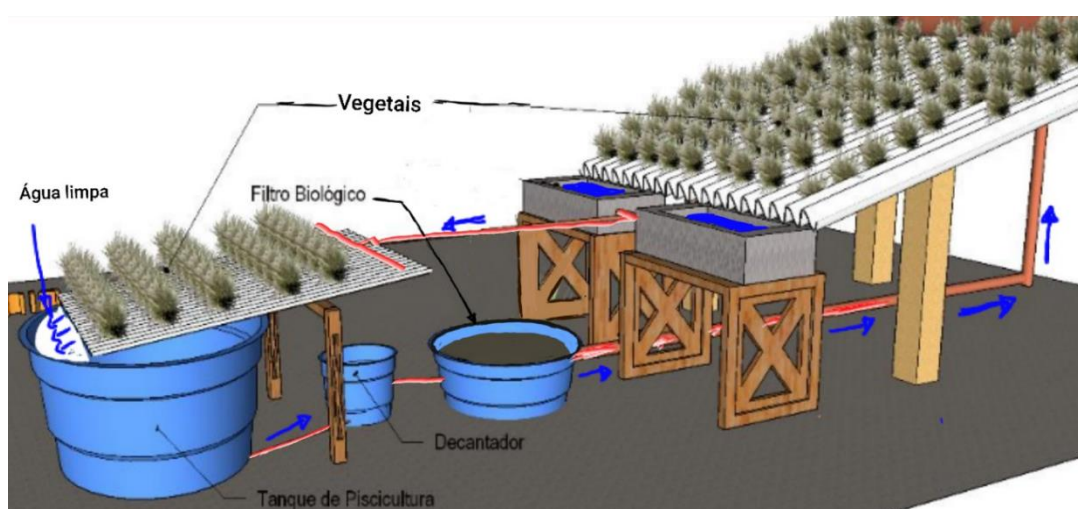
**Figura 3 - Sistema básico de aquaponia**



Fonte: CARNEIRO (2015).

Em sistemas mais intensivos, isto é, com maior adensamento de peixes, a geração de subprodutos é maior, necessitando de uma filtragem mais eficiente. Para isso, são utilizados geralmente filtros mecânicos em conjunto com decantadores para remoção das partículas sólidas da água. Em seguida a água com menor carga de material particulado é enviada ao filtro biológico para iniciar o processo de transformação da amônia pelas bactérias. Por fim, a água passa pelas calhas ou camas de cultivo para absorção dos nutrientes pelas plantas, conforme mostrado na Figura 4:

**Figura 4 – Esquemático aquapônico com uso de decantador e calhas**



Fonte: Próprio Autor, adaptado de BARBOSA (2011).

#### 2.1.4 Temperatura da água do sistema aquapônico

Em um sistema aquapônico os seres vivos (peixes, vegetais e bactérias) estão em constante contato e se desenvolvendo de forma conjunta utilizando o mesmo meio, a água. Por isso, o monitoramento e controle da qualidade da água é fundamental para a sobrevivência e desenvolvimento dos peixes e vegetais.

A qualidade da água é determinada após a análise de vários parâmetros físico-químicos, como por exemplo, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, nitrato, nitrito, entre outros. Por ser tratar de um sistema com inúmeras variáveis de monitoramento e controle, o sistema aquapônico torna-se complexo, e em muitos casos, dependente de mão-de-obra técnica especializada para manter a produção. Assim, a automação aplicada para controlar os parâmetros da água pode romper limitações e desconfiança que muitos produtores possuem no momento de optar pelo sistema aquapônico como tipo de cultivo.

Por limitações de tempo, decorrido de um ano pandêmico distante do ensino presencial, o trabalho em questão é desenvolvido no controle de um dos principais parâmetros da água para a manutenção da vida no sistema aquapônico, a temperatura. Os demais parâmetros também poderão ser controlados da mesma forma que a temperatura, obviamente alterando sensores e inputs de faixa de controle.

A temperatura influencia diretamente os processos biológicos e químicos em um reservatório de peixe, isso porque, a digestão, respiração, reprodução e principalmente alimentação dos peixes estão fortemente ligadas a temperatura da água do reservatório. As plantas quando são cultivadas no sistema de aquaponia, sem contato com o solo, são mais sensíveis a temperatura da água do que a temperatura do ar, possuindo um melhor desenvolvimento com a temperatura da água em 24°C (ANTONIOLLI, 2019). Além da importância para os peixes e plantas, a temperatura controlada auxilia as bactérias nitrificantes, que tem a sua atividade normal entre 20 e 28°C (RAKOCY, 2006).

A temperatura quando elevada, pode afetar diretamente o sistema, pois implica um aumento da taxa metabólica de todos os seres vivos, acelerando assim, o consumo de oxigênio e a excreção dos peixes, causando um desequilíbrio do

ambiente aquapônico. A queda de temperatura para valores abaixo da faixa ideal acarreta também impactos diretos aos seres vivos existentes no sistema, ocasionando queda na produtividade. Para valores inferiores a 10°C, a produtividade pode ser reduzida em mais de 50%, e por isso, tal situação deve ser evitada durante todo o ciclo de cultivo (SOMERVILLE et al., 2014).

### **2.1.5 Automação na aquaponia**

O avanço em sistemas intensivos de produção de alimentos aliado a economia e preservação de recursos naturais vem se expandindo no mundo. A aquaponia é uma das técnicas promissoras para o fornecimento de alimento em um curto espaço de tempo preservando um dos recursos mais importantes pra vida, a água. Apesar disso, alguns desafios como o controle de parâmetros da água do sistema é algo que limita a expansão e aplicação da técnica. A tecnologia entra como solução para tornar possível e transformar a aquaponia em um sistema sustentável, viável e lucrativo em larga escala (SHAFFENA T, 2016; ANTONIOLLI, 2019).

Além de tornar viável e auxiliar o produtor no controle dos parâmetros na aquaponia, o sistema automatizado pode otimizar o processo e reduzir a necessidade de intervenções humanas ao sistema. A temperatura que é a variável de interesse desse trabalho, quando controlada, reduz o tempo do ciclo de engorda dos peixes, e conseqüentemente, contribui com o produtor na redução de gastos com ração, energia elétrica, manejo, entre outros (SOMERVILLE et al., 2014).

Dispositivos, sensores, linguagem de programação e hardware são elementos usados na requisição dos dados em forma física, transformação em sinais elétricos para manipulação, processamento, controle e atuação.

#### **2.1.5.1 Arduino**

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, de baixo custo, que permite o desenvolvimento de sistemas de interação com o ambiente, utilizando sensores de temperatura, som, luz etc., como entrada e atuadores, motores, resistências de aquecimento, display etc., como saídas. A placa Arduino pode ser

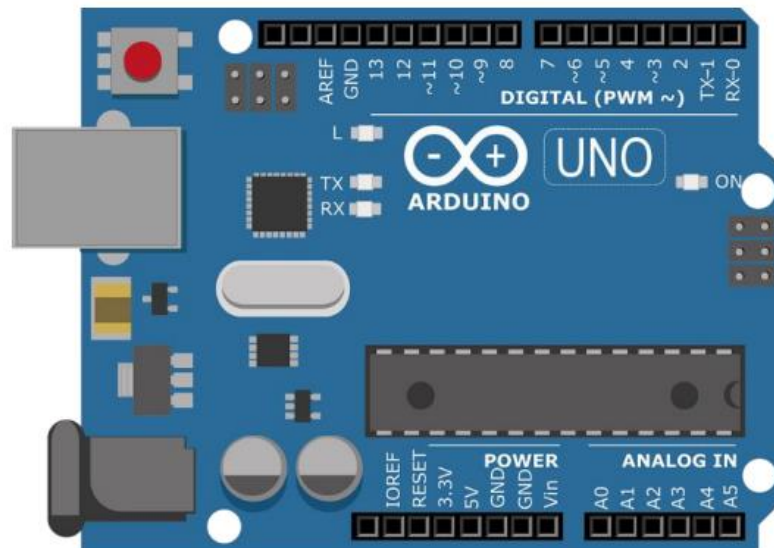
resumidamente definida como um minicomputador que pode ser programado para processar as entradas e saída do seu chip (OLIVEIRA, 2016).

Ainda como vantagem, o Arduino possui IDE (Integrated Development Environment), um software livre que utiliza linguagem Processing baseada em código C/C++, oferecendo bibliotecas de código aberto. Assim, essa plataforma permite realizar interface com outros hardwares, com intuito de facilitar a sua utilização e permitir o desenvolvimento de aplicações de diversas naturezas (SOUZA, 2011).

O modelo usado nesse projeto é o Arduino Uno R3, que possui como unidade de processamento o microcontrolador ATmega328P que opera com tensão de 5V, memória RAM de 2 KB, memória Flash de 32 KB e clock de 16 MHz. A placa possui 14 portas de entradas/saídas digitais (pinos 0 a 13), sendo que os pinos 3, 5, 6, 9, 10 e 11 podem ser usados o PWM (Pulse Width Modulation) para gerar valores entre 0 e 255. Uno R3 ainda conta com 6 portas de entrada analógica, pinos A0 a A5, que podem receber tensões entre 0 e 5 V e produzem uma escala de 0 a 1023. Além disso, a placa é disposta de pinos com 3,3 V, 5 V e GND (Terra) para possibilitar a alimentação de outros componentes dos circuitos interligados ao próprio Arduino (OLIVEIRA, 2016).

Contudo, a escolha do Arduino ao desenvolvimento do projeto destaca-se por oferecer custo baixo, suporte da comunidade *open source* para facilitar resolução de problemas e acesso a bibliotecas (FINKELSTEIN, 2018).

**Figura 5 - Arduino UNO R3**



Fonte: OLIVEIRA; Claudio (2019).

### 2.1.5.2 Sensores

São dispositivos amplamente utilizados na automação por possuírem a função de medir precisamente uma grandeza física da natureza e transformá-la em sinais elétricos, que posteriormente, são recebidos, interpretados e controlados através de processamento.

## 2.2 PISCICULTURA INTENSIVA CONVENCIONAL X AQUAPONIA

A piscicultura intensiva, é denominada assim, em virtude das altas densidades de estocagem, a fim de, obter alta produtividade em um ciclo de produção. Geralmente praticada no Brasil em açudes, em tanques com alta renovação de água e em tanques-redes ou gaiolas em reservatórios de hidrelétricas.

Apesar de muito difundida no país, essa prática é dependente de grandes áreas de extensão para sua aplicação, geralmente, distante do mercado consumidor. Além disso, a produção é atingida fortemente em épocas de seca, inverno e/ou regiões com variações bruscas de temperatura.

A alimentação dos peixes em sistemas intensivos é feita por meio de ração, que é dosada de forma balanceada de acordo com a fase de desenvolvimento.

Segundo Queiroz (2021, p. 8) o fornecimento de ração tem grande importância durante a produção, correspondendo entre 60 e 70% do custo total durante o ciclo completo de produção. Em sistemas convencionais de cultivo da piscicultura há uma perda significativa de ração durante o manejo, isso porque, em ambientes que não existe controle da temperatura, o descontrole no apetite é diário dos peixes, alterando o seu desenvolvimento e o prazo de engorda, principalmente em ciclos que passam pelo inverno durante a produção. Ainda, na piscicultura com utilização de gaiolas em reservatório de hidrelétricas, o fluxo constante da água gera dificuldade em manter a alimentação dos peixes concentrada em uma área delimitada, ocasionando perdas durante o tratamento.

Em contrapartida, o cultivo utilizando a técnica aquapônica com temperatura controlada, possibilita a produção mais próxima de centros comerciais e urbanos, economia de água e redução de gastos com ração durante o desenvolvimento dos peixes, já que, o apetite dos peixes não é alterado e a ração é entregue ao sistema em uma área limitada em ciclo fechado (CARNEIRO, 2015).

### 2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando essa seção, verificamos a importância de cada objeto ou elemento em sua natureza de forma individualizada. A agregação desses, a um sistema aquapônico, representa possíveis soluções de viabilidade, aumento de produção, redução de gastos no manejo e manutenção do sistema.

## 3 METODOLOGIA

Baseado nos fundamentos teóricos apresentados, na seção em questão são expostos os métodos para elaboração de um projeto de monitoramento e controle da temperatura de um sistema aquapônico.

De início, foram realizados estudos do sistema aquapônico para compreender os elementos que o compõe e as principais dificuldades encontradas para o desenvolvimento da técnica, a fim de introduzir tecnologias que abrangem a área da automação em busca de soluções viáveis para a expansão do método. Em outra fase, foram analisadas técnicas convencionais já utilizadas em larga escala, principalmente

para criação de peixes, com intuito de enxergar o potencial do sistema de aquaponia nos pontos de fragilidade do cultivo comum.

Para o presente trabalho foi montado o circuito de interesse na plataforma *TinkerCad*, e em seguida, implementado o modelo com programações para simular o controle de temperatura.

### 3.1 REQUISITOS DO SISTEMA

Os requisitos funcionais de um sistema são compostos de declarações de quais serviços devem ser entregues, como se comportar e reagir a partir da informação de entrada e, por último, como atuar para corrigir ou manter a condição informada inicialmente. Para o projeto proposto são definidos os seguintes requisitos (FINKELSTEIN, 2018):

- O sistema deve permitir a visualização da leitura do sensor de temperatura pelo usuário;
- O sistema deve acionar o aquecimento ou o resfriamento do tanque de peixes automaticamente quando necessário;
- O sistema deve permitir ao usuário a configuração de temperatura em que será acionado o aquecimento e o resfriamento da água do tanque dos peixes;
- O sistema deve permitir o usuário alterar a faixa em que julga ser ideal para o seu cultivo, a fim de possibilitar o cultivo de qualquer espécie de peixe.

### 3.2 REGULAÇÃO DE TEMPERATURA

Para o projeto em questão foi adotado a espécie Tilápia do Nilo como peixe a ser cultivado. Existem uma série de vantagens da utilização da tilápia em sistemas intensivos quando comparado com outras espécies de peixes, dentre elas são:

- Maior tolerância a baixa concentração de oxigênio dissolvido na água;
- Melhor adaptação a distintas condições de qualidade da água;
- Suportam e se adaptam a melhor a variações de temperatura;
- Crescimento acelerado por ter melhor conversão alimentar;



- Admitem maior concentração de amônia na água.

Segundo Somerville et al. (2014), com o cultivo da tilápia em condições ideais, é possível atingir o crescimento de 3,36g diariamente, isto é, pode-se obter o desenvolvimento de um peixe 50 gramas até sua maturidade (500g) em cerca de seis meses. Apesar da importância dos demais parâmetros da água, o crescimento acelerado e estável se dá principalmente quando há o controle da temperatura da água na faixa ideal. Segue na Tabela 1 os limites de temperatura da água de interesse para o melhor desenvolvimento do sistema aquapônico deste trabalho.

**Tabela 1** - Limites de Temperatura Tilápia Aquaponia

Espécie de Peixe	Temperatura (°C)	
	Vital	Ideal
Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	14 - 36	26 - 30

Fonte: Próprio Autor, adaptado de Somerville (2014).

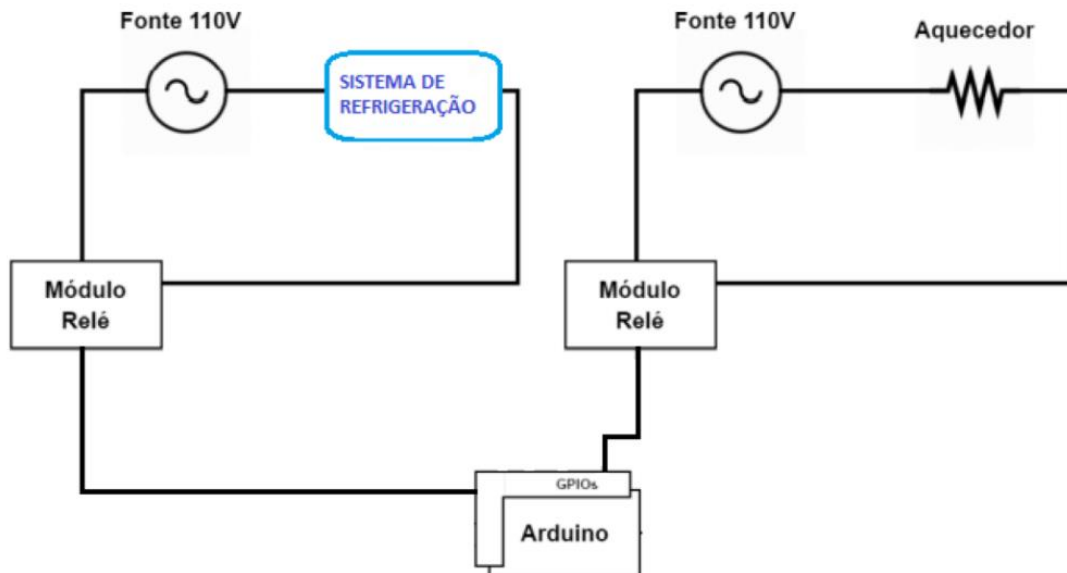
### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção foi abordada a proposta do sistema a ser implementado e a importância em manter a temperatura na faixa ideal para o melhor desenvolvimento da tilápia. Na próxima seção será mostrado os detalhes dos equipamentos utilizados para a finalidade requerida e a implementação de todo o sistema.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Para a elaboração do projeto, conforme mostrado na seção 2, o sistema contará com componentes para o processamento e monitoramento da variável de interesse, a temperatura. A Figura 6 ilustra a arquitetura do sistema a ser implementado.

**Figura 6 - Arquitetura do Sistema**



Fonte: Próprio Autor (2021).

#### 4.1 PROCESSAMENTO E COMUNICAÇÃO

A placa Arduino Uno R3 será usada para toda parte de processamento e comunicação do sistema a ser implementado. Os fatores que levaram a escolha e as características do componente já foram comentados na seção 2.

#### 4.2 SENSORES/ATUADORES

Os sensores e atuadores são elementos de grande importância em sistemas de automação, pois são os responsáveis por verificar e interferir diretamente no ambiente de interesse de controle.

##### 4.2.1 Módulo Temperatura da Água

O monitoramento da temperatura da água será realizado a partir da medição do sensor DS18B20. Esse sensor blindado e a prova d'água é produzido pela Maxim Integrated, podendo medir temperaturas entre  $-55^{\circ}\text{C}$  e  $+125^{\circ}\text{C}$ . Assim, o DS18B20 atende os requisitos para monitorar a temperatura da água dos peixes que será controlado entre  $26^{\circ}\text{C}$  e  $30^{\circ}\text{C}$ . Além disso, operando entre  $0-40^{\circ}\text{C}$  o sensor consegue entregar uma precisão de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , para mais ou menos (MAXIM, 2019).

A interface de comunicação utilizada no sensor é de apenas 1 fio mais o terra, possuindo um endereçamento de 64 bits, permitindo a conexão de vários sensores em um mesmo barramento de comunicação (MAXIM, 2019).

A programação para implementar a comunicação entre o controlador e o sensor foi realizada através das bibliotecas de código aberto que fornecem os métodos necessários para recuperar a temperatura da água a qual o sensor está inserido (FINKELSTEIN, 2018).

#### **4.2.2 Módulo aquecedor**

O aquecedor será utilizado com objetivo de não permitir que a temperatura da água dos peixes fique abaixo de 26°C, temperatura mínima programada do projeto. Assim que a temperatura da água, medida pelo sensor DS18B20, atingir 26°C o microcontrolador ativa a GPIO de controle para acionamento do módulo do aquecedor. O aquecedor será mantido ligado até que a temperatura do tanque alcance novamente os 26°C. Para evitar inúmeros acionamentos do módulo de aquecimento, quando a temperatura fica no limítrofe da faixa mínima, é recomendável introduzir um temporizador no conjunto de saída do sistema.

O módulo aquecedor é composto por um relé e uma resistência. A potência da resistência é definida de acordo com o volume do tanque e com o interesse de cada produtor, e assim, deverá ser projetada no momento da implementação do sistema.

#### **4.2.3 Módulo de refrigeração**

O elemento de refrigeração do tanque de peixe é utilizado para não permitir que a temperatura da água ultrapasse os 30°C, temperatura ajustada como máxima para este projeto. Dessa forma, assim que o sensor medir e comunicar ao Arduino a temperatura de 30°C o microcontrolador ativará a GPIO de controle para acionamento do módulo de refrigeração. A refrigeração será mantida enquanto a temperatura da água estiver acima ou igual a 30°C e só será desligada no momento em que a temperatura da água atingir 30°C. De forma análoga ao módulo de aquecimento, é recomendável o uso de um temporizador para evitar múltiplos acionamentos do módulo.

O sistema de refrigeração também será definido de acordo com interesse do produtor, isto é, com o tamanho do investimento a ser realizado inicialmente. A refrigeração pode ser dada através de ventilador, sistema de ar-condicionado ou até mesmo através de troca parcial da água do tanque. No projeto em questão, o sistema de refrigeração será exemplificado por um ventilador.

#### 4.2.4 Relé

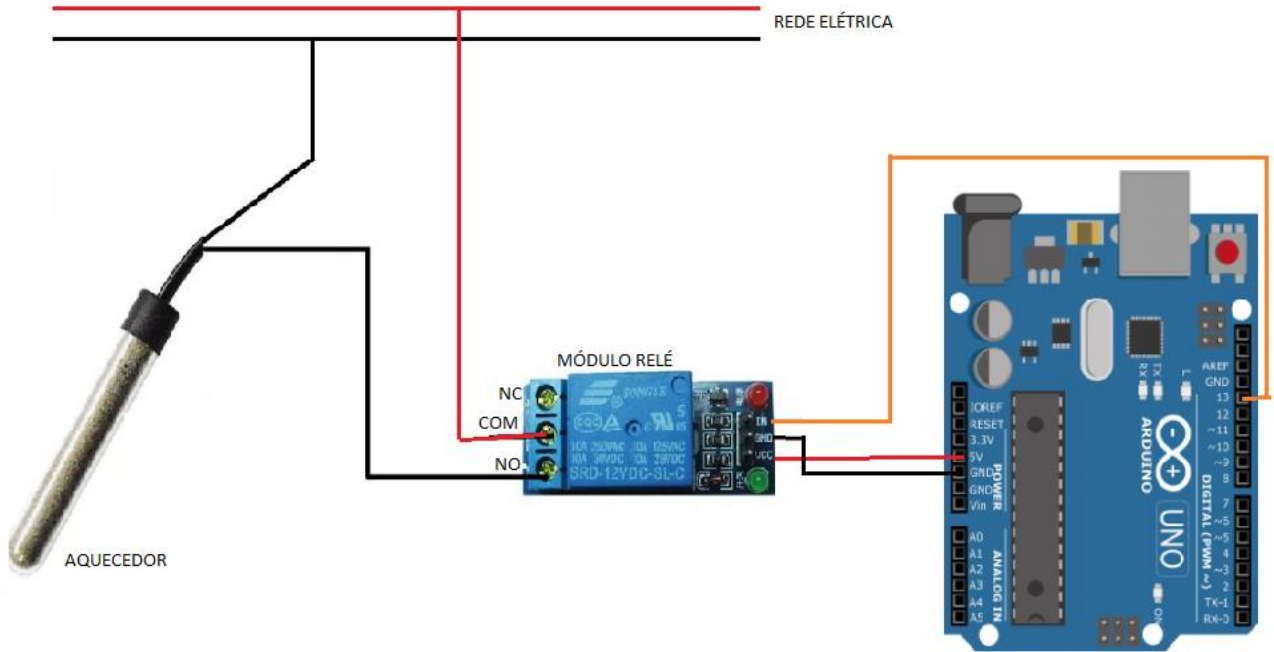
O relé é um dispositivo elétrico com capacidade de produzir modificações súbitas e pré-determinadas em circuitos elétricos de saída. Pode-se dizer que o relé é um interruptor eletromecânico com acionamento comandado por uma tensão baixa que consegue alimentar dispositivos que utilizam uma tensão bem superior à de entrada ou a do próprio comando do relé.

O relé é composto pela parte de potência (saída) e controle (entrada). Neste projeto, a parte de controle é comandada pelo Arduino e a parte de potência está conectada aos módulos de refrigeração e aquecimento. O setor de potência do relé é composto por 3 terminais: COM (*Common*), NO (*Normally Open*) e NC (*Normally Connected*). Inicialmente em repouso, os terminais COM e NC ficam conectados.

A parte de controle possui uma bobina que ao ser energizada, gera um campo magnético suficiente para deslocar o contato metálico de conexão dos terminais COM e NC para a conexão entre os terminais COM e NO. A energização da bobina será comandada diretamente pelo Arduino, isto é, a partir da tensão de uma GPIO do microcontrolador. Quando a tensão for mantida em 0V os módulos de aquecimento e refrigeração estarão desligados e quando a tensão for 5V, a bobina do relé é então energizada, atuando os sistemas de refrigeração ou aquecimento.

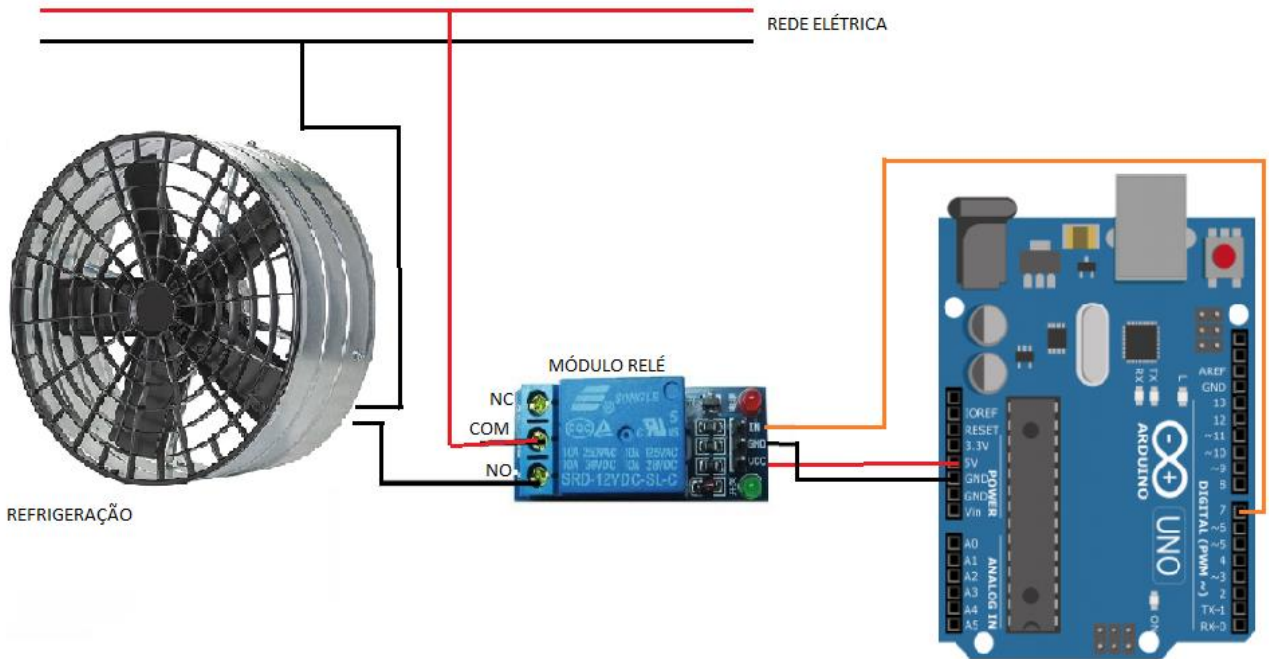
Como o acionamento dos módulos de refrigeração e aquecimento serão controlados e acionados a partir da tensão de 5V na GPIO de interligação com o relé, a ligação dos módulos deverá estar em série com os terminais COM e NO, conforme as Figuras 7 e 8

Figura 7 - Esquemático do Módulo de Aquecimento



Fonte: Próprio autor (2021).

Figura 8 - Esquemático Módulo de Refrigeração



Fonte: Próprio autor (2021).

O relé escolhido é fabricado pela *Songle*, modelo SRD-05VDC-SL-C, com tensão de operação na bobina de 5 VDC, podendo suportar no contato de saída tensão alternada de até 250 V e corrente máxima de 10A. O elemento foi escolhido por ser facilmente encontrado no mercado e possuir um custo baixo para o projeto.

#### **4.2.5 Display LCD 16x2**

O display será utilizado para fazer a interface homem-máquina (IHM), informando ao usuário a temperatura atual da água do tanque e qual módulo está em utilização, aquecimento ou refrigeração ligada.

O display LCD 16x2 é amplamente usado em projetos por sua simplicidade e baixo custo. São 16 colunas e 2 linhas com escrita na cor branca com a luz de fundo azul.

Na parte construtiva do display LCD geralmente é usado, internamente, o controlador HD44780 da fabricante Hitachi, possibilitando trabalhar com 4 ou 8 bits de dados por vez. A diferença entre os dois modos é a velocidade de execução e o número de pinos usado: modo 4 bits utiliza pinos D4 a D7 e o modo 8 bits utiliza todos os pinos de dados (D0 a D7) (HITACHI, 1998).

O display LCD 16x2 opera com tensão de alimentação entre 4,5 e 5,5 VDC e corrente de operação entre 1 e 1,5 mA. Além disso, é possível modificar a intensidade de luminosidade do display através da variação de tensão de alimentação (1,5 a 5,5 VDC) (TANNUS, 2018).

É importante informar a função de cada pino dos 16 disponíveis antes da sua utilização e conexão ao Arduino (no caso desse projeto). A Tabela 2 mostra a função e nome de todos os pinos do display.

**Tabela 2 - Identificação dos Pinos do LCD**

<b>Pino</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>
1	Vss	Terra
2	Vdd	Alimentação positiva (5V)
3	Vo	Contraste do LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7	D0	Dados – não utilizado em modo 4 bits
8	D1	Dados – não utilizado em modo 4 bits
9	D2	Dados – não utilizado em modo 4 bits
10	D3	Dados – não utilizado em modo 4 bits
11	D4	Dados
12	D5	Dados
13	D6	Dados
14	D7	Dados
15	A(led+)	Anodo da backlight
16	K(led-)	Catodo da backlight

Fonte: Próprio Autor, adaptado de TANNUS (2021).

A partir da identificação, a conexão entre o display e o Arduino pode ser feita conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Conexão Display-Arduino**

<b>Pino LCD</b>	<b>Pino Arduino</b>
Vss	GND
Vdd	5V
Vo	Pino do potenciômetro
RS	Pino 6
R/W	GND (opcional -D8)
E	Pino 7
D0	Desconectado
D1	Desconectado
D2	Desconectado

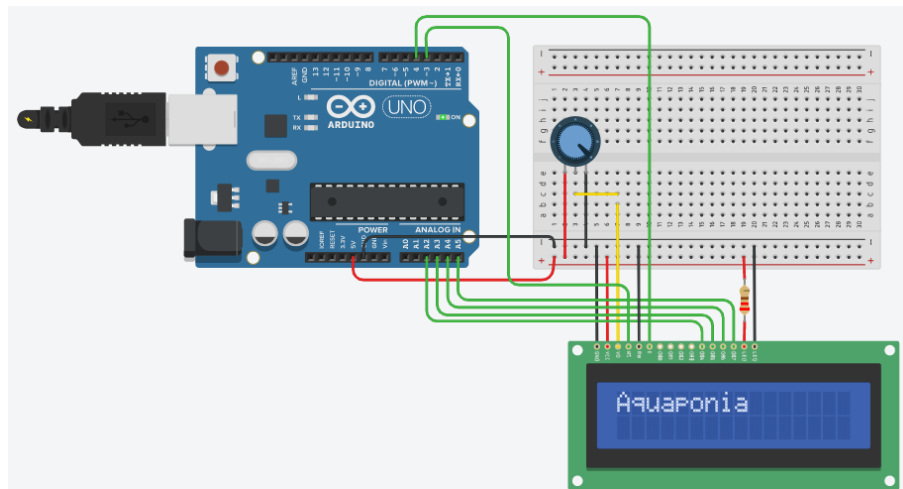
Cont.

Pino LCD	Pino Arduino
D3	Desconectado
D4	Pino 5
D5	Pino 4
D6	Pino 3
D7	Pino 2
A(LED+)	5V – com resistor em série
K(LED-)	GND

Fonte: Próprio Autor, adaptado de TANNUS (2018).

Na Figura 9 é mostrado um exemplo de montagem de um display 16x2 a placa Arduino.

**Figura 9 - Ligação do LCD ao Arduino**



Fonte: Próprio Autor (2021).

Além do display e do Arduino, outros componentes fazem parte dessa interface para o circuito proposto do projeto.

Um resistor de 1kΩ é ligado em série com o pino LED+ do display LCD para limitar a tensão de entrada através de jumpers, que inclusive permitem toda a conexão entre os elementos do circuito.



Para controle de brilho do display pode ser utilizado um potenciômetro ligado a porta Vo do display LCD.

### 4.3 FIRMWARE DO ARDUINO UNO

O funcionamento de um Arduino Uno se dá a partir da execução de uma estrutura de código, chamada Sketch. Basicamente, é uma estrutura de código utilizada para o Arduino realizar a leitura de variáveis e execução determinada tarefa em sua saída. A estrutura de código é dividida em Setup, onde ocorre a inicialização de variáveis, configuração de recursos de hardware e à inicialização de bibliotecas, e em Loop, que é um laço de execução infinita.

#### 4.3.1 Sketch do projeto

Na estrutura de códigos foram definidas as variáveis, entradas e saídas para o objetivo final de controlar a temperatura da água do sistema aquapônico. Na Tabela 4 está listado todas as conexões realizadas nas portas do Arduino.

**Tabela 4** - Portas Arduino utilizadas

<b>Portas Arduino</b>	<b>Conexão</b>
Entrada A0	Sensor Temperatura
Saídas 2, 3, 4, 5, 11 e 12	Display 16x2
Saída 6	Relé Aquecimento
Saída 7	Relé Refrigeração

Fonte: Próprio Autor (2021).

A partir da definição das conexões entre o Arduino e sensores / atuadores, o código de programação com os interesses do projeto foi inserido ao Sketch. A estrutura do Setup foi definida conforme Figura 10.

**Figura 10 - Setup Sketch**

```
1 #include<LiquidCrystal.h>
2 LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2); //definindo os pinos do lcd
3
4 float const TMP = A0; //Definição das variáveis
5 int const Aquecedor = 6;
6 int const Refrig = 7;
7 int leitura;
8 float temp;
9
10 void setup()
11 {
12
13     pinMode(TMP, INPUT); //Determinação das entradas e saídas
14     pinMode(Aquecedor, OUTPUT);
15     pinMode(Refrig, OUTPUT);
16     lcd.begin(16,2);
17     Serial.begin(9600);
18
19 }
20
```

Fonte: Próprio Autor (2021).

Na segunda parte da estrutura de códigos, foi inserido a parte de monitoramento e controle, acionando os relés do módulo de aquecimento ou refrigeração de acordo com o registro realizado pelo sensor de temperatura. Assim, o Loop do Sketch, foi definido para controle da temperatura da água conforme definido nos itens 4.2.2 e 4.2.3. A Figura 11 demonstra o código usado.

**Figura 11 - Loop Sketch**

```

22 void loop(){
23
24   leitura = analogRead(TMP); //transformando o sinal dado pelo TMP em graus Celsius
25   temp = ((165.0*(leitura-20.0))/338.0)-40.0);
26   Serial.print("Temperatura: ");
27   Serial.print(temp);
28
29   if(temp<26.0)//Se a temperatura for abaixo de 26 o Aquecedor será ligado
30   {
31
32     digitalWrite(Aquecedor, HIGH);
33     digitalWrite(Refrig, LOW);
34     lcd.clear();
35     lcd.setCursor(0,0);
36     lcd.print("Aquecedor ligado");
37     lcd.setCursor(0,1);
38     lcd.print("Temp Agua: ");
39     lcd.print(temp);
40     Serial.println("\t Aquecedor Ligado");
41   }
42
43   if(temp>26 && temp<30)//Se a temperatura estiver na faixa ideal - Aquec e Refrig desligadas
44   {
45
46     digitalWrite(Aquecedor, LOW);
47     digitalWrite(Refrig, LOW);
48     lcd.clear();
49     lcd.setCursor(0,0);
50     lcd.print("Temp Normal");
51     lcd.setCursor(0,1);
52     lcd.print("TempAgua: ");
53     lcd.print(temp);
54     Serial.println("\t Temp Normal");
55
56   }
57
58   if(temp>30)//Se a temperatura for acima de 30 a Refrigeração será ligada
59   {
60
61     digitalWrite(Refrig, HIGH);
62     digitalWrite(Aquecedor, LOW);
63     lcd.clear();
64     lcd.setCursor(0,0);
65     lcd.print("Refrig Ligada");
66     lcd.setCursor(0,1);
67     lcd.print("TempAgua: ");
68     lcd.print(temp);
69     Serial.println("\t Refrig Ligada");
70
71   }
72   delay(500);
73 }

```

Fonte: Próprio Autor (2021).

## 4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa seção foi apresentado os componentes do protótipo do projeto em desenvolvimento.

Em muitos setores da indústria existem diversos projetos de melhoria de processos que não são implementados devido ao custo elevado. Portanto, a viabilidade da implementação de um sistema é importantíssima e está atrelada diretamente ao seu custo. A tabela 5 lista os componentes utilizados e seus

respectivos preços no mercado brasileiro. Lembrando que os componentes usados na saída do projeto vão ser determinados de acordo com a dimensão do sistema e com a potência desejada do módulo de aquecimento ou refrigeração.

**Tabela 5** - Custo de componentes

Quantidade	Componente	Preço (R\$)
1	DS18B20 – Sensor de temperatura à prova de água	15,30
1	Arduino Uno R3	49,90
2	Módulo Relé	30,00
1	Resistor 1k $\Omega$	0,10
1	Display LCD 16x2	14,90
1	Kit Cabos	10,10
Total		120,30

Fonte: Próprio Autor (2021).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na seção em questão será discutida a implementação e execução do projeto proposto na seção 4.

Conforme comentado anteriormente, a montagem e aplicação dos testes do projeto foi executado no *TinkerCad*, devido as dificuldades impostas pela pandemia. Apesar disso, foi possível realizar e simular todas as situações que seriam encontradas em uma condição física.

### 5.1 MONTAGEM DO CIRCUITO

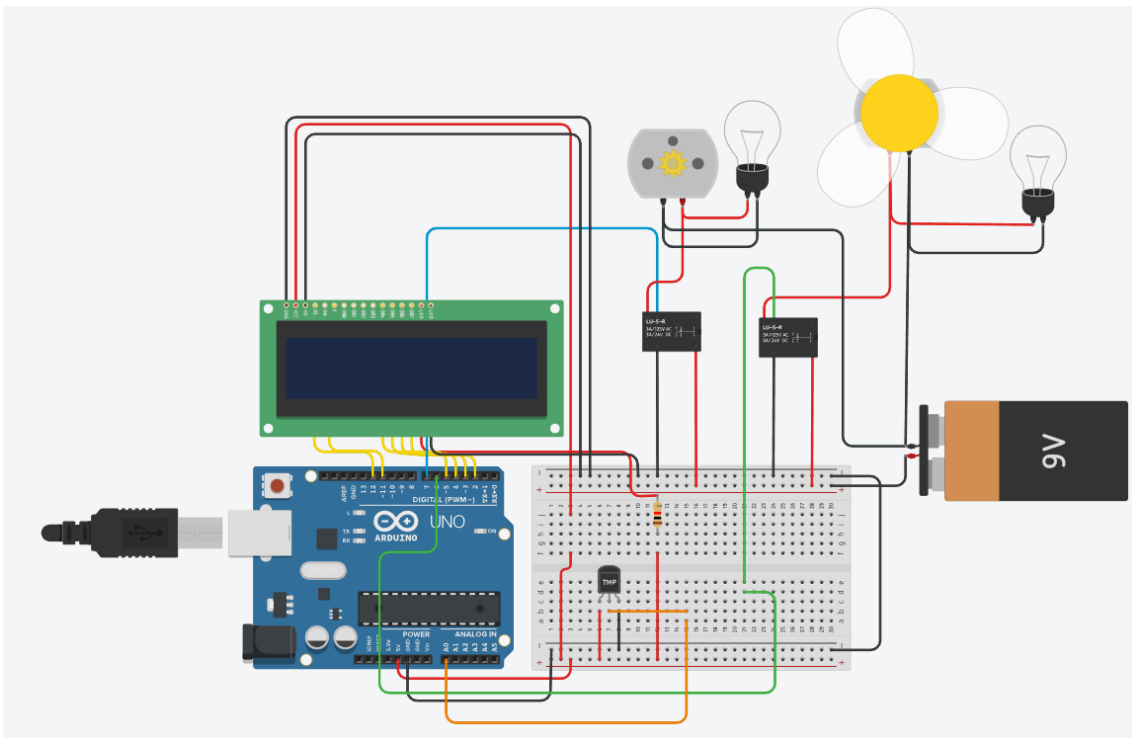
A montagem do circuito no *TinkerCad* foi realizada com algumas alterações dos componentes existentes no projeto devido a indisponibilidade de alguns dispositivos na plataforma do site. Apesar disso, o modo de operação dos componentes inseridos no ambiente de simulação é o mesmo dos dispositivos que seriam implementados no projeto físico. As alterações são mostradas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Projeto x Tinkercad**

Projeto	Representação no Tinkercad
Relé SRD-05VDC-SL-C	Relé LU-5-R
Sensor DS18B20	Sensor TMP
Fonte de tensão CA na saída	1 bateria de 9V
Módulo Aquecedor na saída	1 motor com lâmpada em paralelo
Módulo Refrigeração na saída	1 ventilador com lâmpada em paralelo

Fonte: Próprio Autor (2021).

Com as devidas alterações do projeto para o *Tinkercad*, o circuito foi montado conforme a Figura 12:

**Figura 12 - Circuito montado no Tinkercad**


Fonte: Próprio Autor (2021).

## 5.2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado a partir da simulação de 3 cenários possíveis que podem ocorrer no cotidiano para a manutenção da temperatura da água do sistema.

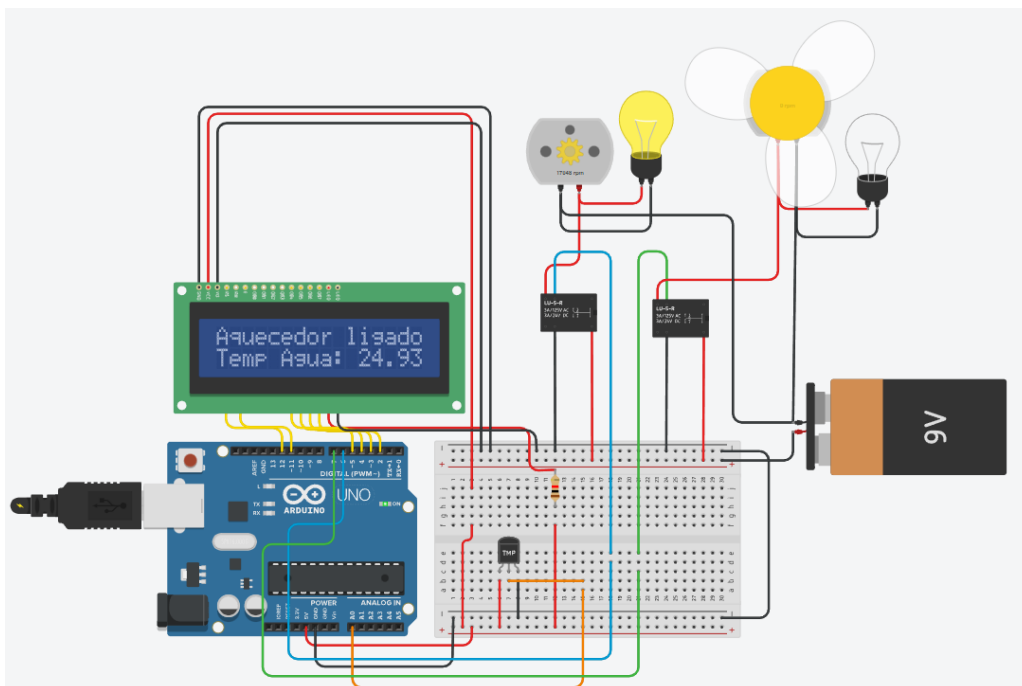
São eles:

- Teste do acionamento do aquecedor: O sistema deve acionar o aquecimento quando a temperatura do sistema foi inferior a 26°C.
- Teste da temperatura na faixa ideal: Quando a temperatura estiver na faixa ideal, os módulos de aquecimento e refrigeração deverão ser mantidos desligados.
- Teste do acionamento da refrigeração: O sistema deve acionar a refrigeração quando a temperatura da água for superior aos 30°C.

## 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente foi simulado o cenário considerando a temperatura da água abaixo dos 26°C. Para isso, o sensor de temperatura TMP foi ajustado no *TinkerCad* para aproximadamente 25°C para iniciar a simulação, conforme Figura 13.

**Figura 13** - Sistema de Aquecimento Ligado

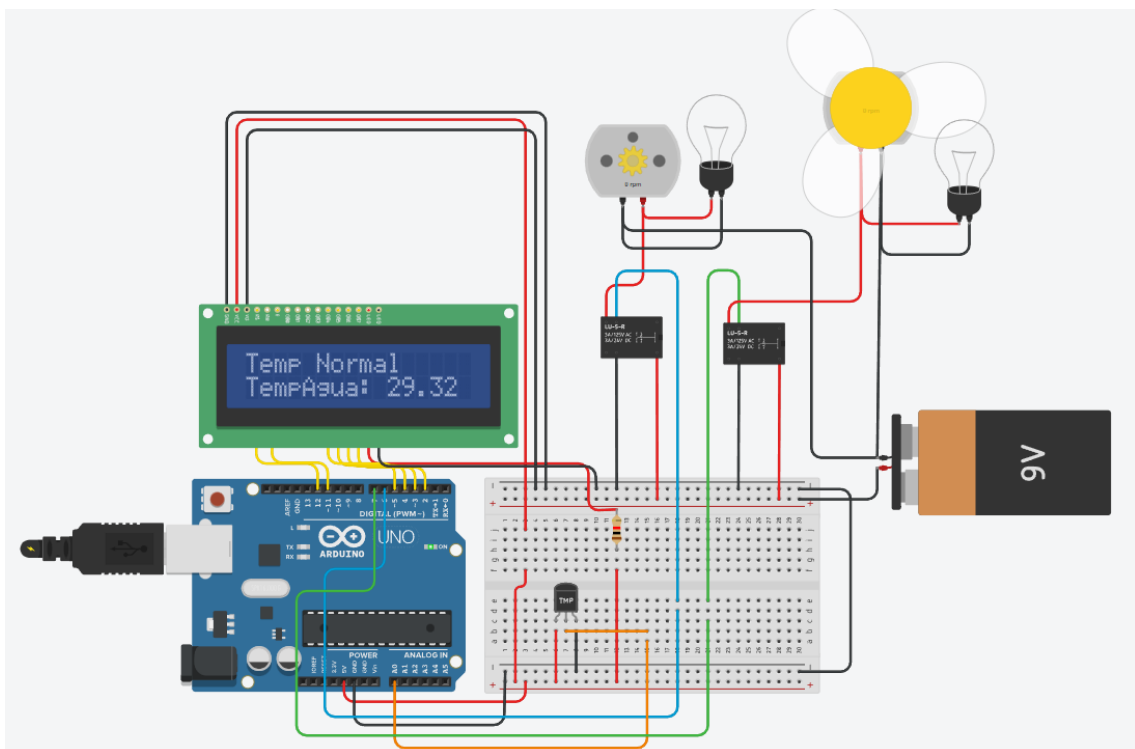


Fonte: Próprio Autor (2021).

Nessa condição, o aquecedor é ligado (exemplificado pela lâmpada acesa e o pelo motor girando) e permanecerá nessa condição até chegar aos 26°C. A temperatura da água alcançando os 26°C desativa o sistema de aquecimento.

Em seguida, a temperatura no sensor é elevada, simulando uma condição real, onde a temperatura estaria se elevando devido ao acionamento do sistema de aquecimento. Para essa simulação, a temperatura foi ajustada em aproximadamente 29°C no sensor de temperatura, conforme Figura 14.

Figura 14 - Temperatura Ideal



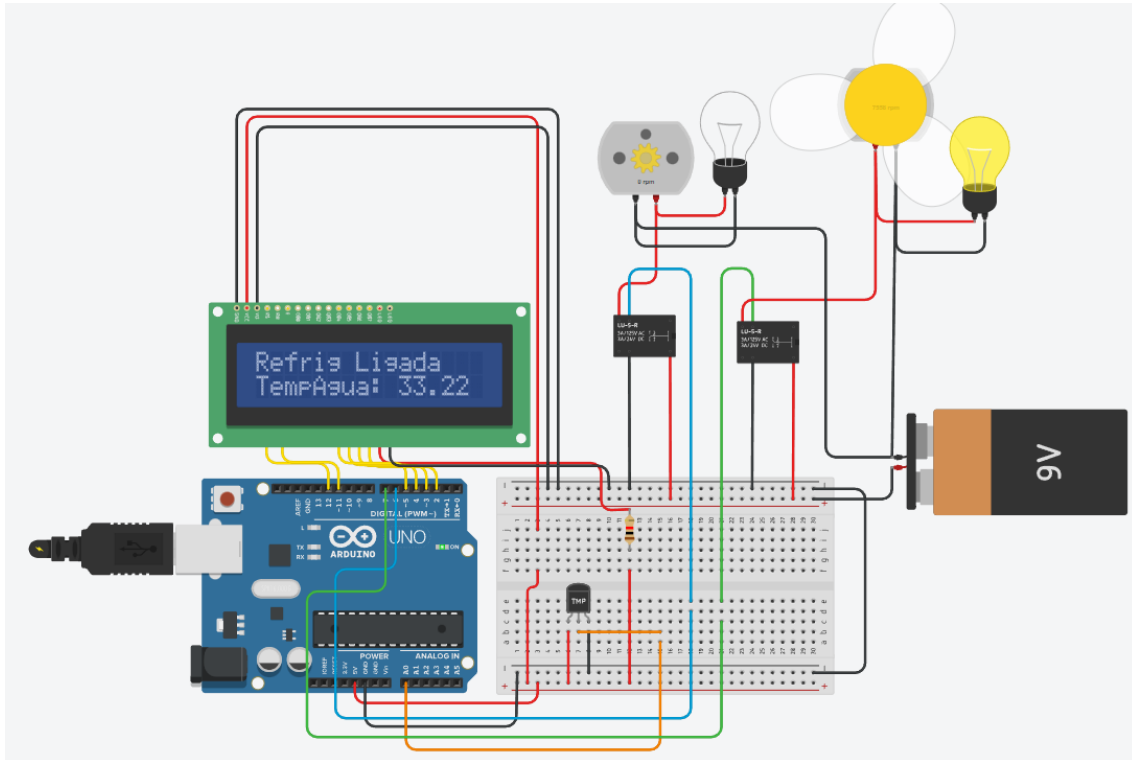
Fonte: Próprio Autor (2021).

Dessa forma, quando a temperatura do sistema está na faixa ideal, isto é, entre 26 e 30°C, os sistemas de resfriamento e aquecimento ficam desativados (exemplificado pelas lâmpadas desligadas e motores parados).

O último cenário simulado, é a condição da temperatura da água acima dos 30°C, algo que pode acontecer frequentemente nos dias mais quentes do ano. Para

isso, a temperatura no sensor foi ajustada em aproximadamente 33°C, conforme Figura 15.

**Figura 15 - Refrigeração Ligada**



Fonte: Próprio Autor (2021).

Com a temperatura acima dos 30°C é possível observar que o sistema de refrigeração é acionado (representado pela lâmpada ligada ao lado do ventilador) e será mantido até a temperatura retornar aos 30°C.

#### 5.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

Os resultados encontrados após diversas simulações foram satisfatórios para atingir o objetivo do projeto. Através das modificações de cenários durante a simulação foi possível observar que a temperatura do tanque foi controlada a partir de um controle “on-off” através do acionamento automático dos sistemas de aquecimento e resfriamento, mantendo a temperatura da água entre 26 e 30°C.



## 6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de controle de temperatura, entre 26 e 30°C, para ser aplicado a um sistema aquapônico com criação de Tilápia. O projeto simulado se apresenta como prova de viabilidade técnica na aplicação de um sistema aquapônico para monitoramento e controle. Além disso, com o levantamento de custos realizado nesse trabalho, o projeto torna-se economicamente atrativo ao produtor que deseja investir nesse tipo de cultivo.

As simulações realizadas durante a condução desse trabalho cumpriram os objetivos como prova de conceito. Apesar disso, é possível e há espaço para melhorias que podem ser implementadas futuramente ao projeto apresentado. Como por exemplo:

- Refinar o controle de temperatura da água dos tanques. Ao invés de utilizar o controle “on-off”, pode-se aplicar controles mais sofisticados para atuar os sistemas de resfriamento e aquecimento de forma gradual, conforme necessidade.
- Ampliar o projeto para controlar outros parâmetros do sistema aquapônico. Para isso, novos sensores devem ser aplicados ao tanque para monitoramento de variáveis existentes no sistema, como oxigênio dissolvido na água, ph, amônia, nível dos tanques etc.
- Adicionar ao sistema um alimentador automático para os peixes, uma vez que, os peixes recebem ração com frequência durante o dia. Logo, para o produtor seria uma redução de tempo e mão-de-obra para o seu cultivo.
- Ampliar o monitoramento para um número grande de tanques, já que, muitos produtores utilizam mais de um tanque para manter um ciclo mensal de criação.
- Utilizar conceitos da Internet das coisas para implementar ao projeto avisos diretamente ao computador ou smartphone do produtor, para intensificar ainda mais o monitoramento do sistema.

Por fim, com as melhorias ao projeto apresentado, o sistema de monitoramento e controle se tornaria confiável o suficiente para aplicação em sistemas intensivos, podendo atrair ainda mais produtores ao cultivo da aquaponia.

## **ABSTRACT**

This work consists of a comparative study between a conventional tilapia breeding system and an aquaponic system with temperature control. Aquaponics is a system of sustainable farming where aquaculture and hydroponics come together, which is a system with an integration of fish and plant breeding in a closed cycle. With aquaponics system is possible to save water and reduce the generation of toxic and chemical residues, because in this system there is harmony between the raising of fish and plants, in which both benefit from the cultivation with the other. Despite the benefits and the great potential for growth of this type of system, there is a resistance to the method due to the sensitivity to the biological parameters of the used water and, in parallel, the lack of control and/or technology that helps in the effective development of the project. However, the focus of this work will be on the presentation and demonstration of a system to control one of the most important parameters of aquaponic culture, the temperature, which will help improve the development of the system and reduce the fattening time of the fish, resulting in a safer and more reliable project in a panorama of economic and technical feasibility.

**Keywords:** Aquaponics. Agro-industrial automation. Arduino.

## **REFERÊNCIAS**

ANTONIOLLI, Alessandro. **Sistema de monitoramento automatizado para controle de qualidade de água em sistema aquapônico**. Monografia do Curso de Engenharia da Computação da Universidade do Vale do Taquari. Lajeado. 2019.

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: 8 ago. de 2021

CARNEIRO, Paulo César Falanghe et al. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

FAO. Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/pt/>> Acesso em: 9 de set. 2021.

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: 15 de set. de 2021.

FINKELSTEIN, Rafael. **Um Sistema de Monitoramento para Aquaponia Baseado em Internet das Coisas**. Monografia do Curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2018.

HITACHI. **Hitachi HD44780U LCD Datasheet**. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/63663/HITACHI/HD44780U.html>>. Acesso em: 15 de nov. 2021.

KUBTZA, F. **Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade**. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/59/Tilapias59.asp>>. Acesso em: 13 de out. 2021.

MAXIM. **Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer**. Disponível em: <<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. Acesso em: 14 de out. 2021.

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](https://zootecnia.jatai.ufg.br/up/186/o/TCC_Saulo_Duarte_de_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 18 de out. 2021.

QUEIROZ, Julio Ferraz de. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021.

RAKOCY, J. E. **Ten Guidelines for Aquaponic Systems**. Aquaponics Journal, v.46: 14-17, 2007.

SANTOS, Osmar Souza. **Cultivos sem solo – Hidroponia**. 2ª reimpressão. Santa Maria: UFSM/CCR, 2002. 107p.

SIQUEIRA, Tagore Villarim de. **Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável, 2018** - Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16085/1/PRArt\\_Aquicultura%20a%20nova%20fronteira\\_compl.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16085/1/PRArt_Aquicultura%20a%20nova%20fronteira_compl.pdf)>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

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: 23 de out. 2021.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. Tradução: Selma Shin Shimuzu Melnikoff, Reginaldo Arakaki, Edilson de Andrade Barbosa. [S.1.]: São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

SOMERVILLE, Christopher. **Small-scale aquaponic food production, 2014** – Disponível em <<https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>>. Acesso em: 28 de set. 2021.

TOKUYAMA, T. et al., **Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. Journal of bioscience and bioengineering**. 2004. v. 98, n. 4, p. 309-312.

TANNUS, Alexandre Moraes. **Arduino: Display, 2018**. Disponível em <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1857/1/ARDUINO%20%20DISPLAY%20LCD.pdf>>. Acesso em nov. 2021.