

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

WINTER, Larissa¹
MOTA, Sergio²

RESUMO

Na piscicultura, ainda hoje, atividades em aquigranjas são realizadas manualmente, tornando assim seus processos altamente variáveis e exaustivos. Tais fatores implicam diretamente na produtividade e na qualidade da água. Portanto, há espaço para projetos de automação no setor, principalmente para sistemas de criação que utilizam tanques-rede. Dessa forma, tem-se como objetivo central explicar o projeto de automação do monitoramento da qualidade da água e arraçoamento de tilápias em tanques-rede. Para o desenvolvimento do projeto foi construída uma unidade de comando, responsável pelo monitoramento da qualidade da água e pelo controle do alimentador. Posteriormente foi elaborado o alimentador, o qual é utilizado para realizar o transporte e despejo da ração e então foi criada a interface homem-máquina, incumbida da comunicação entre o sistema e o seu usuário. Por fim, o mecanismo foi testado em um sítio particular, situado no rio Iguaçu, em Três Barras do Paraná, para a análise do seu funcionamento. Por meio da coleta e a análise dos dados adquiridos, 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, facilitando a operação e o manejo com significativa redução da carga de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Aquicultura. Automação. Monitoramento.

AUTOMATED MONITORING AND FEEDING SYSTEM APPLIED TO THE FARMING OF TILAPIA IN NET TANKS

ABSTRACT

In pisciculture, even today, activities in fish farms are carried out manually, thus making their processes highly variable and exhaustive. Such factors directly imply productivity and water quality. Therefore, there is space for automation projects in the sector, mainly for breeding systems that use network tanks. Thus, the main objective is to explain the automation project for monitoring water quality and feeding tilapia in net tanks. For the development of the project, a command unit was built, responsible for monitoring water quality and controlling the feeder. Subsequently, the feeder was created, which is used to carry out the transport and dumping of the feed, and then the human-machine interface was created, responsible for the communication between the system and its user. Finally, the mechanism was tested at a private site, located on the Iguaçu River, in Três Barras do Paraná, to analyze its operation. Through the collection and analysis of the acquired data, the system obtained a good performance, demonstrating excellent precision and agility in the monitoring of the water quality, as well as in the feeding of the tanks, facilitating the operation and the management with a significant reduction of the workload.

KEYWORDS: Aquaculture. Automation. Monitoring.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma prática antiga, realizada na China e no Egito há muitos anos. Ela é uma atividade que envolve a criação, engorda e reprodução de diversos organismos aquáticos. Devido ao seu grande crescimento, a aquicultura foi desenvolvendo novas técnicas de produção,

¹ Engenheira Mecânica, graduada pelo Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG. E-mail: lwinter@outlook.com.br

² Mestre em Gestão Urbana, Especialista em Gerenciamento de Projetos, Profissional de Gestão de Projetos, Programas e Portfolio. Orientador e Professor do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz - FAG. E-mail: shrmota@fag.edu.br

consequentemente proporcionando um maior controle sobre os ambientes aquáticos, assim melhorando a produtividade e a qualidade do setor. Dentre as atividades aquícolas que mais se destacam está a piscicultura (criação de peixes) (SIQUEIRA, 2017).

O Brasil é considerado uma grande potência para a aquicultura, em especial para 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 aquícolas 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). Senar (2017) comenta que mesmo sendo uma atividade relativamente nova e complexa para o país, ainda é um setor em grande desenvolvimento e a atividade é praticada em quase todos os estados brasileiros.

Um grande motivador para a piscicultura ter se tornado um dos setores mais importantes do agronegócio é que ela é uma das poucas atividades que não agride tanto o meio ambiente (TEIXEIRA *et al*, 2009). Segundo Filho (2002), a piscicultura apresenta diferentes sistemas de criação, contudo a técnica que utiliza tanques-rede (sistema intensivo) é a mais utilizada no país. Teixeira *et al* (2009) ainda comentam que 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.

Um dos maiores problemas enfrentados no cultivo de peixes em tanques-rede é o controle da alimentação e monitoramento da qualidade da água. Apesar da piscicultura ser uma atividade que vem crescendo a cada dia, ainda hoje a maioria dos piscicultores 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; AGOSTINHO *et al*, 2010).

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 com Kubitza (2019), os equipamentos presentes no mercado nacional são bastante limitados e simples. Por este motivo, investir em equipamentos que possibilitam maiores rendimentos nas atividades rotineiras da piscicultura é de suma importância para o desenvolvimento sustentável desse setor, além de proporcionar um aumento da produtividade e a redução de custos da produção (AGOSTINHO *et al*, 2010).

Este trabalho tem como objetivo geral explicar o projeto de automatização dos processos de monitoramento da qualidade da água e alimentação de tilápias cultivadas em tanques-rede, a fim de contribuir para a resolução dessa dificuldade, trazendo um sistema de fácil utilização e economicamente viável. Além disso, também busca-se proporcionar mais qualidade aos procedimentos, melhorando assim o ambiente de cultivo e o desenvolvimento dos peixes.

O desenvolvimento do projeto ocorreu entre março e novembro de 2020, onde foi necessário o estudo de materiais qualificados sobre o assunto para definir os parâmetros de qualidade da água e do manejo alimentar de tilápias. Em conjunto, foram utilizadas tecnologias capazes de monitorar as propriedades da água e controlar o processo de alimentação, as quais necessitaram da criação de um código de programação em linguagem C++ que estabeleceu comandos para realizar essas atividades. Ademais, o projeto necessitou da construção de um alimentador, o qual é utilizado para o transporte e despejo da ração, bem como o desenvolvimento de uma interface homem-máquina, que é incumbida da comunicação entre o sistema e o seu usuário. Para a análise do funcionamento do sistema, o mecanismo foi testado em um sítio particular, situado no rio Iguaçu, em Três Barras do Paraná, onde foram realizados os ajustes finais do projeto.

2 METODOLOGIA

2.1 UNIDADE CONTROLADORA

Esta unidade é composta por um conjunto de equipamentos eletrônicos capazes de realizar o monitoramento da qualidade da água, o controle do alimentador e a troca de informações entre ela, a interface homem-máquina e o alimentador.

Assim sendo, a partir do momento em que a unidade é acionada, a programação do sistema fará com que ela fique atenta para o recebimento de dados provenientes da interface. Essa comunicação é alcançada com o auxílio de um módulo *bluetooth* do modelo RS232. A partir disso, a unidade irá verificar, por meio do módulo RTC (*Real Time Clock*), se é o momento de realizar o arraçoamento. Caso isso seja validado, o sistema irá realizar uma análise da temperatura da água, aferindo se o valor é adequado para a alimentação e qual a porcentagem de ração a ser fornecida aos tanques de acordo com a temperatura. Posteriormente, a unidade controladora enviará os comandos ao alimentador, indicando que é o momento de realizar o manejo alimentar. Ela também ligará o motor de avanço, o qual transportará o alimentador até os tanques. Quando o alimentador chega ao tanque, o sistema interrompe o motor de avanço para que o alimentador realize o despejo da ração. Esse processo é realizado até que todos os tanques sejam alimentados e então a rotação do motor de avanço é alternada

pra que o alimentador volte ao ponto inicial. Por fim, quando o alimentador já está em sua posição e imóvel, é realizada uma análise total da qualidade da água naquele instante, e então esses dados e os do manejo alimentar realizado são armazenados em um cartão SD. Para o processamento do código de programação, o gerenciamento de dados do sistema e o controle de todos os sensores e módulos, é utilizado um Arduino, o qual emprega a linguagem C++ para sua programação.

Um dos parâmetros principais de qualidade da água na piscicultura é a temperatura. Isto se dá devido aos peixes serem animais peclotérmicos, isto é, que não conseguem regular sozinhos a temperatura do corpo, eles 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).

Dessa forma, para o monitoramento da temperatura da água foi utilizado o sensor DS18B20. A grande vantagem deste componente é que ele é a prova d'água, possuindo uma ponteira em aço inox e seus cabos encapsulados em borracha. Além disso, este sensor possui uma boa precisão de leitura, possuindo um erro de $\pm 0,5$ °C.

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.

Em vista disto, para que o sistema realize as alimentações conforme a faixa de temperatura que a água apresenta, foi definida uma tabela que relaciona determinadas temperaturas 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 1 - Parâmetro de fornecimento de ração em relação à 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.

Outro indicador de qualidade da água que deve ser analisado é o pH. Esse por sua vez, 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. 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.*, 2013).

Com isso, para a verificação do pH 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 no meio. O diferencial desse sensor é a alta precisão de leitura, possuindo um erro alcalino de $\pm 0,01$ pH a 25°C, além de possibilitar o monitoramento contínuo por pelo menos um ano sem alteração em seu funcionamento.

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. Para a sua calibração foi 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. Dessa forma, pH 0 será 0 V e pH 14 será 5 V.

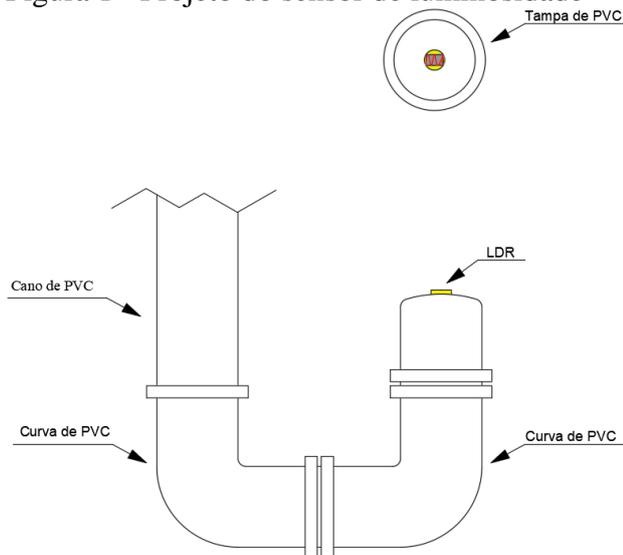
Dentre os parâmetros existentes, encontra-se a turbidez, porém esse é um dos fatores que não afeta diretamente a performance dos peixes. O monitoramento da transparência da água está ligado à quantidade de luz que incide no corpo d'água, e através dela é possível identificar quando os organismos responsáveis pela oxigenação da água não estão conseguindo realizar a fotossíntese, devido à baixa incidência de luz no corpo d'água, conseqüentemente diminuindo o oxigênio do meio (FARIA *et al.*, 2013).

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros da água mais importantes a serem analisados na piscicultura, 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).

Sabendo disso e apesar do mercado disponibilizar alguns tipos de sensores próprios para a medição de oxigênio dissolvido e turbidez, não foi viável a sua utilização, visto que estes possuem um alto valor agregado. Além disso, os sensores de medição de oxigênio dissolvido possuem uma necessidade constante de calibração e limpeza, e os sensores de turbidez existentes são exclusivos para a análise de líquidos que fluem por tubulações. Dessa forma, estes desencorajam sua utilização no projeto.

No entanto, optou-se pela construção de um sensor que conseguisse distinguir os níveis de oxigênio dissolvido na água e turbidez, dado que as duas variáveis se alternam conforme a incidência de luz no meio de cultivo. Sendo assim, o sensor de luminosidade e turbidez desenvolvido é composto por um LDR (*Light Dependent Resistor*) e uma estrutura de PVC, e está detalhado a seguir.

Figura 1 - Projeto do sensor de luminosidade



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. Em vista disso, o cano de PVC acoplado ao conjunto do sensor tem aproximadamente 80 cm de comprimento, então é capaz de realizar essa medição. E para que o dispositivo fosse totalmente impermeável foi adicionado uma pequena camada de silicone entre o LDR e a tampa de PVC.

Esse sensor precisou ser calibrado e para auxiliar nesse processo necessitou-se da utilização de 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 acoplado em seu centro.

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. Segundo Faria *et al* (2013), esse processo deve ser realizado por volta das 10 e 14 horas, quando o sol está mais alto.

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, sendo o índice de turbidez até moderado e ambiente nublado ideais para o cultivo.

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

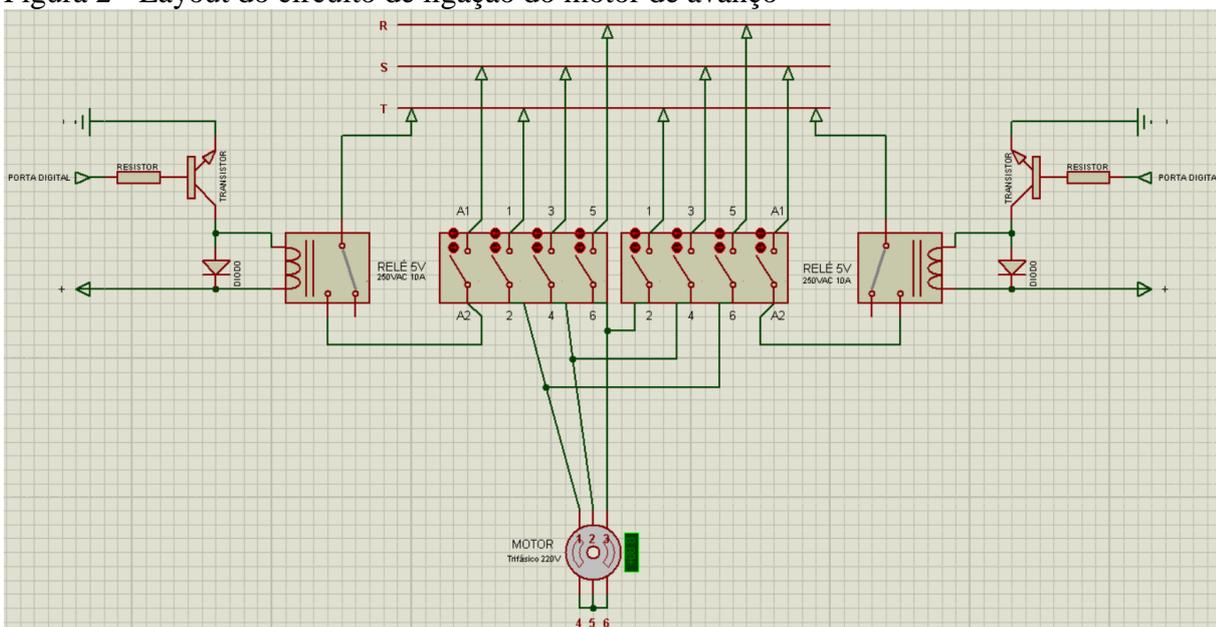
luminosidade. Como as portas analógicas do Arduino realizam leituras entre 0 e 1023, as medições do sensor de turbidez ficaram dentro dessa faixa. Portanto, as medições tiveram os seguintes valores:

- Índice de turbidez baixo / Ambiente ensolarado: 11 – 202;
- Índice de turbidez moderado / Ambiente claro: 214 – 481;
- Índice de turbidez alto / Ambiente nublado: 550 – 700;
- Índice de turbidez alto / Ambiente escuro: 763 – 963.

Para o transporte do alimentador foi utilizado um motor fornecido pelo piscicultor, o que diminuiu o custo total do projeto. Esse equipamento corresponde em um motor trifásico de 1/2 CV de potência, com 670 rotações por minuto. Ainda, esse dispositivo possui proteção IP55, dessa forma protegido contra poeira e contato com água.

Por ser um motor trifásico foi necessária a utilização de um relé de dois canais e dois contatores, para que o sistema de controle e o motor não fossem danificados. O relé inserido no sistema tem como finalidade ligar, acionar e comandar os dois contatores, os quais irão energizar o motor e alternar a direção de movimento conforme comandos recebidos pelo Arduino. Já os contatores são necessários pois os relés não suportam administrar sozinhos cargas que possuem corrente elevada, dessa forma necessitando de um equipamento que trabalhe com alta potência. Abaixo é representada a ligação entre o motor e os componentes eletrônicos, a fim de facilitar o entendimento do funcionamento do motor de avanço:

Figura 2 - Layout do circuito de ligação do motor de avanço



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.

2.2 ALIMENTADOR

O alimentador é uma unidade móvel encarregada pelo fornecimento da ração. Para essa unidade são utilizados um motor, o qual é incumbido 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.

O funcionamento dessa unidade é simples: enquanto o sistema dela estiver em funcionamento, ela aguardará por comandos enviados pela unidade de controle. Assim, quando ela receber algum dado da outra unidade, o sistema ficará verificando a chegada do alimentador no tanque, e quando isso ocorrer será acionado o motor, o qual realizará o despejo da ração ao tanque. Depois que o arrastamento estiver completo, o motor será desligado e o sistema irá verificar a chegada até o próximo tanque. Esse processo irá acontecer até que todos os tanques sejam alimentados. Quando o alimentador realizar o manejo alimentar no último tanque, o sistema entrará em standby até que receba novamente comandos da unidade de controle.

O fator que determinou a escolha de cada parte do alimentador levou em consideração as condições do ambiente, como o contato direto com a água e a exposição diária ao sol. Dessa forma todos os componentes dessa unidade são fabricados de materiais resistentes a tais condições.

O reservatório de ração escolhido é fabricado de PEMD, que é um polietileno de média densidade, o qual foi processado por rotomoldagem. 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. Já para a base do alimentador foram utilizadas quatro boias rotomoldadas de polietileno reforçado, os mesmos flutuadores utilizados em tanques-rede.

Para que a ração seja conduzida do alimentador ao tanque, foi acoplada uma rosca transportadora no interior de um cano de PVC, a mesma utilizada em distribuidores de ração em granjas de grande porte, onde se mostra bastante eficiente. Ela é fabricada em aço de alta qualidade, isto para que não sofra desgastes devido ao contato direto com a 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 para que assim tenha um aumento em seu torque, transmitindo um trabalho de 9,12 Nm (93 Kgcm), o suficiente para girar a rosca e impulsionar a ração até o tanque.

Figura 3 - Alimentador



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. Para que o sistema funcione foi alocado junto de cada tanque-rede um ponto de referência, no caso uma 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.

Figura 4 - Sensor TCRT5000 e ponto de referência



Fonte: O autor, 2020.

2.3 INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

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).

Nesse sentido, a interface proposta a esse projeto é um aplicativo, o qual foi criado por meio da plataforma do App Inventor. O uso desse meio se deu devido a sua facilidade de criação de aplicativos, pois além de utilizar uma programação baseada na linguagem C, ele também disponibiliza um ambiente dinâmico, onde se pode programar e testar o projeto simultaneamente.

Esse aplicativo tem como finalidade fornecer um meio onde o piscicultor possa coletar informações sobre a qualidade da água, bem como inserir dados referentes a sua linha de cultivo e a alimentação utilizada na sua produção. No geral, a interface enviará os dados inseridos no aplicativo pelo usuário para a unidade de controle, a qual irá processar as informações e assim realizar a análise da água e comandar o alimentador.

O aplicativo foi desenvolvido com uma tela inicial, a qual apresenta o menu principal. Por meio dele é possível ir a cinco diferentes páginas: povoamento, cronograma, arraçoamento, qualidade da água e conexão.

Entrando na página de povoamento, o piscicultor encontrará um local para inserir informações referentes a sua linha de produção, podendo ser cadastrada a quantidade de tanques presentes na linha, definindo a distância entre o ponto inicial onde o alimentador se encontra até o primeiro tanque, bem como a distância entre os tanques. Essas informações são úteis para que a unidade de comando

localize o alimentador na linha. Ainda nessa tela é possível inserir informações que ajudarão no arraçoamento, como a quantidade de peixes em cada tanque na linha e o peso médio das tilápias ali presentes, o qual é obtido por meio da biometria.

A página do cronograma é onde o usuário pode cadastrar o cronograma alimentar utilizado na produção, podendo inserir até 12 horários diferentes. Essas informações serão utilizadas para definir os horários em que o alimentador deve realizar o arraçoamento aos tanques.

Indo à tela de arraçoamento, o piscicultor encontrará um local para inserir a tabela alimentar utilizada no cultivo. Nessa tabela é necessário constar, para determinadas faixas de peso, o tamanho da ração a ser fornecida, o número de pratos por dia e a porcentagem de ração a ser fornecida diariamente em relação ao peso vivo do peixe.

Ainda nessa página o usuário pode encontrar uma tabela pré-definida para utilizar em seu cultivo. Esta tabela foi criada conforme as tabelas recomendadas pelo fornecedor de ração Polinutri Nutrição Animal e pelas empresas EMBRAPA e SENAR.

Tabela 2 - Tabela de arraçoamento pré-definida no aplicativo.

Peso		Tamanho da ração	Nº de pratos 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.

A página de qualidade da água é a tela onde o usuário poderá verificar e monitorar a qualidade da água. Nessa página é possível acompanhar a variação de temperatura, pH, o índice de turbidez e a luminosidade do meio. A análise da água é realizada no momento em que o usuário pede esses dados ao aplicativo.

Ainda no aplicativo, existe uma tela essencial para seu funcionamento, a página de conexão, pois é por meio dela que o piscicultor conseguirá conectar a interface com a unidade de comando e enviar as informações cadastradas no aplicativo, bem como receber a análise da água.

3 ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

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. É essencial ressaltar que devido a questões técnicas, os dados apresentados não correspondem ao número de dias em que o sistema ficou em funcionamento.

No primeiro momento, após a implantação da parte física de todo o projeto, foi realizado o ajuste dos dados no aplicativo com o auxílio do piscicultor. Em seguida, foram acionadas as duas unidades e, por meio da IHM, enviadas as informações à unidade controladora.

Tabela 3 – Dados configurados na IHM.

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

Fonte: O autor, 2020.

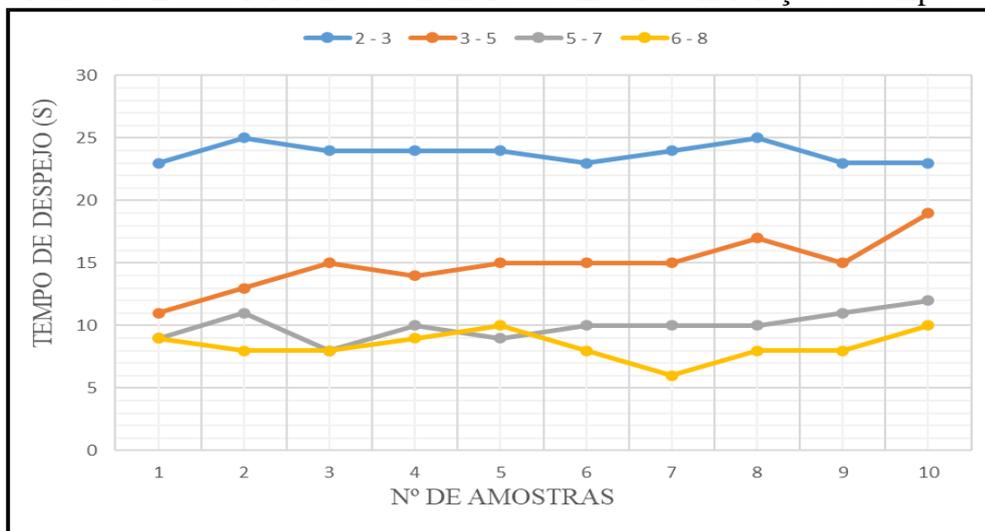
Durante os primeiros três dias o piscicultor acompanhou o funcionamento das unidades para verificar a confiabilidade de seu desempenho. Após essa observação, foi constatado que a unidade controladora conseguiu levar o alimentador a todos os tanques nos horários pré-determinados, e

também que o alimentador 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 afastando o sensor dos pontos de referências e reconfigurando o circuito elétrico do sensor, substituindo um resistor de 10 K Ω para um de 20 K Ω , assim diminuindo sua sensibilidade.

Ao mesmo tempo foi notado que o desempenho 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 bastante simples e facilitou bastante o funcionamento do sistema.

Para verificar a confiabilidade do despejo da ração nos tanques, foi realizado um teste no qual se levou em consideração o tempo gasto para a queda de 100 g de ração. Foram testadas 10 amostras para cada tamanho de ração.

Gráfico 1 - Dados referentes ao número de amostras em relação ao tempo



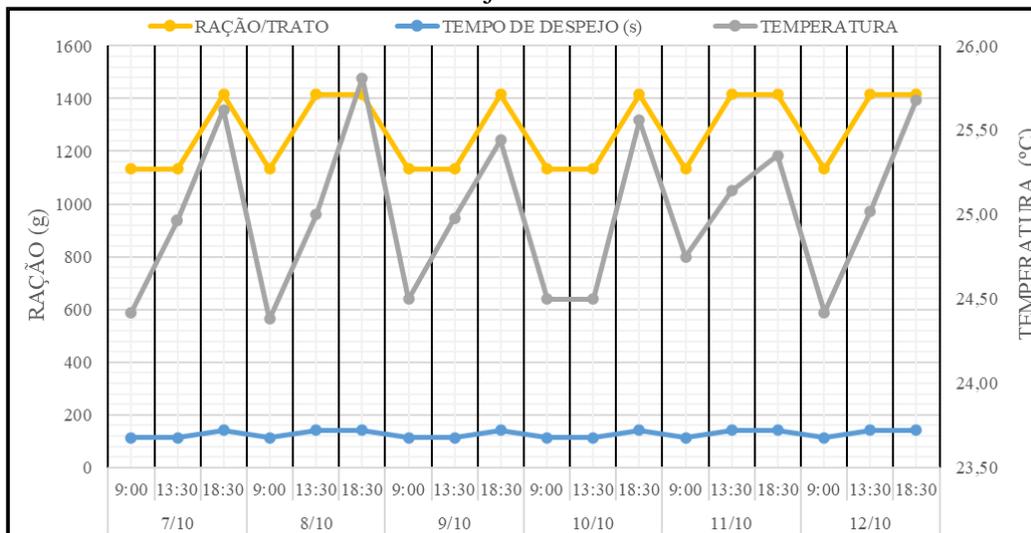
Fonte: O autor, 2020.

Com a realização deste teste foi possível comprovar que a variação do tempo necessário para determinada quantidade de ração cair é bastante 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.

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, onde muitos acabavam se machucando, portanto, os sensores foram realocados para o lado externo da unidade de comando.

Considerando que na semana monitorada o peso médio dos peixes e o tamanho da ração foram os mesmos, com os dados do gráfico abaixo, é notório que conforme a temperatura teve suas variações, a porcentagem de fornecimento de ração também se alterou, assim fazendo com que o valor de ração por trato variasse. Do mesmo modo o tempo necessário para o despejo de ração variou proporcionalmente conforme a quantidade de ração fornecida.

Gráfico 2 - Dados referentes ao manejo alimentar realizado



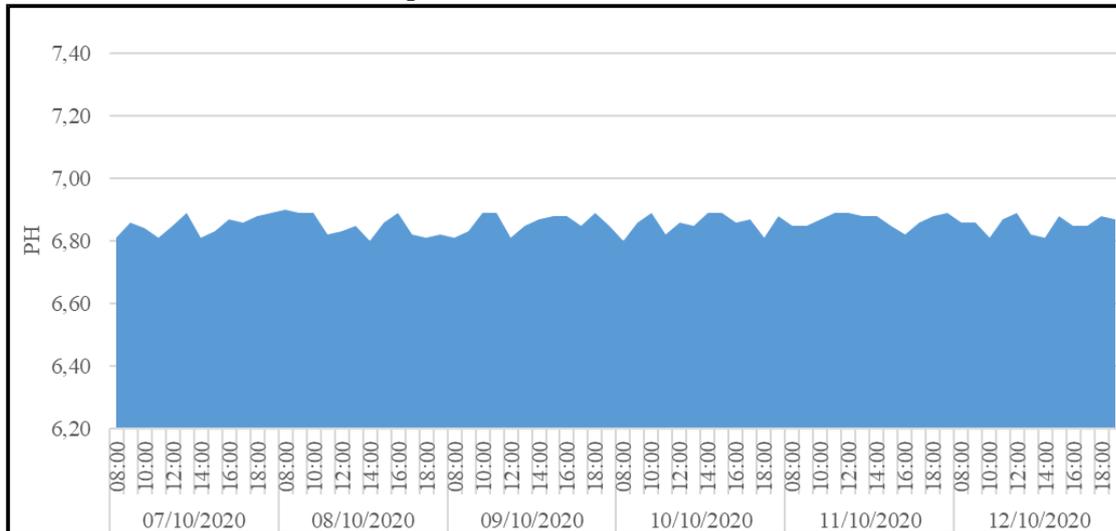
Fonte: O autor, 2020.

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 para a piscicultura. No entanto, é possível verificar que o sensor inserido no sistema conseguiu reconhecer devidamente as mínimas variações na temperatura da água. 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 arraçoamento de 80 a 100%, respectivamente.

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 há uma flutuação muito grande nas medições, deste modo não implicando significativamente na qualidade do meio.

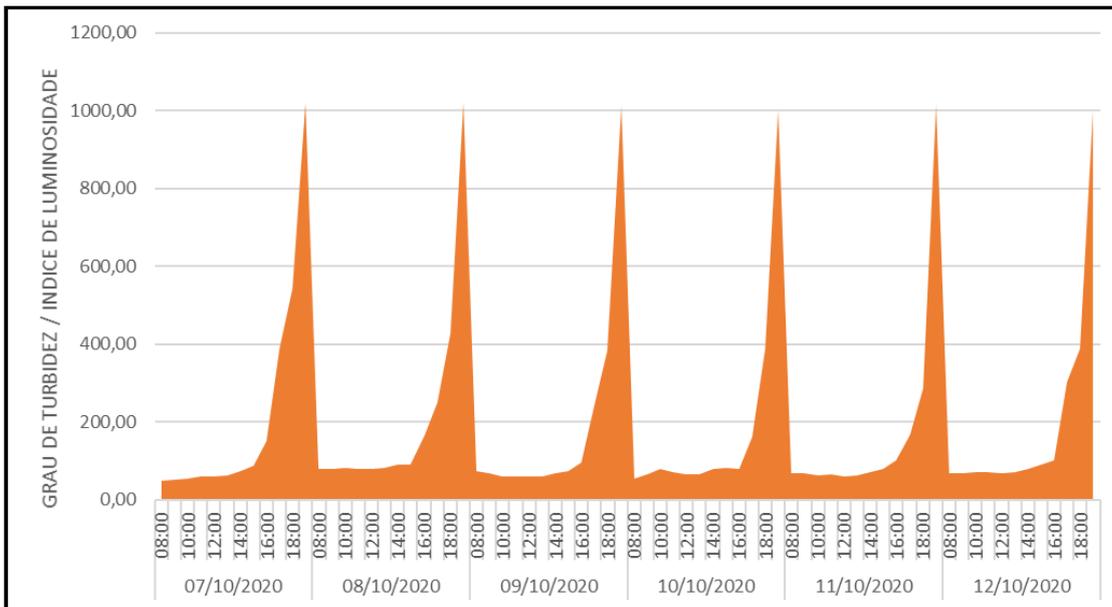
Gráfico 3 – Monitoramento do pH



Fonte: O autor, 2020.

Já o sensor de luminosidade e turbidez não apresentou nenhuma falha ou alteração em seu funcionamento. Com o gráfico abaixo é possível confirmar que as medições do sensor atenderam às expectativas, isto pois, como já era esperado, ele 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. Conforme a incidência de luz foi diminuindo, à medida que o dia foi anoitecendo, esses dados foram se modificando, assim diminuindo o oxigênio dissolvido na água. 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.

Gráfico 4 - Monitoramento da turbidez e luminosidade



Fonte: O autor, 2020.

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 esses procedimentos manualmente. Tais práticas, quando realizadas indevidamente, acarretam grandes perdas nos processos da piscicultura. Nesse sentido, o projeto vem para trazer um meio prático e eficaz para as aquigranjas brasileiras, colaborando para que elas minimizem essas perdas e o trabalho do produtor seja facilitado.

O sistema automatizado apresentado se mostrou bastante eficiente e, diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o projeto atendeu aos objetivos da pesquisa, bem como mostrou coerência com as expectativas. Nota-se que este é capaz de realizar o monitoramento automatizado dos parâmetros de temperatura, pH, turbidez e luminosidade de forma precisa e coerente conforme foram ajustados com os indicadores de qualidade da água pesquisados, e também de realizar o devido arraçamento, transportando o alimentador até os tanques e realizando o despejo exato da ração nestes de maneira mais prática. Constatou-se também que o aplicativo do projeto permitiu ao piscicultor um monitoramento do cultivo 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. Contudo, devido à necessidade de diversos equipamentos para que o sistema funcionasse adequadamente, esta automação apresenta um custo considerável.

O projeto apresenta duas limitações. Uma em relação ao sensor de oxigênio dissolvido, que devido ao seu alto custo e à necessidade constante de calibração, foi necessário o desenvolvimento de um sensor. A outra limitação é em relação ao sistema de transporte do alimentador. 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.

Em vista disso, o projeto consegue propor como pesquisa futura, o desenvolvimento de um sensor de oxigênio dissolvido de baixo custo, bem como a otimização do sistema de transporte do alimentador. Sendo assim, com a implantação dessas melhorias o sistema ficaria mais sustentável e robusto para se tornar um produto de monitoramento da qualidade da água e arraçamento 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.
- BRITO, J. M. *et al* Automação na tilapicultura: revisão de literatura. **Nutritime**. Viçosa: v. 14, n. 3, p.5053-562, maio/jun 2017.
- COELHO, S. R. C. **Manejo Alimentar Em Períodos De Baixas Temperaturas**. São Paulo: POLI-NUTRI, 2009.
- 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.
- 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.
- 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.

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.

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

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

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.

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