

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

LARISSA WINTER

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO E ARRAÇOAMENTO
APLICADO À CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE**

**CASCADEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

LARISSA WINTER

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO E ARRAÇOAMENTO
APLICADO À CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Sergio Henrique Rodrigues Mota

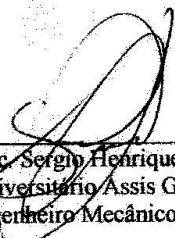
**CASCADEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
LARISSA WINTER

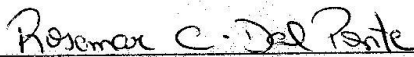
SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO E ARRAÇOAMENTO
APLICADO À CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Sergio Henrique Rodrigues Mota

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professora Msc. Rosemar Cristiane Dal Ponte
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Informática



Professor Esp. Geovane Duarte Pinheiro
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro de Controle e Automação

Cascavel, 23 de novembro de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família,
os maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me acompanhar em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Sergio Henrique Rodrigues Mota, pela dedicação do seu tempo e paciência durante o projeto, me mostrando a direção correta a se tomar. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado do final deste trabalho.

À minha família, a qual estive ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória, por me fazer ter confiança nas minhas decisões e por todo o esforço proporcionado para a realização deste projeto.

Ao meu namorado, Felipe Decol François, por estar ao meu lado em todos os momentos, incentivando e apoiando minhas ideias, por tudo que ajudou e passou ao meu lado para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas do curso, em especial ao Pedro M. Giordani, pelas trocas de ideias e ajuda mútua. Juntos conseguimos avançar e ultrapassar todos os obstáculos.

Ao meu grande amigo, Allan Henrique Zanella Hank, agradeço por sempre ter estado presente e me ajudado com seu vasto conhecimento desde o início do projeto, que foi de extrema importância para a sua construção.

Por fim, mas não menos importante, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a construção deste trabalho e da minha formação acadêmica, meu muito obrigada.

RESUMO

Na piscicultura, ainda hoje, a grande maioria das aquígranjias realiza suas atividades manualmente, tornando assim seus processos altamente variáveis e exaustivos. Tais fatores implicam diretamente na produtividade dos peixes e no comprometimento da qualidade da água. Dessa forma, o setor carece encontrar uma maneira de automatizar seus processos, principalmente para sistemas de criação que utilizam tanques-rede. Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo central automatizar o processo de monitoramento da qualidade da água e arração de tilápias em tanques-rede. Para o desenvolvimento do projeto foi realizado um estudo sobre a piscicultura e o modelo de cultivo intensivo, coletando as informações sobre os parâmetros utilizados para definir a qualidade da água, as taxas de arração e as frequências alimentares da tilápia. Em um segundo momento, foi construída a programação do sistema, o qual estabeleceu os comandos aos sensores, módulos eletrônicos, motores e ao Arduino, juntamente com a criação da interface homem-máquina, que ficou incumbida da comunicação entre o sistema e o seu usuário. Logo, o próximo passo foi realizar os ajustes dos sensores conforme os indicadores de qualidade da água e definir o modelo dos componentes pertinentes ao alimentador, o qual foi utilizado para realizar o transporte e despejo da ração. Por fim, foi realizado o teste do mecanismo em um sítio particular, situado no rio Iguaçu em Três Barras do Paraná, para que seu funcionamento fosse analisado e os ajustes finais fossem feitos. Por meio da coleta e a análise dos dados obtidos, o sistema obteve um bom desempenho, demonstrando uma ótima precisão e agilidade no monitoramento da qualidade da água, levando em considerações os parâmetros de qualidade, bem como a realização do arração aos tanques, a qual acontece pontualmente nos horários pré-determinados pela interface homem-máquina e ainda realizada com precisão o despejo da ração em quesito quantidade. Tendo em vista que o sistema automatizado facilitou significativamente a mão de obra do piscicultor e ainda trouxe mais precisão nas atividades realizadas, fica comprovada a viabilidade desse projeto e a importância de se investir em tecnologias na piscicultura, otimizando assim o custo e o aperfeiçoamento do sistema alimentar para todos os tipos de sistemas.

Palavras-chave: Aquicultura. Monitoramento. Automação.

ABSTRACT

In fish farming, even today, most fish farms carry out their activities manually, thus making their processes highly variable and exhaustive. Such factors directly imply in the productivity of the fish and may compromise the water quality. Thus, the sector needs to find a way to automate its processes, mainly for breeding systems that use network tanks. Thus, the research has the central objective of automating the process of monitoring water quality and feeding tilapia in net tanks. For the development of the project, a study was carried out on fish farming and the intensive farming model, collecting information on the parameters used to define water quality, feed rates, and dietary frequencies of tilapia. In a second step, the system programming was built, which established the commands to the sensors, electronic modules, motors, and the Arduino, along with the creation of the human-machine interface, which was responsible for the communication between the system and its user. Therefore, the next step was to carry out the adjustments of the sensors according to the water quality indicators and define the model of the components relevant to the feeder, which was used to carry out the transport and dumping of the feed. Finally, the mechanism was tested on a private farm, located by the Iguaçu River in Três Barras do Paraná, so that its operation could be analyzed, and the final adjustments could be made. Through the collection and analysis of the obtained data, the system obtained a good performance, demonstrating an excellent precision and agility in the monitoring of the water quality, taking into consideration the quality parameters, as well as the feeding to the tanks, which it happens punctually at the times predetermined by the human-machine interface and still accurately the amount of feed is dumped. Bearing in mind that the automated system significantly facilitated the fish farmer's workforce and brought more precision to the activities carried out, the viability of this project and the importance of investing in technologies in fish farming are proven, thus optimizing the cost and the improvement of the system food for all types of systems.

Keywords: Aquaculture. Monitoring. Automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Página ‘Menu’ do aplicativo.....	30
Figura 2: Página de cadastro do povoamento.....	31
Figura 3: Página de cadastro do cronograma alimentar.	32
Figura 4: Representação da página de cronograma com horários cadastrados.	32
Figura 5: Página da tabela de arração.....	33
Figura 6: Página da qualidade da água.....	36
Figura 7: Página de envio de dados ao sistema de controle.	37
Figura 8: Fluxograma da programação da unidade controladora.....	38
Figura 9: Fluxograma do controle de qualidade da água.	39
Figura 10: Placa microcontrolada Arduino Mega 2560 R3.	40
Figura 11: Sensor de temperatura DS18B20.....	41
Figura 12: Layout do circuito do sensor de temperatura.....	42
Figura 13: Projeto do sensor de luminosidade.	44
Figura 14: Sensor de turbidez e luminosidade (Vista Frontal).....	44
Figura 15: Sensor de turbidez e luminosidade (Vista Superior).	45
Figura 16: Layout do circuito do sensor de luminosidade e turbidez.	45
Figura 17: Sensor pH E-201.....	46
Figura 18: Layout do circuito do sensor de pH.....	46
Figura 19: Módulo RTC.....	47
Figura 20: Layout do circuito do RTC.....	47
Figura 21: Módulo Bluetooth.....	48
Figura 22: Layout do circuito do módulo Bluetooth.....	49
Figura 23: Módulo Cartão SD.....	50
Figura 24: Layout do circuito do módulo SD.	50
Figura 25: Motor de avanço do alimentador.	51
Figura 26: Módulo Relé 5V.	52
Figura 27: Contator 12A 220V.....	52
Figura 28: Layout do circuito Arduino/Relé/Contatores/Motor	53
Figura 29: Fluxograma da programação da unidade móvel.....	54
Figura 30: Reservatório para a ração.....	55
Figura 31: Rosca Transportadora	56

Figura 32: Flutuadores.	56
Figura 33: Motor para despejo da ração.	57
Figura 34: Layout do circuito entre relé, motor e Arduino	57
Figura 35: Layout do circuito do sensor óptico reflexivo.	58
Figura 36: Materiais utilizados para calibração do sensor pH.	60
Figura 37: Disco de Secchi submerso	60
Figura 38: Utilização do Disco de Secchi.	61
Figura 39: Ambiente ensolarado/Nível de turbidez superior a 60 cm.	61
Figura 40: Ambiente claro.	62
Figura 41: Ambiente nublado/Nível de turbidez igual a 60 cm.	62
Figura 42: Ambiente escuro/Nível de turbidez inferior a 60 cm.	63
Figura 43: Lógica de programação dos parâmetros turbidez e luminosidade.	64
Figura 44: Dimensões da base.	71
Figura 45: Circuito eletrônico unidade de comando.	87
Figura 46: Estrutura física, sensores submersos e motor de avanço.	87
Figura 47: Sistema de transmissão do motor de avanço.	88
Figura 48: Circuito eletrônico unidade móvel.	89
Figura 49: Ponto de Referência e sensor TCRT5000.	89
Figura 50: Estrutura Alimentador.	90
Figura 51: Sistema instalado na piscicultura.	91
Figura 52: Teste do despejo da ração.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de arraçãoamento pré-definida no aplicativo.	33
Tabela 2: Parâmetro de fornecimento de ração em relação a temperatura.....	42
Tabela 3: Dados coletados de teste de confiabilidade de despejo de ração granulada.....	68
Tabela 4: Dados configurados na IHM.	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados referentes ao número de amostras em relação ao tempo.....	69
Gráfico 2: Dados referentes ao manejo alimentar realizado.	77
Gráfico 3: Monitoramento do pH.	78
Gráfico 4: Monitoramento da turbidez e luminosidade.....	79

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: Peso vivo total dos peixes (PV)

EQUAÇÃO 2: Quantidade diária de ração

EQUAÇÃO 3: Quantidade de ração por refeição

EQUAÇÃO 4: Volume do reservatório

EQUAÇÃO 5: Densidade

EQUAÇÃO 6: Força de arraste

EQUAÇÃO 7: Força de empuxo

EQUAÇÃO 8: Força peso

EQUAÇÃO 9: Volume de um retângulo

EQUAÇÃO 10: Área de um retângulo

EQUAÇÃO 11: Velocidade tangencial

EQUAÇÃO 12: Relação de transmissão

EQUAÇÃO 13: Torque

LISTA DE ABREVIATURAS E SILGAS

CLP – Controladores Lógicos Programável

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAG – Centro Universitário Assis Gurgacz

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

GIFT – Genetic Improvement of Farmed Tilapias

IDE – Integrated Development Environment

IHM – Interface Homem-Máquina

LED – Light Emitting Diode

LDR – Light Dependent Resistor

PEMD – Polietileno de Média Densidade

PH – Potencial Hidrogeniônico

PVC – Policloreto de Vinila

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. Objetivo Geral	16
1.1.2. Objetivos Específicos	16
1.2. JUSTIFICATIVA	16
1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. AQUICULTURA	19
2.1.1. Tanque-Rede	19
2.1.2. Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	20
2.1.3. Qualidade da água	22
2.1.3.1. Temperatura	22
2.1.3.2. Oxigênio Dissolvido	22
2.1.3.3. PH	23
2.1.3.4. Transparência	23
2.1.4. Manejo Alimentar	23
2.2. AUTOMAÇÃO	25
2.2.1. Automação na Piscicultura	25
2.2.2. Arduino	26
2.2.3. Linguagem C	27
2.2.4. Sensores	27
2.2.5. Interface homem-máquina (IHM)	28
3. METODOLOGIA	29
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	29
3.1.1. IHM	29
3.1.2. Unidade Controladora	37
3.1.2.2. Arduino	40
3.1.2.3. Sensor de temperatura	41
3.1.2.4. Sensor de luminosidade e turbidez	43
3.1.2.5. Sensor de pH	46

3.1.2.6. Módulo RTC.....	47
3.1.2.7. Módulo Bluetooth	48
3.1.2.8. Módulo Cartão SD	49
3.1.2.9. Motor de avanço.....	50
3.1.3. Unidade Móvel.....	53
3.1.3.1. Reservatório da Ração	55
3.1.3.2. Rosca Transportadora	55
3.1.3.3. Base Flutuante	56
3.1.3.4. Motor da ração.....	57
3.2. AJUSTE DOS SENSORES	59
3.2.1. Sensor de pH.....	59
3.2.2. Sensor de luminosidade e turbidez	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1. AUTONOMIA DO RESERVATÓRIO	65
4.1.1. Cálculo do volume do reservatório.....	65
4.1.2. Cálculo da densidade das rações.....	66
4.1.3. Cálculo da quantidade de ração suportada pelo reservatório	67
4.2. TESTE DE CONFIABILIDADE NO DESPEJO DA RAÇÃO.....	68
4.3. TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA DO MOTOR DE AVANÇO	69
4.4. ANÁLISE DO SISTEMA	75
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA	80
5.2. CONTRIBUIÇÕES.....	81
5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	82
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE A – UNIDADE DE CONTROLADORA.....	87
APÊNDICE B –UNIDADE MÓVEL.....	89
APÊNDICE C – ESTRUTURA DO ALIMENTADOR.....	90
APÊNDICE D – PROJETO IMPLANTADO NO SISTEMA DE PISCICULTURA	91
APÊNDICE E – TESTE DE CONFIABILIDADE DO DESPEJO DA RAÇÃO.....	92

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura, dentre todas as atividades aquícolas, vem tomando seu lugar de forma significativa no Brasil, sendo praticada em quase todos os estados. Contudo, mesmo com seu avanço, os equipamentos existentes para a realização das principais tarefas ainda são poucos no país, e quando encontrados possuem um alto valor e nem sempre atendem a todos os cenários desse setor. Isso faz com que a maioria das aquigranjas ainda realize os procedimentos manualmente, o que acaba gerando grandes perdas nos processos da piscicultura.

Considerando esse caso, o projeto apresenta como objetivo geral automatizar, por meio de pesquisas bibliográficas e experimentais, os processos de monitoramento da qualidade da água e alimentação de tilápias cultivadas em tanques-rede. O estudo visa proporcionar produções com menores desperdício de ração, melhores taxas de crescimento e baixa mortalidade dos peixes, bem como apresentar meios mais práticos para o monitoramento da qualidade da água.

Nessa ideia, para alcançar o objetivo apresentado foi realizado um estudo para conhecer mais sobre a piscicultura e o modelo de cultivo intensivo, coletando as informações sobre os parâmetros utilizados para definir a qualidade da água, as taxas de arraçoamento e frequências alimentares da tilápia, por meio de pesquisas do referencial teórico. Em um segundo momento, foi construída a programação do sistema, a qual estabeleceu os comandos aos sensores, módulos eletrônicos, motores e ao Arduino, juntamente com a criação da interface homem-máquina, que ficou incumbida da comunicação entre o sistema e o seu usuário. Logo, o próximo passo foi realizar os ajustes dos sensores conforme os indicadores de qualidade da água pesquisados e definir os componentes necessários para a construção do alimentador, o qual foi utilizado para o transporte e despejo da ração. Por fim, foi realizado o teste do mecanismo em um sítio particular, situado no rio Iguaçu em Três Barras do Paraná, para que fosse analisado seu funcionamento e realizados os ajustes finais.

Com o termino das análises de dados e os testes, constatou-se que o sistema obteve um bom desempenho, demonstrando uma ótima precisão e agilidade no monitoramento da qualidade da água, bem como na realização do arraçoamento aos tanques, o qual acontece pontualmente nos horários pré-determinados e ainda é realizado com precisão o despejo da ração em quesito quantidade. Tendo em vista que o sistema automatizado facilitou significativamente a mão de obra do piscicultor e ainda trouxe mais precisão às atividades, fica comprovada a importância do investimento em tecnologias na piscicultura, otimizando assim o custo e o aperfeiçoamento do sistema alimentar para todos os tipos de sistemas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo automatizar o processo de monitoramento da qualidade da água e o arraçoamento de tilápias em tanques-rede.

1.1.2. Objetivos Específicos

Estudar, por meio de pesquisas bibliográficas, a piscicultura e os sistemas de criação intensivos, verificando os parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade da água e no manejo alimentar de tilápias.

Construir a programação do sistema, o qual se encarregará por administrar os dados dos sensores, módulos eletrônicos, motores e o Arduino.

Criar uma interface homem-máquina para realizar a comunicação entre o sistema e o piscicultor.

Regular os parâmetros dos sensores conforme os indicadores de qualidade da água pesquisados.

Definir os componentes necessários para a construção do alimentador, o qual será responsável pelo transporte e despejo da ração.

Implantar o sistema automatizado, no contexto proposto, para analisar seu funcionamento e realizar os ajustes finais.

1.2. JUSTIFICATIVA

Dentre as diversas atividades agropecuárias e aquícolas, a piscicultura vem crescendo e se destacando de forma significativa nos últimos anos, sendo praticada praticamente em todos os estados brasileiros. Além de ser uma fonte de produção de alimentos saudáveis, este setor contribui com a geração de diversos empregos, consequentemente aumentando a renda da população.

No Brasil, segundo Firetti et al. (2007), a piscicultura tem estado em constante progresso. Em virtude disso, este setor conseguiu se consolidar como uma das atividades mais importantes do agronegócio. Devido ao seu crescimento, hoje no mercado os piscicultores possuem algumas tecnologias que possibilitam facilitar o processo de criação e engorda dos peixes. No entanto, mesmo com o avanço dessa atividade os equipamentos encontrados ainda são poucos, tendo um alto preço e nem sempre conseguindo atender aos mais diversos cenários desse ramo.

Um dos maiores problemas encontrados na piscicultura é a alimentação e o controle da qualidade da água, principalmente para sistemas que utilizam tanques-rede, pois como Sussel (2008) comenta, a maioria dos piscicultores ainda realiza essas tarefas manualmente e mesmo que seja necessária uma pessoa qualificada para estas atividades, não é o que se encontra na prática. Consequentemente, esse processo acaba gerando um alto desperdício de ração, o comprometimento da qualidade da água, baixas taxas de crescimento e alta mortalidade dos peixes.

Nesse sentido, o trabalho pretende automatizar o processo de arração e monitoramento da qualidade da água, afim de contribuir para a resolução dessa dificuldade, trazendo um sistema de fácil utilização e economicamente viável, além de proporcionar mais qualidade aos procedimentos, melhorando assim o ambiente de cultivo e o desenvolvimento dos peixes. Dessa forma, para que se consiga alcançar o objetivo, foi necessário o estudo de materiais qualificados sobre o assunto, em conjunto com a utilização de tecnologias capazes de monitorar a qualidade da água e controlar o processo de alimentação.

1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

De que forma automatizar o processo de monitoramento da qualidade da água e o arração de tilápias em tanques-rede?

1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi inicializada em março de 2020 e finalizada no final de novembro deste mesmo ano. Ela foi realizada por meio de estudos teóricos e práticos para que se conseguisse automatizar o processo de arração e monitoramento da qualidade da água na piscicultura

em tanques-rede, dos quais um foi implantado em um sítio particular, situado no rio Iguaçu em Três Barras do Paraná.

Com a pesquisa pretende-se obter um sistema capaz de analisar a qualidade da água, bem como realizar a alimentação de tilápias cultivadas em tanques-rede. Assim, para que o objetivo seja alcançado, foi necessária a utilização de sensores e módulos eletrônicos para auxiliar na coleta e envio dos dados de análise da água, assim como de um microcontrolador Arduino para processar a programação do sistema e manipular o alimentador. Este, por sua vez, foi equipado com flutuadores, um reservatório para a ração, uma rosca sem-fim e motores para realizar o transporte e despejo da ração nos tanques. Da mesma forma, uma interface homem-máquina foi elaborada para realizar a comunicação entre o sistema e o seu usuário. Esse sistema foi aplicado em um ambiente já utilizado para piscicultura, com tanques-rede de 2,0 metros por 2,0 metros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AQUICULTURA

A aquicultura é uma prática antiga, realizada na China e no Egito há muitos anos. Ela é uma atividade que se preocupa com a criação, engorda e reprodução de diversos organismos aquáticos. Devido ao seu grande crescimento, a aquicultura foi desenvolvendo novas técnicas de produção, consequentemente proporcionando um maior controle sobre os ambientes aquáticos, assim melhorando a produtividade e a qualidade do setor. Dentre as atividades aquícolas, as que mais se destacam são: criação de peixes (piscicultura), de camarões e lagostas (carcinicultura), de moluscos (malacocultura) e de algas (algicultura) (SIQUEIRA, 2017).

De acordo com Júnior, Trombeta e Mattos (2019), as atividades aquícolas chegaram ao Brasil juntamente com os holandeses no século XIX, quando começaram a criar peixes em açudes locais, contudo, apenas em 1930 essa atividade ganhou força no país. FAO (2005) expõe que, com o passar do tempo, a aquicultura se mostrou realmente um negócio rentável. Assim, para conseguir promover o seu avanço, em 2003 foi criada a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP), que hoje é conhecida como o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), que implementou políticas e leis visando regulamentar a produção de pescados no país.

O Brasil é considerado uma grande potência para a aquicultura, em especial a piscicultura. Isso se dá pelas diversas características ambientais que favorecem o setor, como as grandes bacias hidrográficas, o extenso litoral, as boas condições climáticas e a grande variedade de espécies aquáticas de água doce e salgada que podem ser utilizadas para esse segmento (FILHO, 2002). Atualmente, dentre todas as atividades aquícolas presentes no Brasil, a piscicultura representa aproximadamente 70% da produção total de pescados, o que faz dela o carro chefe de criação de animais aquáticos no país (FAO, 2005). E mesmo sendo uma atividade relativamente nova e complexa para o país, ainda é um setor em grande desenvolvimento e é praticada em quase todos os estados brasileiros (SENAR, 2017)

2.1.1. Tanque-Rede

Devido à grande necessidade de criar atividades que não agredam tanto ao meio ambiente, a aquicultura tem sido muito procurada, e dentre todas os tipos de criação, a piscicultura em tanques-rede se destaca (TEIXEIRA et al., 2009).

Tanques-rede são gaiolas flutuantes que possuem diversos tamanhos e formatos, podendo ser fabricados com redes flexíveis ou telas rígidas, que permitem a passagem contínua da água. Esses equipamentos podem ser construídos com os mais diversos materiais, os quais farão com que a produção se torne mais fácil ou mais difícil. Cabe ao piscicultor analisar a espécie de peixes a ser criada, bem como a densidade de estocagem, para obter a melhor escolha (BOSCOLO et al., 2010).

O sistema, que cultiva peixes em tanques-rede, é conhecido como intensivo e é o método mais utilizado no país (FILHO, 2002). De acordo com Teixeira et al. (2009), nesse estilo de produção os peixes ficam confinados e se desenvolvem por meio do fornecimento de rações artificiais e a boa qualidade de água, os quais estão ligados diretamente ao êxito da produção. O autor diz ainda que essa tecnologia aquícola é a única que possibilita a sua utilização em vários ambientes, como em lagos e grandes reservatórios, e que permite que os peixes possam ser estocados em altas densidades, assim tornando a despesca mais simples e rápida. Senar (2018) complementa dizendo que é um sistema de fácil manejo, consequentemente não necessitando de muita mão de obra, além de não precisar de altos investimentos iniciais, comparados aos sistemas em viveiros escavados e em açudes. De acordo com Ribeiro, Costa e Rosa (2010), esse sistema possui a necessidade de utilizar apenas o monocultivo, em outras palavras, a utilização de um único tipo de peixe. Isso se dá pois as rações industriais utilizadas e o estilo de manejo alimentar variam para cada espécie.

Um dos maiores problemas enfrentados no cultivo de peixes em tanques-rede é o controle da alimentação e monitoramento da qualidade da água. Atualmente a maioria dos piscicultores ainda realiza esses procedimentos manualmente, o que torna a alimentação altamente variável e em proporções erradas para o desenvolvimento animal, além de poder afetar o ambiente aquático ao redor. O uso da automação nesses processos de produção pode proporcionar ao setor um ambiente mais produtivo (BRITO et al., 2017).

2.1.2. Tilápia (*Oreochromis niloticus*)

No Brasil são diversas as espécies de peixes utilizados na piscicultura, tendo como as principais a carpa, a tilápia, o tambaqui, o tambacu e o pacu (FARIA et al., 2014). Dentre todas

as modalidades utilizadas na piscicultura, a tilapiacultura é a mais consolidada no país, fazendo com que a tilápia represente aproximadamente 40% da produção total de peixes (SUSSEL, 2011). Além disso, segundo Júnior, Trombeta e Mattos (2019), a espécie mais utilizada hoje em tanques-rede é a tilápia.

A tilápia (*Oreochromis niloticus*), também conhecida como Tilápia-do-Nilo, é o peixe mais utilizado na produção brasileira devido ao seu grande pacote tecnológico, atrelado à facilidade de manejo no cultivo, adaptação fácil às condições climáticas do país e aos mais diversos sistemas de criação (BARROSO et al., 2015). No Brasil, a produção de tilápias teve início no Sul e no Sudeste, por volta de 1970, e desde então vem crescendo e se firmando cada vez mais na aquicultura e no mercado do país (SUSSEL; EVANGELISTA, 2013). No começo, as tilápias eram cultivadas apenas em sistemas que utilizam viveiros escavados. No entanto, devido a rusticidade e a boa adaptação dessa espécie às condições de produção, passou-se a criá-las em gaiolas flutuantes, hoje conhecidos como tanques-rede (SUSSEL, 2009).

A Tilápia-do-Nilo é originária de regiões tropicais e subtropicais da África. Este é um animal que possui resistência relativamente boa contra doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio, além de possuir uma cadeia de alimentação bem ampla, o que facilita sua produção e desenvolvimento. Em relação ao produto final, as tilápias dispõem de uma carne saborosa, possuindo baixo teor de gordura, um ótimo rendimento de filé e espinhos em forma de “Y”, o que facilita muito em seu processamento. Mesmo possuindo ótimas características genéticas, a Tilápia-do-Nilo recebeu grandes transformações em seu pacote genético, melhorando a taxa de crescimento, rendimento do filé e aumentando a tolerância a temperaturas mais baixas. Em razão disso, as tilápias melhoradas foram nomeadas como a espécie GIFT, devido ao nome do projeto “*Genetic Improvement of Farmed Tilapias*” que levou a esse aprimoramento (SILVA et al., 2018).

Segundo Lopes (2012), um grande problema das tilápias é que elas chegam à maturidade sexual muito cedo, atingida com 5 a 6 meses de vida. FAO (2004) explica que para a criação e engorda de tilápias é necessário que todos os indivíduos sejam apenas machos, isso porque uma população mista pode causar uma alta estocagem no sistema de cultivo, acarretando uma alta taxa de mortalidade. Outro motivo é que as tilápias fêmeas crescem duas vezes menos que os machos, o que acaba gerando uma grande desigualdade no desenvolvimento dos peixes, consequentemente afetando diretamente a comercialização. Com relação a isso, Júnior, Trombeta e Mattos (2019) complementam dizendo que quando os peixes ainda são alevinos é realizado um processo de reversão de sexo por meio da alimentação com hormônios, ou a

sexagem (separação manual) para que todos os indivíduos sejam apenas machos. A utilização dessas técnicas permite que 98% dos peixes sejam apenas machos.

A densidade de estocagem de tilápias em tanques-rede varia conforme o volume da gaiola. Segundo FAO (2004), tanques de 4 m³ podem possuir densidades de 200 a 300 peixes/m³, gerando um rendimento de 150 kg/m³. Já aqueles que possuem 100 m³ ou maiores podem ser povoados com 25 a 50 peixes/m³, gerando um rendimento de 50 kg/m³.

2.1.3. Qualidade da água

A qualidade da água está ligada diretamente com o desenvolvimento dos peixes. Ter o conhecimento sobre os principais fatores como temperatura, transparência, oxigênio dissolvido e pH da água é fundamental para quem pratica a piscicultura. Manter esses parâmetros e o fornecimento de ração adequados é essencial para evitar prejuízos financeiros (MERCANTE et al., 2008).

2.1.3.1. Temperatura

Por serem animais pecilotérmicos, isto é, que não conseguem regular sozinhos a temperatura do corpo, os peixes têm sua temperatura variando conforme a temperatura da água. Essa alteração afeta diretamente o metabolismo e o crescimento dos mesmos, podendo ocasionar também uma elevada taxa de mortalidade na produção (LOURENÇO; MATTA; SOUSA, 1999).

Assim, segundo Coelho (2009), quando há uma queda ou aumento na temperatura da água, a taxa metabólica dos peixes pode diminuir ou aumentar. Por esse motivo a oferta de ração deve ser ajustada todos os dias, de acordo com a temperatura.

2.1.3.2. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais importantes a serem analisados, pois a maioria dos organismos aquáticos dependem dele para sobreviver. O monitoramento deve ser realizado todos os dias e a sua concentração deve ficar acima de 4 mg/L para que os peixes

tenham um bom crescimento (MERCANTE et al., 2008). Em níveis de oxigênio abaixo de 4 mg/L, os peixes não devem ser alimentados, pois perdem o apetite, além do índice de crescimento diminuir. Se esses níveis forem inferiores a 2 mg/L, os animais começam a ficar estressados, com dificuldades para respirar e mais suscetíveis a contrair doenças. Se estiverem abaixo de 1 mg/L os peixes começam a morrer por asfixia (SENAR, 2017).

2.1.3.3. PH

O pH é um parâmetro altamente variável e os principais fatores que realizam essas alterações são a respiração dos peixes, a concentração de oxigênio dissolvido, a poluição e mudanças na temperatura da água (MERCANTE et al., 2008).

O monitoramento do pH na água indica quando o meio está ácido ou básico, e seu valor pode variar entre 0 e 14. Níveis acima de 7 indicam que a água está ácida e níveis abaixo deste valor apontam um meio básico, sendo 7 um valor que caracteriza a água neutra. Dessa forma, para que o meio não prejudique o conforto animal, diminuindo seu desenvolvimento, o ideal é que o pH da água fique entre 6,5 e 9,0 (FARIA et al., 2014). É recomendável realizar a medição desse fator pelo menos uma vez por semana (SENAR, 2017).

2.1.3.4. Transparência

O monitoramento da transparência da água está ligado à quantidade de luz que incide no corpo d'água. Para uma boa qualidade da água, a luz deve chegar no mínimo a 60 cm de profundidade. Dentre os parâmetros existentes, a transparência da água não afeta diretamente a performance dos peixes. No entanto, através dela é possível identificar quando os organismos responsáveis pela oxigenação da água não estão conseguindo realizar a fotossíntese, devido à baixa incidência de luz no corpo d'água, consequentemente diminuindo o oxigênio do meio (FARIA et al., 2014).

2.1.4. Manejo Alimentar

Como qualquer outro tipo de produção animal, a piscicultura necessita de insumos para sua prática, sendo a alimentação a sua maior despesa, responsável por volta de 50% a 70% dos custos da produção. Dessa maneira, se a alimentação não for realizada corretamente pode levar ao desperdício de ração, consequentemente aumentando o custo final da produção. Além disso, pode causar uma descarga elevada de dejetos no meio ambiente (ROUBACH et al., 2002), bem como resultar em um crescimento deficiente dos peixes cultivados e um aumento em sua taxa de mortalidade (YOSHIOKA, 2011). Dessa forma, assim como a qualidade da água, ter o conhecimento sobre o controle da alimentação é de extrema importância na piscicultura, podendo determinar o sucesso ou o fracasso de uma criação (FARIA et al., 2014).

Na prática, os peixes são alimentados de acordo com a taxa de arraçoamento, isto é, uma porcentagem em cima do valor do peso vivo do animal (TAVARES, 2018). Com isso Roubach et al. (2002) dizem que a taxa de arraçoamento muda conforme a fase de desenvolvimento do peixe cultivado. Os autores ainda explicam que peixes pequenos possuem uma taxa em torno de 15 a 10% de seu peso vivo, e conforme crescem essa taxa diminui, podendo chegar em torno de 1% do peso vivo do animal. Porém, além da taxa de alimentação, que normalmente é um valor fixo fornecido pelos fornecedores de ração ou técnicos da área, Tavares (2018) diz que a alimentação dos peixes é influenciada também por alguns fatores da qualidade da água, como a temperatura e o oxigênio dissolvido, bem como por algumas condições climáticas, como a presença de chuva. Dessa forma Coldebella, Reidel e Souza (2011) complementam, que a quantidade de ração pode aumentar e diminuir conforme a qualidade da água ou a condição climática, podendo até ser suspensa.

Outro ponto do manejo alimentar a ser cuidado é a frequência alimentar, que também varia conforme o crescimento do peixe. Ostrensky e Boeger (1998) explicam que quando o peixe é pequeno a alimentação é fornecida várias vezes durante o dia, podendo ser alimentado mais de dez vezes ao dia. Conforme ele cresce, a frequência alimentar diminui gradativamente, podendo chegar a apenas uma a duas vezes por dia.

De acordo com Sussel (2008) a maioria dos piscicultores ainda realiza a alimentação manualmente e boa parte dos tratadores não possui os conhecimentos técnicos necessários para o processo de arraçoamento. Por esse motivo eles não fazem a verificação adequada da qualidade da água, muito menos realizam os ajustes necessários para o arraçoamento. Nesse sentido Tavares (2018) afirma que há uma grande necessidade de desenvolver equipamentos que possam controlar a alimentação e averiguar tanto o desenvolvimento dos peixes como as condições ambientais e a qualidade da água.

2.2. AUTOMAÇÃO

A automação vem sendo desenvolvida há muito tempo. Desde a pré-história existe a ideia de facilitar tarefas que exigem grandes esforços físicos. Pode-se citar como exemplo a criação de roda para a movimentação de cargas e os moinhos movidos a vento ou força animal. No entanto, a automação só ganhou força com o início da Revolução Industrial, no século XVIII. Nessa época o homem tinha como objetivo aumentar a produtividade, criando diversas inovações tecnológicas como máquinas modernas capazes de produzir com maior eficiência e rapidez e novas fontes energéticas, como o vapor (ROGGIA; FUENTES, 2016).

A automação veio para que as máquinas pudessem realizar o serviço que um humano ou animal faria, de forma segura e eficiente, com a mínima intervenção humana. Dessa forma pode-se caracterizar a automação como sendo um mecanismo que atua por conta própria, realizando ações programadas em tempo determinado ou em respostas a condições pré-estabelecidas (RIBEIRO, 2003).

Contudo, no início, a automação precisava de algumas intervenções humanas em determinados pontos do processo, principalmente nos quais era necessária alguma tomada de decisão. Além disso, realizar a automação de uma máquina ou processo era extremamente complexo, devido à dificuldade de programação e a quantidade de dispositivos necessários para realizá-la. Para facilitar seu desenvolvimento e construção de novos projetos, foram criados alguns componentes como os circuitos integrados em 1960, os controladores lógicos programáveis (CLP) em 1968 e os microprocessadores em 1970. (RODRIGUES, 2016; SILEVIRA; LIMA, 2003). Esses dispositivos abriram as portas para que a automação tomasse seu espaço na sociedade, tornando fácil automatizar processos e com custos mais acessíveis (RIBEIRO, 2003).

2.2.1. Automação na Piscicultura

Na piscicultura o cenário não é diferente. O uso da automação facilita os procedimentos envolvidos no cultivo dos peixes, como as despescas, classificação, fornecimento da ração, processamento dos peixes e monitoramento da água (BRITO et al., 2017). No entanto, a aquicultura brasileira possui um campo ainda muito grande e pouco explorado para tecnologias aquícolas como as que existem em outros países (FILHO, 2004).

De acordo Kubitza (2019), os equipamentos presentes no mercado nacional são bastante limitados e simples. Isso ocorre porque os equipamentos existentes, mesmo utilizando de microprocessadores e controladores lógicos programáveis, não aproveitam ao máximo a capacidade que esses componentes eletrônicos podem oferecer (CALIL, 2005). Sousa et al. (2006) cita como exemplo os mecanismos para fornecimento de ração, dizendo que esses equipamentos apenas conseguem lançar uma quantidade fixa de ração, em horários programados, necessitando da intervenção humana para ajustar a alimentação conforme o desenvolvimento dos animais e a qualidade da água (KUBITZA, 2019). E segundo Sousa (2006), para alguns sistemas como os intensivos, se torna inviável a utilização desses equipamentos, por que um equipamento por tanque seria necessário, o que aumentaria o custo da produção.

Apesar da piscicultura ser uma atividade que vem crescendo a cada dia, ainda hoje a maioria das aquigranjas realiza esses procedimentos manualmente. Dessa forma, o serviço se torna cansativo e suscetível a erros, gerando custos à produção. Por este motivo, investir em equipamentos que possibilitam maiores rendimentos nas atividades rotineiras da piscicultura são de suma importância para o desenvolvimento sustentável desse setor, além de proporcionar um aumento da produtividade e na redução de custos (AGOSTINHO et. Al, 2010).

2.2.2. Arduino

Antigamente, mesmo com a existência de microcontroladores, a ideia de automatizar exigia bastante trabalho, pois havia uma grande necessidade de possuir vasto conhecimento sobre o componente e sua programação, dificultando assim a criação de circuitos interativos. Pensando nisso, um grupo de pesquisadores elaborou um dispositivo de fácil aplicabilidade e baixo custo, com o objetivo de permitir que qualquer pessoa pudesse criar objetos ou ambiente interativos, utilizado apenas a criatividade. Assim, surgiu o Arduino (VIDA DE SILÍCIO, 2020).

O Arduino é uma plataforma *open-source* de prototipagem de fácil utilização, composta por um hardware e um software. O hardware é basicamente uma placa onde está disposto todo seu circuito elétrico, contando com seu microprocessador e suas entradas analógicas e digitais, onde são inseridos todos os componentes de prototipagem. Já o software, é a IDE do Arduino, onde são construídos os *sketches* a programação, onde estão as instruções do que deve ser realizado durante seu funcionamento (SOUZA, 2013).

Uma das características que torna o Arduino um dispositivo prático é sua linguagem de programação. Ele utiliza a linguagem baseada em C, a qual é bem difundida por possuir uma estrutura simples. Assim, até as pessoas que não tem conhecimento sobre programação, conseguem construir programas facilmente (VIDA DE SILÍCIO, 2020).

2.2.3. Linguagem C

Linguagem de programação é simplesmente uma sequência lógica de instruções que compõem um programa. A linguagem C é considerada uma linguagem de nível médio, isto é, ela utiliza símbolos em sua programação, os quais são uma representação direta do código da máquina, podendo também utilizar uma linguagem mais complexa, onde os símbolos são convertidos através de um compilador (SAUTER; AZEVEDO; KONZEN, 2020).

A linguagem C foi criada em 1972 por Dennis Ritchie nos laboratórios *Bell* para realizar a reescrita do sistema operacional UNIX, que utilizava a linguagem em assembly. Após ser liberada ao público, se difundiu rapidamente entre os profissionais da área e posteriormente pela sociedade, isto devido à sua grande flexibilidade, portabilidade e eficiência de programar. Tais fatores permitiram a sua utilização para diversos tipos de aplicação, como em simples jogos eletrônicos ou complexos controladores de satélites (PEREIRA, 2001).

2.2.4. Sensores

Os sensores são os responsáveis por transformar as informações do ambiente em informações digitais. Em outras palavras, é através deles que podemos realizar leituras de temperatura, luminosidade, a verificação de obstáculos no caminho do robô ou a rotação de um motor. É a partir deles que existe a possibilidade de construir um sistema que consiga interagir com o ambiente (PATSKO, 2006).

Estes componentes podem ser classificados como analógicos e digitais. A diferença está nos sinais que eles enviam em resposta às informações que eles captam do ambiente. Sensores digitais são aqueles que possuem apenas dois estados em sua saída, verdadeiro ou falso, conhecidos também como 1 ou 0, respectivamente. Esse tipo de sensor é aquele que realiza o monitoramento da ocorrência ou não de um determinado evento, como sensores de presença e sensores de luz. Já os sensores analógicos, são aqueles que possuem uma faixa de resposta. Ao

invés de apenas emitirem um sinal binário (1 ou 0), podem transmitir um sinal de tensão, corrente ou resistência que chega ao microcontrolador proporcionalmente à grandeza sensoriada. Exemplos de sensores analógicos são sensores de cor, sensores de intensidade de luz e calor (RODRIGUES, 2016; ROGGIA; FUENTES, 2016).

2.2.5. Interface homem-máquina (IHM)

A Interface homem-máquina é um meio que realiza a comunicação entre o homem e uma máquina, ou um programa. É por meio deste dispositivo que um sistema ou equipamento consegue coletar e fornecer informações sobre um processo ao usuário, o qual pode estar monitorando e modificando esses dados para manter o bom funcionamento do processo (PAREDE et al., 2011). Moraes e Loper (2014) explicam que as interfaces homem-máquina são consideradas desde simples botões e controles remotos a coisas mais complexas, como aplicativos.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser considerado, quanto à sua finalidade, como uma pesquisa aplicada, que busca pelo desenvolvimento de conhecimentos para serem aplicados na prática, a fim de solucionar problemas específicos. Além disso, pode ser considerado uma pesquisa de natureza qualitativa, pois se preocupa com a total compreensão e o entendimento dos dados ou fenômenos referentes ao trabalho (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Com base em seus objetivos, pode ser considerado de natureza exploratória, a qual visa analisar e evidenciar amplamente o problema, para aprimorar o conhecimento sobre o assunto, oferecendo dessa forma suporte para a realização de novos estudos. Esse tipo de pesquisa consiste em levantamentos bibliográficos e estudo de caso (GIL, 2008).

De acordo com os procedimentos técnicos, a pesquisa é de cunho bibliográfico e experimental, pois é embasada em materiais publicados, como livros e artigos científicos. Além disso, utiliza de métodos experimentais para observar e estudar as variáveis capazes de influenciar o objeto de estudo (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Referente ao método, pode ser considerado como hipotético-dedutivo, pois em cima de um problema são geradas hipóteses sobre o resultado da pesquisa, as quais vão sendo testadas conforme o andamento ou término do projeto (MARCONI; LAKATOS, 2003). Por fim, pode ainda ser considerado um projeto transversal, pois iniciará e terá sua conclusão no ano de 2020.

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para atingir os objetivos propostos e facilitar o desenvolvimento do projeto, ele foi dividido em três partes: IHM, unidade controladora e unidade móvel. Assim, a fim de esclarecer melhor o funcionamento de cada parte, a seguir serão apresentadas as características de cada uma delas.

3.1.1. IHM

O meio que realiza a interação entre o sistema e seu usuário é um aplicativo, o qual foi criado por meio da plataforma App Inventor. Essa plataforma foi escolhida devido à sua facilidade de criação de aplicativos, pois além utilizar a programação em blocos com base na

linguagem C, ela também disponibiliza um ambiente dinâmico, onde se pode programar e testar o projeto simultaneamente.

Esse mecanismo tem como objetivo fornecer um local onde o piscicultor possa obter as informações sobre a qualidade da água e do ambiente externo, bem como um lugar que possibilite a inserção dos parâmetros de taxa de arraçoamento e frequência alimentar que o usuário quer utilizar em seu cultivo. Essa interface tem como função receber e enviar os dados do celular do piscicultor para a unidade controladora, a qual irá processar as informações e comandar a unidade móvel.

A primeira página da interface é um menu geral, nessa tela é possível encontrar as possibilidades do aplicativo. É a partir dela que o usuário conseguirá configurar seu povoamento, organizar o cronograma alimentar do seu cultivo e adicionar a sua tabela de arraçoamento, como também verificar a qualidade da água e do ambiente externo, bem como enviar todas essas informações para a unidade de comando. A Figura a seguir exemplifica esta página:



Figura 1: Página 'Menu' do aplicativo.

(Fonte: O autor, 2020)

Conforme a Figura acima, em seu item 1, o usuário possuirá uma página onde poderá ter cadastradas as informações sobre o povoamento presente em seu sistema de piscicultura. Nesse local o piscicultor poderá colocar a quantidade de tanques em sua linha de cultivo, a quantidade de peixes em cada tanque e o peso médio das tilápias ali presentes, o qual é obtido por meio da biometria.

Nessa mesma página o usuário poderá colocar informações sobre sua linha, definindo a distância entre o ponto inicial onde o alimentador se encontra até o primeiro tanque, como a distância entre os tanques. Essas informações são úteis para que a unidade móvel se localize na linha, assim realizando o manejo alimentar da maneira mais adequada possível.

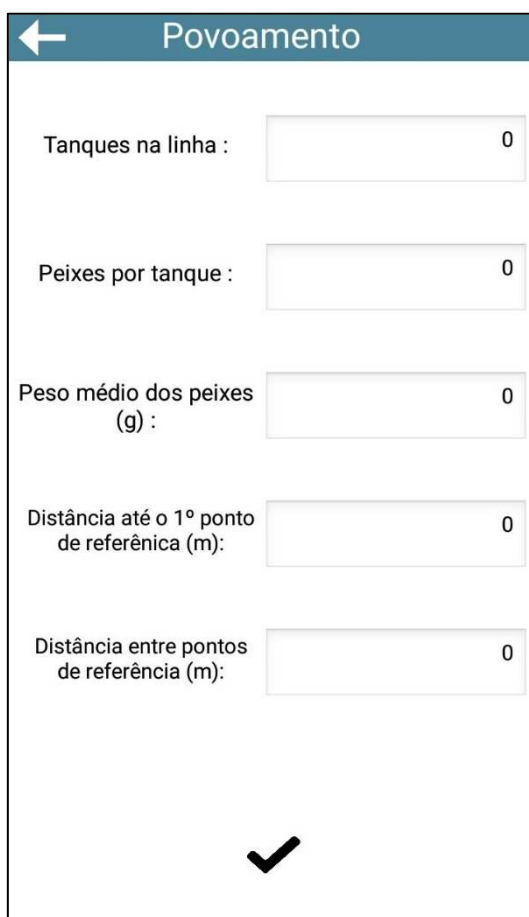


Figura 2: Página de cadastro do povoamento.

(Fonte: O autor, 2020)

No item 2 da Figura 1, temos a página de cadastro do cronograma alimentar. Essa página possui duas telas, a principal mostra o cronograma que está cadastrado, caso tenha, e a segunda tela fornece um local para o usuário cadastrar os horários de arração que ele deseja, podendo ser cadastrados até 12 horários diferentes.

Cadastro

Quantidade de horários a ser programados: 12

- Horário 01
- Horário 02
- Horário 03
- Horário 04
- Horário 05
- Horário 06
- Horário 07
- Horário 08
- Horário 09
- Horário 10
- Horário 11
- Horário 12

✓

Figura 3: Página de cadastro do cronograma alimentar.

(Fonte: O autor, 2020)

← **Cronograma**

HORA	MINUTO
12	5
14	33
2	27
18	27
6	27
18	27
12	20
17	27
10	27
13	27
22	27
8	27

+

Figura 4: Representação da página de cronograma com horários cadastrados.

(Fonte: O autor, 2020)

Já o item 3 da Figura 1 abre a página da tabela de arração. Nessa tela o piscicultor pode adicionar a tabela alimentar que ele utiliza, na qual deve constar uma faixa de peso, tamanho da ração fornecida para essa faixa de peso, o número de tratos por dia e a porcentagem de ração a ser fornecida diariamente em relação ao peso vivo do peixe. Ou pode utilizar também uma tabela pré-definida no aplicativo, clicando no item 1 da Figura 5.

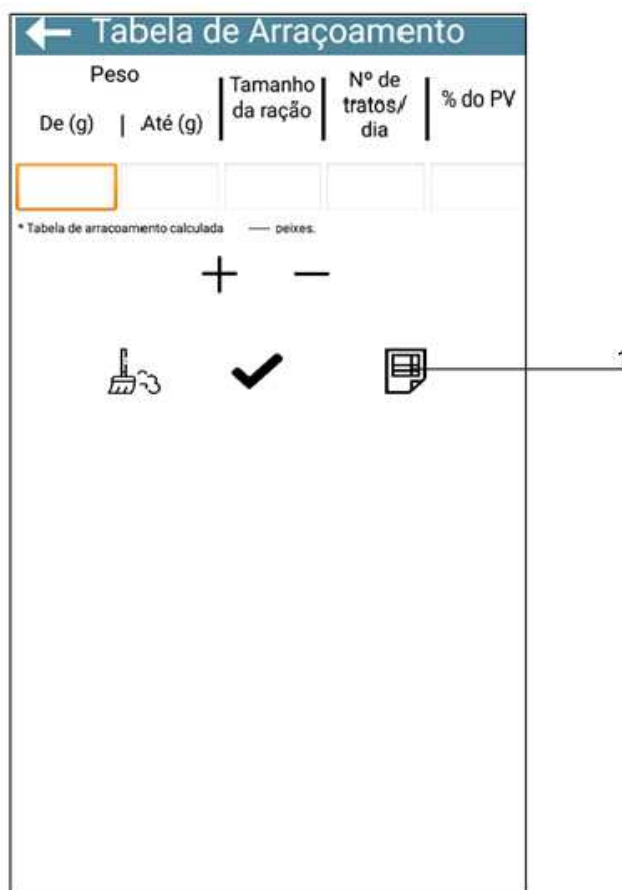


Figura 5: Página da tabela de arração.

(Fonte: O autor, 2020)

A tabela pré-definida no aplicativo, foi configurada conforme as tabelas recomendadas pelo fornecedor de ração Polinutri Nutrição Animal e pelas empresas EMBRAPA e SENAR. A tabela a seguir apresenta a tabela pré-definida:

Tabela 1: Tabela de arração pré-definida no aplicativo.

Peso		Tamanho da ração	Nº de tratos por dia	% do PV
De (g)	Até (g)			
15	25	2	4	5.5

25	35	2	4	4.5
35	45	3	4	4.0
45	60	3	4	4.0
60	80	5	4	3.5
80	105	5	3	3.3
105	135	5	3	3.2
135	170	7	3	3.0
170	210	7	3	2.9
210	250	7	3	2.6
250	300	7	3	2.3
300	330	7	3	2.0
330	370	7	3	1.9
370	410	7	3	1.9
410	455	7	3	1.8
455	500	7	3	1.7
500	545	7	3	1.6
545	590	7	3	1.5
590	635	7	3	1.4
635	700	7	3	1.3
700	725	7	3	1.2
725	770	7	3	1.1
770	815	7	3	1.0
815	1300	7	2	0.8
1300	1800	7	2	0.6

(Fonte: O autor, 2020)

Nessa página ainda é possível encontrar, caso a quantidade de peixes por tanques e a tabela alimentar já tenha sido cadastrados, a quantidade em gramas de ração diária e por trato que serão fornecidos nos tanques. Isso pois o próprio aplicativo realiza o cálculo, utilizando as informações fornecidas pelo usuário.

O cálculo realizado pelo aplicativo será apresentado abaixo e a Tabela 1 será utilizada para exemplificar melhor os cálculos, considerando também um tanque-rede com 1.000 tilápias com peso médio de 50 gramas.

Dessa forma, primeiramente é necessário calcular o peso vivo total dos peixes conforme a Equação 1.

$$PV = N^{\circ} \text{ de peixes} \times \text{Peso médio dos peixes} \quad (1)$$

onde:

PV: peso vivo total dos peixes

N^a de peixes: quantidade de peixes em apenas um tanque-rede

Peso médio dos peixes: peso médio dos peixes em um tanque-rede

Dessa forma, temos que:

$$PV = 1.000 \times 50 \text{ g} = 50.000 \text{ gramas}$$

Após isso, pode ser calculada a quantidade de ração diária, por meio da Equação 2.

$$\text{Quantidade diária de ração} = \frac{PV \times \% PV}{100} \quad (2)$$

onde:

PV: peso vivo total dos peixes

% PV: porcentagem de ração a ser fornecido diariamente em relação ao peso vivo do peixe

Assim, temos:

$$\text{Quantidade diária de ração} = \frac{50.000 \text{ g} \times 4,0\%}{100} = 2.000 \text{ gramas} = 2,0 \text{ Kg}$$

Nessa ideia, para obter a quantidade de ração por trato, temos apenas que buscar na tabela a quantidade de tratos que devem ser realizados por dia e calcular conforme Equação 3.

$$\text{Quantidade de ração por refeição} = \frac{\text{Quantidade diária de ração}}{\text{N}^{\circ} \text{ de refeições por dia}} \quad (3)$$

Portanto, teremos que a ração por trato será:

$$\text{Quantidade de ração por refeição} = \frac{2,0 \text{ Kg}}{4} = 0,5 \text{ Kg}$$

Ainda no aplicativo é possível verificar e monitorar a qualidade da água por meio do item 4 da Figura 1. Nessa tela é possível acompanhar a variação de temperatura, pH, o índice de turbidez e a luminosidade do ambiente abaixo da água (estes parâmetros serão explicados melhor nos capítulos a frente). Para realizar a medição desses parâmetros deve ser pressionado o item 1 da Figura abaixo, dessa forma o aplicativo se conectará via Bluetooth à unidade de comando e coletará as informações por meio dos sensores.

A imagem mostra a interface de um aplicativo com o título "Qualidade da água" no topo. Abaixo do título, há quatro campos de entrada para dados: "Temperatura :", "Luminosidade do ambiente :", "PH :", e "Índice de turbidez (60 cm) :". Cada campo é seguido por um ícone de unidade (°C para temperatura). Na parte inferior da tela, há um ícone de um controle remoto apontando para cima, rotulado com o número "1".

Figura 6: Página da qualidade da água

(Fonte: O autor, 2020)

Por fim, após o usuário realizar todo o processo de preenchimento da tabela de arraçoamento, cronograma e do povoamento, ele deve enviar essas informações para a unidade controladora. Esse procedimento pode ser realizado pelo item 5 da Figura 1, onde o usuário se conectará ao sistema por meio do aplicativo e então poderá enviar todos esses dados à unidade, e ainda, para ter a certeza de que tudo foi enviado corretamente, o usuário receberá uma mensagem de confirmação do sistema de controle.

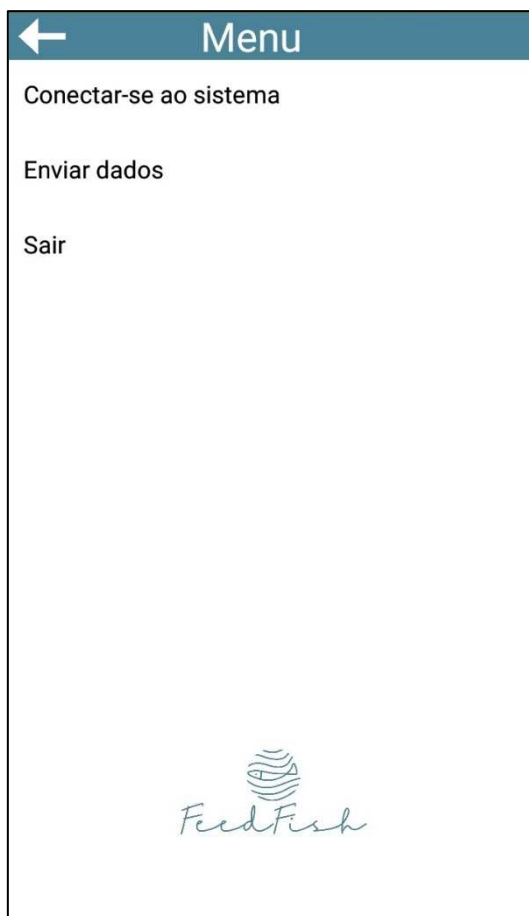


Figura 7: Página de envio de dados ao sistema de controle.

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.2. Unidade Controladora

A unidade de comando é a responsável pelo processamento das informações recebidas pela IHM, bem como o monitoramento da qualidade da água e o controle do alimentador do sistema, a unidade móvel.

A construção do código da programação da unidade controladora foi escrita e testada no próprio software disponibilizado pela plataforma do Arduino, onde é utilizada a linguagem C. Para exemplificar seu funcionamento foi elaborado um fluxograma, com o auxílio do software AutoCad e é apresentado a seguir.

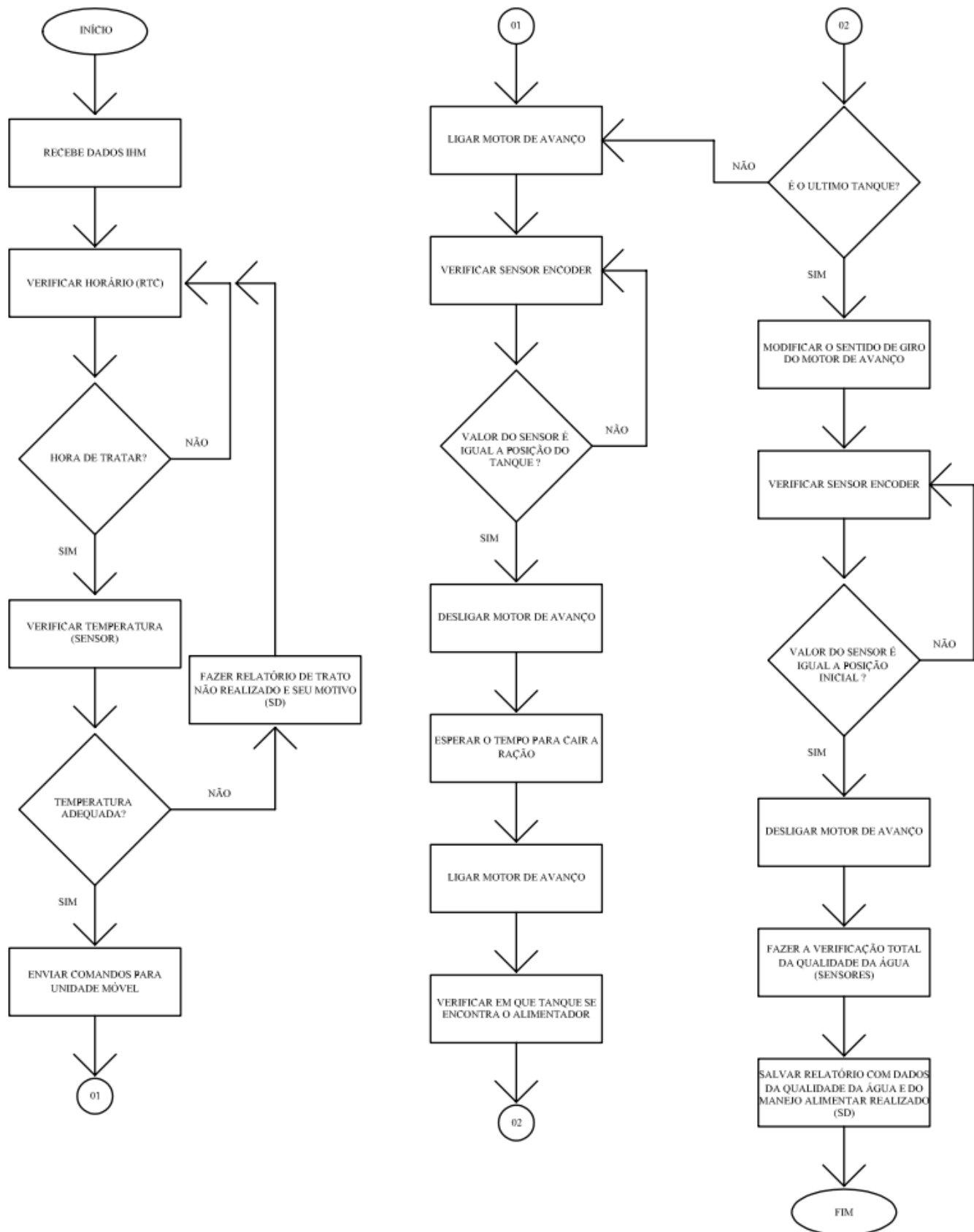


Figura 8: Fluxograma da programação da unidade controladora.

(Fonte: O autor, 2020)

A verificação total da qualidade da água acontece, como foi visto na Figura 8, quando a alimentação é realizada, porém é também feita quando o piscicultor, pelo aplicativo, solicitar esses dados. O esquema da programação segue abaixo em outro fluxograma.

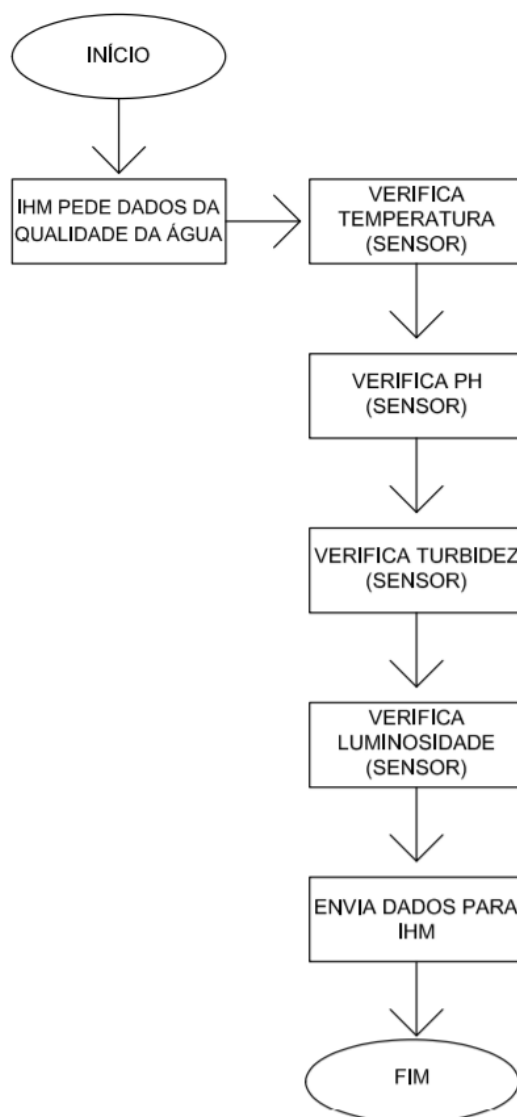


Figura 9: Fluxograma do controle de qualidade da água.

(Fonte: O autor, 2020)

Os sensores responsáveis pelo monitoramento da água serão submersos internamente em um dos tanques-rede, para que os dados coletados da qualidade da água sejam os mais próximos do habitat das tilápias. Já os outros componentes são anexados junto à estrutura física da unidade. Isto posto, a seguir serão explicadas as características e funcionalidades de cada equipamento utilizado no projeto.

3.1.2.2. Arduino

Para o processamento do código e o gerenciamento dos dados foi definida a utilização de um Arduino, e esta escolha ocorreu por diversas causas. Uma delas é que o dispositivo possui uma forma muito prática e fácil de ser programado, além de ser um componente bem acessível. Além disso, a placa é composta por um microcontrolador Atmel, o qual funciona por meio de circuitos de entrada e saída, e pode ser programado pela plataforma IDE, a qual é disponibilizada gratuitamente pela empresa Arduino. Outro motivo da utilização desse componente foi pelo fato de a programação de seu microcontrolador ser baseada na linguagem C/C++, uma forma de programação de fácil entendimento e execução.

Dentre todos as versões do Arduino, foi utilizada a placa microcontrolada Arduino Mega 2560 R3. A necessidade de utilização desse modelo se deu pela quantidade de portas analógicas e digitais que ela fornece. Dentre todas as placas Arduino, esta foi a que mais se adequou ao projeto proposto.

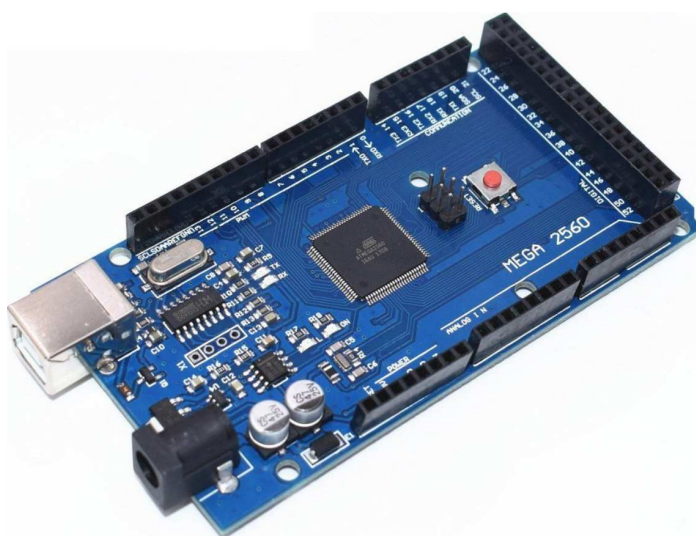


Figura 10: Placa microcontrolada Arduino Mega 2560 R3.

(Fonte: Fornecedor Eletrogate, 2020)

A seguir, são apresentadas as principais características do Arduino Mega 2560 R3:

- Microcontrolador: ATmega 2560;
- Tensão de operação: 5V;
- Tensão de entrada: 7–12V;
- Corrente de operação para entradas e saídas: 40mA;

- 54 portas digitais, sendo que 15 podem ser utilizadas como PWM;
- 16 portas analógicas;
- Memória Flash (disponível para o código): 256KB;
- Velocidade do Clock: 16MHz.

Esse dispositivo é o responsável por controlar os sensores de temperatura, pH, luminosidade, turbidez e o motor de avanço como também para processar as informações e enviá-las, por meio do módulo Bluetooth, para a unidade móvel e a IHM.

3.1.2.3. Sensor de temperatura

Para o monitoramento da temperatura da água foi utilizado o sensor DS18B20. A grande vantagem desse componente é que ele é a prova d'água, possuindo uma ponteira em aço inox e seus cabos encapsulados em borracha. Além disso, ele consegue fornecer suas medições até 24 metros de profundidade com apenas um fio, necessitando apenas de um microprocessador para controlar suas medições. Ainda, este sensor possui uma boa precisão de leitura, possuindo um erro de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se a medição ocorrer na faixa de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. A Figura 11 mostra a parte física do sensor DS18B20 e a Figura 12 detalha o circuito de ligação do sensor ao Arduino.



Figura 11: Sensor de temperatura DS18B20.

(Fonte: Fornecedor Eletrogate, 2020)

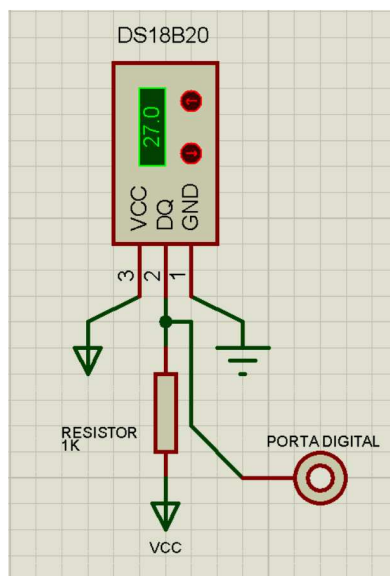


Figura 12: Layout do circuito do sensor de temperatura.

(Fonte: O autor, 2020)

No layout da Figura 12, é possível ver a utilização de um resistor de $1K\Omega$, isso é necessário para que o programa consiga detectar o sensor, pois sem ele o Arduino não conseguirá se conectar ao sensor.

Como apresentado no capítulo 2, onde é abordado sobre o impacto da temperatura no manejo alimentar na piscicultura, há uma variação na oferta de ração em relação à temperatura do ambiente. Dessa forma, esse sensor é utilizado para detectar a temperatura da água e com isso definir os parâmetros de alimentação.

Para este projeto, foi definida uma tabela que relaciona uma faixa de temperatura a uma porcentagem de ração que deve ser fornecida aos peixes. Essa tabela foi desenvolvida e embasada em manuais e pesquisas realizadas pelas instituições EMBRAPA, SENAR e CODEVASF.

Tabela 2: Parâmetro de fornecimento de ração em relação a temperatura.

Temperatura	% de ração
< 16 °C	Não tratar
16 °C – 19 °C	50 %
20 °C – 24 °C	80 %
25 °C – 29 °C	100 %
30 °C – 32 °C	80 %
> 32 °C	Não tratar

(Fonte: O autor, 2020)

Assim, o sistema irá realizar as alimentações conforme a faixa de temperatura que a água apresenta, e irá realizar o cálculo da quantidade de ração a ser fornecida com base nos dados fornecidos pelo piscicultor pelo aplicativo e então encontrar a sua porcentagem por meio da verificação da temperatura da água.

3.1.2.4. Sensor de luminosidade e turbidez

Para o sensoramento da oxigenação da água, optou-se pela construção de um sensor que conseguisse distinguir os níveis de oxigênio dissolvido na água através da luminosidade do meio. Isto pois, apesar de o mercado disponibilizar alguns tipos de sensores próprios para a medição de oxigênio dissolvido, eles possuem um alto custo e uma necessidade constante de calibração e limpeza, assim estes desencorajaram sua utilização no projeto.

O mesmo acontece para a averiguação dos níveis de turbidez do meio. Apesar de possuir alguns modelos de sensores específicos para verificar a turbidez da água, não foi viável sua utilização, visto que estes possuem um alto valor agregado e porque são exclusivos para a análise de líquidos que fluem por tubulações, o que não é o caso desse projeto.

Dessa forma, foi desenvolvido um sensor que consegue realizar as medições tanto do parâmetro de luminosidade quanto da turbidez, dado que os dois necessitam da mensuração da mesma variável: a incidência de luz no meio de cultivo.

A oxigenação da água em corpos hídricos e açudes é realizada com o uso de microalgas, também conhecidas como fitoplanctons. São estes os responsáveis por produzir o oxigênio através da fotossíntese. Tal atividade decorre quando eles são expostos à luz solar. Sendo assim, quanto menor for a penetração de luz na água, menor é a produção de oxigênio.

A quantidade de penetração vertical de luz solar é afetada pela presença de argila ou sedimentos na água, como as próprias excreções e alimentos dos peixes, tal como a concentração de fitoplanctons, os quais são os agentes a dar a cor esverdeada aos corpos hídricos e viveiros, o que também interfere na entrada de luz no meio.

Em vista disso, foi desenvolvido o sensor de luminosidade e turbidez, o qual é composto por um LDR e uma estrutura de PVC, o qual é detalhado a seguir.

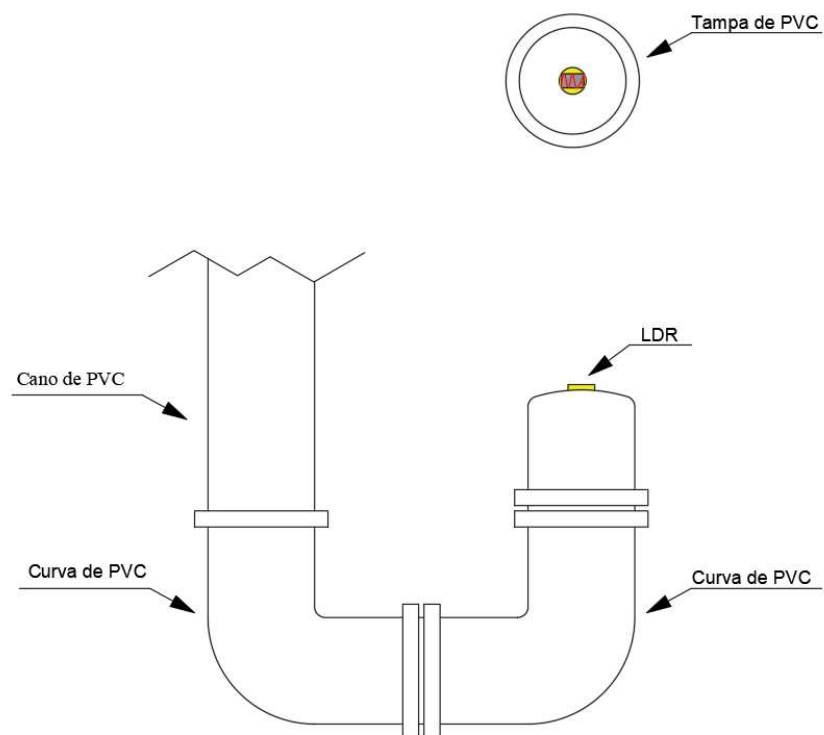


Figura 13: Projeto do sensor de luminosidade.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 14: Sensor de turbidez e luminosidade (Vista Frontal).

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 15: Sensor de turbidez e luminosidade (Vista Superior).

(Fonte: O autor, 2020)

Para sistemas que utilizam tanques-rede é recomendado que a água tenha uma transparência de no mínimo 60 cm de profundidade. O cano de PVC tem aproximadamente 80 cm de comprimento, então é capaz de realizar essa medição. E para que o dispositivo estivesse totalmente vedado foi adicionado uma pequena camada de silicone entre o LDR e a tampa de PVC.

A Figura a seguir detalha o circuito de ligação do sensor ao Arduino. Nesse circuito necessitou-se a utilização de um resistor de 10 K Ω ligado em série a sua porta analógica, isto para ajustar a sensibilidade de leitura do sensor LDR.

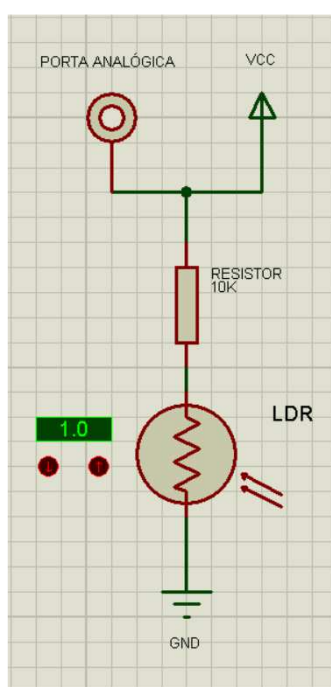


Figura 16: Layout do circuito do sensor de luminosidade e turbidez.

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.2.5. Sensor de pH

Para a verificação do pH da água é utilizado um sensor de pH do modelo E-201, que consiste em um módulo BNC, o qual faz a intermediação entre o Arduino e a sonda, e uma sonda de eletrodo PH, a qual realiza as medições de pH 0 a 14. O diferencial desse sensor é a alta precisão de leitura, possuindo um erro alcalino de $\pm 0,01$ pH a 25°C , e um tempo de resposta de menos de um minuto. Além disso, este sensor possibilita o monitoramento contínuo de pelo menos um ano sem alteração em seu funcionamento. As Figuras abaixo representam sua configuração física e a conexão do sensor ao circuito.



Figura 17: Sensor pH E-201.

(Fonte: O autor, 2020)

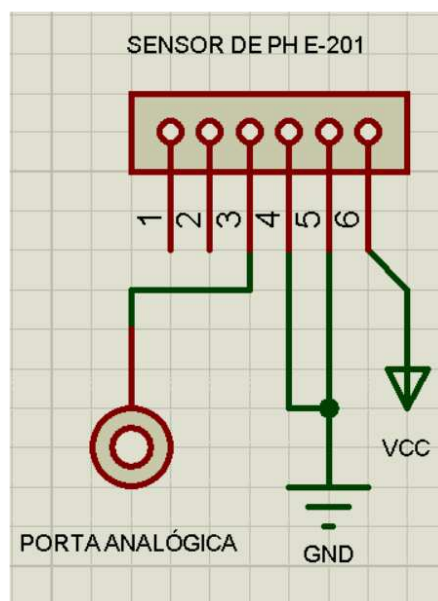


Figura 18: Layout do circuito do sensor de pH.

(Fonte: O autor, 2020)

Por esse modelo de sensor já possuir uma *shield* configurada para o conector BNC e a sonda, como mostrado na Figura 17, não há a necessidade de adicionar outro componente eletrônico ao circuito. Sendo assim, a *shield* é conectada diretamente ao Arduino.

3.1.2.6. Módulo RTC

No projeto proposto foi adicionado um *Real Time Clock* (RTC), do modelo DS3231. Este dispositivo é um relógio de tempo real de alta precisão, e ele é utilizado para controlar os horários de alimentação, conforme a necessidade do piscicultor. As Figuras abaixo representam sua estrutura física e o circuito de ligação ao Arduino.



Figura 19: Módulo RTC.

(Fonte: Fornecedor Eletrogate, 2020)

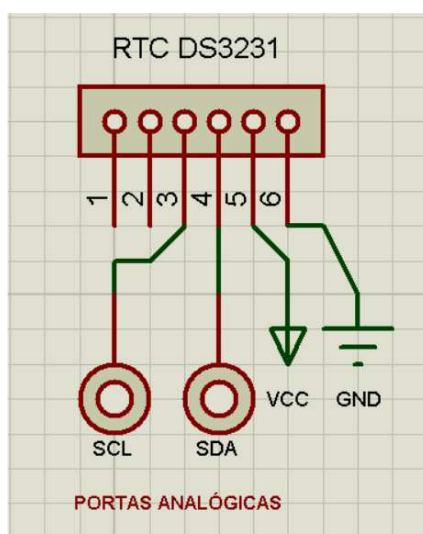


Figura 20: Layout do circuito do RTC.

(Fonte: O autor, 2020)

Conforme é mostrado na Figura 20, apenas são utilizadas as portas analógicas SCL e SDA, as quais correspondem, respectivamente, ao *clock* e aos dados do componente. Isto é, a porta SCL é a entrada serial do relógio, a qual utiliza a interface serial I2C. Ela é a responsável por sincronizar o movimento dos dados na interface. Já a porta SDA é o pino de entrada ou saída de dados que vem da interface I2C para o Arduino, ou o oposto. Essa porta é a responsável pelo envio do horário e datas para o sistema.

As outras duas portas, conforme apresentado na Figura 19, a 32K e SQW, funcionam como um oscilador e interruptor, respectivamente. Assim, não são utilizadas pois não são necessárias ao programa desse sistema.

3.1.2.7. Módulo Bluetooth

Para o envio e recebimento de dados entre as unidades e a interface IHM, é utilizado o módulo Bluetooth RS232 HC-05, o qual oferece uma maneira fácil e barata de comunicação. Esse módulo consegue fornecer uma comunicação de até aproximadamente 10 metros de distância e funciona tanto como mestre quanto escravo, isto é, pode ser usado tanto para o envio quanto para o recebimento de dados. A seguir é apresentado sua configuração e circuito:



Figura 21: Módulo Bluetooth.

(Fonte: Fornecedor FilipeFlop, 2020)

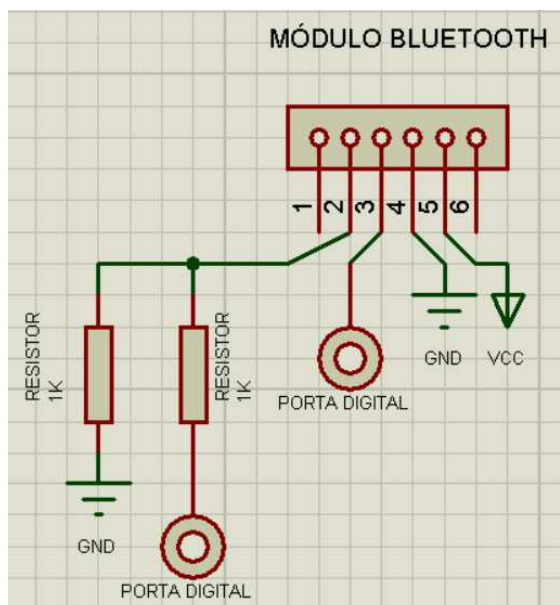


Figura 22: Layout do circuito do módulo Bluetooth.

(Fonte: O autor, 2020)

Esse módulo, apesar de funcionar com a mesma tensão que o Arduino (5V), possui uma porta digital de transferência de dados (RX) que trabalha apenas com, no máximo, 3.3V. Dessa forma, foi necessário realizar uma ligação, em paralelo, com dois resistores de 1 K Ω com essa porta, assim diminuindo o nível para 3V. Isso é necessário para que o componente não seja danificado.

3.1.2.8. Módulo Cartão SD

Para monitorar o funcionamento do sistema, é utilizado um módulo de cartão SD, o qual é responsável por salvar as informações sobre as alimentações realizadas, bem como as medições dos sensores e módulos. Dessa forma, será possível verificar como o sistema está se comportando, se há presença de falhas no mesmo e, se sim, onde essa se encontra.

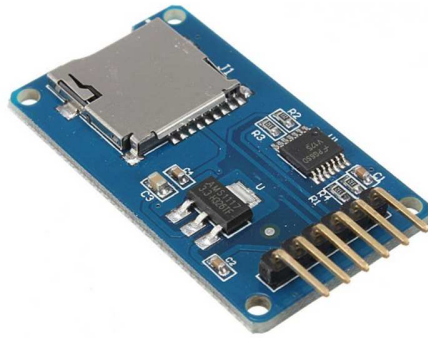


Figura 23: Módulo Cartão SD.

(Fonte: Fornecedor Eletrogate, 2020)

A ligação desse componente ao Arduino é feita diretamente, pois ele já vem com uma *shield* própria para sua conexão, assim não necessitando adicionar nenhum componente ao seu circuito. Dessa forma, seu circuito é apresentado a seguir.

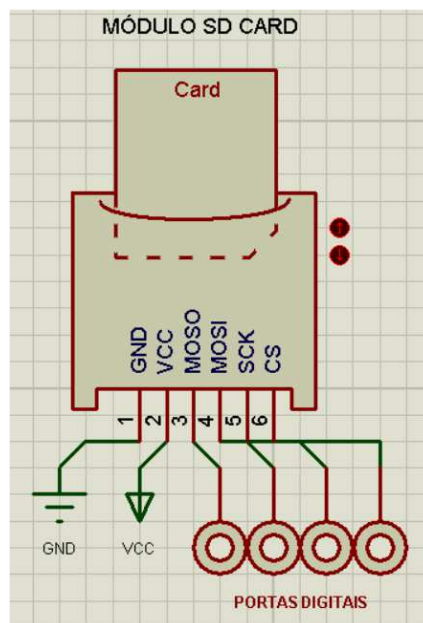


Figura 24: Layout do circuito do módulo SD.

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.2.9. Motor de avanço

Por questões técnicas o motor de avanço foi retirado da unidade móvel e transferido para a unidade controladora.

O motor utilizado para o transporte do alimentador foi fornecido pelo piscicultor, logo, para a redução do custo total do projeto, ele foi utilizado. Porém, antes de realizar sua implementação ao projeto foi realizado cálculos para verificar se ele era capaz de desempenhar a sua função. Estes cálculos serão apresentados no capítulo 4.

Esse equipamento corresponde em um motor trifásico de 1/2 CV de potência, o qual possui 670 rotações por minuto. Esse motor ainda possui proteção IP55, dessa forma protegido contra poeira e contato com água. Ele é apresentado na Figura 25.



Figura 25: Motor de avanço do alimentador.

(Fonte: O autor, 2020)

No sistema de controle desse motor foi acrescentado um relé de dois canais, o qual tem finalidade de ligar, acionar e comandar os dois contatores, os quais irão energizar o motor e alternar a direção de movimento conforme comandos recebidos pelo Arduino. O relé escolhido opera com uma potência de 5V e uma corrente de 15 a 20 mA. Além disso, esse dispositivo possibilita controlar cargas de até 250V a 10 A, assim podendo ser utilizado para motores tanto de corrente contínua como de corrente alternada.

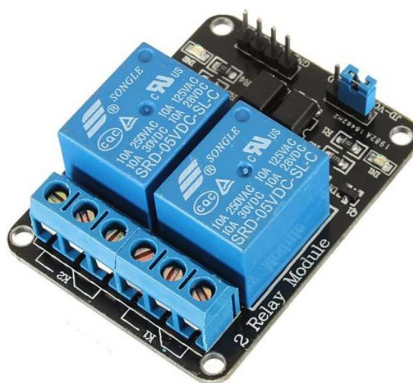


Figura 26: Módulo Relé 5V.

(Fonte: Fornecedor Eletrogate, 2020)

Já os contadores trabalham a 220V com uma corrente de até 12 amperes, sendo sua entrada e saída trifásica. Os contadores são necessários pois além do motor ser trifásico, os relés não suportam administrar sozinho cargas que possuem corrente elevada, dessa forma necessitando de um equipamento que trabalhe com alta potência.



Figura 27: Contador 12A 220V

(Fonte: Fornecedor DZ materiais elétricos, 2020)

A lógica do circuito Arduino, Relés e Contadores funciona da seguinte maneira: quando acionarmos uma porta do relé 01 e desligarmos a porta do relé 02, pelo Arduino, o relé 01 ligará o contator 01, o qual por sua vez energizará o motor e este rotacionará no sentido horário. Ao fazer ao contrário, acionar a porta do relé 02 e desligar a porta do relé 01, o motor será energizado pelo contator 02 e assim rotacionará no sentido anti-horário. Já para realizar o desligamento do motor, as portas dos relés devem ser desligadas. O esquema de ligação do motor com a rede elétrica, o Arduino e os contadores são mostrados abaixo.

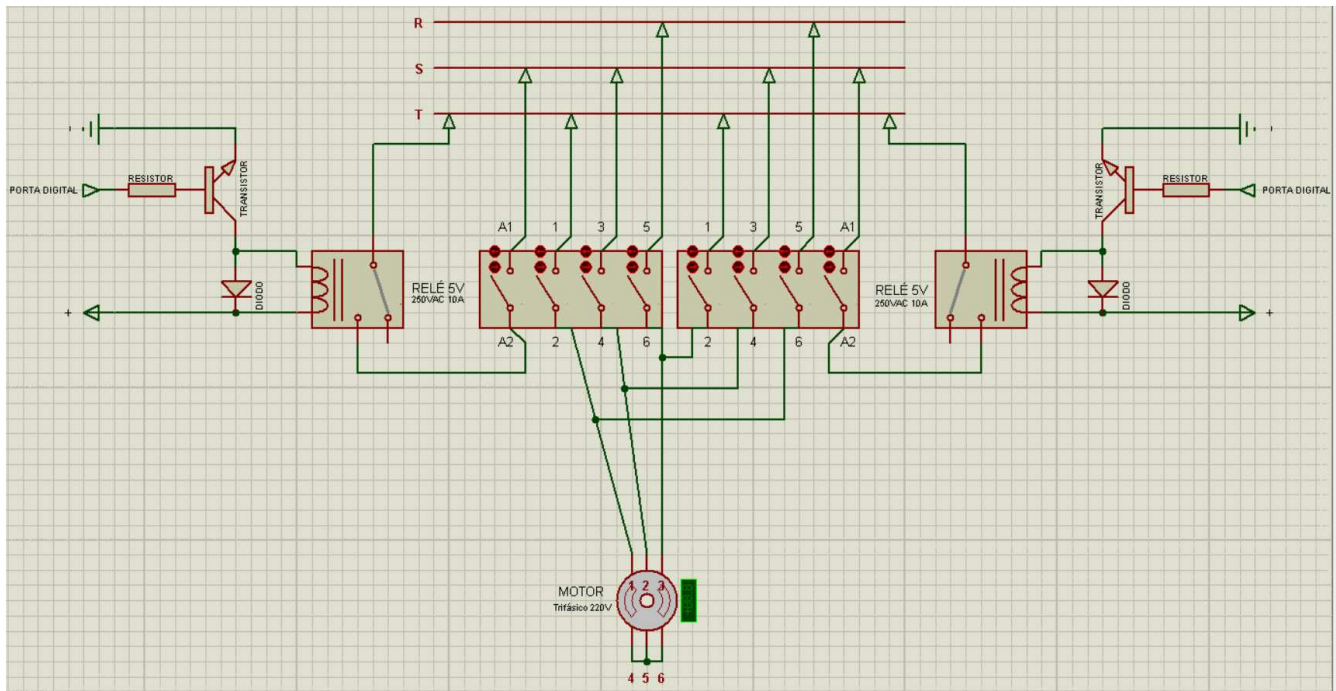


Figura 28: Layout do circuito Arduino/Relé/Contatores/Motor

(Fonte: O autor, 2020)

Ainda para esse sistema foi adicionado um sensor Encoder rotativo, o qual ficou incumbido de indicar para o Arduino a respectiva posição do alimentador. Dessa forma o sistema saberá quando o motor de avanço deve ser ligado e desligado para levar o alimentador a todos os tanques, para então realizar o despejo da ração. Esse sensor é utilizado para medir o movimento rotacional do motor; ele consegue converter os movimentos rotativos em impulsos elétricos, os quais são lidos pelo Arduino, e dessa forma o deslocamento do alimentador pode ser calculado facilmente. Dessa maneira, o motor é gerenciado pelo sensor por meio das informações enviadas pelo piscicultor através da IHM, sobre a distância entre os tanques, e o deslocamento verificado por este sensor.

3.1.3. Unidade Móvel

A unidade móvel é a encarregada pelo o fornecimento da ração. Dessa forma, para essa unidade são utilizados um motor, o qual é encarregado de fazer o despejo da ração, contando também com uma base flutuante para o alimentador, o reservatório de armazenamento da ração e a rosca transportadora. Além disso, essa unidade possuirá outro Arduino e módulo Bluetooth,

que terão como finalidade receber e administrar as informações que a unidade controladora enviará. Estes já foram explanados no capítulo 3.1.2.

A seguir será exemplificado como funcionará o sistema dessa unidade:

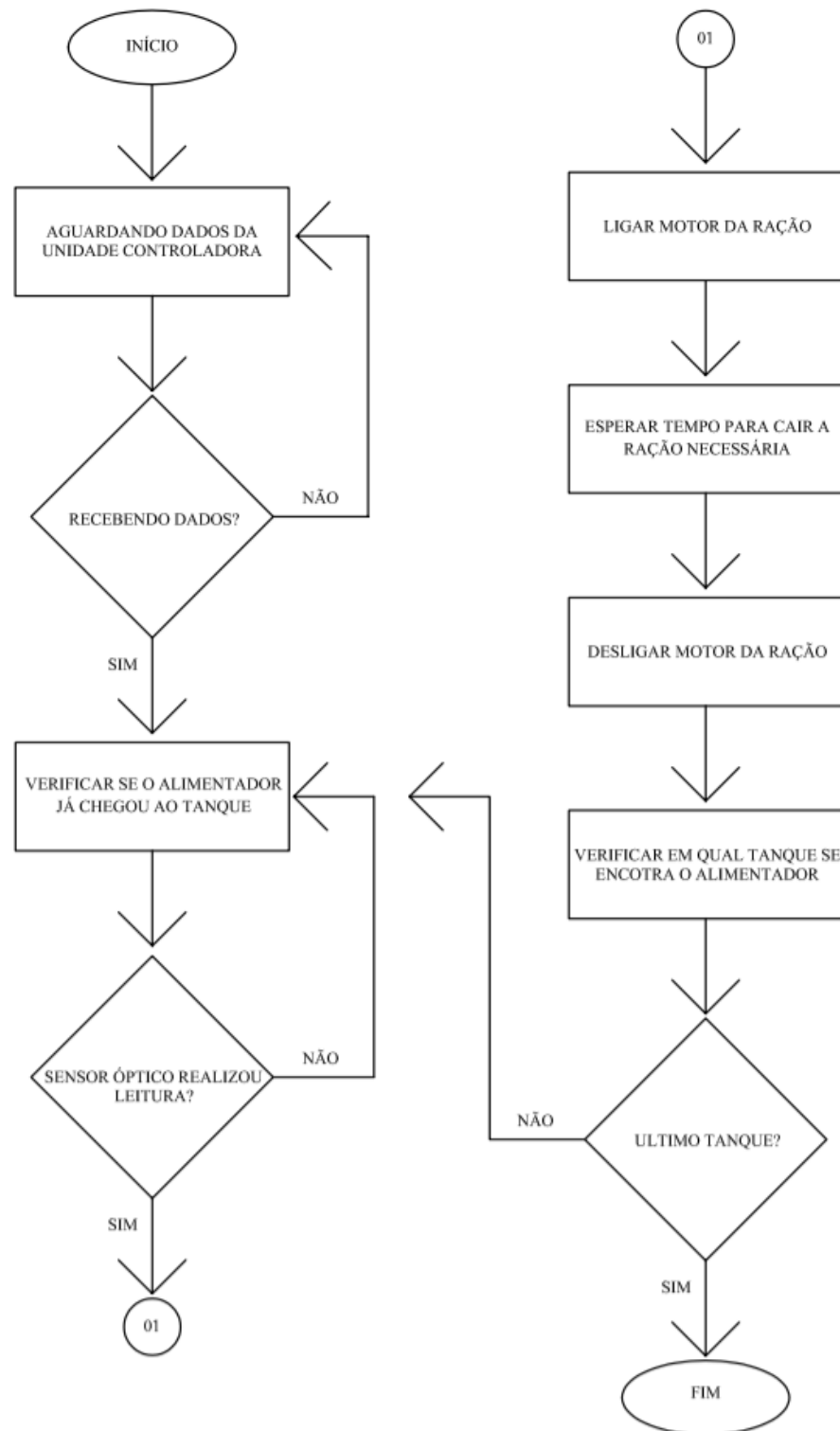


Figura 29: Fluxograma da programação da unidade móvel.

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.3.1. Reservatório da Ração

O reservatório de ração escolhido é fabricado de PEMD, que é um polietileno de média densidade, o qual foi processado por rotomoldagem. Esse componente foi escolhido devido a seu material de construção, o qual possui boas características para o projeto proposto, como a ótima resistência à corrosão e elevada resistência ao impacto.

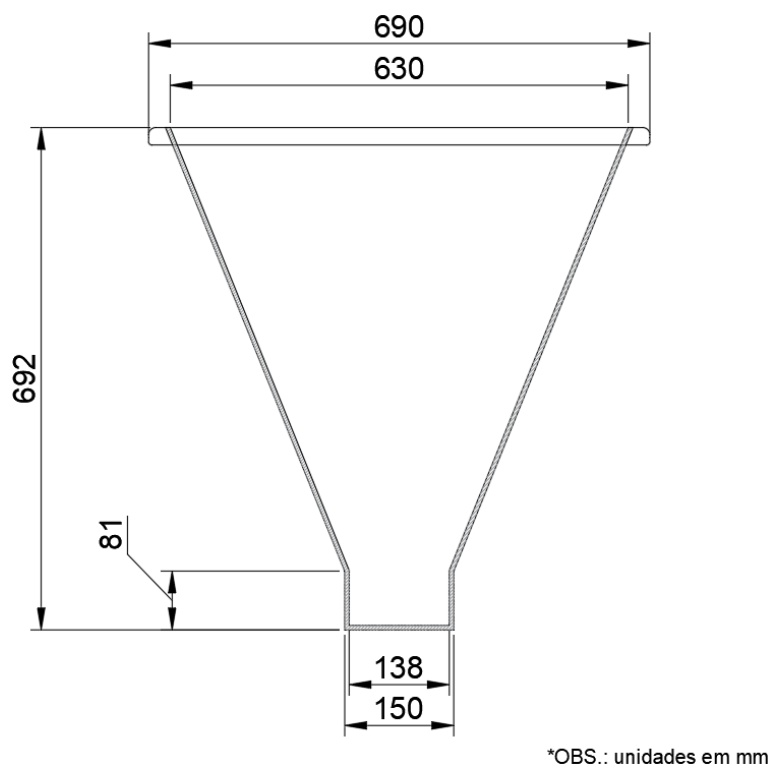


Figura 30: Reservatório para a ração.

(Fonte: O autor, 2020)

Esse reservatório possui uma tampa, a qual foi fabricada com fibra de vidro. Esta foi produzida para a proteção da ração dentro do reservatório, de maneira que ela projeta a ração contra o contato com a água proveniente da chuva e o contato direto dos raios solares.

3.1.3.2. Rosca Transportadora

A rosca transportadora, conhecida também como rosca sem-fim, utilizada nesse projeto, é a mesma utilizada em distribuidores de ração em granjas de grande porte, onde se mostra bem

eficiente. Ela é fabricada em aço de alta qualidade, isto para que não sofra desgastes devido ao contato direto com a ração. Ela possui um diâmetro externo de 42,5 mm e um passo de 35 mm.



Figura 31: Rosca Transportadora

(Fonte: O autor, 2020)

Dessa forma, para que esse dispositivo consiga transportar a ração, ele é acoplado a um cano de PVC de 50mm, juntamente ao motor de despejo da ração.

3.1.3.3. Base Flutuante

Para a base do alimentador foram utilizadas quatro boias rotomoldadas de polietileno reforçado, as quais possuem uma espessura de 5 milímetros de material. Além disso, esses flutuadores são utilizados especificamente para tanques-rede, portanto possuem em sua composição um aditivo de proteção contra os raios solares, os quais acabam danificando o equipamento por ressecamento.



Figura 32: Flutuadores.

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.3.4. Motor da ração

Para o motor responsável por movimentar a rosca transportadora e realizar o despejo da ração foi empregado um motor automotivo do modelo Mabuchi. Este componente opera por meio de corrente contínua, utilizando escovas e imã permanentes. Por ser um motorreductor, ele realiza a redução de rotações em seu eixo, o qual possui 8 dentes, para que assim tenha um aumento em seu torque, transmitindo um trabalho de 9,12 Nm (93 Kgcm).



Figura 33: Motor para despejo da ração.

(Fonte: O autor, 2020)

Nesse sistema foi adicionado um módulo relé de 5V de um canal similar ao utilizado no motor de avanço, para realizar a intermediação entre o Arduino e o motor, isto para que o circuito de comando não seja danificado. A ligação do motor com o relé e o Arduino é apresentada a seguir.

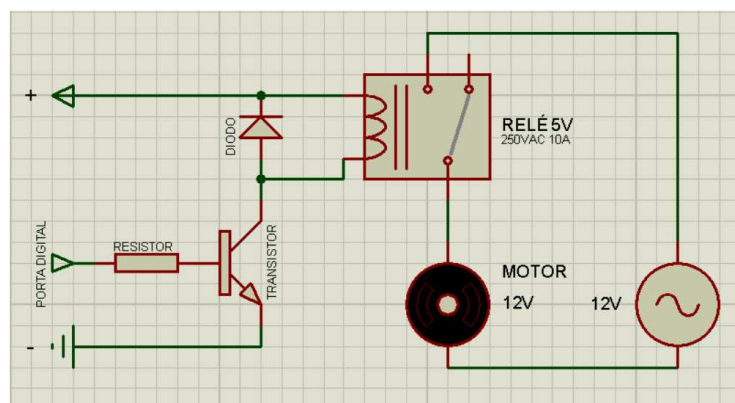


Figura 34: Layout do circuito entre relé, motor e Arduino

(Fonte: O autor, 2020)

Ainda para o alimentador foi incorporado um sensor óptico reflexivo TCRT5000. Este mecanismo é formado por um LED infravermelho emissor e um fototransistor, o qual recebe o sinal infravermelho. Esse sensor tem como função identificar a posição do tanque-rede, para que ele realize o despejo da ração. Dessa forma, para que isso funcione foi alocado junto de cada tanque-rede um ponto de referência, no caso um pequena chapa de aço inox, para que quando o sensor estiver a frente desse material, o sinal infravermelho bata nele e retorne ao fototransistor, o qual enviará um sinal ao Arduino, e este mandará um comando para acionar o motor, assim realizando o despejo da ração.

A Figura a seguir representa a ligação do sensor óptico ao Arduino. Nela é possível verificar a presença de dois resistores ($10\text{ K}\Omega$ e $330\ \Omega$), que são necessários para limitar a corrente elétrica que passa do Arduino para o LED emissor e o fototransistor. Isto se dá pois a corrente de operação do Arduino é de 40 mA , e os dois componentes operam abaixo disso (LED: 20 mA ; Fototransistor: 10 mA). Assim caso não haja essa redução de corrente, os dois componentes podem ser danificados.

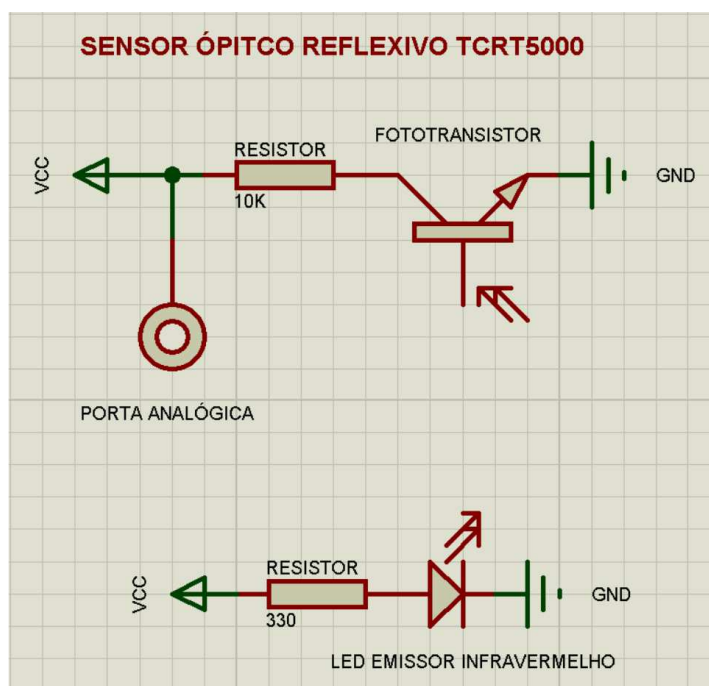


Figura 35: Layout do circuito do sensor óptico reflexivo.

(Fonte: O autor, 2020)

3.2. AJUSTE DOS SENSORES

Para o projeto proposto foram necessários ajustes apenas nos sensores de pH, luminosidade e turbidez. Abaixo cada procedimento será explicado com detalhes.

3.2.1. Sensor de pH

O pH se refere à concentração de íons hidrogênios presentes em determinadas soluções, tornando a solução ácida, básica ou neutra. Assim, para sistemas de piscicultura a faixa ideal de pH é entre 6,5 e 9,0.

O sensor de pH apresentado consegue realizar a medição do pH com base na diferença de tensão, dessa forma o sensor fornece, por meio de sua saída analógica, um valor correspondente à medição realizada. Porém, por padrão, a placa vem configurada para que o pH 7 seja 0 V, assim tornando os valores de pH ácido em valores negativos, que consequentemente não podem ser lidos pela porta analógica do Arduino, que consegue ler até 5 V.

Foi necessária a calibração desse sensor, fazendo que para um pH 7 a sonda leia 2,5 V. Dessa forma, pH 0 será 0 V e pH 14 será 5 V. Essa mudança na leitura é realizada com o uso de um potenciômetro de deslocamento localizado na placa do sensor, o mais próximo ao conector BNC.

Para realizar essa calibração, primeiramente foi desconectada a sonda do circuito e a seguir realizado um curto-circuito, pela ligação do interior do conector BNC com seu exterior, assim conseguindo simular um pH neutro. Após essa etapa, foi lido pela sua porta analógica o valor medido, e então, com o uso do potenciômetro de deslocamento, foi ajustado até que a porta mensurasse 2,5V.

Por fim, para garantir a calibração, foram utilizadas duas soluções tampão e água deionizada para realizar a limpeza do sensor após medições, os quais foram disponibilizados pela FAG, uma solução de pH 4,0 e outra de pH 7,0. Assim, com a sonda inserida na solução de pH 4,0 o valor da tensão lido foi de 3,07 e para a solução de pH 7,0 a tensão medida foi de 2,01.

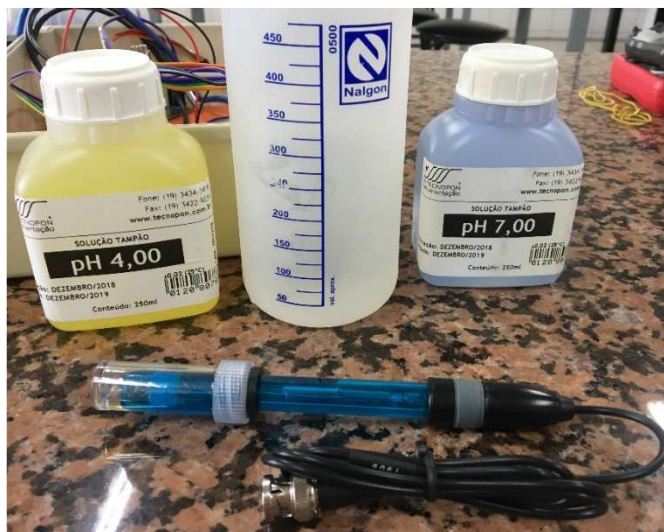


Figura 36: Materiais utilizados para calibração do sensor pH.

(Fonte: O autor, 2020)

3.2.2. Sensor de luminosidade e turbidez

Para auxiliar a calibração desse sensor foi utilizado um disco de Secchi, o qual é aplicado em sistemas de piscicultura para efetuar a análise da turbidez da água. Esse dispositivo é basicamente um disco de cores preta e branca, podendo ser encontrado todo em branco, o qual apresenta um cordão graduado em centímetros ou uma fita métrica, como é apresentado abaixo.



Figura 37: Disco de Secchi submerso

(Fonte: O autor, 2020)

A utilização deste mecanismo é bem simples: o disco deve ser afundado lentamente na água até que ele deixe de ser visto, assim é encontrado o nível de turbidez da água. Isso deve ser realizado por volta das 10 e 14 horas, quando o sol está mais alto.



Figura 38: Utilização do Disco de Secchi.

(Fonte: Alexandre Mulato – IABS)

Para a realização dos ajustes desse sensor foi utilizado um galão de 200 litros com água coletada do ambiente de cultivo, e com corantes alimentícios foram realizadas as mudanças de coloração da água para diminuir a incidência de luz no meio, dessa forma simulando três níveis de turbidez e quatro tipos de luminosidade para o ambiente.

Em seguida, foi submerso juntamente com o disco de Secchi o sensor de turbidez e luminosidade e a cada mudança da coloração da água, foi realizada uma medição para cada nível de turbidez e grau de luminosidade. As figuras abaixo representam este procedimento.



Figura 39: Ambiente ensolarado/Nível de turbidez superior a 60 cm.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 40: Ambiente claro.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 41: Ambiente nublado/Nível de turbidez igual a 60 cm.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 42: Ambiente escuro/Nível de turbidez inferior a 60 cm.

(Fonte: O autor, 2020)

Como as portas analógicas do Arduino realizam leituras entre 0 e 1023, as medições do sensor de turbidez ficaram dentro dessa faixa. Portanto, as medições tiveram os seguintes valores:

- Caso 01 (Figura 39): 11 – 202;
- Caso 02 (Figura 40): 214 – 481;
- Caso 03 (Figura 41): 550 – 700;
- Caso 04 (Figura 42): 763 – 963.

Após isso, foi configurado o sistema para diferenciar os níveis de turbidez e grau de luminosidade conforme os valores apresentados acima. Em vista disso, foi elaborado um fluxograma que representasse a lógica de programação para os dois casos, respectivamente. O sistema é apresentado a seguir.

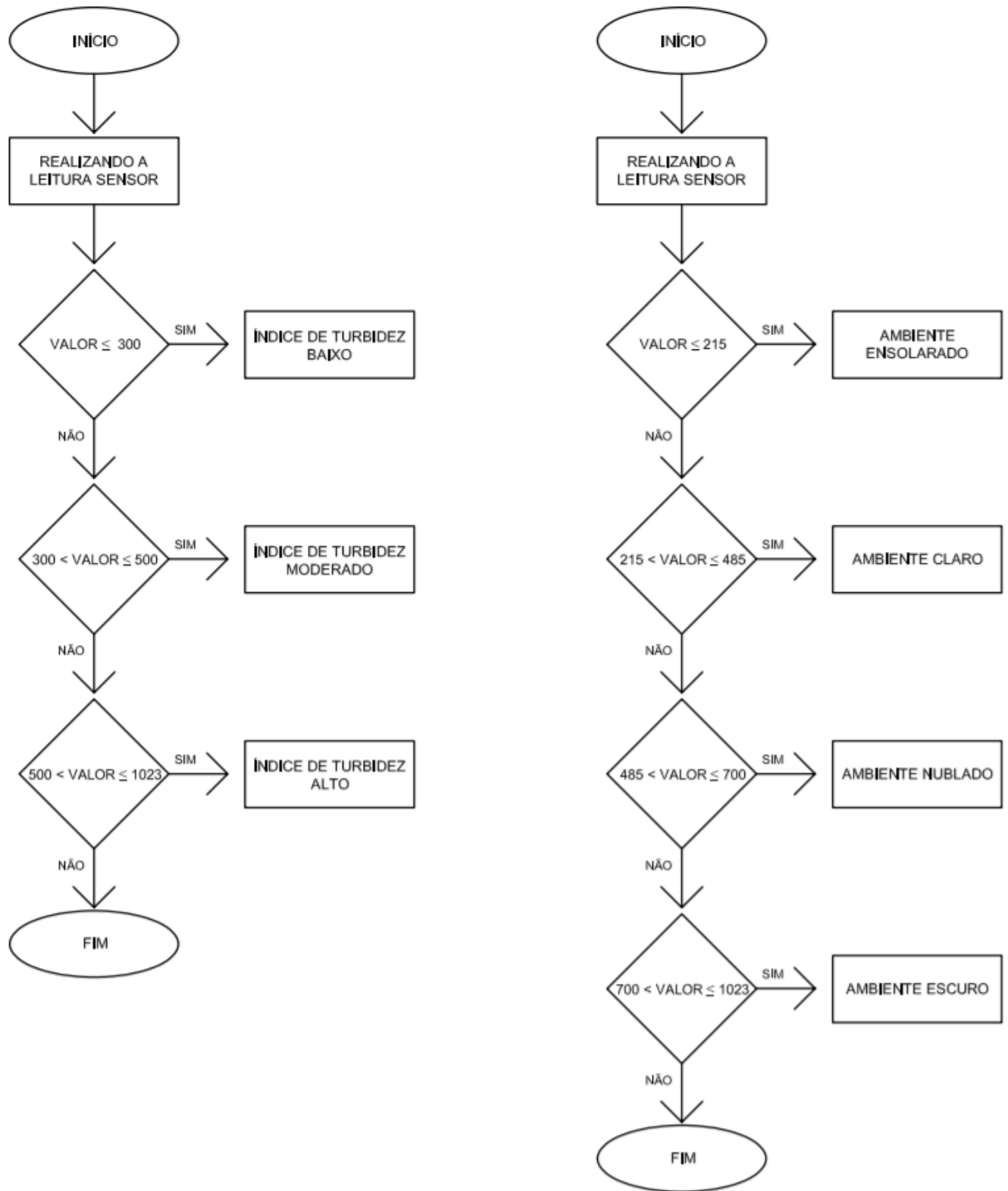


Figura 43: Lógica de programação dos parâmetros turbidez e luminosidade.

(Fonte: O autor, 2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. AUTONOMIA DO RESERVATÓRIO

A seguir são expostos os cálculos realizados para verificar a quantidade, em kg, de ração suportada pelo reservatório.

4.1.1. Cálculo do volume do reservatório

O primeiro passo utilizado para descobrir a autonomia do reservatório foi realizar um cálculo básico do volume do reservatório, o qual é realizado a seguir, por meio da Equação 4.

$$V = \frac{\pi \times h}{3} \times (R^2 + R \times r + r^2) \quad (4)$$

onde:

V: volume do reservatório

h: altura do reservatório

R: raio de base maior

r: raio de base menor

Assim temos que o volume do reservatório é:

$$V = \frac{\pi \times 0,611}{3} \times (0,315^2 + 0,315 \times 0,069 + 0,069^2)$$

$$\therefore V = 0,0804 \text{ m}^3$$

Como 1 metro cúbico equivale a 1000 litros, temos que:

$$\therefore V = 80,4 \text{ litros}$$

4.1.2. Cálculo da densidade das rações

Para verificar a quantidade real de ração que o silo suporta, foi calculada a densidade das rações que poderiam ser utilizadas nesse projeto. Diante disso, temos a seguinte Equação:

$$d = \frac{m}{v} \quad (5)$$

onde:

d: densidade da ração, em kg/L

h: massa da ração, em kg

v: volume da ração, em L

Levando em consideração que as rações mais usuais na piscicultura em tanques-rede são as rações granuladas e que as mesmas não apresentam um tamanho exato, possuímos, segundo a empresa Polinutri, as seguintes faixas de tamanho: 2-3 mm; 3-5 mm; 5-7 mm; 6-8 mm.

A partir dessas informações, para realizar o cálculo da densidade, foi feito um teste em que se utilizou um recipiente qualquer que apresentava um volume de 75 ml (0,075 litros) para mensurar a massa para cada tamanho de ração. Nesse teste, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Para rações de 2-3 mm: $m_1 = 61$ g;
- Para rações de 3-5 mm: $m_2 = 38$ g;
- Para rações de 5-7 mm: $m_3 = 26$ g;
- Para rações de 6-8 mm: $m_4 = 22$ g.

Diante disso, foi realizado o cálculo de cada densidade, os quais são apresentados a seguir.

- Para rações de 2-3 mm:

$$d_1 = \frac{0,061 \text{ kg}}{0,075 \text{ L}} = 0,82 \text{ kg/L}$$

- Para rações de 3-5 mm:

$$d_2 = \frac{0,038 \text{ kg}}{0,075 \text{ L}} = 0,51 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

- Para rações de 5-7 mm:

$$d_3 = \frac{0,026 \text{ kg}}{0,075 \text{ L}} = 0,35 \text{ kg/L}$$

- Para rações de 6-8 mm:

$$d_4 = \frac{0,022 \text{ kg}}{0,075 \text{ L}} = 0,30 \text{ kg/L}$$

4.1.3. Cálculo da quantidade de ração suportada pelo reservatório

Por meio da Equação 5, foi calculada a quantidade, em kg, que o reservatório suporta para cada tamanho de ração. Os cálculos estão expostos em seguida.

- Para rações de 2-3 mm:

$$M_{\text{RESERVATÓRIO } 01} = d_1 \times V_{\text{RESERVATÓRIO}}$$

$$\therefore M_{\text{RESERVATÓRIO } 01} = 0,82 \text{ kg/L} \times 80,4 \text{ L} = 65,93 \text{ kg}$$

- Para rações de 3-5 mm:

$$M_{\text{RESERVATÓRIO } 02} = d_2 \times V_{\text{RESERVATÓRIO}}$$

$$\therefore M_{\text{RESERVATÓRIO } 02} = 0,51 \text{ kg/L} \times 80,4 \text{ L} = 41,00 \text{ kg}$$

- Para rações de 5-7 mm:

$$M_{RESERVATÓRIO\ 03} = d_3 \times V_{RESERVATÓRIO}$$

$$\therefore M_{RESERVATÓRIO\ 03} = 0,35\text{ kg/L} \times 80,4\text{ L} = 28,14\text{ kg}$$

- Para rações de 6-8 mm:

$$M_{RESERVATÓRIO\ 04} = d_4 \times V_{RESERVATÓRIO}$$

$$\therefore M_{RESERVATÓRIO\ 04} = 0,30\text{ kg/L} \times 80,4\text{ L} = 24,12\text{ kg}$$

4.2. TESTE DE CONFIABILIDADE NO DESPEJO DA RAÇÃO

Para verificar a confiabilidade do despejo da ração nos tanques, foi realizado um teste onde levou-se em consideração o tempo levado para a queda de 100 g de ração. Foram testadas 10 amostras para cada tamanho de ração.

Tabela 3: Dados coletados de teste de confiabilidade de despejo de ração granulada.

Tamanho (mm)	Tempo Médio (s)	Desvio Padrão (s)
2 - 3	24	1
3 - 5	15	4
5 - 7	10	2
6 - 8	8	2

(Fonte: O autor, 2020)

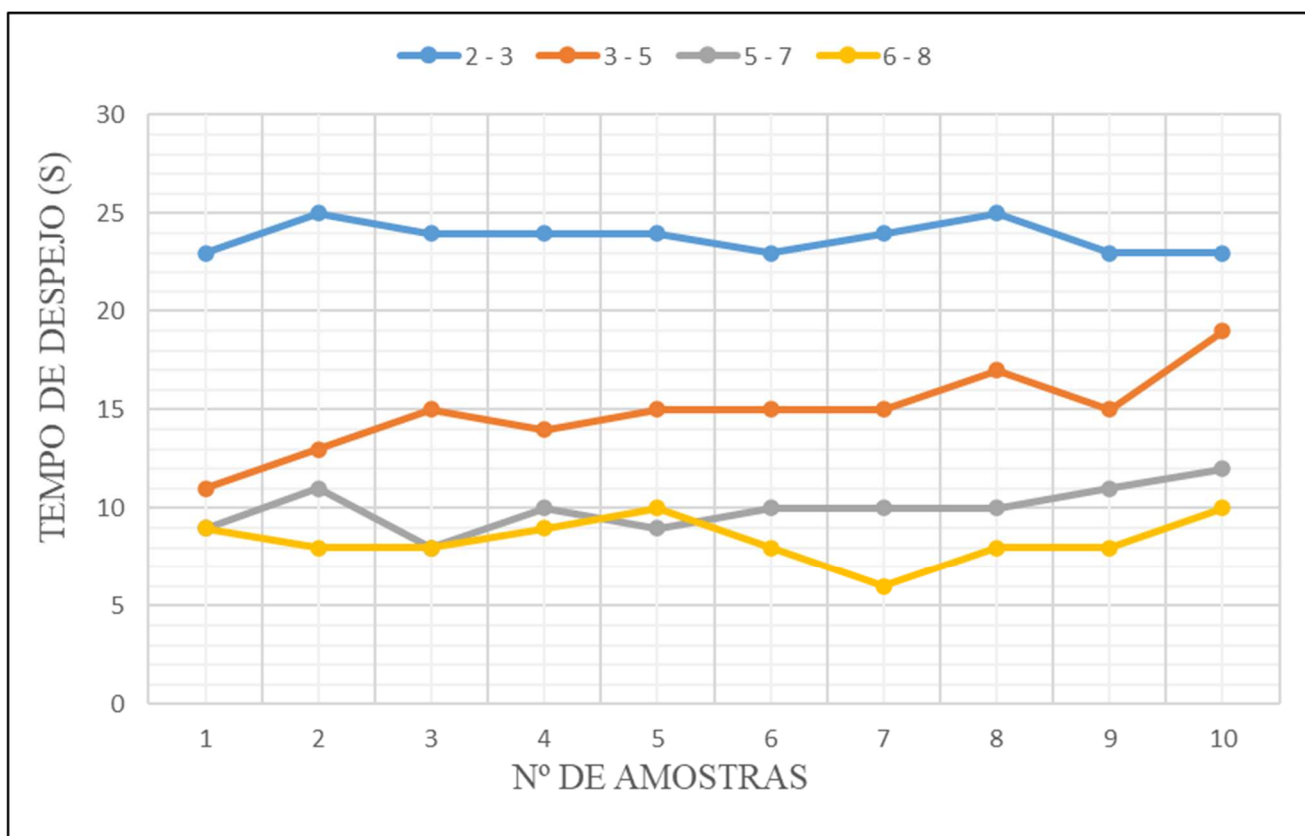


Gráfico 1: Dados referentes ao número de amostras em relação ao tempo.

(Fonte: O autor, 2020)

Com a realização deste teste foi possível comprovar que a variação de tempo necessário para determinada quantidade de ração cair é bem baixa, portanto, ela não possui um impacto significativo no manejo alimentar. Os dados ressaltam ainda que a diferença na ração fornecida pela variação de tempo para o despejo é de mais ou menos 0,1 gramas.

4.3. TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA DO MOTOR DE AVANÇO

Para o cálculo da potência necessária para o motor de avanço foi levado em consideração que os flutuadores estarão sujeitos à força de arraste, a qual foi considerada como a mínima força que o motor deve transmitir para que o alimentador seja movimentado de um ponto a outro. Considerando que:

- O sistema de transmissão possui uma caixa de redução (2:1), a qual apresenta um tambor com diâmetro de 10 cm;

- a base do alimentador é um retângulo perfeito, com os quatros flutuadores unidos, tendo assim para o coeficiente de arraste o valor de 0,82;
- O peso do alimentador é 35 kg;
- O peso máximo de ração suportado pelo alimentador é aproximadamente 66 kg;
- A densidade da água é de 1000 kg/m³;
- A rotação do motor é de 670 rpm;
- A água não está em movimento em relação ao alimentador.

Dessa forma, foi utilizada a seguinte Equação para o cálculo da força de arraste:

$$F_{arr} = \frac{1}{2} \times C \times \rho_{H_2O} \times A \times \vec{v}^2 \quad (6)$$

onde:

F_{arr} : força de arraste, em N

C: coeficiente de arrasto fluidodinâmicos

ρ_{H_2O} : densidade da água, em kg/m³

A: área do corpo transversal às linhas fluidodinâmicas, em m²

$\vec{v}^2$: velocidade do corpo, em m/s

O próximo passo foi encontrar as duas informações que faltavam para o cálculo da força de arraste: a área e a velocidade da base. Dessa forma, para encontrar a área submersa foram utilizadas as Equações 7 e 8, as quais dizem respeito à força de empuxo e à força peso, respectivamente.

$$F_e = V_{submerso} \times \rho_{H_2O} \times \vec{g} \quad (7)$$

onde:

F_e : força de empuxo, em N

ρ_{H_2O} : densidade da água, em kg/m³

$\vec{g}$: aceleração da gravidade, em m/s²

$$\vec{w} = m \times \vec{g} \quad (8)$$

onde:

$\vec{w}$: força peso, em N

$\vec{g}$: aceleração da gravidade, em m/s²

Logo, considerando que $F_e = \vec{w}$, temos que:

$$V_{\text{submerso}} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times \vec{g} = \dot{m} \times \vec{g}$$

$$\therefore V_{\text{submerso}} = \frac{\dot{m} \times \vec{g}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \times \vec{g}}$$

$$\therefore V_{\text{submerso}} = \frac{101 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$\therefore V_{\text{submerso}} = 0,101 \text{ m}^3$$

Assim, para determinar a área devemos saber que o retângulo formado pelos 4 flutuadores possui as seguintes dimensões:

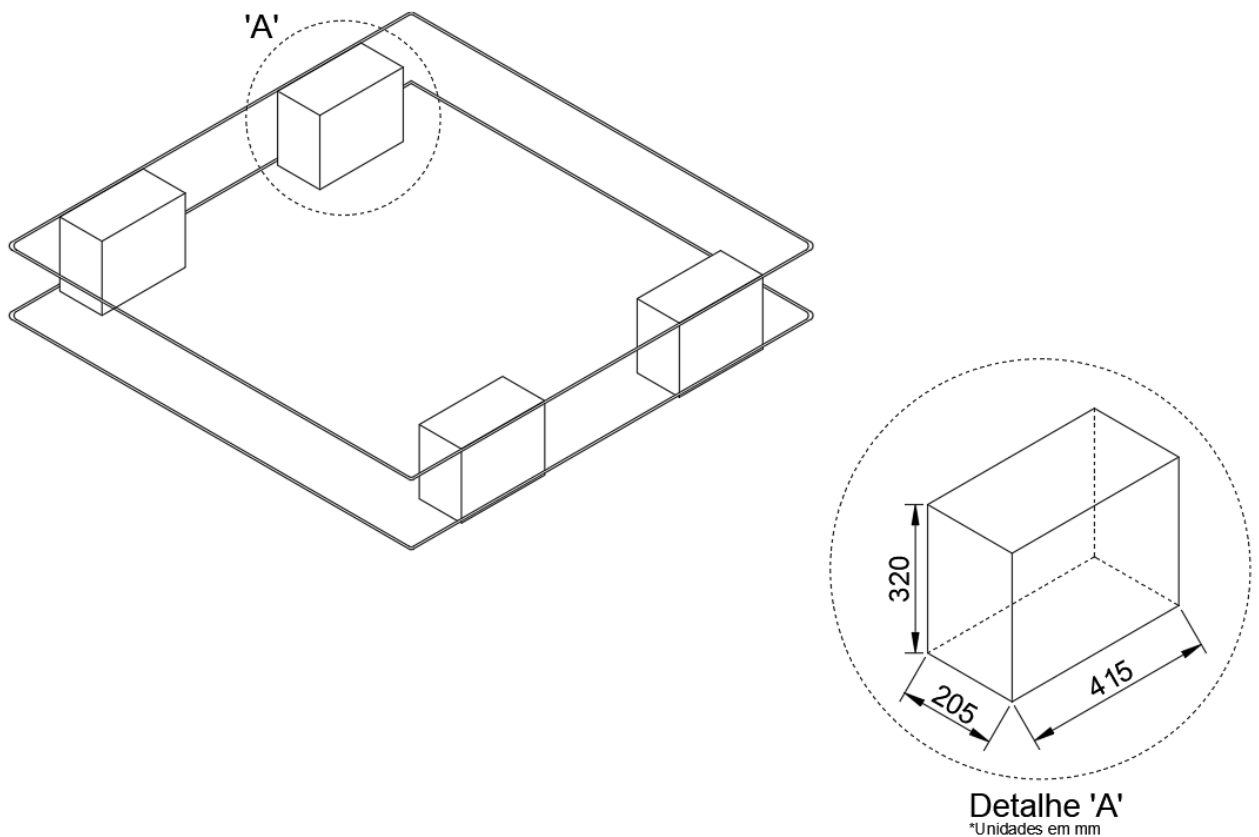


Figura 44: Dimensões da base.

(Fonte: O autor, 2020)

Como consideramos a geometria da base como um retângulo, temos que o volume e a área submersa são dados por:

$$V_{\text{submerso}} = h \times l \times c \quad (9)$$

onde:

h: altura da base submersa, em m

l: largura da base, em m

c: comprimento da base, em m

$$A = h \times l \quad (10)$$

onde:

A: área da base submersa, em m²

h: altura da base submersa, em m

l: largura da base, em m

Como a largura submersa da base é constante, foi necessário apenas encontrar a altura submersa para então calcular a área submersa. Logo, temos que:

$$\begin{aligned} h &= \frac{V_{\text{submerso}}}{l \times c} \\ \therefore h &= \frac{0,101 \text{ m}^3}{0,41 \text{ m} \times 0,83 \text{ m}} \\ \therefore h &= 0,297 \text{ m} \end{aligned}$$

Com isso, foi possível calcular a área submersa.

$$\begin{aligned} A &= h \times l \\ \therefore A &= 0,297 \text{ m} \times 0,41 \text{ m} \\ \therefore A &= 0,122 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para encontrar a velocidade da base, devemos considerar que esta será mesma que a velocidade tangencial do tambor, o qual possui a redução de 2:1 e diâmetro de 10 cm. Logo, temos a seguinte Equação para realizar este cálculo:

$$\vec{v}_{\text{tang}} = \frac{\pi \times n_{\text{tambor}} \times r}{30} \quad (11)$$

onde:

$\vec{v}_{\text{tang}}$: velocidade da base, em m/s

n_{tambor} : rotação do tambor, em rpm

r : raio do tambor, em m

Para encontrar a rotação do tambor foi necessário fazer uma relação de transmissão levando em consideração a redução 2:1.

$$i = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{tambor}}} = \frac{M_{\text{t,tambor}}}{M_{\text{t,motor}}} \quad (12)$$

onde:

i : relação de transmissão

n_{motor} : rotação do motor, em rpm

n_{tambor} : rotação do tambor, em rpm

$M_{\text{t,tambor}}$: torque no tambor, em N.m

$M_{\text{t,motor}}$: torque no motor, em N.m

Dessa forma temos que:

$$2 = \frac{670}{n_{\text{tambor}}}$$

$$\therefore n_{\text{tambor}} = 335 \text{ rpm}$$

Logo, foi calculada a velocidade da base, onde:

$$\vec{v}_{\text{tang}} = \frac{\pi \times 335 \text{ rpm} \times 0,05 \text{ m}}{30}$$

$$\therefore \vec{v}_{\text{tang}} = 1,754 \text{ m/s}$$

Com essas informações em mãos, foi possível calcular a força de arraste.

$$F_{\text{arr}} = \frac{1}{2} \times 0,82 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,122 \text{ m}^2 \times (1,754 \text{ m/s})^2$$

$$\therefore F_{\text{arr}} = 153,89 \text{ N.}$$

Por fim, foi calculado o torque no tambor, que consequentemente gerou a potência necessária para o motor de avanço do alimentador. Para isso são dadas as seguinte Equações:

$$M_t = F_{\text{arr}} \times r = \frac{30 \times P_{\text{motor}}}{\pi \times n_{\text{motor}}} \quad (13)$$

onde:

F_{arr} : força de arraste, em N

r : raio do tambor, em m

P_{motor} : potência do motor, em W

n_{motor} : rotação do motor, em rpm

Primeiramente, foi encontrado o torque no tambor e então realizada a relação de transmissão, para encontrar o torque no motor, e consequentemente a potência.

$$M_{\text{t,tambor}} = 153,89 \text{ N} \times 0,05 \text{ m}$$

$$\therefore M_{\text{t,tambor}} = 7,69 \text{ N. m.}$$

$$2 = \frac{7,69 \text{ N. m}}{M_{\text{t,motor}}}$$

$$\therefore M_{\text{t,motor}} = 3,845 \text{ N. m}$$

$$3,845 \text{ N.m} = \frac{30 \times P_{\text{motor}}}{\pi \times 670}$$

$$\therefore P_{\text{motor}} = 269,77 \text{ W}$$

Como 1 CV equivale a 735,5 W, conclui-se que:

$$\therefore P_{\text{motor}} = 0,37 \text{ CV} \cong \frac{1}{3} \text{ CV}$$

4.4. ANÁLISE DO SISTEMA

Nesse tópico são abordados os dados coletados do funcionamento do sistema, bem como suas análises. É essencial ressaltar que devido a questões técnicas, os dados apresentados não correspondem ao número de dias em que o sistema ficou em funcionamento.

O sistema automatizado de arração e do monitoramento da qualidade da água foi aplicado à piscicultura durante o período de dez dias, iniciando no dia 02 e tendo seu fim no dia 12 de novembro de 2020, considerando que o sistema ficou ligado 24 horas por dia.

O primeiro procedimento após a implantação da parte física de todo o projeto foi realizar o ajuste de dados no aplicativo. Sendo assim, com o auxílio do piscicultor, foram cadastradas todas as informações necessárias no sistema de piscicultura ali presente. Em seguida foram ligadas as duas unidades e por meio da IHM, enviadas as informações à unidade de comando.

Tabela 4: Dados configurados na IHM.

Povoamento				
Nº de tanques na linha:			4	
Distância entre tanques (m):			2	
Peso médio dos peixes (g):			500	
Peixes por tanques:			500	
Cronograma alimentar				
Horário 01:			09:00	
Horário 02:			13:30	
Horário 03:			18:30	
Tabela de Arraçoamento				
Peso		Tamanho da ração	Nº de tratos/dia	% do PV
De (g)	Até (g)			
455	500	5	3	1.7

(Fonte: O autor, 2020)

A performance do aplicativo correspondeu ao seu propósito, contudo houve pequenas falhas de comunicação entre ele e a unidade controladora devido à distância entre eles, isto caso o celular do usuário e a unidade ficassem a uma distância superior a 9,0 metros. Outro empecilho apresentado foi quando a bateria da unidade de comando estava baixa, assim ocasionando a perda de comunicação entre elas. Apesar disso, a utilização da IHM foi bem simples e facilitou bastante o funcionamento do sistema.

Durante os primeiros três dias, o piscicultor acompanhou o funcionamento das unidades para verificar se elas eram acionadas nos horários pré-determinados pelo aplicativo e se o ar्राçoamento seria realizado para todos os tanques. Desse modo, foi analisado que o tempo de resposta entre a validação do horário pelo módulo RTC e o envio do comando pela unidade para a unidade móvel levou em média 3 segundos. Além disso, foi verificado que a unidade controladora conseguiu levar o alimentador a todos os tanques, como também a unidade móvel conseguiu identificar os pontos de referência. Entretanto, ocasionalmente houve alguns problemas no momento de identificar os pontos, apesar do sensor conseguir reconhecê-los, por existir muitos equipamentos e materiais nos tanques, como cordas, telas e o próprio material dos tanques. O sensor acabava identificando estes como sendo o ponto de referência e assim realizando o despejo da ração. No entanto, foi algo simples de ser solucionado, apenas foi afastado o sensor dos pontos de referências e aumentado o resistor de 10 K Ω para um de 20 K Ω no circuito.

Com base nas Equações 1, 2 e 3 já apresentadas no capítulo anterior e na temperatura da água, a qual influencia diretamente a quantidade de ração a ser fornecida, como exemplifica a Tabela 2, o Arduino realizou os cálculos necessários para determinar a quantidade de ração a ser fornecida aos peixes, assim definindo o tempo de despejo da ração. Para examinar se a quantidade de ração fornecida estava correta, foi utilizado o cartão SD, o qual apresentou os seguintes resultados dos cálculos realizados:

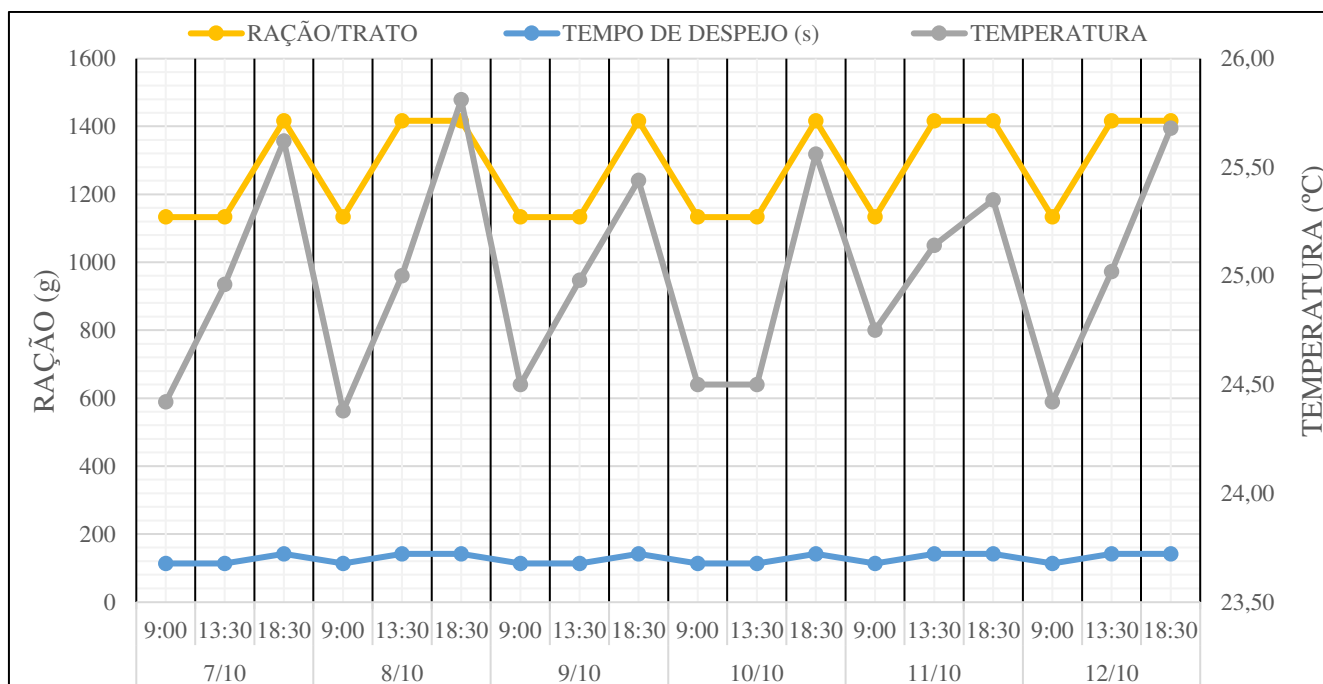


Gráfico 2: Dados referentes ao manejo alimentar realizado.

(Fonte: O autor, 2020)

Considerando que na semana monitorada o peso médio dos peixes e o tamanho da ração foram os mesmos, com estes dados é notório que conforme a temperatura teve suas variações, a porcentagem de fornecimento também se alterou, assim fazendo com que o valor de ração fornecida por trato assumisse valores diferentes. Do mesmo modo o tempo necessário para o despejo de ração variou proporcionalmente conforme a quantidade de ração fornecida. Para o cálculo do tempo de despejo, o Arduino levou em consideração os dados da Tabela 3 apresentada no tópico anterior, onde definiu a variação média de tempo conforme o tamanho da ração.

Durante o monitoramento do sistema, a temperatura da água não chegou a níveis críticos, uma vez que o ambiente e a região de cultivo são favoráveis. No entanto, é possível verificar que o sensor inserido no sistema consegue reconhecer devidamente as mínimas variações na temperatura da água e ainda o sistema é capaz de identificar o fator de arrastamento da mesma. Na semana de testes, a temperatura variou entre 24 °C e 26 °C, sendo que a água foi aquecendo ao longo do dia, e isto resultou em fatores de arrastamento de 80 a 100%, respectivamente.

Os sensores inicialmente foram alocados internamente no primeiro tanque, isto para realizar a medição mais exata possível da qualidade da água no ambiente em que os animais se encontram. No entanto, foi percebido que os peixes tiveram um desconforto com os

equipamentos ali, aonde muitos acabavam se machucando, portanto, foram fixados os sensores no lado externo do tanque. Estes sensores foram inseridos no projeto com o intuito de apenas realizar o monitoramento da qualidade da água e já foram submetidos a condições críticas de funcionamento.

O sensor de pH teve um bom desempenho considerando sua precisão e seu tempo de resposta. Durante os dias monitorados é possível verificar que o sensor teve uma baixa variação em sua mediação, sendo que o valor variou entre 6,81 e 6,89 pH. Essa mínima variação pode ser explicada devido às mudanças de temperatura da água, que podem fazer com que o pH da água defira conforme a variação de temperatura, como também pela oscilação de tensão da fonte de alimentação do sistema, isto porque o sensor de pH é extremamente sensível e qualquer fator pode comprometer sua leitura. Contudo, não é uma flutuação muito grande nas medições, deste modo não implicando significativamente na qualidade do meio.

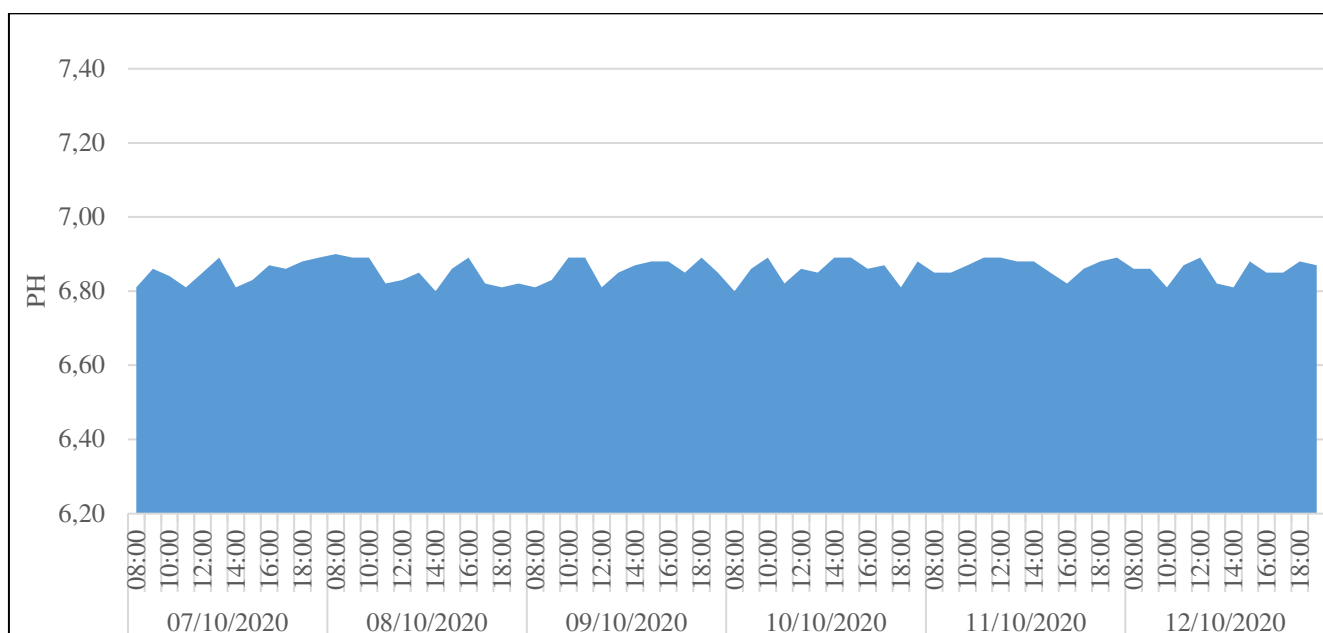


Gráfico 3: Monitoramento do pH.

(Fonte: O autor, 2020)

Já o sensor de luminosidade e turbidez não apresentou nenhuma falha ou alteração em seu funcionamento, ele conseguir verificar adequadamente tanto o grau de turbidez quando o índice de luminosidade como representa o Gráfico 4.

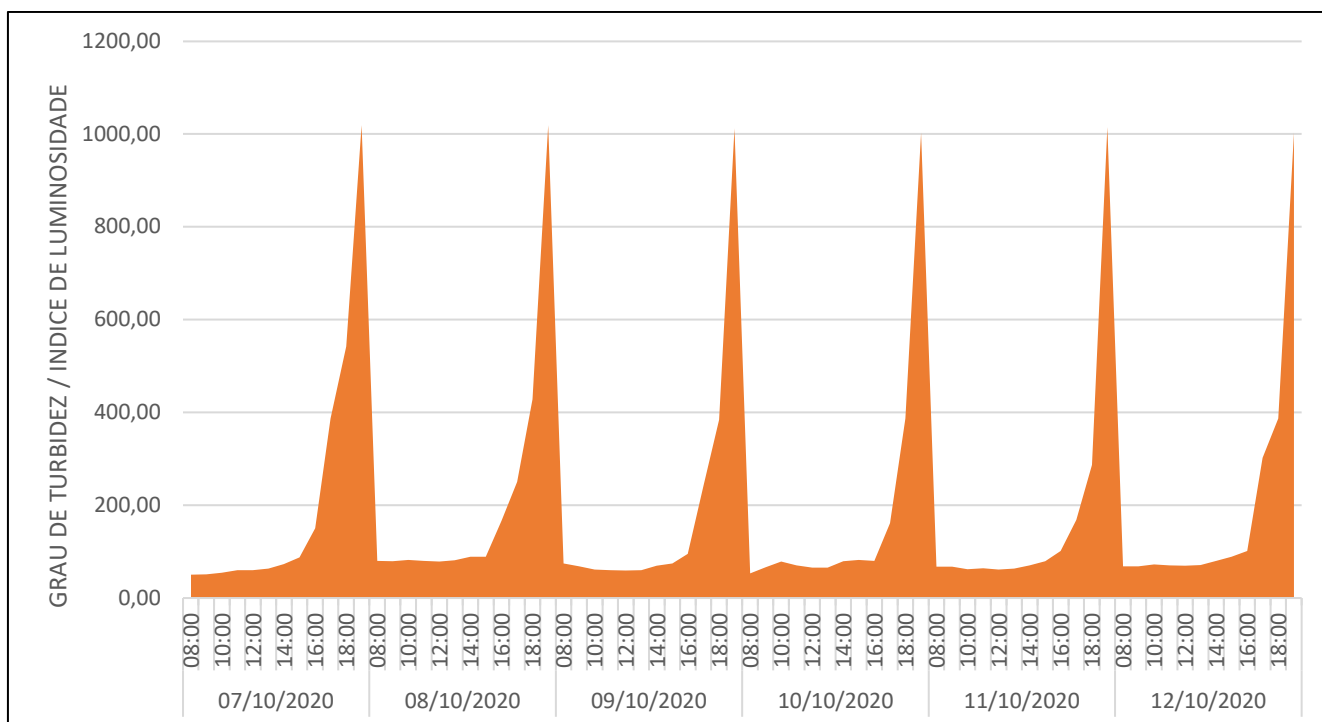


Gráfico 4: Monitoramento da turbidez e luminosidade.

(Fonte: O autor, 2020)

Com este gráfico é possível confirmar que as medições do sensor atenderam às expectativas, isto pois, como já era esperado, o mesmo variou conforme a incidência de luz no meio. Em vista disso, notou-se que nos primeiros horários o sensor identificou um ambiente ensolarado, atingindo uma quantidade ideal de oxigênio dissolvido, e com um grau de turbidez baixo, que também é devido a pequenas quantidades de sólidos suspensos na água, diminuindo assim o grau de turbidez. Conforme a incidência de luz foi diminuída, à medida que o dia foi anoitecendo, esses dados foram se modificando, assim diminuindo o oxigênio dissolvido na água, principalmente após as 17:30. Para as medições corretas do grau de turbidez devem ser considerados apenas os dados recolhidos entre as 10:00 e 14:00, quando o sol está mais alto e as medições são as mais adequadas, como afirma a SENAR e a EMBRAPA.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande falta de equipamentos para as principais atividades realizadas em sistemas intensivos, como o monitoramento da qualidade da água e o manejo alimentar, faz com que a maioria dos piscicultores ainda realize os procedimentos manualmente, dessa forma, acarretando grandes perdas nos processos da piscicultura. Constatou-se que com o desenvolvimento de um sistema em que o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água e o arraçamento são realizados automaticamente, esse consegue minimizar essas perdas e facilitar o trabalho do produtor.

Uma das melhorias que tiveram um bom desempenho no sistema foi o aplicativo, pois este permitiu ao piscicultor um monitoramento do cultivo em tanque-rede mais viável, tanto para a continuidade na coleta de dados como também para a visibilidade de possíveis problemas na produção devido à variação nos parâmetros de qualidade da água. Conclui-se que este recurso melhorou o desenvolvimento e diminuiu a mortalidade dos peixes.

A partir da coleta e da análise dos dados obtidos no período em que o sistema ficou ativado, confirmou-se que a lógica de programação, bem como os sensores, módulos eletrônicos e os motores, se comportaram de forma esperada, realizando o monitoramento da água de forma precisa e coerente conforme foram ajustados com os indicadores de qualidade pesquisados, e a alimentação das tilápias realizada de maneira prática e exata, correspondente ao que foi configurado pelo aplicativo.

Devido à necessidade de diversos equipamentos para que o sistema funcione devidamente, esta automação apresenta um custo considerável, principalmente em relação ao motor de avanço e o sistema de transmissão. Contudo, diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o projeto atendeu aos objetivos da pesquisa bem como mostrou coerência com as expectativas, visto que este é capaz de realizar o monitoramento automatizado dos parâmetros de qualidade da água como a temperatura, pH, turbidez e luminosidade, e também de realizar o devido arraçamento, transportando o alimentador até os tanques e realizando o despejo da ração nestes.

5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Inicialmente, o planejamento era realizar a análise total da qualidade da água, porém devido ao alto custo e a necessidade da calibração constante do sensor de oxigênio dissolvido,

foi construído um sensor capaz de distinguir os níveis de oxigênio na água através da luminosidade do meio, sabendo que a variação de incidência de luz no meio faz com que o oxigênio dissolvido se altere.

Outra limitação da pesquisa é em relação do sistema de transmissão, bem como o motor de avanço. A ideia inicialmente era alocar este sistema na unidade móvel, onde o motor seria alimentado por uma bateria e realizaria a identificação dos tanques com o uso do mesmo sensor utilizado no motor da ração, o TCRT5000. Contudo, não foi possível realizar essa proposta, pois não foi encontrado um motor de corrente contínua capaz de transmitir a potência necessária e uma bateria apta para alimentá-lo sem que o custo total do projeto aumentasse significativamente. Dessa forma, o motor foi posicionado junto à unidade controladora, a qual utiliza a rede elétrica e um circuito, com relé e dois contatores.

5.2. CONTRIBUIÇÕES

A contribuição efetiva deste trabalho está na criação de um mecanismo automatizado para facilitar as atividades rotineiras pertinentes à piscicultura em tanques-rede, sendo elas a alimentação dos peixes e o monitoramento da qualidade da água. Visto que atualmente essas atividades são realizadas manualmente, devido à falta de equipamentos capazes de realizar esses procedimentos. Tais práticas, quando realizadas indevidamente, podem provocar perdas significativas na produção, como uma alta taxa de mortalidade e um grande desperdício de ração, influenciando diretamente na rentabilidade da produção. Nessa ideia, o projeto vem para trazer um meio prático e eficaz para as aquigranjas brasileiras, colaborando para que elas tenham mais rentabilidade e simplicidade em suas produções.

Outra contribuição importante foi para o meio acadêmico, porque incita a comunidade a procurar novos dispositivos para aprimorar ainda mais a automatização desse meio, visando outras atividades ou áreas da aquicultura. Da mesma maneira, o projeto contribui em estar incentivando mais engenheiros mecânicos a conhecer melhor a área de automação e suas possibilidades, promovendo assim a automatização de novas tecnologias, as quais podem ser implantadas em outros ambientes.

5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nesse projeto, as propostas para trabalhos futuros são:

- Desenvolvimento de um sensor de oxigênio dissolvido de baixo custo;
- Otimizar o sistema de transporte do alimentador;
- Utilização de energia fotovoltaica para alimentar o circuito elétrico;
- Adequar o sistema em outros tipos de sistemas, como em açudes.

Dessa forma, com a implantação dessas melhorias o sistema ficaria mais sustentável e robusto para se tornar um produto de monitoramento da qualidade da água e arraçoamento automatizado para a piscicultura.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, C. A., et. Al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. Brasil n. PII0055363, 03 dez. 2010.
- BARROSO, R. M. et al. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. 64 p. ISSN 2318-1400.
- BOSCOLO, W. R. et al. Manual Técnico. **Criação de pacu em tanque-rede para produção de carne mecanicamente separada (CMS)**. Toledo: 2010
- BRITO, J. M. et al. Automação na tilapicultura: revisão de literatura. **Nutritime**. Viçosa: v. 14, n. 3, p.5053-562, maio/jun 2017.
- CALIL, B. M. **Automação de piscicultura em tanques artificiais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.
- COELHO, S. R. C. **Manejo Alimentar Em Períodos De Baixas Temperaturas**. São Paulo: POLI-NUTRI, 2009.
- COLDEBELLA, A.; REIDEL, A.; SOUZA, B. E. **Piscicultura**. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011.
- FAO. **Cultured Aquatic Species Information Programme: Oreochromis niloticus**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acessado em: 01 abril 2020.
- FAO. **National Aquaculture Sector Overview: Brazil**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acessado em: 01 abril 2020.
- FARIA, R. H. S. et al. **Manual de criação de peixes em viveiro**. Brasília: Codevasf, 2013. 136 p.
- FILHO, J. D. S. **Panorama da Aquicultura Nacional**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2002. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 20 mar. 2020.
- FILHO, J. D. S. **O agronegócio da aquicultura: perspectiva e tendências**. Brasília: Instituição de Pesca, 2004. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 01 abr. 2020.
- FIRETTI, R. et al. **Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/planejamento/index.htm>. Acesso em: 03 mar. 2020
- GALVÃO, G. O. **Manual fluxogramas: processos relacionados ao ecossistema de estímulo à inovação**. Natal: IFRN, 2017. 58p.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JÚNIOR, P. S.; TROMBETA, T. D.; MATTOS, B. O. **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. 3. ed. Brasília: Codevasf, 2019. 80 p.

KUBITZA, F. Alimentação automatizada na aquicultura: ganhos em eficiência e redução de custos: ganhos em eficiência e redução de custos. **Panorama da Aquicultura**. Laranjeiras, 03 abr. 2019.

LOPES, J. C. **Piscicultura**. Floriano: Editora Universitária da Universidade Federal do Piauí, 2012. 80 p.

LOURENÇO, J. N. P; MATTA, J. C. O.; SOUSA, F. N. **A Importância De Monitorar A Qualidade Da Água Na Piscicultura**. Manaus: 1999. ISSN 1517-226

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MERCANTE, C. T. J. et al. **Limnologia Na Aquicultura: Estudo De Caso Em Pesqueiros**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2008. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 20 abr. 2020.

MORAIS, E. M; LOPER, A. A. **Interação Humano-Computador**. Londrina: UNOPAR, 2014. 160p.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 211 p. ISBN 85-85347-27-9.

PAREDE, I. S. et al. **Eletrônica: Automação Industrial**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

PATSKO, L. F. **Tutorial: Aplicações, funcionamento e utilização de sensores**. 2006.

PEREIRA, S. L. **Linguagem C**. São Paulo: ERIKA, 2001. 137p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, M. A. **Fundamentos da automação**. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2003. 221 p.

RIBEIRO, P. A. P.; COSTA, L. S.; ROSA, P; V. Manejo Alimentar Em Piscicultura Convencional. **Nutritime**. Viçosa: v. 7, n. 2, p. 1189-1196, março/abril 2010.

RODRIGUES, R. **Controle e automação da produção**. Porto Alegre: SAGAH, 2016.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil, 2016. 102p.

ROUBACH, R. et al. **Nutrição e Manejo Alimentar Na Piscicultura**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. 14. ISSN 1517-3135.

SAUTER, E.; AZEVEDO, F. S.; KONZEN, P. H. A. **Computação Científica em linguagem C**. Porto Alegre: 2020.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede**. Brasília: SENAR, 2018, 108 p. (Coleção SENAR, 208).

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Piscicultura: fundamentos da produção de peixes**. Brasília: SENAR, 2017, 64 p. (Coleção SENAR, 195).

SILEVIRA, L.; LIMA, W. Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Natal: UFRN-PPgEE, 2003.

SILVA, G. F. et al. **Programas de melhoramento genético na piscicultura**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2018. 58 p. ISSN 2318-1400

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: A Nova Fronteira Para Aumentar A Produção Mundial De Alimentos De Forma Sustentável. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília: n. 17, p. 53-60, jul./dez. 2017.

SOUSA, R. M. R. et al. Frequência Alimentar e Alimentação Noturna de Tilápias. **Panorama da Aquicultura**. Laranjeiras, 30 jun. 2006.

SOUZA, F. Apostila Arduino. **FBS Eletrônica**, 2013. Disponível em: <<https://fbseletronica.wordpress.com/2013/10/23/finalizada-nossa-apostila-arduino/>>. Acessado em: 10 maio 2020.

SUSSEL, F. R. **A tilápia vai se ajustando ao mercado**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2009. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 30 mar. 2020.

_____. **Alimentação na criação de peixes em tanques-rede**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2008. Disponível em <<https://www.pesca.sp.gov.br/>> Acessado em: 02 abr. 2020.

_____. **Criação de tilápias cresce vigorosamente no Brasil**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2011. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 31 mar. 2020.

_____. **Tilápiacultura No Brasil E Entraves Na Produção**. [S. I]: Instituição de Pesca, 2013. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 02 abr. 2020.

SUSSEL, F. R.; EVANGELISTA, M. M. **Filé de Tilápia: Produto Commodity ou Gourmet**. Instituição de Pesca, 2014. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/>>. Acessado em: 30 mar. 2020.

TAVARES, C. P. S. **Sistemas De Alimentação Inteligentes Na Piscicultura**. Curitiba: 2018. Disponível em: <<https://gia.org.br/portal/>>. Acessado em: 07 abr. 2020.

TEIXEIRA, R. N. G. et al. **Piscicultura em tanques-rede**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 120 p. (Coleção Criar, 6).

VIDA DE SILÍCIO. **Apostila Arduino Básico**. Disponível em:
<<https://portal.vidadesilicio.com.br/apostila-arduino-basico/>>. Acessado em: 10 maio 2020.

YOSHIOKA, E. T. O. **Informações Técnicas**. Macapá: Embrapa, 2011. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/>>. Acessado em: 05 abr. 2020.

APÊNDICE A – UNIDADE DE CONTROLADORA

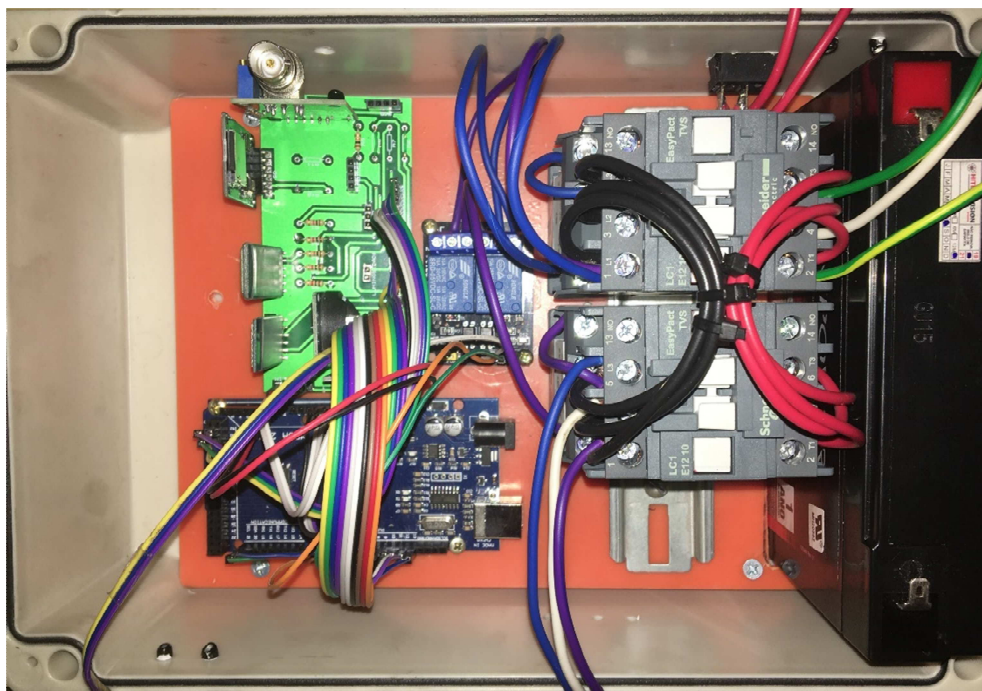


Figura 45: Circuito eletrônico unidade de comando.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 46: Estrutura física, sensores submersos e motor de avanço.

(Fonte: O autor, 2020)



Figura 47: Sistema de transmissão do motor de avanço.

(Fonte: O autor, 2020)

APÊNDICE B –UNIDADE MÓVEL



Figura 48: Circuito eletrônico unidade móvel.

(Fonte: O autor, 2020)

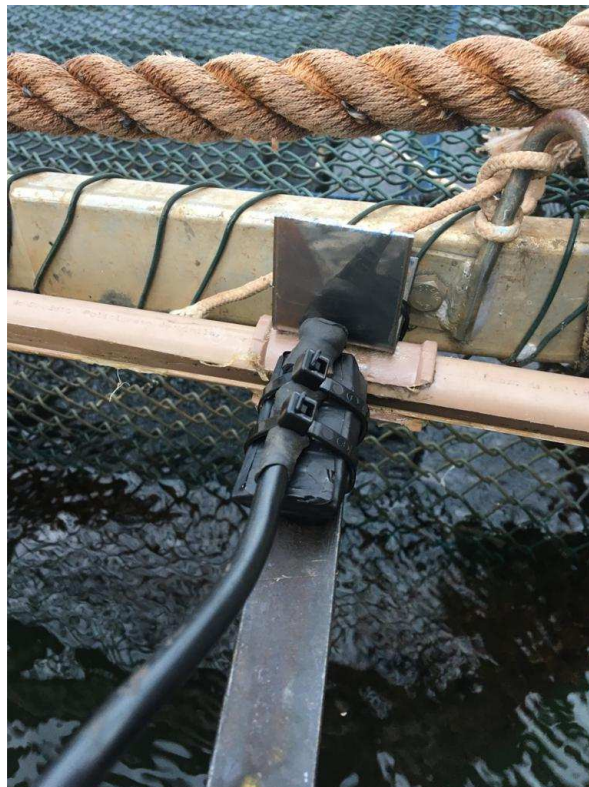


Figura 49: Ponto de Referência e sensor TCRT5000.

(Fonte: O autor, 2020)

APÊNDICE C – ESTRUTURA DO ALIMENTADOR



Figura 50: Estrutura Alimentador.

(Fonte: O autor, 2020)

APÊNDICE D – PROJETO IMPLANTADO NO SISTEMA DE PISCICULTURA



Figura 51: Sistema instalado na piscicultura.

(Fonte: O autor, 2020)

APÊNDICE E – TESTE DE CONFIABILIDADE DO DESPEJO DA RAÇÃO



Figura 52: Teste do despejo da ração.

(Fonte: O autor, 2020)