



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
TELECOMUNICAÇÕES

JOSÉ VANDO MOREIRA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO ALIMENTADOR INTELIGENTE PARA
AQUICULTURA

FORTALEZA

2022

JOSÉ VANDO MOREIRA DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO ALIMENTADOR INTELIGENTE PARA AQUICULTURA

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações do Instituto Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Telecomunicações.

Área de concentração: Processamento Digital de Sinais

Orientador: Dr Auzuir Ripardo de Alexandria

Fortaleza
2022

Dissertação dedicada a toda minha família e amigos ...

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, autor de todas as coisas. Em segundo, a minha esposa Leuda Nádyja que sempre me incentivou e apoiou, além de todo o amor e carinho, estando do meu lado. Não me deixando desistir em todos os momentos difíceis que passei.

A minha mãe, Maria Moreira, por tudo que me foi ensinado na vida, a educação e o respeito ao próximo e que sempre acreditou e acredita onde posso chegar.

Aos meus filhos que sempre se admiram com os meus singelos trabalhos que desenvolvo, e que dessa forma me incentiva ainda mais.

Ao meu orientador amigo e professor Auzuir Ripardo que foi de extrema importância na realização deste trabalho.

Aos professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação (PPGET) pela oportunidade e que me fizeram dar os passos importantes para que hoje eu pudesse estar concluindo esse trabalho.

A Fundação CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro através do programa de bolsa de pesquisas, sem o qual não teria sido possível realizar esse trabalho. Aos meus amigos de faculdade, que sempre estiveram comigo ao longo dessa caminhada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

“Na verdade, não sabemos até onde vamos chegar, mas temos de nos esforçar para fazer algo de valor agora, hoje, e não deixar para amanhã”.

Lucas 32:12.

Resumo

O cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de forma sustentável tem despertado interesses de alguns seguimentos da sociedade. Pesquisadores e investidores procuram conhecer os meios que possibilitem alcançar bom desempenho nesta atividade, o que não deixa de ser um grande desafio, pois existem gargalos que precisam ser superados. Apresentado aqui uma ferramenta de auxílio para o cultivo de peixes e de outros organismos aquáticos como camarões, por exemplo, que possibilita a redução custos com ração, por consequente reduzir os custos de manutenção de qualidade da água e de produção em geral. O desenvolvimento de protótipo alimentador inteligente para tanques de Aquicultura para controle de arraçoamento usando a temperatura da água como parâmetro é o propósito dessa pesquisa. Foi montado um protótipo de alimentador inteligente e este, agregado a um sistema de criação de tilápias super intensivo com recirculação de água em tanque viveiro de 1 m³. Foram instalados sensores de temperatura, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, salinidade, pH e potencial óxido redução (ORP) para medição e monitoramento da qualidade da água no tanque. Motor-bombas fazem o processo de recirculação da água, passando-a por tanques de decantação. Foi utilizada a plataforma de desenvolvimento embarcada ESP8266 - NODEMCU para fazer o controle do processamento de dados e da automação do alimentador inteligente, e foi utilizado o controlador lógico programável (CLP) para a automação da planta. Nestas plataformas de desenvolvimento são realizados todo o processamento de softwares de controle do alimentador inteligente e do processo de automação. O software de controle do processamento embarcado no alimentador inteligente foi desenvolvido em linguagem micropython, linguagem derivada do *Python* o que garante sua portabilidade, permitindo que o mesmo não se limite apenas ao controlador ESP8266 e possa migrar para outras plataformas, e no CLP foi usado software proprietário da WEG, já embarcado no controlador. Todo o sistema foi desenvolvido e montado nas dependências do IFCE - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Ceará, campus de Fortaleza. Para os resultados foram coletadas amostragem em dois períodos. No primeiro período, controle de arraçoamento por CLP e no segundo período o controle de arraçoamento utilizando a temperatura da água como parâmetro pelo controlador do Alimentador Inteligente. No primeiro período foram cultivadas 20 tilápias juvenis com 36 gramas de peso médio, na fase de recria final até a fase de crescimento e atingiram um desenvolvimento aproximadamente de quinhentos gramas de peso vivo em vinte e uma semanas, não houve mortalidade; No segundo período, foram criadas 15 tilápias na fase de engorda com 580 gramas, em média, até a fase de terminação e atingiram setecentos e vinte gramas de peso vivo ao final do período com 100% de sobrevivência no período de cultivo. O trato alimentar diário foi fornecida ração aos animais de 4 a 8 vezes ao dia com percentual de 2 a 5% de ração em relação ao peso vivo dos animais. O controle alimentar por temperatura, utilizado no segundo período de cultivo, contribuiu para reduzir os custos de ração em 12%, e a recirculação da água contribuiu com o melhor aproveitamento do uso dos recursos naturais, assim, assumindo a corresponsabilidade de colaboração com a preservação do meio ambiente.

Palavras-chaves: Automação. Piscicultura. Tilápia do Nilo. Controle alimentar por temperatura.

Abstract

The cultivation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a sustainable way has aroused the interest of some segments of society. Researchers and investors seek to know the means that make it possible to achieve good performance in this activity, which is still a great challenge, as there are bottlenecks that need to be overcome. Presented here is an aid tool for the cultivation of fish and other aquatic organisms such as shrimp, for example, which makes it possible to reduce feed costs, consequently reducing the costs of maintaining water quality and production in general. The development of an intelligent feeder prototype for aquaculture tanks to control feed using water temperature as a parameter is the purpose of this research. An intelligent feeder prototype was set up and this was added to a super intensive tilapia rearing system with water recirculation in a 1 m³ nursery tank. Temperature, dissolved oxygen (DO), turbidity, salinity, pH and oxide reduction potential (ORP) sensors were installed to measure and monitor the quality of the water in the tank. Motor-pumps carry out the water recirculation process, passing it through decantation tanks. The embedded development platform ESP8266 - NODEMCU was used to control the data processing and automation of the intelligent feeder, and the programmable logic controller (PLC) was used for the automation of the plant. On these development platforms, all the processing of the intelligent feeder control software and the automation process are carried out. The software for controlling the processing embedded in the smart feeder was developed in micropython language, a language derived from Python, which guarantees its portability, allowing it not to be limited to the ESP8266 controller and migrating to other platforms, and the PLC used software WEG's proprietary, already embedded in the controller. The entire system was developed and assembled on the premises of the IFCE - Federal Institute of Education, Sciences and Technologies of Ceará, campus in Fortaleza. For the results, samples were collected in two periods. In the first period, feed control by PLC and in the second period, feed control using the water temperature as a parameter by the Smart Feeder controller. In the first period, 20 juvenile tilapias with an average weight of 36 grams were cultivated, in the final rearing phase until the growth phase and they reached a development of approximately five hundred grams of live weight in twenty-one weeks, there was no mortality; In the second period, 15 tilapias were raised in the fattening phase with an average of 580 grams until the finishing phase and reached seven hundred and twenty grams of live weight at the end of the period with 100% survival in the cultivation period. The daily food tract was fed to the animals from 4 to 8 times a day with a percentage of 2 to 5% of feed in relation to the live weight of the animals. The food control by temperature, used in the second growing period, contributed to reduce feed costs by 12%, and the recirculation of water contributed to the better use of natural resources, thus assuming the co-responsibility of collaborating with the preservation of the environment.

Keywords: Automation. Pisciculture. Nile Tilapia. Food temperature control.

Sumário

1	Introdução	9
1.1	Organização da dissertação	10
1.2	Motivação	10
1.3	Objetivos	11
2	Estado da Arte	12
2.1	Aquicultura	12
2.1.1	Piscicultura	12
2.1.2	Tilapicultura	13
2.2	Automação	15
2.2.1	Automação de dispensadores de ração para tanques de piscicultura	15
2.3	Arraçoamento: rotina alimentar no desempenho dos peixes	17
2.4	Temperatura - Causas e efeitos	19
2.5	Considerações finais do capítulo	20
3	Materiais e Métodos	21
3.1	Hardwares e Softwares	21
3.1.1	As instalações	21
3.1.2	Depósito de rações	25
3.1.3	ESP8266 - Placa de desenvolvimento	29
3.1.4	IHM - interface Homem Máquina	30
3.1.5	Sensor de temperatura	31
3.1.6	Software	31
3.2	Biometria dos peixes	32

3.2.1	Manejo alimentar	33
3.2.2	O fornecimento automático de rações	33
3.2.3	Correção alimentar	40
3.3	Considerações finais do capítulo	41
4	Resultados Experimentais	42
4.1	Resultados obtidos com o uso do Alimentador Inteligente	43
4.2	Discussões	48
5	Conclusão	52
	Referências Bibliográficas	53

INTRODUÇÃO

O cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistemas superintensivos e de forma sustentável tem gerado grandes desafios e tem despertado interesses de vários setores da sociedade. Pesquisadores e investidores procuram conhecer os meios que possibilitem alcançarem desempenho nesta atividade, porém existem gargalos que precisam ser superados (BRITO *et al.*, 2017) e (CHAGAS *et al.*, 2007).

Com o avanço crescente de tecnologias e a miniaturização dos dispositivos tecnológicos (ZHAO *et al.*, 2003). Ainda segundo Zhao *et al.* (2003), estes dispositivos como os microcontroladores, por exemplo, vem sendo amplamente utilizados nos setores produtivos das indústrias e na agricultura de precisão, nos setores comerciais e bem como nos setores acadêmicos, nos equipamentos auxiliares de pesquisas e nas ferramentas de desenvolvimentos de sistemas com o intuito de reduzir custos, automatizar processos produtivos, dentre outros. Para tanto, foi exposto nesta pesquisa, para a aquicultura, em especial o setor da piscicultura, uma ferramenta que possibilita a redução de custos com ração e com a mão de obra dos tratadores, contribuir para difundir ainda mais a piscicultura e de agregar valores sociais com a possibilidade de inclusão de um alimento de proteína animal para famílias de pequenos produtores rurais que não disponibilizam de grandes espaços para escavar tanques e nem habitam próximo a açudes, lagos naturais ou outras fontes de grande volume de águas potáveis.

Atentas às mudanças tecnológicas, diversas empresas passam a desenvolver, produzir, comercializar e utilizar, soluções para automatização dos seus processos. Estas soluções estão sendo aplicadas numa vasta escala como, por exemplo, a aeronáutica vem usando o geoprocessamento de imagens por satélite para rastrear aviões e suas rotas, na medicina, tomografias em imagens 2D e 3D são realizadas nos pacientes como ferramenta auxiliar, para que ao analisar estas imagens, os médicos possam precisar os diagnósticos das mais diversas doenças, através da interpretação e análise de imagens na robótica é possível realizar a automatização de tarefas diversas (ARROZ; MONTEIRO; OLIVEIRA, 2003).

O uso de ferramentas micro controladas como auxiliares de produção são aplicadas em áreas da agricultura, por exemplo, na pecuária são também utilizadas e em diversas outras áreas como: astronomia, entretenimento, e sistemas produtivos fazem usos de equipamentos micro controlados (ZION, 2012a). O uso da automação de processos, surgem como solução aplicável quanto a reduzir gastos por diminuir erros nos processos produtivos, por auxiliar a criar padrões de qualidade, pela substituição do trabalho manual, fazendo com que o uso dessas tecnologias sejam introduzidas dia-a-dia e que tornam as empresas mais competitivas (BRITO, 2020).

Ao longo dos anos a indústria automatiza e controla processos com resultados expressivos de crescimento. As tendências futuras nesta área apontam para uma melhor compreensão e otimização do processo e automação mais flexível em toda a cadeia de valor nas indústrias de pesca e piscicultura (MATHIASSEN *et al.*, 2011).

1.1 Organização da dissertação

Capítulo 1: A motivação, os objetivos geral e específicos e como está organizado esta pesquisa, estão descritos neste capítulo .

Capítulo 2: Uma pequena demonstração do estado geral do cultivo da tilápia e a definição dos conceitos utilizados para fundamentar esta pesquisa e alguns dos muitos trabalhos existentes sobre os assuntos pertinentes à esta pesquisa, expondo o conjunto de revisão de textos, artigos, livros e todo material pesquisado pertinente à área da aquicultura, piscicultura, automação de processos e que foram usados no desenvolvimento desta obra, são mostrados neste capítulo.

Capítulo 3: Os métodos utilizados para desenvolvimento do protótipo, mostrando suas características e particularidades, estão escritos neste capítulo.

Capítulo 4: Os resultados obtidos através da realização dos testes, estão expostos neste capítulo.

Capítulo 5: Por fim, a conclusão desta pesquisa, expondo a coerência da obra e fidelidade entre os resultados esperados e obtidos, estão descritos neste capítulo.

1.2 Motivação

Segundo dados da FAO (2020), a produção da aquicultura global, foi de 114,5 milhões de toneladas, avaliada em 263,6 bilhões de dólares. A produção total consistiu em 82,1 milhões de toneladas de animais aquáticos, 32,4 milhões de toneladas de algas aquáticas e 26.000 toneladas de conchas e pérolas ornamentais. A criação de animais aquáticos em 2018 foi dominada por peixes, 54,3 milhões de toneladas, colhidos da aquicultura interior 47 milhões de toneladas, bem como da aquicultura marinha e costeira 7,3 milhões de toneladas. Estes dados revelam um aumento no consumo de pescado pela população mundial. O desenvolvimento econômico alcançado nos últimos anos, bem como mudanças no hábito alimentar para uma alimentação mais saudável, tem sido os responsáveis pelo aumento da demanda por peixes no Brasil e no mundo. Com este aumento da demanda, somada aos diversos fatores naturais do país e as novas tecnologias que vem sendo pesquisadas, o Brasil tem potencial para ser um dos maiores fornecedores de pescado do planeta (CARMELIN JÚNIOR, 2018).

No mundo, existem aproximadamente 600 espécies de peixe cultivadas de acordo com a FAO (2016), sendo utilizadas para tanto as mais diversas tecnologias e sistemas de criação, dado que cada espécie tem sua particular exigência quanto ao ambiente, nutrição e manejo alimentar.

A tilápia (*Oreochromis niloticus*), segundo FAO (2020), é a terceira espécie mais cultivada no mundo, ficando atrás apenas das carpas, que em grande parte deve sua primeira colocação à China, maior produtor de carpas do mundo.

A temperatura da água do tanque criatório é fator determinante para o bem estar dos animais. Na faixa de conforto de temperatura ideal os peixes consomem mais alimento, crescem mais rápido e melhoram o índice de conversão alimentar (PIEDRAS; MORAES; POUÉY, 2006).

Desenvolver uma ferramenta que seja capaz de auxiliar os aquicultores e criadores no cultivo de animais

aquáticos, agregado a um sistema de automação para tanques de aquicultura, para controle de arraçoamento por temperatura e que permita ser utilizado por pequenos produtores aquícolas.

1.3 Objetivos

Objetivo Geral

Esta dissertação tem como objetivo geral desenvolver um protótipo alimentador inteligente e agregar a um sistema de automação para tanques de piscicultura, para controle de arraçoamento, usando a temperatura da água com parâmetro.

Objetivos Específicos

- Desenvolver o protótipo do alimentador inteligente;
- Apresentar a aplicação do alimentador inteligente (protótipo) agregado a um sistema auxiliar de monitoramento da qualidade da água em tanques de piscicultura.
- Montar protótipo e realizar testes práticos.

ESTADO DA ARTE

2.1 Aquicultura

A aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos nas áreas costeiras e interiores, envolvendo intervenções no processo de criação para melhorar a produção (FAO, 2019). O Estado Mundial da Pesca e Aquicultura - FAO (2020) apresenta as estatísticas oficiais mundiais de pesca e aquicultura da FAO. A produção global atingiu cerca de 178,5 milhões de toneladas em 2018, com a aquicultura, sendo o peixe responsável por 53% do total. A aquicultura tem sido a responsável pela maior parte do crescimento global da produção e pelo fornecimento contínuo de peixes para consumo humano.

É provavelmente o setor produtor de alimentos que mais cresce e agora é responsável por 50% do peixe mundial usado para alimentação (FAO, 2019). O Brasil, é de longe o maior produtor de pescado da América do Sul, com mais de 605 mil toneladas por ano e está entre os 16 maiores produtores do mundo, dados oficiais de captura informados à FAO (2020).

2.1.1 Piscicultura

A piscicultura de um modo geral tem os seus desafios como quaisquer atividade produtiva. Cientistas, pesquisadores dentre outros envolvidos, apontam soluções nos muitos trabalhos acadêmicos para reduzir os custos, seja na produção, comercialização ou na industrialização do pescado.

De acordo com Carmelin Júnior (2018), a piscicultura vem desempenhando papel de destaque dentre as atividades agropecuárias brasileiras. Isto se deve ao aumento do consumo de peixes pela população, bem como as características naturais do Brasil, que possui uma grande área alagada disponível para o cultivo em tanque-rede, terras férteis para a produção de grãos, os quais são utilizados nas rações comerciais de peixes e clima favorável para o desenvolvimento de várias espécies.

Na piscicultura, muito se tem feito para atingir metas de produção, classificação e padronização com o intuito de atender um mercado exigente. Além disso, a criação de peixes é considerada rentável, com a venda de um produto final com excelente qualidade e alto valor biológico. Um dos maiores problemas da criação de peixes em tanques artificiais é a alimentação, que deve ser equilibrada e na quantidade correta para o bom desenvolvimento e adequada ao espécime do animal (BRITO *et al.*, 2017).

Atualmente a grande maioria dos criadouros realiza a alimentação manual e altamente variável. Ao alimentar em pontos definidos e em intervalos periódicos, os peixes maiores acabam dominando a área de alimentação e

impedem que os menores se aproximem e recebam a ração necessária. Nos países onde a produção se encontra em nível industrial o processo de automação da alimentação na piscicultura é comumente utilizado. Nas produções de larga escala, a automação além de facilitar o manejo, proporciona sustentabilidade da atividade, diminuindo os impactos ambientais comumente visíveis. Mediante ao crescimento da demanda por carne de peixes, o controle da qualidade da água também é outro ponto que exige a necessidade de intensificar a automação (FAO, 2019).

2.1.2 Tilapicultura

Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie originária do Continente Africano, hoje existem muitas linhagens melhoradas, cada uma com um diferencial, sendo utilizadas nos diversos sistemas de produção brasileiros.

A tilapicultura é a criação ou o cultivo de tilápias em cativeiro. Apesar da grande diversidade de espécies, a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) é a terceira espécie mais cultivada com 4,5 mil toneladas em 2018, representando 8,3% da produção mundial (FAO, 2020).

Alguns manejos básicos da produção de tilápias como biometria e classificação dos peixes são indispensáveis para melhorar o desempenho e tornar os lotes mais homogêneos. Entretanto esses manejos geralmente são trabalhosos requerendo muita mão de obra provocando estresse nos peixes interferindo no consumo de ração, aumentando o índice de mortalidade, mediante a esses fatores.

Figura 1: Tilápia-do-Nilo



Fonte: próprio autor.

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), mostrada na Figura 1 é um peixe originário da África, Jordânia e Israel, apesar de ser uma espécie exótica, é uma das principais espécies cultivadas em todo o território brasileiro, pois possui grande potencial para diversos sistemas de cultivo, desde o cultivo familiar em pequena escala até os sistemas superintensivos (BENTSEN *et al.*, 1998).

Além da carne saborosa e de ter grande aceitação no mercado consumidor, a tilápia apresenta grande capacidade adaptativa, rusticidade a doenças e elevado potencial para o ganho de peso (KAMAL; MAIR, 2005), e foi introduzida no Brasil nos anos 50 (BARBOSA; MOURA; SANTOS, 2010), sendo considerada uma das principais espécies com potencial para alicerçar a expansão da piscicultura industrial (TOYAMA; CORRENTE; CYRINO, 2000).

A produção nacional aquícola continental chegou a 841.005 toneladas no ano de 2021, sendo 534.005 toneladas representadas pelo cultivo da tilápia (PEIXE BR, 2022). A tilápia se consolida como a espécie mais cultivada no Brasil (PEIXE BR, 2022), sendo responsável por cerca de 63,5% do volume total da produção aquícola no país, sendo que diversas espécies e híbridos do gênero *Oreochromis niloticus* são cultivados em grandes e pequenas propriedades. Estima-se que 60% das unidades aquícolas brasileiras cultivem este grupo de ciclídeos (ZIMMERMAN; HASPER, 2003).

A intensificação da criação e o uso de linhagens de tilápia do Nilo com crescimento mais rápido e maior rendimento de filé foram os principais fatores que promoveram o aumento na produção. A tilápia do Nilo foi escolhida para ser utilizada em programas de melhoramento genético por estar difundida em vários países; apresentam vantagens para a criação em cativeiro, como rusticidade, precocidade e aceitar alimento artificial; possuir carne de boa qualidade e com grande aceitação no mercado consumidor (AMANCIO, 2011).

A tilápia tem grande importância para a aquicultura em diversas regiões brasileiras, desta sendo bem aceita e cultivada na maioria dos estados do país, onde são produzidos a tilápia (IBGE, 2015). As regiões sul e sudeste se destacam como as maiores produtoras de tilápias do país, cerca de 70% do cultivo nacional (PEIXE BR, 2022).

A tilápia do Nilo possui um conjunto de características desejáveis para a consolidação de um empreendimento aquícola. Os segmentos de melhoramento genético, reprodução, produção/engorda, alimentação e processamento do peixe encontram-se estabelecidos e sua criação em tanques-rede vem se firmando como modo eficiente e vantajoso de se cultivar peixes, devido à grande quantidade de reservatórios para a geração de energia elétrica, bem como a facilidade desta espécie em se adaptar a sistemas de criação intensivos (SUSSEL, 2008).

Segundo dados do Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR (2022), a produção de tilápia cresce 4,74% em 2021, acumulando 45% de aumento desde 2014. No Sul, a espécie representa 86% de todos os peixes de cultivo na região. No total, são 231.900 toneladas, cerca de 43,4% da produção nacional. Destaca-se o Paraná com o primeiro lugar, com 182 mil toneladas cultivadas segundo o Anuário Peixe BR (2022). O Sudeste com 27% da produção total de tilápia, cerca de 144.340 toneladas, com destaque para São Paulo e Minas Gerais. Juntos, Sul e Sudeste detêm 70% do cultivo no país. Centro-Oeste com 11,5% e o Nordeste com 18% do total do cultivo de tilápia no país (PEIXE BR, 2022).

Segundo relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura FAO (2019), a aquicultura terá expansão nos próximos anos no Brasil. Ainda de acordo com o relatório da FAO, o consumo de pescados por pessoa no Brasil chegará a 12,7 quilos em 2025, cerca de 32% a mais do que os 9,6 quilos consumidos por ano entre 2013 e 2015. Dados do relatório da FAO apontam que em dez anos a produção de pescados em cativeiro no Brasil mais do que dobrará. A expectativa é que em 2025 a produção já seja de 1,145 milhão de toneladas.

2.2 Automação

Desde os primórdios da humanidade, a busca por alimentos ou para suprir suas necessidades fez com que o homem buscasse constantemente aprimora-se, através de meios para alcançar seus objetivos. Com o passar dos anos grandes descobertas e grandes invenções foram acontecendo.

As Revoluções industriais trouxeram incontáveis benefícios e continuam a deixar suas contribuições de transformações espalhadas pelo planeta. Tais legados permanecem no mundo atual e corroboram para que tenhamos nos diversos setores da sociedade civil à aplicabilidade destes conhecimentos. De acordo com Albuquerque & Alexandria (2007), a Automação Industrial permitiu o surgimento de produtos que seriam impossíveis de existir sem que fossem produzidos de forma automática e que nessa fase da revolução industrial houve um considerável aumento da produção e na qualidade dos produtos.

Segundo Ogata (2003) para que se possa entender a evolução do processo de automação, é preciso compreender seu contexto histórico e econômico, onde inventos ocorridos nos últimos séculos, principalmente após a primeira grande revolução industrial traçam paradigmas para mundo atual tornando-o moderno e tecnológico. Neste contexto, empresas buscam aperfeiçoar seus processos para reduzir custos e aumentar sua produção sem perder a qualidade e a eficácia de seus produtos e a fim de alcançar vantagem competitiva. Isto posto, se fez necessário automatizar processos com o uso de máquinas e equipamentos, e posteriormente o controle destes processos produtivos.

Os benefícios da automação podem ser considerados ilimitados de acordo com Silveira (2016). Ao automatizar um processo, é possível aumentar significativamente o seu desempenho global. E no mundo, a automação está cada vez mais sendo difundida, e cada vez mais popular, por ser a grande responsável por atender as diferentes demandas do mercado tão globalizado e suas exigências.

Nos sistemas automatizados o uso de sensores, medidores, controladores e computadores são fundamentais para gerar resultados que poderão contribuir para uma inserção mais forte e segura no mercado.

2.2.1 Automação de dispensadores de ração para tanques de piscicultura

Com o surgimento do circuito integrado (1960) e do microprocessador (1970), a quantidade de inteligência que pode ser embutida em uma máquina a um custo razoável se tornou factível (RIBEIRO, 1999). A automação está intimamente ligada à instrumentação, os diferentes instrumentos são usados para realizar a automação com as funções de medir, transmitir, comparar e atuar no processo, com pequena ou nenhuma ajuda humana (MENEZES, 2014).

Nos países desenvolvidos as grandes pisciculturas intensivas têm melhorado seus índices zootécnicos e o manejo usando a automação (TRABACHINI, 2013; LEKANG, 2013), tornando a exploração cada vez mais competitiva e rentável (SUZUKI; HERNANDEZ, 2014). Segundo Menezes (2014), uma técnica usada comumente no cultivo de peixes para a obtenção da estimativa de consumo de alimento, em tanques de grande volume, é o monitoramento da atividade alimentar por meio de câmeras subaquáticas. A ração é fornecida por um alimentador automático até que uma quantidade significativa de ração não consumida seja observada na câmera. A detecção dos pellets não consumidos também pode ser feita por radiação infravermelha e ultrassom.

Em sistemas mais sofisticados a decisão sobre o número de pellets não consumidos que desativam o alimentador é dependente da interpretação do software ligado ao sistema de alimentação automática (MENEZES, 2014). Considerando que a visão computacional vem sendo frequentemente difundida na indústria ainda é pouco utilizada na aquicultura. Devido a aplicação desta tecnologia na aquicultura possuir limitações, pois os indivíduos inspecionados são sensíveis, se estressam facilmente e se movimentam para ambientes nos quais a luminosidade, visibilidade e estabilidade geralmente não são controláveis e os sensores precisam operar submersos ou em ambiente úmido (ZION, 2012b apud MENEZES, 2014).

Esta técnica tem potencial para ser usada em todas as fases de produção: cria, recria e engorda até a despesca, em tarefas como contagem, medida de tamanho e estimativa da biomassa, detecção de sexo e inspeção de qualidade, identificação de espécies e de estoques, monitoramento do bem estar e comportamento. Outras técnicas também podem contribuir para a automação na aquicultura, como a telemetria, que tem avançado de tal forma que a fisiologia e o comportamento dos peixes podem ser monitorados em tempo real.

Sistemas inteligentes de monitoração da alimentação de peixes evitam o desperdício com ração e ajustam a quantidade de alimento. Estas informações podem ser usadas para desenvolver um sistema de alimentação automático, a partir do nível de apetite do peixe (MENEZES, 2014). Quando se pensa em expansão da aquicultura, pensa-se no quanto o fornecimento automatizado de ração maximizaria a intensificação do cultivo de peixes, quando é necessário fornecer o máximo possível de ração aos peixes com o menor desperdício, o que não acontece nos sistemas de fornecimento manual de ração.

Os sistemas de alimentação automática de peixes em países com aquicultura moderna variam desde dispensadores que não necessitam de eletricidade até sistemas de alimentação avançados e computadorizados que controlam a oferta de alimento de acordo com o apetite dos peixes (LEKANG, 2013). Os alimentadores encontrados no mercado brasileiro foram projetados para viveiros, lançando a ração a longas distâncias e inviabilizando sua utilização em tanques-rede (SOUSA *et al.*, 2012) pois seria necessário um alimentador para cada tanque-rede o que aumenta os custos com este insumo.

Em locais onde há a necessidade de deslocamento de pessoal e de embarcação para o fornecimento de ração aos peixes, o custo da mão-de-obra e de combustível também se torna elevado e desta forma os custos de produção também aumentam (BERESTINAS, 2006). A automação do oferecimento de ração aos peixes além de viabilizar a piscicultura industrial proporciona um caráter sustentável a atividade, diminuindo os impactos ambientais comumente visíveis em produções de larga escala (KUNNI, 2010).

Segundo Papandroulakis, Papandroulakis & Zenon (2002) e Agostinho *et al.* (2004), o sistema de alimentação automatizado apresenta características desejáveis para a aquicultura industrial, e investimentos no manejo alimentar podem ser alternativa rápida e eficiente com redução de até 40% dos custos com a mão-de-obra. Em um contexto geral, a alimentação automática tem por finalidade aumentar a produtividade, reduzir o desperdício, aumentar a uniformidade dos lotes e a eficiência alimentar (OLIVEIRA, 2010).

Para melhorar o aproveitamento do alimento e desempenho produtivo dos organismos aquáticos, Agostinho *et al.* (2004) e Agostinho, Oliveira & Agostinho (2010) desenvolveram alimentadores automáticos adequados para o fornecimento de ração em tanque-rede, possibilitando o fornecimento de alimento em alta frequência e no período noturno.

São evidentes as vantagens obtidas com a utilização de alimentadores automáticos, e sua eficiência no cultivo de peixes contribui positivamente para a sustentabilidade da produção. A utilização destes alimentadores melhora o manejo alimentar no cultivo de tilápia-do-Nilo em tanque-rede e pode resultar em uma economia de até 360 kg de ração por tonelada de peixe produzido, aumentando a produção de tilápia e diminuindo a poluição ambiental (SOUSA *et al.*, 2012).

Ainda Sousa *et al.* (2012), utilizando alimentadores automáticos de ração, avaliou diferentes frequências e períodos de alimentação para juvenis de tilápias e constatou que houve maior peso final e melhor conversão alimentar para os peixes alimentados 24 vezes ao dia (24 horas) quando comparados aos alimentados 6 ou 12 vezes durante meio período (12 horas).

2.3 Arraçoamento: rotina alimentar no desempenho dos peixes

Figura 2: Tratador distribuindo ração manualmente nos tanques rede.



Fonte: Guia de orientação para a regularização da aquicultura em águas da união. Brasília, 2015.

O oferecimento de ração em grande parte das pisciculturas brasileiras atualmente é feito manualmente. É fato que este tipo de manejo é complexo e de alto custo e, quanto maior for o volume de criatórios maior a necessidade deste tipo de profissional. Prática de manejo alimentar usual como mostrado na Figura 2.

O desempenho dos animais dependem diretamente do manejo alimentar e da capacidade dos profissionais envolvidos e responsáveis pela produção no tratamento destes e por consequente o sucesso da piscicultura. De acordo com Carneiro, Martins & Cyrino (1999), o custo final de produção depende diretamente de fatores como: o custo da ração, conversão alimentar, qualidade da ração, que podem elevar ou diminuir, dependendo da origem da ração.

A frequência, a taxa de alimentação e o horário de fornecimento, dentro do manejo alimentar, aliados ao

sistema de produção, são fatores que determinantes para os bons resultados na produção (CARMELIN JÚNIOR, 2018). A quantidade de alimento a ser fornecido é baseada na idade e no peso total dos peixes (MENEZES, 2014). Esse ponto deve ser avaliado com atenção porque mais de 50 por cento dos custos de produção são com rações (EL-SAYED, 1999). Por este motivo é fundamental conhecer e compreender a rotina alimentar diária das diferentes espécies de peixes (WANG; HAYAWARD; NOLTIE, 1998).

À medida que ocorrem variações na temperatura e oxigênio dissolvidos na água, o consumo varia e a taxa diária de alimentação precisa ser corrigida; portanto, a precisão na oferta de alimento depende muito da habilidade do responsável técnico, que decide quanto deve oferecer na próxima refeição de acordo com o consumo observado (AGOSTINHO; CASTRO; ARGENTIM, 2011).

Conhecer a melhor taxa de alimentação para uma determinada espécie é importante para promover o maior crescimento e a melhor eficiência alimentar e prevenir o comprometimento da qualidade da água (BARBOSA; NEVES; CERQUEIRA, 2011). Assim, a otimização crescimento dos peixes só pode ser alcançada através do manejo concomitante da qualidade de água, nutrição e alimentação (CYRINO *et al.*, 2010).

A subalimentação piora o desempenho sem comprometer a qualidade da água, enquanto o excesso de ração pode comprometer o desempenho de forma direta, piorando a conversão alimentar e, consequentemente, a redução na qualidade da água (MOREIRA *et al.*, 2001). A dificuldade de se determinar a quantidade exata e o peso dos peixes em um tanque ou viveiro aumenta os erros de estimativa da biomassa total e, por conseguinte, erros na quantidade de alimento a ser fornecida diariamente (MENEZES, 2014).

Como regra geral, de acordo Menezes (2014) não se recomenda fornecer o alimento até a saciedade. É aconselhável o fornecimento de uma quantidade 10% inferior à necessária para que o peixe cesse a alimentação. Porém, tal manejo é de difícil aplicação, sendo o mais indicado neste caso estabelecer uma taxa de arraçoamento proporcional à biomassa (SUSSEL, 2008).

Oliveira (2007) constatou em seu estudo que a adequada taxa de alimentação quando aliada ao aumento da frequência alimentar pode resultar em melhor desempenho produtivo de tilápias em crescimento e terminação. No seu estudo Menezes (2014) testou taxas de alimentação de 2%, 3% e 4% do peso vivo em 48 refeições diárias, o peso inicial dos peixes foi de 200g e o experimento foi concluído com peso médio de 700g.

Segundo Menezes (2014) o maior ganho de peso diário, maior uniformidade do lote e menor tempo de cultivo foi observado nos peixes que receberam a maior taxa de alimentação. A digestão do alimento e absorção dos nutrientes pelos peixes requerem aumento da atividade intestinal, do fluxo sanguíneo e do consumo de oxigênio (MENEZES, 2014).

Ainda de acordo com Menezes (2014), é importante definir a taxa de alimentação que promove o melhor crescimento, sem que haja desperdício de ração e comprometimento da qualidade da água. Ressalta-se que grande parte dos trabalhos onde a frequência de alimentação tem sido testada o alimento é fornecido “*ad libitum*” ou em taxas muito altas, não aproveitando os benefícios da alta frequência alimentar, pois os peixes param de consumir o alimento nas primeiras refeições, quando são saciados.

O autor testou frequências de 4 a 8 vezes diárias em doses de 4% a 2%, no período de 7h00 horas da manhã até as 17h00 horas, pois foi observado que, particularmente nesta pesquisa, fora deste período houve uma redução acentuada no consumo de ração oferecida, mesmo em pequena quantidade.

Ficando assim, constatado, e estabelecido este intervalo diário como o período alimentar a ser usado, e para o tipo de sistema superintensivo aqui mostrado, um melhor aproveitamento da ração, pois quanto menor o tempo da ração em contato com a água, menor a perda de nutrientes da ração e melhor a taxa de crescimento dos peixes.

2.4 Temperatura - Causas e efeitos

A temperatura da água dentro dos tanques é outro fator que influencia diretamente o desenvolvimento da tilápia, pois em determinadas faixas de temperatura podem comprometer o crescimento dos peixes por não conseguirem se alimentar em temperaturas relativamente baixas ou altas. De acordo com a literatura, os peixes controlam a temperatura do corpo de acordo com a temperatura do seu *habitat*, ou seja, são animais pecilotérmicos. De acordo com Campana *et al.* (1996), Loures *et al.* (2001) e Piana, Baumgartner & Gomes (2003) a temperatura é um dos fatores que mais influenciam no desempenho dos animais, afetando o consumo de oxigênio e a atividade alimentar.

Jian, Cheng & Chen (2003), afirmam que o desenvolvimento dos peixes é afetado quando a temperatura está fora da zona de conforto, assim, consideram a temperatura um fator primário que controla as necessidades nutricionais, o esvaziamento gástrico e o metabolismo dos peixes. Em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) também foi observado que o consumo diário de ração é influenciado pela temperatura, proporcionando índices de ingestão de 2,29 e 2,97% do peso vivo ao dia, para as temperaturas de 23 e 27°C, respectivamente. Além disso, os valores de tempo de trânsito gastrointestinal foram influenciados pelas temperaturas, com médias de 36 e 14 horas, para 23 e 27°C, respectivamente, e a digestão do alimento foi mais lenta a 23°C do que a 27°C, que alcançou menores índices de repleção (KOBBERSTEIN; CARNEIRO; URBINATI, 2004).

Ao utilizarem três temperaturas diferentes juvenis de bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*), Piedras, Moraes & Pouey (2006) observaram um maior crescimento com a temperatura de 26°C, sendo um dado importante para encontrar a faixa de temperatura ideal da espécie. É importante observar que cada espécie de peixe possui uma faixa de temperatura ideal, em que se tem um maior consumo de ração, uma melhor digestibilidade, um maior desenvolvimento corporal, e uma melhor conversão alimentar.

Após testarem a sobrevivência, crescimento e o comportamento alimentar de alevinos de tilápias, com 4 gramas de peso vivo criadas em aquários, usando cinco temperaturas diferentes (24, 28, 30, 32 e 34°C), Workagegn *et al.* (2012) concluíram que a faixa entre 28 e 32°C é a ideal para o animal exprimir seu potencial, estando as faixas entre 24 e 28°C e acima de 32°C fora do conforto térmico, que são prejudiciais ao desenvolvimento dos peixes.

Estudando os efeitos da temperatura na criação de tilápias Maciel Junior (2006) também encontrou a faixa de 28 a 32°C como a ideal para a criação de alevinos de 0,8 gramas criados em aquários. Entretanto, as faixa de temperatura entre 26 e 30°C para tilápias com peso médio de 0,25 gramas, criadas em aquários foram sugeridas por Azaza, Dhraïef & Kraïem (2008). Temperaturas que se encontram acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e o crescimento de tilápias, e quando submetidas a temperaturas menores que 18°C, tem o sistema imunológico suprimido, afirma Kubitz (2000).

Também Moura *et al.* (2007), se utilizaram de temperaturas variando entre (20, 24, 28 e 32°C), notaram um aumento linear no consumo de ração, bem como um melhor desenvolvimento dos animais quando se aumentou a temperatura. Os peixes alimentados a 32°C consumiram cerca de 10 vezes mais ração que os peixes alimentados

a 20°C, indicativo de que as tilápias se desenvolvem melhor em temperaturas mais altas. Ainda segundo Carmelin Júnior (2018), num manejo alimentar correto deve-se observar, em especial, a temperatura onde se encontra o sistema de produção, pois o consumo de ração está estreitamente ligado a esse parâmetro.

Dentro dos respectivos intervalos de tolerância, com peixes tropicais o consumo aumenta de forma linear à temperatura e com peixes de águas frias ocorre o contrário, possuem melhor desempenho em baixas temperaturas (CARMELIN JÚNIOR, 2018 apud LOURES *et al.*, 2001). As boas práticas de manejo alimentar devem ser incentivadas para diminuir os impactos ambientais, alcançar produtividade e lucratividade na produção aquícola, além de reduzir perdas, ajuda a criar consciência de produção sustentável na aquicultura (MACMILLAN *et al.*, 2003).

2.5 Considerações finais do capítulo

Diante do exposto, concordando com o que diz a literatura nos presentes estudos que foram realizados com o objetivo de melhorar o fornecimento de ração na faixa de conforto de temperaturas, por meio de um sistema automatizado, determinando o melhor período para a alimentar os peixes.

A utilização de microcontroladores tipo Arduino, Esp8266, dentre outros de menor custo em relação ao alto custo dos CLP's (controlador lógico programável), como interface, poder reduzir os custos de projetos dos alimentadores ajudando a diversificar o uso desta tecnologia. Visando uma maior aplicabilidade em pequenos sistemas produtivos e superintensivos com a individualização dos custos destes alimentadores e que seja possível agregar valor social, baixar custos de projeto, o que possibilitaria a criação de tilápias por famílias de pequenos produtores em pequenos espaços de suas residências, e que garantiria um alimento saudável e salutar.

Em certos casos, há uma identificação entre algumas das técnicas usadas e concordam que há uma demanda emergente de desenvolvimento de novas técnicas de monitoramento, rastreamento e dimensionamento de peixes, e que facilita ainda mais estudos comportamentais adicionais desse tipo de animais, expostos a várias técnicas de estímulo e, assim, pode substituir as dispendiosas e demoradas técnicas convencionais.

Vale salientar que a automação e controle de processos produtivos são primordiais para aumentar a produtividade, uniformidade e qualidade de produtos. Porém na concepção e desenvolvimento de projetos automação devem ser observadas as características e particularidades de cada planta. Na área de criação de tilápias em cativeiro, um dos problemas clássicos é o volume de resíduos causados pelo volume excessivo de alimento que causam o aumento dos custos, por exemplo.

Partindo do pré suposto, se pretende contribuir para amenizar este problema com o desenvolvimento de uma ferramenta eficaz para auxiliar os produtores, criadores em geral, de modo a evitar desperdícios de alimento, durante o período de arraçoamento em suas fazendas, aquários, e outros ambientes produtivos.

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Hardwares e Softwares

No desenvolvimento deste trabalho de pesquisa sobre o desenvolvimento e a aplicação de um Alimentador Inteligente usando a temperatura da água como parâmetro de correção alimentar no fornecimento de ração para tilápias em tanques de aquicultura, foi necessário montar uma planta de um sistema super intensivo para criação de peixes visando dar suporte para testar e validar o protótipo construído. Para tanto, foram utilizados um reservatório como tanque criatório para as tilápias e dois reservatórios de água como decantadores de partículas.

3.1.1 As instalações

O experimento foi realizado nas dependências do Campus Fortaleza - IFCE, nos meses de dezembro de 2018 a abril de 2019. O experimento foi dividido em dois períodos, sendo para o primeiro período, que compreendeu 20 semanas e correspondeu a fase de recria até a fase inicial de engorda dos animais. De junho a novembro de 2019, portanto 21 semanas compreendeu o segundo período de cultivo das tilápias, na fase de engorda.

No Primeiro Período, inicialmente foram povoadas 20 tilápias (*Oreochromis niloticus*), na fase juvenil de recria com peso médio inicial de ± 36 g, no tanque criatório com capacidade de 1 m³ de água e dois tanques de decantação com capacidade de 0,200 m³ cada, como mostrado na Figura 3.

Figura 3: Tanque para criação e tanques de decantação.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1: Acompanhamento Diário de reposição de água e limpeza dos tanques

Primeiro Período					
dia	12/2018	01/2019	02/2019	03/2019	04/2019
1	Abastecimento tanques 1,3 m ³				
2					
3					
4					
5					Início Dados OD
6					Limpeza tanque 0,2 m ³
7	peixamento				
8					
9			Limpeza Geral 0,9 m ³	Limpeza tanque 0,2 m ³	
10					
11					
12		Limpeza tanque 0,2 m ³			
13					Limpeza tanque 0,2 m ³
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					Limpeza tanque 0,2 m ³
21					
22					
23			Limpeza tanque 0,2 m ³	Limpeza tanque 0,2 m ³	
24					
25					
26		Limpeza tanque 0,2 m ³			
27					Limpeza tanque 0,2 m ³
28					
29	Limpeza tanque 0,2 m ³				
30					
31					

Continuação Tabela 1
Segundo Período

dia	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019	10/2019	11/2019
1		controle pwm				
2						Complemento tanque 0,05m ³
3						
4						
5					Complemento tanque 0,05m ³	
6		Complemento tanque 0,05m ³		Complemento tanque 0,05m ³		
7						
8	Limpeza Geral 0,9 m ³					
9						
10	Início control. Temperatura		Complemento tanque 0,05m ³			
11						
12						
13						
14						
15						
16		Falha bomba				
17						
18						
19					Limpeza tanque 0,2 m ³	
20		Complemento tanque 0,05m ³				Limpeza Geral Despesa
21				Complemento tanque 0,05m ³		
22						
23						
24			Complemento tanque 0,05m ³			
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

Fonte: Próprio Autor

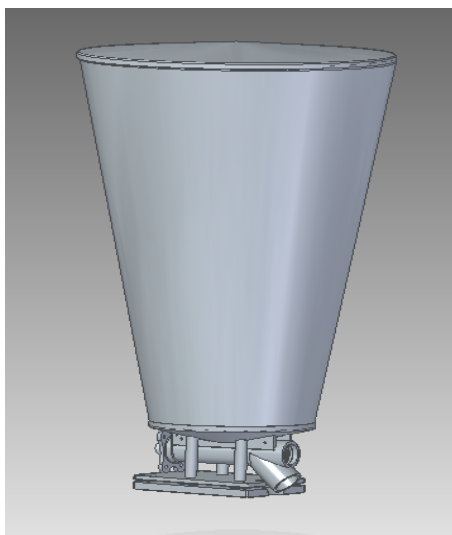
Os volumes (m^3) do consumo de água para todo o ciclo de cultivo, estão definidos de acordo com os dados de monitoramento apresentados na Tabela 1, assim, as reposições de água e limpezas dos tanques foram anotadas manualmente, pois não foi criado um controle automatizado com esta finalidade.

Os dados contidos na Tabela 1 fazem referência aos volumes de água utilizados durante todos os períodos de cultivo dos animais. Estão definidas as datas de peixamento, dia em que o tanque criatório foi povoado, datas de reposição e os volumes de água utilizados desde o abastecimento inicial dos tanques quanto a reposição parcial quando da limpeza dos tanques de decantação e complemento do nível para manter a circulação constante da água entre os tanques de decantação e o tanque criatório. Datas de eventos ocorridos durante o cultivo que alteram o fluxo diário e volume da água nos tanques, por exemplo, falha mecânica no equipamento motobomba.

O tanque recebeu um alimentador automático, com capacidade para 25 kg de ração. Este alimentador estava conectado a um sistema de automação para o controle da oferta de alimentos às tilápias. Neste primeiro período um controlador lógico programável (CLP), acionavam o alimentador, dispensando a ração no tanque criatório. A quantidade de animais no tanque, a quantidade de ração por segundo, o intervalo de alimentação, o número de refeições e a correção da oferta da ração de acordo com a biometria foi programada no CLP por meio da interface homem-máquina, utilizando linguagem de programação LADER.

3.1.2 Depósito de rações

Figura 4: Dispensador de Ração



Fonte: Próprio autor.

O Depósito de rações, silo ou dispensador de rações é o módulo de armazenamento e distribuição de alimento, é composto por um sistema de atuador com motor elétrico DC 12V acoplado a um fuso com rosca helicoidal que libera a ração assim que o motor é acionado. O desenho do dispensador de alimentos é mostrado na Figura 4. Desenvolvido e fabricado em material inoxidável, segundo o fabricante, projetado em formato cônico de maneira

a escoar totalmente o conteúdo do seu interior, facilitando assim a limpeza na troca de rações quando necessário.

O alimentador foi regulado para dispensar dez gramas de ração por segundo. Uma vez por quinzena a quantidade de ração na saída do alimentador era conferida, utilizando uma bandeja abaixo do alimentador e acionando manualmente na tela do CLP, dispensando a ração dentro da mesma. Logo após, a ração coletada era pesada com o auxílio de uma balança digital com 0,1g de precisão.

No segundo período de cultivo, vinte e uma semanas, o silo foi abastecido com ração para tilápias em engorda ou fase de terminação. Foi necessária para manter o sistema funcionando em condições ideais para a sobrevivência dos peixes cultivados. Para tanto foi desenvolvido um sistema de automação e controle da qualidade da água nos reservatório. Então, foram utilizados os seguinte equipamentos:

Duas motobombas periférica de 1/2 cv, uma para o sistema de oxigenação do tanque de criação, acoplada a quatro aeradores do tipo *nozzles* e controlada automaticamente via CLP (controlador lógico programável) e sonda de OD (oxigênio dissolvido) num sistema de malha fechada, mantinham os níveis de oxigênio dissolvido estáveis ou aceitáveis de acordo com a literatura 5,0 aproximadamente. A segunda motobomba, também controlada por CLP, era responsável por manter os níveis de partículas suspensas na água, fazendo com que a água recirculasse passando pelos tanques de decantação e voltando ao tanque criatório. Na Figura 5 é mostrado o sistema de aeração descrito.

Figura 5: Sistema de aeração.



Fonte: Próprio autor.

Toda a ração foi pesada, fracionada e armazenadas em garrafas pet de dois litros, para facilitar o armazenamento e controle do abastecimento. Semanalmente, o silo era verificado para ver as condições de conservação e volume da ração dentro do silo e se necessário, proceder com o abastecimento de rações de acordo com a necessidade estimada para a semana seguinte de cultivo. Na Tabela 2, é apresentado o acompanhamento do abastecimento do silo do alimentador durante todo o ciclo de cultivo. O abastecimento da ração no silo era feito manualmente.

Tabela 2: Abastecimento de ração no silo

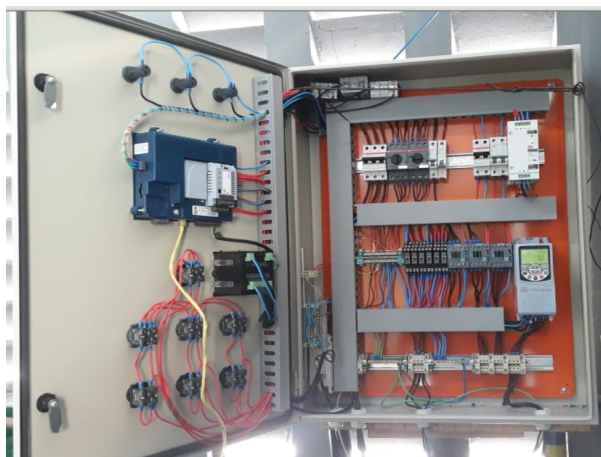
dia	Primeiro Período					Segundo Período					
	12/2018	1/2019	2/2019	03/2019	04/2019	06/2019	07/2019	08/2019	09/2019	10/2019	11/2019
1											
2			1600								
3											
4											
5											
6					1360		1360				
7	880								2040		
8						2040					
9			1600	1600							
10								2040			
11											
12		1600								1360	
13					680						
14											
15											
16			800	1600							
17											
18											
19		1600									
20					680		1360				
21									2040		
22	880					1360					
23			800	1360				2040			
24											
25											
26										1360	
27							2040				
28											
29											
30				680							
31											
Sábado											
Domingo											

Fonte: Próprio Autor

As informações contidas na Tabela 2, são os volumes em gramas de cada abastecimento realizado, sendo nas primeiras cinco semanas com ração para tilápias de recria com peletes de 3 a 4 mm, da sexta à décima quinta semanas com ração para tilápias em crescimento com peletes de 5 mm e da décima sexta até a vigésima semanas com ração para tilápias na fase de engorda com peletes de 6 a 7 mm de tamanhos. Portanto, foram usados três

tipos de rações para abastecimento do silo no primeiro período de cultivo das tilápias.

Figura 6: Quadro de comandos elétricos.



Fonte: Próprio autor.

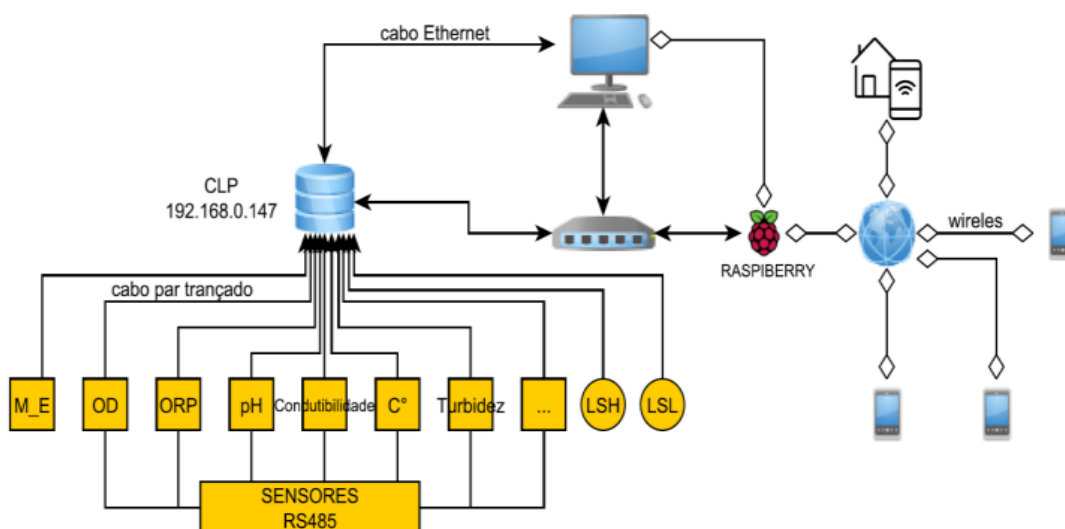
O quadro de comandos elétricos é mostrado na Figura 6, contém os barramentos de dados, o inversor de frequências, o CLP que faz a interface de comunicação e controle da planta, por exemplo, e é o responsável por fornecer energia elétrica para os sistemas em funcionamento. Interligado ao sistema de criação de tilápias foi desenvolvido também o sistema de monitoramento da qualidade da água. Para este sistema foram utilizados sondas de pH (potencial hidrogeniônico), OD (oxigênio dissolvido), temperatura, condutividade, turbi- dez e ORP (potencial de oxidação / redução).

Os sinais das sondas eram capturados pelo CLP através de uma rede de comunicação Modbus com o padrão RS485 e transmitidos via Ethernet através de um Raspberry ligado a um roteador com serviço de internet para o banco de dados hospedados em nuvem (COMER, 2016). A figura 7 representa a topologia de rede de comunicação desenvolvida para a planta.

Foi criado uma aplicação web para dispositivo móvel para recuperação e acompanhamento destes dados de qualidade da água dentro do tanque de criação de tilápias, em tempo real, coletados pelas sondas e enviados a cada 5 minutos para o banco de dados. A aplicação web foi desenvolvida usando a linguagem Python e suas bibliotecas (FOUNDATION, 2022). No segundo período de cultivo, foram povoadas 15 tilápias (*Oreochromis niloticus*), na fase de engorda, com peso médio inicial de $\pm 580g$. Foram utilizados os mesmos tanques do primeiro período para o experimento do segundo período de cultivo. Manteve-se a mesma estrutura do Alimentador automático, agora alterando o controlador, substituindo o CLP por um ESP8266.

A quantidade de animais por tanque, a quantidade de ração por segundo, o horário de alimentação, o número de refeições e a correção da oferta da ração de acordo com a temperatura foi programado na memória do ESP8266 através da IHM desenvolvida. Toda esta tecnologia de ponta de Internet das Coisas e Indústria 4.0 foram aplicadas em conjunto com o protótipo Alimentador Inteligente desenvolvido e usados por 24 meses, auxiliando esta pesquisa aplicada em tanque com tilápias vivos na obtenção dos resultados apresentados neste trabalho de pesquisa.

Figura 7: Topologia da rede de comunicação.



Fonte: Próprio autor.

3.1.3 ESP8266 - Placa de desenvolvimento

O módulo ESP8266 NodeMCU é uma placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, uma interface usb-serial, com um regulador de tensão 3.3V, integra GPIO, PWM, I2C, On-Wire e ADC, tudo em uma só placa. De código aberto, habilitado para comunicação *wireless* ou seja, sem fio conhecida por *wi-fi*, interativo e inteligente. A programação pode ser feita usando LUA, mycropython, na IDE do Arduino, Visual Code e outras plataformas de desenvolvimento, utilizando a comunicação via cabo micro-usb (ESPRESSIF.COM, 2021).

Segundo Espressif.com (2021), desenvolvedor da placa Esp8266 é um kit de desenvolvimento completo com um amplo material disponível gratuitamente na página **web** do fabricante. A placa Esp8266 possui antena embutida e conector micro-usb para conexão ao computador, além de 11 pinos de I/O e conversor analógico-digital. A placa usada no experimento é o módulo Esp8266, que mantém total compatibilidade com o ESP-12E e tem um aumento no alcance do sinal wireless entre 30 e 50% (FILIPFLOP, 2021).

Esta pequena placa permite que microcontroladores se conectem a uma rede sem fio fazendo conexões via sinais de rádio usando o protocolo de comunicação TCP/IP e usando um conjunto de comandos *Hayes* (COMER, 2016). O conjunto de comandos consiste em uma série de cadeias de texto curtas que podem ser combinadas para produzir comandos para operações como discagem, desligamento e alteração dos parâmetros da conexão. O que lhe permite se comunicar com a grande maioria dos modems existentes no mercado (GÓES, 2007).

Algumas das principais características do ESP8266, de acordo com Espressif.com (2021), podemos citar:

- CPU 32-bit RISC: Tensilica Xtensa LX106 rodando a 80 MHz
- 64 KB de memória RAM de instruções, 96 kB de dados

- Flash QSPI Externo - de 512 kB a 4 MB IEEE 802.11 b / g / n Wi-Fi
- 16 pinos de GPIO
- Comunicação SPI, I²C,

O Esp8266 é uma plataforma *open source* com ampla usabilidade nos projetos de Internet das Coisas (ROTTA; CHARÃO; DANTAS, 2017).

3.1.4 IHM - interface Homem Máquina

IHM ou Interface Homem Máquina, nada mais do que um painel que permite a interação de um usuário se comunicar com uma máquina, um programa de computador ou um sistema (SILVA; BERTONCELO; COGO, 2011).

Figura 8: IHM.

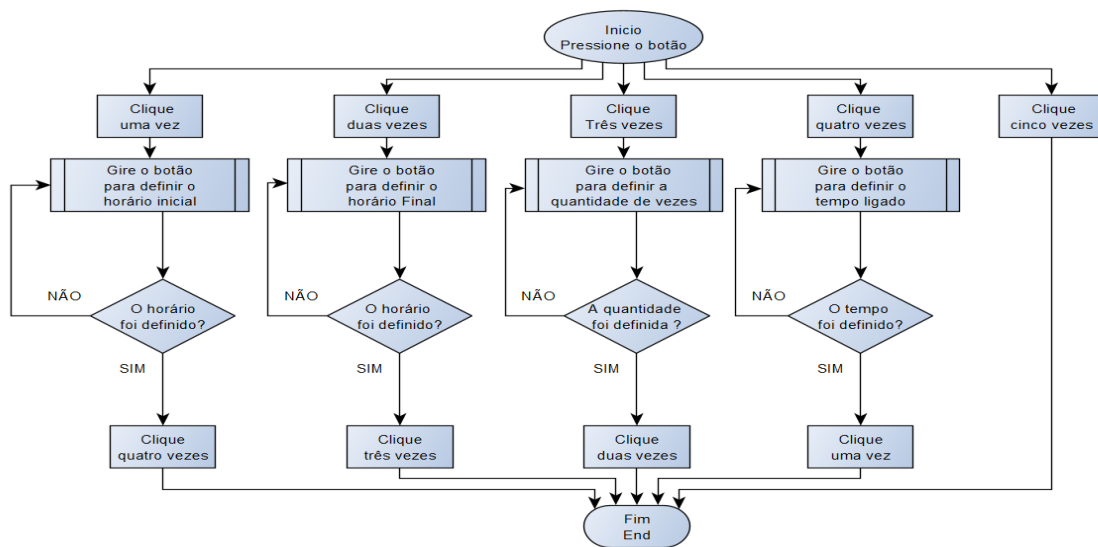


Fonte: Próprio autor.

As IHMs exibem dados em tempo real e permitem que um usuário controle o equipamento, insira, leia, modifique dados e informações usando uma interface gráfica do usuário (SILVA; BERTONCELO; COGO, 2011). Considere o exemplo de IHM mostrado na Figura 8. Através do dispositivo IHM é possível configurar os parâmetros programáveis como tipo de receita e suas quantidades a serem distribuídas de forma automatizada e inteligente ou acionar o atuador manualmente quando necessário (SANTOS *et al.*, 2011). A Figura 9 representa o Diagrama da entrada de dados para programar o Alimentador Inteligente através da IHM.

Em conjunto com o módulo IHM está o módulo de comunicação *WEB* para gerenciamento e controle operacional do Alimentador inteligente.

Figura 9: Diagrama de entrada de dados na IHM.



Fonte: Próprio autor.

3.1.5 Sensor de temperatura

Este dispositivo definido como sensor de temperaturas emite um sinal analógico que é interpretado pelo controlador Esp8266/NodeMCU e, de modo a acionar ou não os atuadores para o fornecimento de alimento, se baseando na programação pré configurada na memória do processador, dispensará volumes adequados de rações (ARROZ; MONTEIRO; OLIVEIRA, 2003).

Os sensores de temperaturas utilizados nesta aplicação foram os do tipo sonda DS18B20, muito comuns no mercado nacional e bastante utilizados pela sua robustez, eficiência e praticidade no uso e coleta de temperaturas em ambientes secos ou úmidos, bem como imersos na água que é o objeto desta aplicação (FILIPFLOP, 2022).

3.1.6 Software

Os softwares embarcados neste projeto foram desenvolvidos em Python e Micropython, ambos softwares livres, utilizando o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE - *Integrated Development Environment*, software que auxilia no desenvolvimento de aplicações de maneira mais rápida, muito utilizado por desenvolvedores, com o objetivo de facilitar diversos processos (ligados ao desenvolvimento), que combinam ferramentas comuns em uma única interface gráfica do usuário ou Interface Gráfica do Usuário (GUI - *Graphical User Interface*) (BRITO, 2020).

Estas IDEs auxiliam em todo o processo de desenvolvimento de uma aplicação, provendo diversos benefícios, como a análise de todo o código a ser escrito para identificar *bugs* causados durante a construção de trechos do códigos da aplicação (LIMA, 2017).

3.2 Biometria dos peixes

A medição do peixe refere-se à medição do comprimento de cada peixe e de várias partes da sua anatomia. Esses dados de tamanho são usados em muitas áreas da ictiologia, taxonomia e biologia pesqueira (MUSTAFA *et al.*, 2016). É através da medição das tilápias durante o ciclo de criação que acontecem a checagem, avaliação e validação dos parâmetros para alimentar os peixes.

Estes parâmetros alimentares descritos na aplicação estão de acordo com a conversão alimentar existentes na literatura e aplicados à planta. Na Figura 10 é apresentado a evolução de crescimento de tilápia do Nilo através da biometria. Assim, tilápia na fase de recria juvenil, fase de crescimento e fase de engorda, respectivamente mostrados.

Figura 10: Acompanhamento da biometria de tilápia



Fonte: Próprio autor.

O acompanhamento da biometria é necessário pois para cada fase de crescimento das tilápias é definido um tipo de ração com propriedades nutritivas e tamanhos diferenciados. Geralmente as rações são comercializadas prontamente para serem distribuídas, isto é, sem a necessidade de misturas adicionais, com fórmulas nutricionais de acordo com as necessidades de cada fase de crescimento dos peixes.

As rações podem ser moída ou em peletes, como mostrado na Figura 11. Cada criador deverá observar, através da biometria, o tamanho correto de ração a ser fornecida. É importante que o tamanho da ração seja menor do que a boca do peixe a ser alimentado. Parece óbvio, mas quanto menor o tempo de exposição da ração na água melhor

o aproveitamento desta e menos perdas. A ração deverá ser consumida enquanto flutua. A ração que vai para o fundo do tanque é desperdiçada.

3.2.1 Manejo alimentar

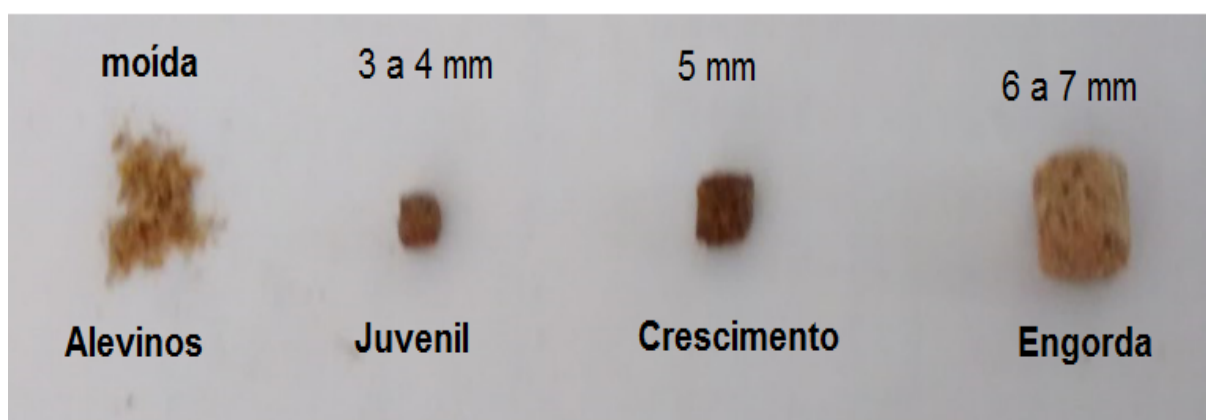
A oferta da ração foi baseada no peso médio dos animais, sendo a quantidade total de ração o resultado da taxa de alimentação multiplicada pelo peso vivo total dos animais. A frequência alimentar foi definida com base em estudos anteriores realizados pelo autor de acordo com as fase de crescimento dos peixes, em ambos os períodos cultivados e adaptando valores de acordo com Oliveira (2007), num menor tempo de cultivo, foi alcançado por peixes tratados com 4,0% do peso vivo, com intervalo de 22 minutos entre as alimentações e frequência de 48 vezes/dia, sendo a alimentação interrompida no período de 6 horas durante a madrugada (OLIVEIRA, 2010).

Os valores da frequência alimentar foram adaptados por se tratar de um sistema superintensivo de cultivo e os dados de pesquisa, na maioria dos casos, o cultivo era realizado em tanques rede ou sistemas semi-intensivos. A correção diária da oferta de alimento foi programada na IHM do Alimentador Inteligente, com base no ganho de peso diário estimado pela conversão alimentar esperada de cada ciclo de pesagem dos animais. A taxa de alimentação foi alterada quando ocorriam sobras. No primeiro período de cultivo, a correção diária da oferta de acordo com o ganho é obtida pelo cálculo teórico da conversão sobre a ração oferecida, sendo que no segundo período foi acrescentado a temperatura nos parâmetros da correção alimentar.

3.2.2 O fornecimento automático de rações

Na primeira etapa do projeto, todo o alimento para os animais foi fornecido através do Alimentador automático (CLP) e na segunda etapa pelo Alimentador Inteligente (ESP8266). Para dar início ao sistema, já com as sondas de temperatura, OD, PH dentro do tanque de criação, após posicionar e abastecer o dispensador com a ração específica dada a fase de desenvolvimento das tilápias.

Figura 11: Tipos de rações para tilápias



Fonte: Próprio autor.

Na primeira fase, o CLP controlava a planta, inclusive o arraçamento para os animais. Na segunda fase, se manteve o CLP como interface da qualidade da água com o monitoramento das sondas e o Alimentador Inteligente no controle alimentar ligado separadamente á uma tomada da rede elétrica 220V, recebendo o sinal da sonda de temperatura para a tomada de decisão. As configurações de volume de ração, quantidade de vezes a alimentar por dia devem ser configuradas diretamente na IHM de acordo com a Tabela 3, Estocagem e arraçamento para o primeiro período de manejo alimentar e a Tabela 5 para o segundo período de cultivo.

A Tabela 3 contém as seguintes colunas:

- semana de cultivo;
- número de dias corrente referido ao número de semanas;
- biomassa recomendada a ser cultivada em tanques rede em kg por metro cúbico (SANDOVAL *et al.*, 2013);
- o percentual da ração a ser fornecida em relação a biomassa para cada fase de cultivo;
- o peso médio estimado dos animais, em gramas;
- Estocagem, quantidade de animais no tanque; Até 600 alevinos por metro cúbico em viveiros (SANDOVAL *et al.*, 2013).
- A Biomassa estimada no viveiro, em gramas, pode ser obtido por,

$$V_{Bio} = B_{PM} \cdot E_{QT}, \quad (3.1)$$

em que V_{Bio} é o volume total da biomassa dentro do tanque, em gramas; B_{PM} é a biomassa média dos peixes; e E_{QT} é a estocagem, quantidade de peixes no tanque.

- O Volume semanal de ração a ser lançada no viveiro, em gramas, pode ser calculado por,

$$V_{RS} = V_{Bio} \cdot \%_{VRF} \cdot 7, \quad (3.2)$$

em que V_{RS} é o volume semanal de ração, em gramas ; V_{Bio} é o volume total da biomassa dos peixes; e $\%_{VRF}$ é o percentual do volume de ração a ser fornecida.

A partir da 21ª semana de cultivo o volume semanal de ração a ser lançada no viveiro deve ser reduzido em 50%, e pode ser calculado por,

$$V_{RS} = V_{Bio} \cdot \%_{VRF} \cdot 7 \cdot 50\%, \quad (3.3)$$

- O tempo em que o motor do dosador permanece ligado, em milissegundos, fornecendo alimento ao viveiro, pode ser calculado por

$$T_{Motor} = \frac{V_{SR}}{7 \cdot V_{AI} \cdot F_{AI}} \cdot 1000, \quad (3.4)$$

em que T_{Motor} é o tempo em que o motor permanece ligado; V_{RS} é o volume semanal de ração; V_{AI} é a vazão do alimentador; e F_{AI} é a frequência alimentar diária.

- consumo estimado acumulado de ração em gramas, no período de cultivo; e ainda, outras informações apresentadas:

- O índice de conversão alimentar esperado, pode ser calculado por,

$$I_{CA} = \frac{V_{RSa}}{V_{BioE}}, \quad (3.5)$$

em que I_{CA} é o índice de conversão alimentar esperado para o período de cultivo; V_{RSa} é o volume de ração acumulada na semana final de cultivo; e V_{BioE} é o volume total estimado da biomassa dos peixes no final do cultivo.

- O índice de conversão alimentar alcançado, pode ser calculado por,

$$I_{CAf} = \frac{V_{RSa}}{V_{BioF}}, \quad (3.6)$$

em que I_{CAf} é o índice de conversão alimentar atingido no final do cultivo; V_{RSa} é o volume de ração acumulado no final do cultivo; e V_{BioF} é o volume total da biomassa dos peixes alcançado no final do cultivo.

- A perda de ração, em quilogramas, pode ser obtida por,

$$P_R = V_{RSa} \cdot (I_{CA} - I_{CAf}), \quad (3.7)$$

em que P_R é a perda de ração calculada no final do cultivo; V_{RSa} é o volume de ração acumulada no final de cultivo; I_{CA} é o índice de conversão alimentar esperado para o período de cultivo; e I_{CAf} é o índice de conversão alimentar atingido no final do cultivo.

- O percentual de custo com a perda de ração, pode ser calculado por,

$$\%P_R = \frac{V_{RSa}}{P_R} \cdot 100, \quad (3.8)$$

em que $\%P_R$ é o percentual de perda de ração calculada no final do cultivo; V_{RSa} é o volume de ração acumulada no final de cultivo; e P_R é a perda de ração calculada no final do cultivo;

Na Tabela 4, é apresentado por semana de cultivo os dados de volume de ração, o consumo aparente e o volume estimado de ração dentro do silo, o abastecimento do silo em gramas, as sobras, em gramas, retiradas na troca de rações para o primeiro período de cultivo.

Tabela 3: Estocagem e arração Primeiro Período

Vazão do Alimentador(gr / s) ¹			10	nº vz / dia ²	4	6			
Semanas de cultivo	nº de dias	Biomassa recomendada kg/m³	% ração fase de cultivo	Biometria até (g)	Estocagem até 600/m³	Biomassa total no tanque (g)	Volume semanal ração (g)	tempo ligado (ms)	Consumo de Ração (g)
	6	42	15	4	36	20	720	202	720
	7	49	17,5	4	42	20	840	235	840
	8	56	20	4	48	20	960	269	960
	9	63	22,5	4	54	20	1.080	302	1080
	10	70	25	4	60	20	1.200	336	1200
	11	77	33	5	110	20	2.200	770	2750
	12	84	36	5	120	20	2.400	840	3000
	13	91	39	5	130	20	2.600	910	3250
	14	98	42	5	140	20	2.800	980	3500
	15	105	45	5	150	20	3.000	1050	3750
	16	112	48	5	160	20	3.200	1120	4000
	17	119	51	5	170	20	3.400	1190	2833
	18	126	54	5	180	20	3.600	1260	3000
	19	133	57	5	190	20	3.800	1330	3167
	20	140	60	5	200	20	4.000	1400	3333
	21	147	87,5	2	700	20	14.000	980	2333
	22	154	95	2	728	20	14.560	1019	2427
	23	161	97	2	760	20	15.200	1064	2533
	24	168	100	2	800	20	16.000	1120	2667
	25	175	103	2	830	20	16.600	1162	2767
pmf					540	20	10.800		
índice de conversão alimentar esperado				1,06					
índice de conversão alimentar alcançado				1,62					
diferença				-0,57		Perda de ração (g)			
						-6.128			

¹ A partir da 21ª semana reduzir a ração em 50%² A partir da 17ª semana aumentar a frequência alimentar de 4 para 6 vezes ao dia

Pmf = peso médio final

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4: Acompanhamento do Abastecimento do silo de Ração

Primeiro período						
semana	Volume em litros ração (g)	consumo aparente (g)	Volume no silo (g)	Abastecimento do silo (g)	Volume acumulado (g)	sobra (g)
1						
2						
3						
4						
5				880		
6	202	202	678		880	
7	235	437	443		880	
8	269	706	174	880	880	
9	302	1.008	752		1.760	
10	336	1.344	416	1.600	1.760	416
11	770	2.114	1.600		3.360	
12	840	2.954	760	1.600	3.360	
13	910	3.864	1.450		4.960	
14	980	4.844	470	1.600	4.960	
15	1.050	5.894	1.020	800	6.560	
16	1.120	7.014	700	800	7.360	
17	1.190	8.204	310	1.600	8.160	
18	1.260	9.464	650	1.600	9.760	
19	1.330	10.794	920	1.600	11.360	
20	1.400	12.194	1.120	1.360	12.960	1.120
21	980	13.174	1.360	680	14.320	
22	1.019	14.193	1.021	1.360	15.000	
23	1.064	15.257	1.317	680	16.360	
24	1.120	16.377	877	680	17.040	
25	1.162	17.539	395		17.720	395
				1.760		
				11.200		
				4.760		
				17.720		
					Total Sobras (g)	1.931

Real consumo Ração (g) 15.608

Fonte: Próprio Autor

No segundo período de cultivo mostrado na Tabela 5, foram utilizados as mesmas fórmulas matemáticas de modelagem da Tabela 3, acrescentando a coluna volume do consumo real acumulado de ração, em quilogramas, pode ser calculado por,

$$V_{RSr} = \frac{V_{RS1}}{1000} + V_{RSa} - S_{Rs}, \quad (3.9)$$

em que V_{RSr} é o volume do consumo real acumulado de ração; V_{RS1} é o volume de ração da semana anterior de cultivo; V_{RSa} é o volume de ração acumulada na semana de cultivo; e S_{Rs} é a sobra de ração existente dentro do silo na semana de cultivo.

Nestes casos, a sobra de ração era pesada, devolvida ao silo e deduzida do abastecimento.

Tabela 5: Estocagem e arração (Segundo Período)

Vazão do Alimentador(gr / s) ¹		10	nº vz / dia ²	6	8						
Semanas cultivo	nº de dias	Biomassa recomendada kg/m³	% ração fase cultivo	Biometria até (g)	Estocagem até 600/m³	Biomassa total tanque (g)	Volume semanal ração (g)	tempo ligado (ms)	Consumo Ração estimado (g)	Economia ração (g)	Consumo Ração Real (g)
25		175	67,5	2	580	15	8.700	609	1.450	609	609
26		182	87,5	2	700	15	10.500	735	1.750	1.344	1.344
27		189	95	2	728	15	10.920	764	1.820	2.108	2.108
28		196	97	2	760	15	11.400	798	1.900	2.906	2.000 906
29		203	100	2	800	15	12.000	840	2.000	3.746	1.746
30		210	103	2	824	15	12.360	865	1.545	4.612	2.612
31		217	105	2	840	15	12.600	882	1.575	5.494	3.494
32		224	108	2	864	15	12.960	907	1.620	6.401	4.401
33		231	111	2	888	15	13.320	932	1.665	7.333	2.000 3.333
34		238	114	2	912	15	13.680	958	1.710	8.291	4.291
35		245	117	2	936	15	14.040	983	1.755	9.274	5.274
36		252	120	2	960	15	14.400	1.008	1.800	10.282	6.282
37		259	123,5	2	988	15	14.820	1.037	1.853	11.319	7.319
38		266	126	2	1.008	15	15.120	1.058	1.890	12.377	8.377
39		273	130	2	1.040	12	12.480	874	1.560	13.251	2.000 7.251
40		280	134	2	1.072	12	12.864	900	1.608	14.151	8.151
41		287	138	2	1.104	12	13.248	927	1.656	15.079	9.079
42		294	143	2	1.144	12	13.728	961	1.716	16.040	2.000 8.040
43		301	146	2	1.168	12	14.016	981	1.752	17.021	9.021
44		308	148	2	1.184	12	14.208	995	1.776	18.015	10.015
45		315	150	2	1.200	12	14.400	1.008	1.800	19.023	850 10.173
pmf				720	12	8.640	sub		19.023	8.850	10.173
índice de conversão alimentar esperado				1,32							
índice de conversão alimentar alcançado				1,18							
diferença				0,14			Economia ração (g)		1.241		
						Custo	%	12,19			

¹ A partir da 21ª semana reduzir a ração em 50%² A partir da 29ª semana aumentar a frequência alimentar de 6 para 8 vezes ao dia

Pmf = peso médio final

Fonte: Próprio Autor

A Tabela 6, foi utilizada para o segundo período de cultivo dos peixes e seguiu o mesmo formato do primeiro período.

Tabela 6: Acompanhamento do Abastecimento do silo de Ração

Segundo Período						
semana cultivo	Consumo aparente ração (g)	consumo aparente acumulado (g)	Volume silo (g)	Abastecimento silo (g)	sobra (g)	Abastecimento acumulado (g)
1	609	609	1.431	2.040		2.040
2	735	1.344	696			2.040
3	764	2.108	1.292	1.360		3.400
4	798	2.906	494			3.400
5	840	3.746	1.014	1.360		4.760
6	865	4.612	148			4.760
7	882	5.494	626	1.360		6.120
8	907	6.401	1.759	2.040		8.160
9	932	7.333	827			8.160
10	958	8.291	1.909	2.040		10.200
11	983	9.274	926			10.200
12	1.008	10.282	1.958	2.040		12.240
13	1.037	11.319	921			12.240
14	1.058	12.377	1.903	2.040		14.280
15	874	13.251	1.029			14.280
16	900	14.151	2.169	2.040		16.320
17	927	15.079	1.241			16.320
18	961	16.040	1.640	1.360		17.680
19	981	17.021	659			17.680
20	995	18.015	1.025	1.360		19.040
21	1.008	19.023	17		17	19.040
Total	19.023			19.040		

17

Real consumo Ração (g) 10.157

Fonte: Próprio Autor

Com base na Tabela 7, faixas de temperatura a serem consideradas para o fornecimento de ração e por observação de acompanhamento diário de hábitos alimentares das tilápias no tanque de criação na primeira fase, foi desenvolvido o programa com a lógica de alimentação para a segunda fase do projeto.

Tabela 7: Faixas de temperaturas da água °C e desempenho esperado para os principais peixes tropicais cultivados comercialmente.

Temperatura (°C)	Resposta Esperada
> 34	Maior incidência de doenças e mortalidade crônica
31 a 34	Redução no consumo de alimentos e no crescimento
26 a 30	Crescimento ótimo
< 22	Consumo de alimento e crescimento são bastante reduzidos
< 18	Consumo de alimento e crescimento praticamente cessam
10 a 15	Faixa letal para a maioria dos peixes tropicais

Fonte: Manual de criação de peixes em tanques redes (SANDOVAL *et al.*, 2013)

3.2.3 Correção alimentar

Na segunda fase do projeto, foi aplicado a correção no volume diário de ração a ser ofertada de acordo com a temperatura da água. Os volumes calculados foram adaptados de acordo com a Tabela 8, apresentada por Carmelin Júnior (2018) em sua pesquisa.

Tabela 8: Correção Alimentar pela temperatura da água °C

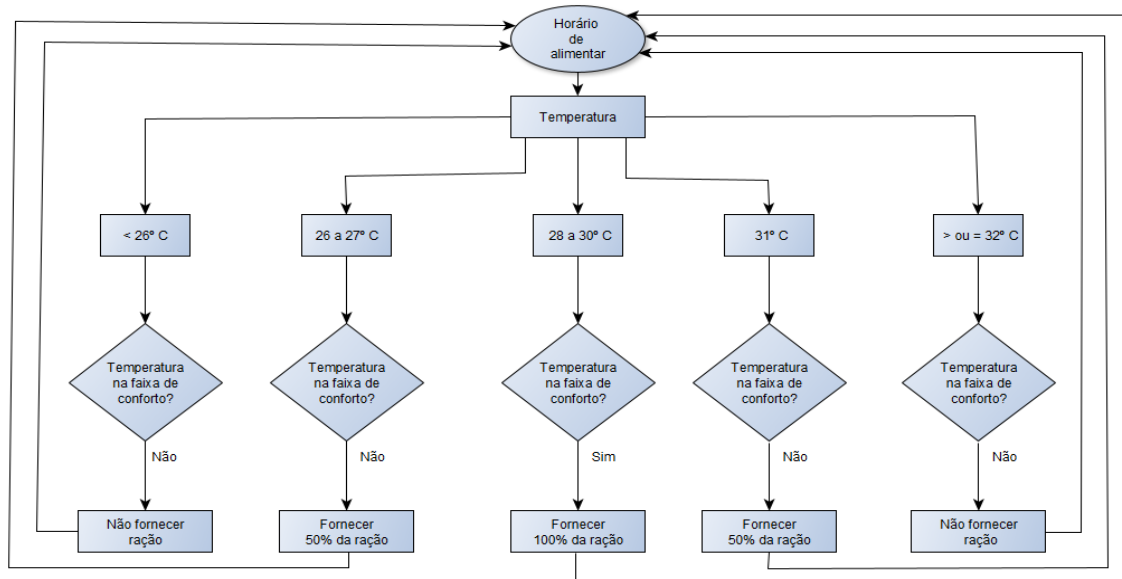
Temperatura (°C)	% de redução
> ou = 32	100
31	50
28 a 30	0
26 e 27	50
< 26	100

Fonte: Adaptado de Ajuste do fornecimento automático de ração de acordo com a temperatura da água para tilápias criadas em tanques rede (CARMELIN JÚNIOR, 2018)

Na Tabela 8 são apresentados os dados de correção da oferta de ração de acordo com a temperatura, sendo na faixa entre 28 e 30 °C foi fornecida 100% da ração diária. A 31 °C, esta oferta foi automaticamente reduzida para 50% do total, e igual ou maior que 32 °C não foi fornecida ração, bem como abaixo de 26 °C não foi fornecido ração. Nas faixa de 26 a 27 °C, a redução também foi de 50% do volume total.

Como as porções de rações são fracionadas durante o dia, o controlador checa a temperatura da água instantaneamente antes do acionamento do atuador e decide, de acordo com a faixa de temperatura, o volume de ração a ser lançada ou não para os animais no tanque. O diagrama do fluxo de alimentação de acordo com a temperatura é mostrado na figura 12.

Figura 12: Diagrama do fluxo de alimentação de acordo com a temperatura.



Fonte: Próprio autor.

3.3 Considerações finais do capítulo

A criação de um sistema auxiliar e eficaz para realizar este experimento foi sumariamente importante, pois foi possível criar um ambiente com condições mínimas necessárias para a sobrevivência dos animais em confinamento.

Através das citações feitas neste trabalho, é possível notar um grande esforço e parceria da piscicultura com a tecnologia. Esse esforço em conjunto, proporciona o desenvolvimento de pesquisas na aquicultura e eleva o nível de conhecimento sobre a criação de animais aquáticos na comunidade científica. Dessa forma, a tecnologia cumpre mais uma vez com o seu papel de promover o conhecimento educacional e o de contribuir na qualidade e uniformidade dos serviços nas cadeias produtivas, uma vez que propicia o desenvolvimento científico e educacional dos profissionais da área. Certamente, beneficiando não só a comunidade científica, mas também professores e alunos que veem na tecnologia uma ferramenta essencial para a evolução da piscicultura e na produção de outros organismos aquáticos para a sobrevivência da raça humana.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Antes de expor os resultados experimentais do protótipo Alimentador Inteligente, é necessário apresentar alguns dos equipamentos e ferramentas que também foram desenvolvidos para validar o uso do protótipo Alimentador Inteligente. O aplicativo desenvolvido para acompanhamento em tempo real do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água no tanque dos peixes. Através deste, é possível configurar os limite máximos e mínimos para cada sensor e estabelecer alarmes caso haja discrepância nos valores medidos pelas sondas dentro do tanque. Alarmes via e-mail e SMS são disparados para os celulares cadastrados dos administradores e responsáveis pela fazenda.

Através do aplicativo é possível verificar também a situação dos atuadores, como filtro, aeradores e Alimentador. É informado na tela de estado, do aplicativo, 0 para inativo e 1 para ativo, e pode ser visto nas telas de acompanhamento por aplicativo móvel, tablet e computador. Os dados gerados são armazenados em nuvem e podem ser recuperados no formato texto.csv e tratados via tabelas tipo MS Excel, LibreOffice Calc, bloco de notas .txt, dentre outros.

Na Figura 13 é mostrado a captura de imagem dos animais no tanque criatório com o aerador em funcionamento e a disposição das sondas de monitoramento de qualidade da água, no tanque.

Figura 13: Tanque criatório



Fonte: Próprio autor.

4.1 Resultados obtidos com o uso do Alimentador Inteligente

Os resultados apresentados são comparativos por período de cultivo, ou seja, os resultados obtidos no primeiro período de cultivo onde foi usado um alimentador automatizado por CLP e no segundo período de cultivo o Alimentador Inteligente utilizando a temperatura da água como parâmetro de controle do arraçoamento.

Figura 14: Tilápia do Nilo



Fonte: Próprio autor.

Os dados coletados, foram extraídos de acordo com as tabelas de acompanhamento de cultivo dos peixes em cada período, dos dados coletados pelo CLP e enviados para o banco de dados, arquivos de imagens e anotações pessoais, estão apresentados na forma de gráficos. Na Figura 14, a foto do peixe exibida, foi coletada no final do segundo período, a tilápia com 720 gramas.

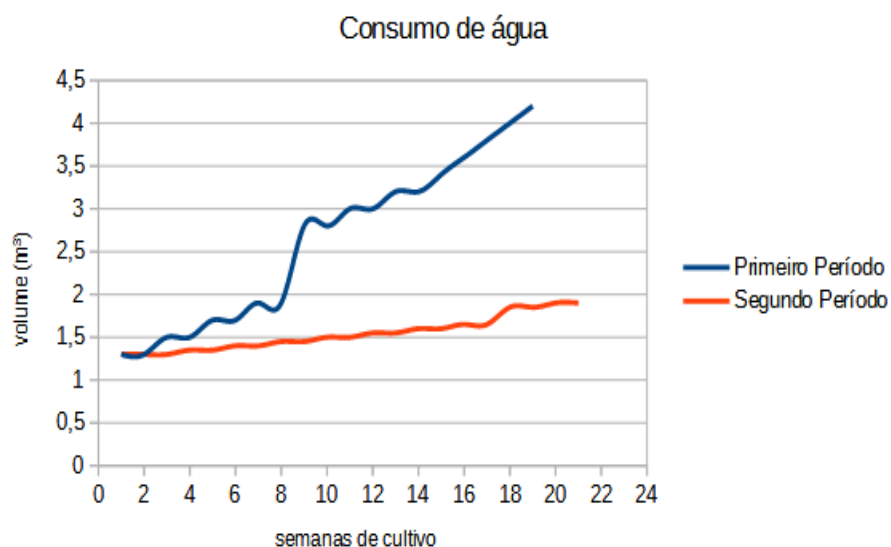
O consumo de água apresentado no gráfico da Figura 15, foi contabilizado o abastecimento inicial de cada período, as retiradas periódicas de limpeza dos tanques para retirar os excessos das sobras de alimento e as reposições realizadas para completar os níveis de água nos tanques de modo a manter a circulação constante da água entre tanques. Não foi contabilizado separadamente as perdas por evaporação. Foram consumidos aproximadamente 4200 litros de água no primeiro período e 1900 litros no segundo período.

O gráfico mostrado na Figura 16, representa o consumo de ração utilizada para abastecer o silo do alimentador durante todos os períodos de cultivo dos animais. Este consumo não implica na ração que foi consumida pelos peixes e sim, todo o volume de ração mobilizada, sendo:

* No primeiro período

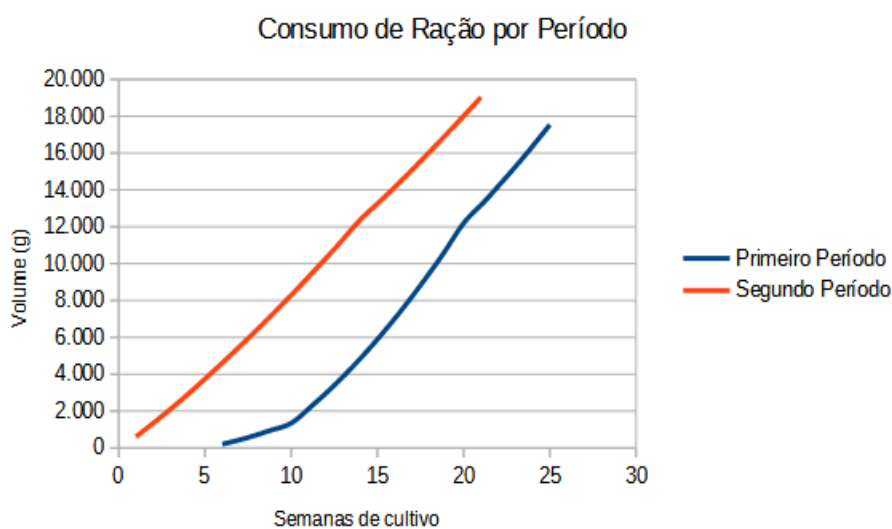
- aproximadamente 1.760 gramas de ração para tilápias na fase de recria (juvenil)
- aproximadamente 11.200 gramas de ração para tilápias na fase de crescimento

Figura 15: Consumo de Água



Fonte: Próprio Autor

Figura 16: Consumo de ração por período



Fonte: Próprio Autor

- aproximadamente 4.760 gramas de ração para tilápias na fase de engorda

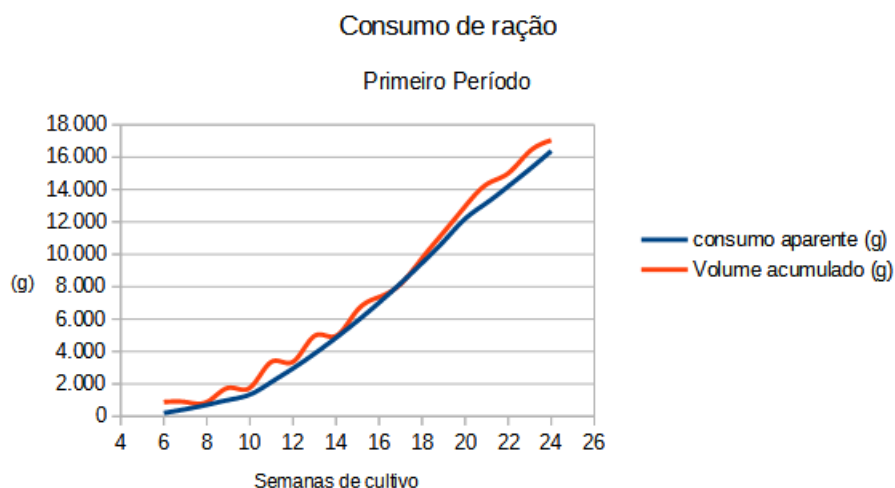
acumulando, aproximadamente, o total de 17.720 gramas de ração que foram utilizados para abastecer o silo do alimentador no primeiro período de cultivo.

* No segundo período

- aproximadamente 19.040 gramas de ração para tilápias na fase de engorda.

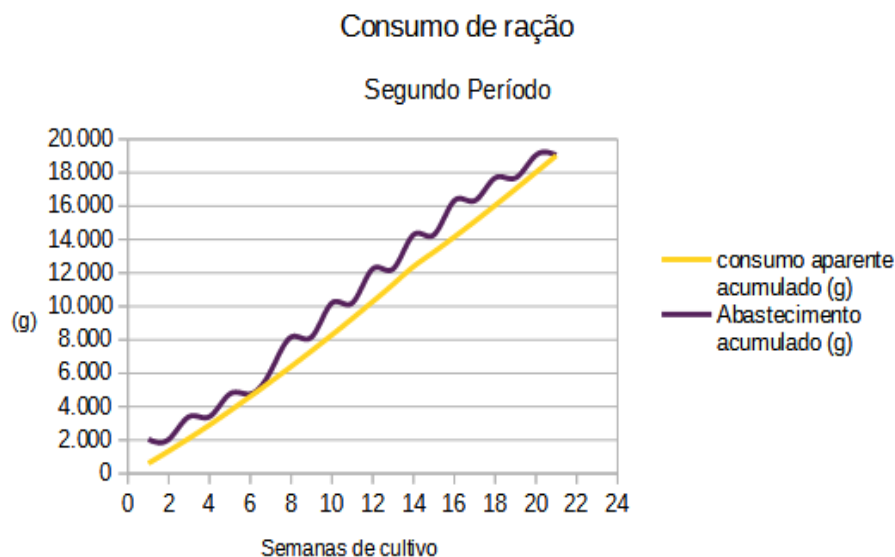
Os gráficos da Figura 17 e 18, representam os volumes acumulados de ração pelos consumos aparente de cada período de cultivo.

Figura 17: Consumo de ração primeiro período



Fonte: Próprio Autor.

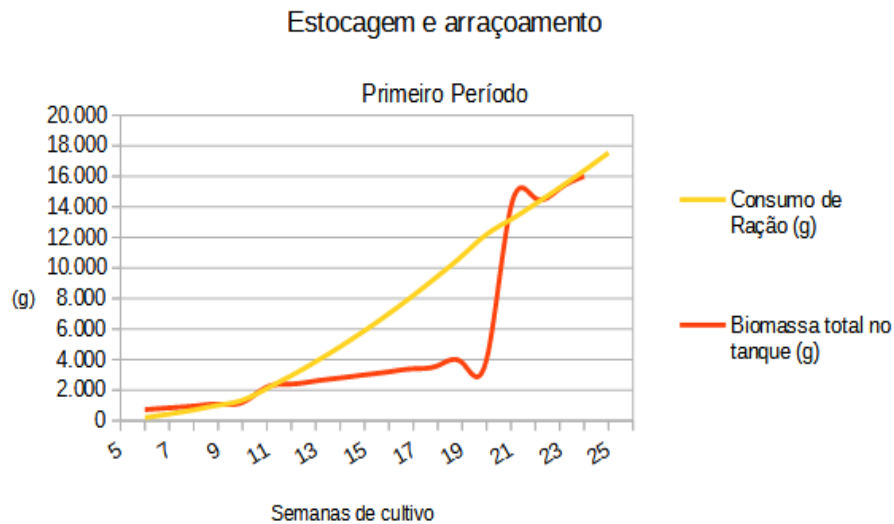
Figura 18: Consumo de ração segundo período



Fonte: Próprio Autor.

O gráfico mostrado na figura 19, representa o volume da biomassa de animais no tanque pelo consumo aparente de ração para o primeiro período de cultivo. Observado no gráfico, na curva do consumo de ração que a oferta de ração foi crescente e superior à biomassa no tanque, não oscilando com a variação da biomassa.

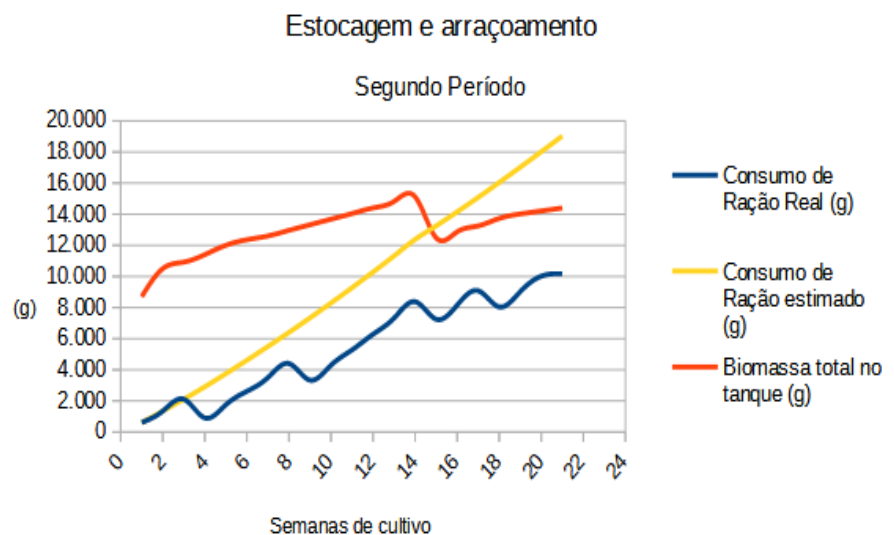
Figura 19: Estocagem x consumo de ração aparente para o primeiro período



Fonte: Próprio Autor.

Enquanto que o gráfico da Figura 20, mostra o volume da biomassa de estocagem no tanque, o consumo estimado e o consumo aparente de ração para o segundo período de cultivo.

Figura 20: Estocagem x consumo de ração estimado x consumo de ração aparente para o segundo período



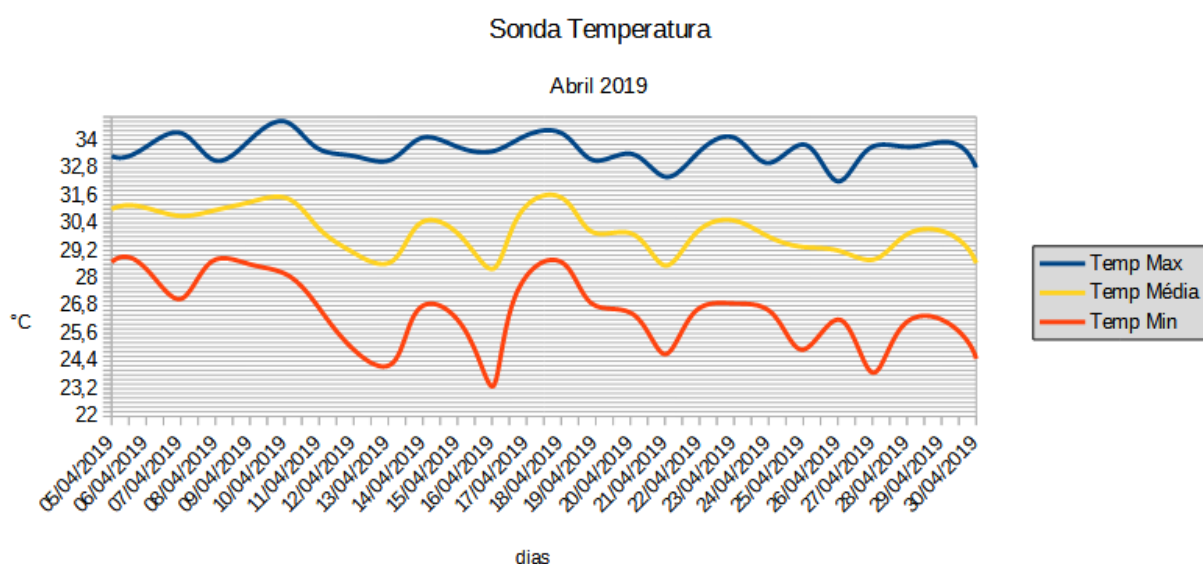
Fonte: Próprio Autor.

Importante observar nas curvas do gráfico da Figura 20, que o consumo real de ração oscila de acordo com a biomassa dentro do tanque e fica abaixo do consumo de ração estimado devido ao uso da temperatura com parâmetro de controle de arraçoamento pelo alimentador inteligente.

Os dados da temperatura mostrado na Figura 21, foram coletadas no tanque criatório dentro do primeiro período de cultivo no mês de abril de 2019. Os valores correspondem às temperaturas máxima, mínimas e a média das temperaturas alcançadas durante o dia e anotadas pelo CLP.

Este monitoramento não foi usado no controle alimentar.

Figura 21: Monitoramento da temperatura no tanque

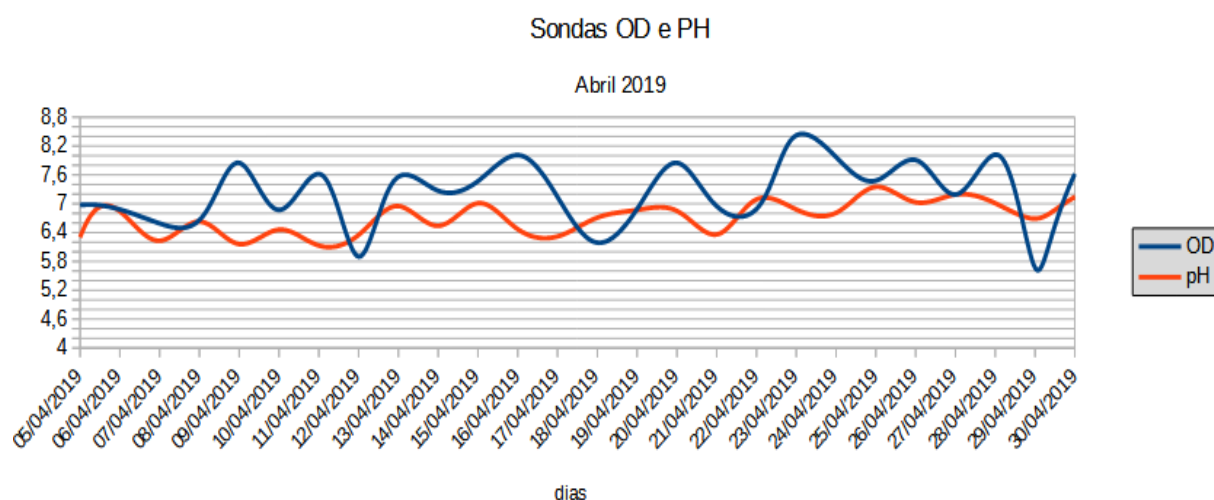


Fonte: Próprio Autor.

Vale salientar que observando as curvas de temperatura máxima na Figura 21, superior a 34°C, na água do tanque de cultivo, excedem a faixa de temperatura de conforto alimentar dos animais que é de 28 a 30°C segundo Carmelin Júnior (2018).

O gráfico mostrado na figura 22, foram extraídos dos valores monitorados da água, via CLP, no tanque criatório no mês de abril de 2019, dentro do primeiro período de cultivo. Os valores referentes ao OD foram usados no controle do acionamento dos aeradores, assim, mantendo os níveis de oxigênio dissolvido da água dentro do tanque com os animais acima de 5,8 mg/L e pH próximo a 6,0 mg/L, níveis ideais segundo a literatura (VIAZZI *et al.*, 2015), (SABERIOON; CISAR, 2016), (BRITO *et al.*, 2017) para um bom desenvolvimento dos peixes.

Figura 22: Monitoramento do OD e do pH no tanque



Fonte: Próprio Autor.

Os gráficos das temperatura no segundo período de cultivo mostrados nas Figuras 23 e 24, se referem às temperaturas máximas, mínimas e médias registradas nos meses de setembro e outubro de 2019, dentro do segundo período. Observando que existem picos de temperatura fora da faixa de conforto alimentar dos animais.

No segundo período de cultivo, o controle alimentar por temperatura, foi implementado e usado no Alimentador Inteligente evitando dispensar ou reduzindo a oferta de ração nos horários onde a temperatura da água no tanque estivesse fora da faixa de conforto dos animais.

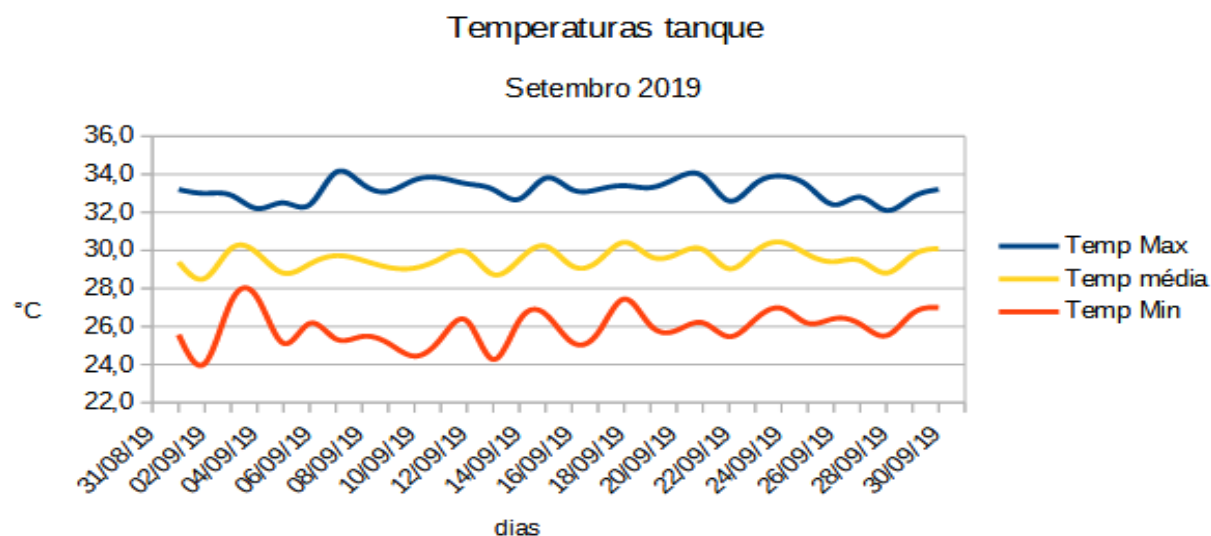
4.2 Discussões

Os peixes controlam a temperatura do corpo de acordo com a temperatura do seu *habitat*, ou seja, são animais pecilotérmicos e tem seu metabolismo influenciado pela temperatura ambiente, apresentando uma zona de conforto térmico diferente para cada espécie (CHERVINSKI, 1982).

Ainda segundo Chervinski (1982), Cnaani, Gall & Hulata (2000) e El-Sayed & Kawanna (2008), a faixa de temperatura ideal para o cultivo de tilápias é de 25 a 32°C. Quando a temperatura está abaixo da zona de conforto térmico as tilápias diminuem seu metabolismo e consomem menos ração, além de diminuem sua resposta imunológica (CARMELIN JÚNIOR, 2018).

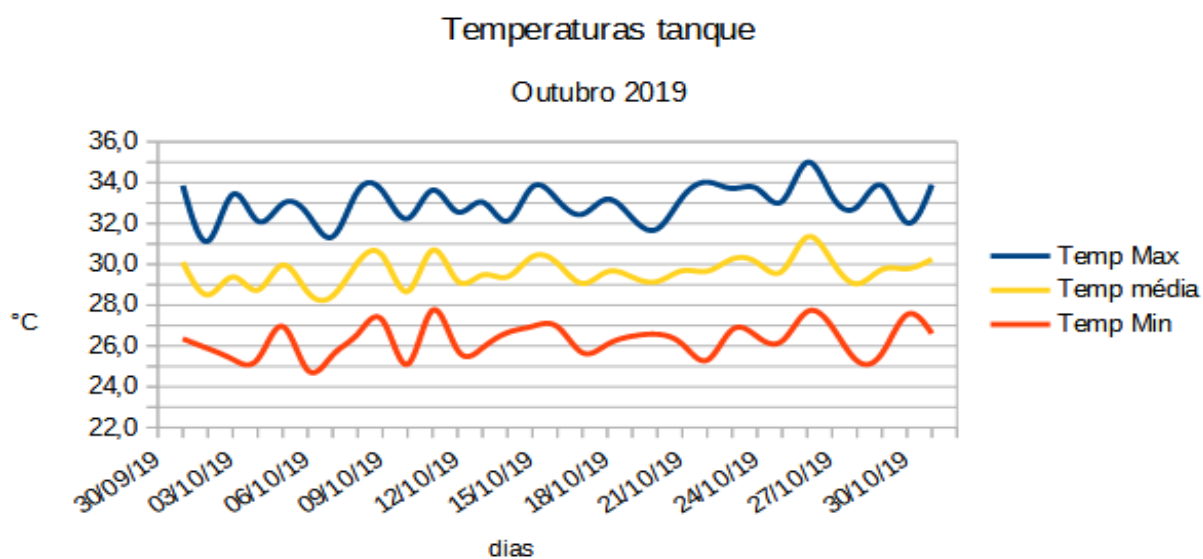
De acordo com Campana *et al.* (1996), Loures *et al.* (2001) e Piana, Baumgartner & Gomes (2003) a temperatura é um dos fatores que mais influenciam no desempenho dos animais, afetando o consumo de oxigênio e a atividade alimentar. E segundo Moura *et al.* (2007) que avaliaram o desempenho de tilápias criadas a temperaturas de 20, 24, 28 e 32°C, os autores constataram que à temperatura de 20°C o crescimento e a conversão alimentar ficam comprometidos, ocorrendo sobras de alimento devido a diminuição do consumo de ração pelos peixes.

Figura 23: Monitoramento da temperatura no segundo período



Fonte: Próprio Autor.

Figura 24: Monitoramento da temperatura no segundo período



Fonte: Próprio Autor.

E Workagegn *et al.* (2012), concluíram que juvenis de tilápia criados em temperaturas entre 30 e 32°C, com três refeições diárias e taxa de alimentação de 10%, foram os que apresentaram os melhores resultados para desempenho. Outrossim Azaza, Dhraïef & Kraïem (2008) verificaram que o melhor desempenho em uma faixa de temperatura mais baixa, 26 e 30°C, quando as tilápias foram criadas em aquários e alimentadas até a saciedade de duas em duas horas.

De acordo com o experimento, foi observado que os animais preferiram se alimentar no período onde a temperatura estava mais próxima de seu conforto térmico, ou seja, no segundo período de cultivo, indicando que, quando são criados em cativeiro, alimentados somente com a ração como fonte de alimento, os animais apresentam melhor crescimento no período em que a temperatura da água está mais próxima de seu conforto. Comparando o conjunto de tecnologias utilizadas na obtenção dos resultados no primeiro e segundo períodos deste experimento através da utilização de equipamentos desenvolvidos para o uso de monitoramento da qualidade da água, auxiliando o Alimentador inteligente na criação de tilápias em cativeiro num sistema superintensivo.

Durante grande parte do período experimental, o oxigênio dissolvido se manteve na faixa ideal para o cultivo de tilápias. Pois havia o controle de aeração para manter os níveis de OD próximo a 5,00mg/L. Este valor médio, está dentro da faixa recomendada para a aquicultura (BOYD, 1990), (VIAZZI *et al.*, 2015), (AGOSTINHO; CONTESSOTI; AGOSTINHO, 2014), (SABERIOON; CISAR, 2016) e (BRITO *et al.*, 2017).

Durante todo ciclo do experimento houve picos de temperatura que atingiram 33,9°C. Tendo em vista este valor de temperatura alta da água, é importante salientar a necessidade no corte do fornecimento de ração, o que não aconteceu no primeiro período do experimento, já que quando os animais se alimentam, aumenta o consumo de oxigênio e, caso o oxigênio dissolvido esteja baixo, os peixes não terão oxigênio suficiente para o metabolismo e digestão, podendo vir a óbito. O oxigênio dissolvido se manteve estável na faixa de conforto dos dos peixes durante todo o experimento, suprimindo as necessidades dos animais durante o período experimental.

Evidencia-se a importância de aferir a temperatura e o oxigênio a cada 30 minutos, a fim de fornecer a quantidade correta de alimento no instante exato do fornecimento, estando o oxigênio dissolvido e a temperatura da água de acordo com as necessidades dos animais. Mesmo que o valor médio esteja dentro das necessidades, existem picos de oxigênio e temperatura fora do conforto dos animais, sendo necessário o corte do fornecimento de ração.

Vale salientar que este experimento foi dividido em dois períodos e no segundo período deste experimento foi usado o controle de temperatura para o controle de alimentação, enquanto que no primeiro período não usou-se este recurso, e no que diz respeito ao controle de oxigênio dissolvido foi usado durante todo o ciclo de cultivo, ou seja, nos dois períodos do experimento. Comparando os dados do presente experimento com os da literatura e para que fossem fidedignos são os motivos para se ter dividido em dois períodos este experimento, assim sendo, se teriam as mesmas condições para se comparar os resultados entre períodos de cultivo dos animais, já que os dados da literatura divergem dos dados alcançados com este experimento.

As correções de oferta de ração de acordo com a temperatura foram feitas com base nestas faixas de conforto térmico, e quando a temperatura da água foi superior a 31°C e entre 26 e 27°C as correções foram de 50% da taxa de alimentação prevista, e para as temperaturas acima de 32°C e abaixo de 26°C não foram oferecidas nenhuma ração. Isto proporcionou a economia de ração, uma vez que o apetite do peixe diminui quando a temperatura da água está acima ou abaixo de seu conforto térmico.

Mesmo os animais com o peso médio de 720 gramas, atingido no final do cultivo, foi abaixo do estimado que seria 1200 gramas para tanques-redes, ainda assim, considerado um resultado satisfatório para o viveiro utilizado. As taxas de conversão alimentar no primeiro período foram estimada em 1,06 e alcançado 1,62, tendo uma diferença de negativa de 0,57, o que representa uma perda de mais de 6 kg de ração. A perda de ração representa 34,94% do custo de rações utilizadas no primeiro período. Já as taxas de conversão alimentar no

segundo período de cultivo foram estimadas em 1,32 e alcançado 1,18 com uma diferença positiva de 0,14, no período analisado e que representou uma economia de aproximadamente 1,2 kg de ração. A economia de ração representou 12,19 % do custo da ração utilizada no segundo período.

Os volumes de água utilizados houve um decréscimo no segundo período, já que se esperava um aumento desse consumo pois ficou claramente observado durante esta pesquisa que à medida que os animais iam crescendo, no primeiro período, o consumo ia aumentando. O aumento do consumo de água se dava pela necessidade de retirar as sobras de ração não consumida e que faziam os índices da qualidade da água caírem e havia uma maior necessidade das trocas parciais de água para limpeza dos tanques. Enquanto que no segundo período de cultivo os níveis de qualidade da água se mantinham estáveis, assim uma menor necessidade de trocas parciais de água, consequentemente menor consumo.

CONCLUSÃO

Os objetivos geral e específicos desta pesquisa foram alcançados com o desenvolvimento do protótipo Alimentador Inteligente apresentado e agregado ao sistema de automação para tanques viveiros de piscicultura para controle de arraçoamento. Na maioria dos trabalhos pesquisados, quase total, é fato que existe uma grande dificuldade em monitorar peixes no seu habitat devido ao grande número de variáveis que precisam ser levadas em consideração para a obtenção de uma imagem clara que identifique os indivíduos.

Dentre elas a turbidez e a quantidade de materiais sólidos em suspensão no meio são fatores que dificultam quando se deseja obter uma imagem através de visão de máquina para destas extrair os atributos necessários para que seja possível realizar a biometria dos peixes, por exemplo. Independentemente do sistema de cultivo, a biometria é necessária, principalmente para definir os volumes de rações a serem lançadas aos animais.

Um grande volume de ração utilizado inadequadamente pode ser não somente um fator gerador de elevado custo produtivo, bem como um agressor de lagos e rios pela grande quantidade de sobras de rações não consumidas depositadas em seus leitos. Com a utilização de parâmetros de temperatura pelo Alimentador Inteligente para o arraçoamento dos animais pode vir a reduzir os custos com a alimentação dos animais, já que esta representa um dos maiores custos da produção, uma maior conversão alimentar, pois o alimento será fornecido numa temperatura de conforto para os animais.

O protótipo Alimentador Inteligente desenvolvido como ferramenta para auxiliar aos criadores no arraçoamento de peixes em viveiros, sua utilização contribui e muito para evitar o desperdício de ração nos sistemas produtivos de tilápia e animais aquáticos, bem como contribuir com reuso de água nos sistemas superintensivos e ajudar na preservação do meio ambiente, lagos e lagoas onde se cultiva o pescado.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, C A; CASTRO, C S; ARGENTIM, D. Inovações no manejo alimentar de tilápias. In: **XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia**. Maceio: Anais... ZOOTEC, 2011.
- AGOSTINHO, C A; CONTESSOTI, J Junior; AGOSTINHO, S M M. **Aqui-o-Matic - Programa para a automação do fornecimento de ração para peixes e rãs com base nas variações da temperatura da água, no oxigênio dissolvido e no ganho diário de peso estimado com base na conversão esperada**. Maceio, 2014.
- C A Agostinho, J Junior Contessoti, S M M Agostinho & et al. **Dispensador Automático de Ração**. 2004. PI04036123.
- C A Agostinho, L C Oliveira & L M Agostinho. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. 2010. PI10055363.
- ALBUQUERQUE, P U B; ALEXANDRIA, A R. **Redes Industriais: Aplicações em sistema de controle distribuído**. Fortaleza: Edições Livro Técnico, 2007.
- AMANCIO, A L L. **Características de crescimento e composição corporal da Tilápias nilótica (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT. (Doutorado em Zootecnia)**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.
- ARROZ, Guilherme; MONTEIRO, José; OLIVEIRA, Arlindo. Introdução aos sistemas digitais e microprocessadores. IST, 2003.
- AZAZA, MS; DHRAÏEF, MN; KRAÏEM, MM. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile nile tilapia *oreochromis niloticus* (linnaeus) reared in geothermal waters in southern tunisia. **Journal of thermal Biology**, Elsevier, v. 33, n. 2, p. 98–105, 2008.
- BARBOSA, Ana Célia Araújo; MOURA, Ezequias Viana; SANTOS, Rafson Varela. **Cultivo de tilápias em gaiolas**. Natal - RN: EMPARN, 2010. Revisado por Maria de Fátima Pinto Barreto.
- BARBOSA, Moysés Cavichioli; NEVES, Fábio de Fárias; CERQUEIRA, Vinicius Ronzani. Taxa alimentar no desempenho de juvenis de robalo-peva em tanque-rede. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 369–372, 2011.
- BENTSEN, Hans B; EKNATH, Ambekar E; TAYAMEN, Melchor M; PALADA, Marietta S Vera; DANTING, Jodecel C; REYES, Ruben A; DIONISIO, Edna E; CAPILI, Josephine B; BOLIVAR, Hemando L; ABELLA, Tereso A; CIRCA, Antonio V; GJERDE, Bjame; GJEDREM, Trygve; PULLIN, Roger S V. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *oreochromis niloticus*. v. 160, n. 1 - 2, p. 145 – 173, 1998.
- BERESTINAS, A C. **Efeito de diferentes rações comerciais e frequências alimentares no crescimento de juvenis de robalo-peva, *Centropomus parallelus* Poey. (Mestrado em Aquicultura)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2006.
- BOYD, Claude E. Water quality in ponds for aquaculture. 1990.
- BRITO, Julian Jose de. **Automação de reator químico usando Micropython e sistema supervisório**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- BRITO, J. M.; PONTES, T. C.; TSUJII, K. M.; ARAÚJO, F. E.; RICHTER, B. L. Automação na tilapicultura: revisão de literatura, desempenho, piscicultura, tecnologias, tilápias. **Nutritime**, v. 14, n. 3, p. 5053–5062, 2017.

- CAMPANA, S E; MOHN, R K; SMITH, S J; CHOUINARD, G A. Reply: Spatial implications of a temperature-based growth model for atlantic cod (*gadus morhua*) off the eastern coast of canada. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, NRC Research Press Ottawa, Canada, v. 53, n. 12, p. 2912–2914, 1996.
- CARMELIN JÚNIOR, Célio Aparecido. **Ajuste do fornecimento automático de ração de acordo com a temperatura da água para tilápias criadas em tanques rede (Doutorado em Zootecnia)**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.
- CARNEIRO, Paulo César Falanghe; MARTINS, MIEG; CYRINO, José Eurico Possebon. Estudo de caso da criação comercial de tilápia vermelha em tanques-rede-avaliação econômica. **Informações econômicas-governo do estado de São Paulo Instituto de Economia Agrícola**, INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, v. 29, p. 52–64, 1999.
- CHAGAS, Edsandra Campos; GOMES, Levy de Carvalho; JÚNIOR, Heitor Martins; ROUBACH, Rodrigo. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, SciELO Brasil, v. 37, p. 1109–1115, 2007.
- CHERVINSKI, J. Environmental physiology of tilapias. In: **The Biology and Culture of Tilapia. Proceedings of the 7th ICLARM Conference, Manila, Philippines: International Center for Livin**. [S.l.: s.n.], 1982. p. 119–128.
- CNAANI, A; GALL, GAE; HULATA, G. Cold tolerance of tilapia species and hybrids. **Aquaculture International**, Springer, v. 8, n. 4, p. 289–298, 2000.
- COMER, Douglas. **Interligação de Redes com TCP/IP–: Princípios, Protocolos e Arquitetura**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2016.
- CYRINO, José Eurico Possebon; BICUDO Álvaro José de Almeida; SADO, Ricardo Yuji; BORGHESII, Ricardo; DAIRIKI, Jony Koji. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, suppl, p. 68–87, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>>.
- EL-SAYED, Abdel-Fattahm; KAWANNA, Mamdouh. Optimum water temperature boosts the growth performance of nile tilapia (*oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. **Aquaculture Research**, Oxford: Blackwell Science, c1995-, v. 39, n. 6, p. 670, 2008.
- EL-SAYED, A F M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *oreochromis* spp. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, n. 2, p. 149–168, 1999.
- ESPRESSIF.COM. 2021. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/espressif-esp-faq/en/latest/development-environment/firmware-update.html>>. Acesso em: 02/08/2021 8:20.
- FAO. **FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/aquaculture>>. Acesso em: 12/09/2019.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>>. Acesso em: 15/08/2022.
- FILIPFLOP. 2021. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12>>. Acesso em: 03/08/2021 12:10.
- FILIPFLOP. 2022. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/sensores/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino.html>>. Acesso em: 05/04/2022 09:20.
- FOUNDATION, Python Software. 2022. Disponível em: <<https://docs.python.org/3/using/index.htmlpython-setup-and-usage>>. Acesso em: 08/05/2022 11:05.
- GÓES, Salatiel Leite. **Comunicação Wireless**. Salvador, 2007.

IBGE. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2015.

JIAN, C Y; CHENG, S Y; CHEN, J C. Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *acanthopagrus latus*, at different salinity and temperature levels. **Aquaculture Research**, Wiley Online Library, v. 34, n. 2, p. 175–185, 2003.

KAMAL, A H M M; MAIR, G C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *oreochromis niloticus*, *oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 247, p. 189–201, 2005.

KOBERSTEIN, Teresa Cristina Ribeiro Dias; CARNEIRO, Dalton José; URBINATI, Elisabeth Criscuolo. Comportamento alimentar de alevinos de pacu (*piaractus mesopotamicus*, holmberg, 1887) por meio das observações do tempo de retorno do apetite e do tempo de saciação dos peixes em duas temperaturas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 339–344, 2004.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Ed. do Autor, 2000. ISBN 9788590101772. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ub8bHQAACAAJ>>.

KUNNI, E M F. **Frequência alimentar e taxa de alimentação para kinguio criado em hapa: desempenho produtivo e avaliação econômica. (Mestrado em Zootecnia)**. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

LEKANG, O.I. **Aquaculture Engineering**. Wiley, 2013. ISBN 9781118496091. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=z5tAty1NvN8C>>.

LIMA, Mário Alan de Oliveira. Um projeto de interface para ferramentas de modelagem uml baseadas em eclipse. Universidade Federal do Pampa, 2017.

LOURES, Bernadete Terezinha Rizzo Rocha; RIBEIRO, Ricardo Pereira; VARGAS, Lauro; MOREIRA, Hédén Luis Marques; SUSSEL, Fabio Rosa; POVH, Jaime Aparecido; CAVICHIOLO, Fabiana. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do nilo, *oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 877–883, 2001.

MACIEL JUNIOR, Alaor. Efeitos da temperatura no desempenho e na morfometria de tilápia, *oreochromis niloticus*, de linhagem tailandesa. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

MACMILLAN, John R; HUDDLESTON, Terry; WOOLLEY, Max; FOTHERGILL, Kent. Best management practice development to minimize environmental impact from large flow-through trout farms. **Aquaculture**, Elsevier, v. 226, n. 1-4, p. 91–99, 2003.

MATHIASSEN, J. R.; MISIMI, E.; BONDO, M.; VELIYULIN, E.; OSTVIK, S. O. Trends in application of imaging technologies to inspection of fish and fish products. **Trends in Food Science Technology**, Elsevier, v. 22, n. 6, p. 257–275, 2011. ISSN 0924-2244.

MENEZES, C S M. **Automação do manejo alimentar na engorda de tilápias: criadas em tanque-rede**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2014.

MOREIRA, Heden Luiz Marques; VARGAS, Lauro; RIBEIRO, Ricardo Pereira; ZIMMERMANN, Sergio(Organizador). **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas: ULBRA, 2001.

MOURA, Guilherme de Souza; OLIVEIRA, Maria Goreti Almeida; LANNA, Eduardo Teixeira Arruda; JÚNIOR, Alaor Maciel; MACIEL, Cláudia Maria Reis Raposo. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, SciELO Brasil, v. 42, n. 11, p. 1609–1615, 2007.

MUSTAFA, M.; ABDULLAH, N.; RAHIM, M. S. M.; AMIN, I. M. Fish length measurement: The results from different types of digital camera. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 3, n. 1, p. 67–71, 2016.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

OLIVEIRA, F A. **Taxas e intervalos de alimentação na produção de Tilápia em tanque-rede com dispensador automático de ração**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) — Universidade estadual paulista faculdade de medicina veterinária e zootecnia campus de Botucatu, 2007.

OLIVEIRA, L C. **Altas frequências de arraçamento nas fases iniciais da criação de tilápias em hapas (Doutorado em Zootecnia)**. Tese (Doutorado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

PAPANDROULAKIS, N; PAPANDROULAKIS, D; ZENON, S A. An automated feeding system for intensive hatcheries. **Aquaculture Engineering - Elsevier**, v. 26, n. 13 - 26, 2002.

PEIXE BR, Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>>. Acesso em: 15/08/2022.

PIANA, Pitágoras Augusto; BAUMGARTNER, Gilmar; GOMES, Luiz Carlos. Influência da temperatura sobre o desenvolvimento de juvenis de piapara (*Ileporinus cf. obtusidens*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 1, p. 87–94, 2003.

PIEDRAS, Sérgio Renato Noguez; MORAES, Paulo Roberto Rocha; POUEY, Juvêncio Luís Osório Fernandes. Desempenho de juvenis de catfish (*ictalurus punctatus*) em diferentes temperaturas. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 3, 2006.

RIBEIRO, Marco Antônio. Automação industrial. **Salvador**, 1999.

ROTTA, Giovanni; CHARÃO, Andrea; DANTAS, Mario. Um estudo sobre protocolos de comunicação para ambientes de internet das coisas. In: **Anais da XVII Escola Regional de Alto Desempenho do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2017. ISSN 2595-4164. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erads/article/view/2984>>.

SABERIOON, M. M.; CISAR, P. Automated multiple fish tracking in three-dimension using a structured light sensor. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 121, p. 215–221, 2016. ISSN 0168-1699. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 10/09/2019.

SANDOVAL, P Junior (coordenação); TROMBETA, Thiago D; MATTOS, B Olivetti; SALLUM, Willibaldo Brás revisão técnica; SORANNA, Maria Regina Gonçalves de Souza. **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. 2. ed. Brasília, 2013.

SANTOS, Eglardo Fabrício Alves dos *et al*. Elaboração de experimentos didáticos utilizando a ihm op-05 com o clp tp-02 na bancada de treinamento da weg, e elaboração de manual de software rslogix 500. Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

SILVA, Gustavo Peloi da; BERTONCELO, Valdecir; COGO, Filipe. Análise de interfaces homem-máquina (ihm) em equipamentos controlados eletronicamente. UNIVERSIDADE CESUMAR, 2011.

SILVEIRA, C Bertulucci. Sete benefícios conquistados através da automação industrial. 2016. Urlaccessdate = Acesso 28/11/2016 17:20,. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/sete-beneficios-automacao-industrial/>>. Acesso em: 28/11/2016 17:20.

SOUSA, R M R; INHO, C A; OLIVEIRA, F A; ARGRNTIM, D; NOVELLI, P K; AGOSTINHO, S M M. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia : Belo Horizonte**, v. 64, n. 1, p. 192 – 197, 2012.

SUSSEL, F R. Alimentação na criação de peixes em tanque-rede. **APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios)**, Assis - SP, p. 14, 2008.

SUZUKI, M A A; HERNANDEZ, F B T. Automação de sistemas de irrigação. **Capacitação em Agricultura Irrigada**, 2014. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso2.htm>>.

TOYAMA, Glaucio Nogueira; CORRENTE, José Eduardo; CYRINO, José Eurico Possebon. Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do nilo. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, 2000.

TRABACHINI, A. **Sistema automatizado de alimentação automatizada para suínos visando aplicação em rastreabilidade animal. Dissertação (Mestrado em Ciências).** Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

VIAZZI, S.; HOESTENBERGHE, S. Van; GODDEERIS, B. M.; BERCKMANS, D. Automatic mass estimation of jade perch *scortum barcoo* by computer vision. **Aquacultural Engineering**, v. 64, p. 42–48, 2015. ISSN 0144-8609. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 02/09/2019.

WANG, N; HAYAWARD, R S; NOLTIE, D B. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. **Aquaculture**, v. 165, p. 261 – 267, 1998.

WORKAGEGN, Kassaye Balkew *et al.* Evaluation of growth performance, feed utilization efficiency and survival rate of juvenile nile tilapia, *oreochromis niloticus* (linnaeus, 1758) reared at different water temperature. **International Journal of Aquaculture**, v. 2, n. 1, 2012.

ZHAO, Wen-Yi; CHELLAPPA, Rama; PHILLIPS, P. Jonathon; ROSENFELD, Azriel. Face recognition: A literature survey. **ACM Comput. Surv.**, v. 35, p. 399–458, 12 2003.

ZIMMERMAN, S; HASPER, T O B. **Piscicultura no Brasil: O processo de intensificação da tilapicultura.** Anais...santa maria: Sbz cd-rom. Santa Maria: In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

ZION, B. The use of computer vision technologies in aquaculture - a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 88, p. 125–132, 2012. ISSN 0168-1699. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 10/09/2019.

ZION, Boaz. The use of computer vision technologies in aquaculture – a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 88, p. 125 – 132, 2012.