



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE AQUICULTURA

Nicholas Antunes di Lucia

**Estudo de caso do software Aquabit: análise crítica e proposta de aprimoramento para a
gestão da produção aquícola**

Florianópolis
2025

Nicholas Antunes di Lucia

**Estudo de caso do software Aquabit: análise crítica e proposta de aprimoramento para a
gestão da produção aquícola**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia de Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Gilberto José Pereira Onofre de Andrade

Florianópolis

2025

di Lucia, Nicholas Antunes

Estudo de caso do software Aquabit: análise crítica e proposta de aprimoramento para a gestão da produção aquícola / Nicholas Antunes di Lucia ; orientador, Gilberto José Pereira Onofre de Andrade, 2025.

73 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Engenharia de Aquicultura. 3. Digitalização. 4. Software. 5. Aquabit. I. de Andrade, Gilberto José Pereira Onofre . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Aquicultura. III. Título.

Nicholas Antunes di Lucia

**Estudo de caso do software Aquabit: análise crítica e proposta de aprimoramento para a
gestão da produção aquícola**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro de Aquicultura e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Aquicultura

Local: Florianópolis, 30 de junho de 2025.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof. Gilberto José Pereira Onofre de Andrade, Dr.
Orientador(a)

Prof.(a) Katt Regina Lapa, Dr.(a)
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marco Shizuo Owatari, Dr.
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha formação acadêmica. Ao meu orientador, professor **Gilberto José Pereira Onofre de Andrade**, pela orientação dedicada, pelas contribuições valiosas e pela confiança ao longo deste trabalho. Aos membros da banca examinadora, professora **Katt Regina Lapa** e professor **Marco Shizuo Owatari**, pelas leituras atentas, sugestões construtivas e pela disponibilidade em compor esta avaliação. À **Universidade Federal de Santa Catarina**, em especial ao curso de **Engenharia de Aquicultura**, pela formação técnica e científica oferecida ao longo da graduação, bem como a todos os professores que contribuíram, direta ou indiretamente, para minha trajetória acadêmica. Estendo meus agradecimentos à equipe da **Aquabit**, que gentilmente colaborou com este estudo, em especial à **Daiana Nascimento Carvalho**, pelo suporte técnico, cordialidade e pela prontidão no esclarecimento de dúvidas fundamentais sobre o sistema.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar criticamente o sistema Aquabit, uma plataforma digital voltada à gestão da produção aquícola, considerando suas funcionalidades, benefícios, limitações e oportunidades de aprimoramento. A metodologia adotada consistiu em um estudo de caso de caráter exploratório e qualitativo, estruturado a partir de revisão documental, avaliação funcional dos módulos da plataforma e análise baseada em princípios de usabilidade e experiência do usuário. O sistema foi descrito em profundidade, com destaque para seus principais módulos, como Produção, Controle de Ração, Controle de Insumos, Vendas, Financeiro, Qualidade da Água e Relatórios Técnicos, ressaltando sua proposta de integração e rastreabilidade da cadeia produtiva. A análise indicou que o Aquabit oferece contribuições relevantes à organização técnica e econômica da atividade aquícola, promovendo maior controle produtivo, redução de perdas e embasamento para a tomada de decisões. Foram destacados exemplos práticos de como o sistema atua no cotidiano do produtor, como no controle de biomassa, gestão alimentar e acompanhamento zootécnico. Também foram identificadas limitações e oportunidades de evolução do sistema, como a ausência de um módulo de reprodução e genética, a necessidade de recursos de automação com sensores, a falta de integração com sistemas de pagamento, e a ausência de estratégias de crescimento baseadas em modelos freemium ou Product-Led Growth. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos futuros de viabilidade técnica e econômica para implementação dessas melhorias, bem como a adaptação do sistema para uso internacionalizado, considerando idioma, moedas, espécies e suporte técnico. Ao final, conclui-se que ferramentas como o Aquabit representam um avanço significativo na modernização da aquicultura, e que seu aperfeiçoamento pode ampliar ainda mais seu impacto na sustentabilidade e competitividade do setor.

Palavras-chave: Aquicultura. Sistemas digitais. Aquabit.

ABSTRACT

This study aims to critically analyze Aquabit, a digital platform designed for aquaculture production management, focusing on its functionalities, benefits, limitations, and improvement opportunities. The methodology adopted was a qualitative and exploratory case study, based on document review, functional evaluation of the platform's modules, and analysis grounded in usability and user experience principles. The system was described in detail, highlighting its main modules, such as Production, Feed Control, Input Management, Sales, Financial Management, Water Quality, and Technical Reports, emphasizing its proposal for integration and traceability throughout the production chain. The analysis showed that Aquabit contributes significantly to the technical and economic organization of aquaculture operations, offering better production control, reduced losses, and support for decision-making processes. Practical examples were provided to illustrate how the system assists producers in their daily routines, such as biomass tracking, feeding management, and zootechnical performance monitoring. Limitations and development opportunities were also identified, including the absence of modules for reproduction and genetics, the lack of sensor and automation integration, the nonexistence of payment system connectivity, and the potential to adopt growth strategies based on freemium models or Product-Led Growth. Additionally, future studies on the technical and economic feasibility of implementing these improvements are recommended, as well as adapting the platform for international use by including support for multiple languages, currencies, species, and global technical assistance. In conclusion, digital tools like Aquabit represent a significant advance in the modernization of aquaculture, and their continued improvement can further enhance their impact on the sector's sustainability and competitiveness.

Keywords: Aquaculture. Digital systems. Aquabit.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 INTRODUÇÃO	9
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 OBJETIVO GERAL	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5 ESTRUTURA DO TCC	14
2 REVISÃO TEÓRICA	17
2.1 AQUICULTURA E TECNOLOGIA	17
2.2 SISTEMAS DIGITAIS PARA AQUICULTURA	19
3 METODOLOGIA	23
3.1 METODOLOGIA APLICADA	23
4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	27
4.1 SISTEMA REVISADO	27
4.2 ANÁLISE DESCRITIVA	27
4.3 TABELA CLASSIFICADORA	54
4.4 DISCUSSÃO	56
4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS DO AQUABIT	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A aquicultura pode ser definida como o cultivo controlado de organismos aquáticos, incluindo peixes, crustáceos, moluscos e algas, em ambientes marinhos, costeiros e de água doce. A prática envolve técnicas de reprodução, alimentação, manejo sanitário e colheita, com o objetivo de maximizar a produtividade e garantir sustentabilidade econômica e ambiental (FAO, 2022a). Segundo Pillay (2004), a aquicultura difere da pesca extrativa pelo fato de depender da intervenção humana em diversas fases do ciclo de vida dos organismos cultivados.

O cultivo de organismos aquáticos remonta a civilizações antigas. Registros históricos indicam que a prática era comum na China desde 2500 a.C., com o cultivo de carpas em tanques escavados (Nash, 2011). No Egito Antigo, existem ilustrações de práticas rudimentares de criação de tilápias. A aquicultura também foi desenvolvida no Império Romano, onde tanques costeiros chamados *piscinae* eram utilizados para o cultivo de moluscos e peixes marinhos (Costa-Pierce, 2008).

A partir do século XX, com os avanços em genética, nutrição e manejo, a aquicultura passou por uma transformação significativa. Na década de 1980, impulsionada pelo aumento da demanda por proteína animal de origem aquática e a sobrepesca de estoques naturais, a atividade se consolidou como um setor estratégico para a segurança alimentar global (Tidwell, 2012).

Segundo o relatório “The State of World Fisheries and Aquaculture 2022”, publicado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2022a), a produção global de aquicultura atingiu 87,5 milhões de toneladas de animais aquáticos e 35,1 milhões de toneladas de algas em 2020. O valor de mercado associado ultrapassou US\$264 bilhões, sendo a China responsável por mais de 57% da produção mundial.

Além disso, estima-se que, em 2020, a aquicultura tenha representado 56% da produção total de pescado destinado ao consumo humano, superando pela primeira

vez a pesca extrativa nesse quesito (FAO, 2022a). A projeção da FAO é que a produção de aquicultura ultrapasse 106 milhões de toneladas até 2030, impulsionada pela demanda por alimentos de origem aquática e políticas de sustentabilidade (FAO, 2022b).

Os sistemas de cultivo na aquicultura variam conforme as espécies, recursos disponíveis e objetivos econômicos e ambientais. Os principais sistemas incluem:

- Sistema extensivo: utiliza corpos d'água naturais, com mínima intervenção tecnológica e baixa densidade populacional. É comum em regiões de baixo investimento.
- Sistema semi-intensivo: incorpora algum controle sobre alimentação e qualidade da água, aumentando a produtividade em relação ao sistema extensivo.
- Sistema intensivo: caracteriza-se por altas densidades de estocagem, alimentação artificial e controle rigoroso de parâmetros ambientais. Comum em pisciculturas comerciais e recirculação (RAS).
- Sistemas de recirculação de água (RAS): utilizam filtros biológicos e mecânicos para reutilização da água, permitindo maior controle ambiental e menor impacto ecológico (Martins et al., 2010).
- Aquaponia: sistema integrado que combina aquicultura e hidroponia, onde dejetos de peixes são utilizados como fertilizantes para plantas (Goddek et al., 2019).

As espécies mais cultivadas no mundo refletem tanto preferências de consumo quanto viabilidade técnica e econômica:

- Peixes de água doce: carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), catfish (*Pangasius* spp.) e tambaqui (*Colossoma macropomum*).
- Peixes marinhos: salmão do Atlântico (*Salmo salar*), robalo (*Dicentrarchus labrax*) e linguado (*Paralichthys* spp.).
- Crustáceos: camarão-branco-do-Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) e camarão-tigre-gigante (*Penaeus monodon*).
- Moluscos: mexilhões, ostras e vieiras.

- Algas: *Saccharina japonica* (kombu), *Kappaphycus alvarezii*, *Gracilaria* spp. e *Porphyra* spp. (nori).

De acordo com a FAO (2022a), as espécies de água doce representam 75% do volume total de aquicultura animal, enquanto o cultivo de camarões e moluscos responde por aproximadamente 20%.

A Ásia é, de longe, o maior centro de produção aquícola do mundo, com destaque para:

- China: líder global com mais de 60 milhões de toneladas produzidas em 2020.
- Índia, Indonésia, Vietnã e Bangladesh: também figuram entre os cinco maiores produtores.
- América Latina: destaque para Brasil, Chile e Equador.
- Europa: Noruega (salmão) e Espanha (moluscos).
- África: crescimento acelerado, com foco em tilápia, especialmente no Egito, Nigéria e Uganda (FAO, 2022a; Bostock et al., 2010).

Apesar dos avanços, a aquicultura enfrenta diversos desafios e gargalos:

- Sustentabilidade ambiental: impactos associados ao uso de rações à base de peixe, descarte de efluentes e ocupação de ecossistemas sensíveis.
- Sanidade e doenças: surtos patológicos, como a síndrome da mancha branca em camarões e a Necrose Pancreática Infecciosa (IPN, na sigla em inglês) em salmões, causam prejuízos significativos (Bondad-Reantaso et al., 2005).
- Qualidade da água: essencial para o crescimento e saúde dos organismos; exige monitoramento constante.
- Dependência de insumos importados: como ração e reprodutores em alguns países.
- Falta de mão de obra especializada e carência em assistência técnica e extensão rural.
- Acesso ao crédito e políticas públicas inconsistentes, especialmente em países em desenvolvimento.

- Tecnologia e inovação limitada, especialmente no uso de softwares, sensores e automação, ponto este que será objeto de estudo nos próximos capítulos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A aquicultura é uma das atividades produtivas que mais cresce no mundo, sendo considerada essencial para a segurança alimentar global e o desenvolvimento socioeconômico sustentável (FAO, 2024). Esse crescimento, contudo, impõe novos desafios ao setor, como o aumento da complexidade na gestão de cultivos, a necessidade de controle rigoroso de parâmetros ambientais, a rastreabilidade da produção, e o enfrentamento de gargalos relacionados à sustentabilidade e à eficiência produtiva (TURCHINI; TORSTENSEN; NG, 2020).

Diante desse cenário, a transformação digital tem se mostrado uma aliada estratégica, possibilitando a integração de tecnologias da informação e comunicação (TICs) aos processos aquícolas (PONTECORVO; MARZANO, 2022). Nesse contexto, surgem diversos aplicativos e softwares com foco no monitoramento, gestão, automação e análise de dados em unidades de produção aquícola. No entanto, ainda há uma lacuna significativa quanto à revisão crítica e comparativa dessas ferramentas, especialmente sob a perspectiva de usabilidade, aplicabilidade em diferentes sistemas de cultivo, acessibilidade e eficácia na resolução dos desafios enfrentados pelos produtores.

A realização de um estudo que analise um dos principais softwares e aplicativos utilizados atualmente na aquicultura brasileira se justifica por diversas razões. Primeiramente, há uma carência de literatura sistematizada que permita ao produtor, pesquisador ou gestor público identificar com clareza quais soluções tecnológicas são mais adequadas para cada contexto produtivo (NAZIRI et al., 2021). Além disso, muitos desses sistemas foram desenvolvidos com foco em grandes produtores ou contextos específicos, apresentando barreiras significativas para adoção por parte da aquicultura de pequeno e médio porte, que representa a maioria dos estabelecimentos produtivos em países como o Brasil (IBGE, 2023).

Outro ponto que sustenta a relevância deste trabalho é a proposta conceitual de um sistema melhorado, que leve em consideração as limitações observadas na solução analisada. A partir da revisão crítica, será possível apontar aspectos como funcionalidades ausentes, deficiências de conectividade, limitações no suporte técnico ou complexidade de uso. Com base nessas lacunas, a proposição do conceito de um sistema mais acessível, interoperável e aderente às reais necessidades dos usuários se configura como uma importante contribuição à inovação no setor aquícola.

Pesquisas recentes evidenciam que sistemas inteligentes baseados em *Internet das Coisas* (IoT), algoritmos de *machine learning* e plataformas digitais integradas contribuem diretamente para a otimização do uso de recursos, aumento das taxas de sobrevivência dos animais e maior previsibilidade produtiva (PINEDO-LÓPEZ et al., 2025; LE et al., 2021). Tais ferramentas já são utilizadas para prever qualidade da água, automatizar a alimentação e detectar doenças com alta acurácia. No entanto, sua aplicação ainda é limitada por barreiras de acesso, custos e adaptação às realidades locais, o que reforça a necessidade de desenvolvimento de sistemas mais adaptáveis e inclusivos.

Além disso, a adoção de soluções digitais mais eficientes tem o potencial de ampliar o controle e a rastreabilidade da produção, otimizar o uso de insumos e recursos naturais, reduzir perdas produtivas e aumentar a lucratividade dos empreendimentos aquícolas (HOU; WANG; LUO, 2021). Tais aspectos se alinham aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que diz respeito à segurança alimentar, uso sustentável dos ecossistemas aquáticos e promoção do crescimento econômico inclusivo (ONU, 2015).

Portanto, este trabalho não apenas preenche uma lacuna no campo da revisão e análise de ferramentas digitais aplicadas à aquicultura, como também propõe avanços práticos e aplicáveis para o desenvolvimento do setor. Ao sistematizar o conhecimento sobre um dos principais *softwares* disponíveis e propor melhorias viáveis, o estudo contribui para o fortalecimento da base tecnológica da aquicultura e para a construção de sistemas produtivos mais resilientes, eficientes e sustentáveis.

1.3 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão crítica e atualizada de um dos principais softwares e aplicativos utilizados na gestão da aquicultura no Brasil, com enfoque na sua contribuição para a modernização, automação e sustentabilidade das atividades aquícolas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral proposto, este trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Identificar um dos principais sistemas digitais utilizados atualmente na gestão da aquicultura no Brasil, considerando critérios de relevância no setor, base de usuários, inovação tecnológica e impacto operacional;
- Sistematizar uma tabela do sistema analisado, abordando aspectos como modelo de negócio (licenciamento, acessibilidade, suporte), usabilidade (interface, mobilidade, idiomas), funcionalidades e ferramentas disponíveis (gestão de alimentação, monitoramento ambiental, rastreabilidade, relatórios analíticos, etc.);
- Avaliar criticamente as potencialidades e limitações observadas no sistema com base em documentação técnica, literatura científica e relatórios setoriais;
- Propor um modelo conceitual de sistema revisado e aprimorado, que reúna os pontos fortes das soluções existentes no sistema e incorpore funcionalidades não identificadas, com foco em acessibilidade, sustentabilidade e apoio à tomada de decisão para pequenos, médios e grandes produtores aquícolas.

1.5 ESTRUTURA DO TCC

Este Trabalho de Conclusão de Curso está estruturado em cinco capítulos principais, organizados de forma lógica e progressiva, a fim de permitir uma abordagem clara e

sistemática do tema proposto. A organização segue os princípios metodológicos da pesquisa científica e está de acordo com as diretrizes acadêmicas exigidas para trabalhos de graduação na área de Engenharia de Aquicultura.

No Capítulo 1 – Introdução, apresenta-se uma contextualização teórica e histórica da aquicultura, abordando sua definição, evolução, principais sistemas de cultivo e espécies exploradas, bem como os atuais desafios enfrentados pelo setor. Também são discutidas a justificativa do trabalho, seus objetivos geral e específicos, além da descrição da própria estrutura do TCC.

O Capítulo 2 – Revisão Teórica é dedicado à fundamentação conceitual da pesquisa. Nele, realiza-se uma revisão bibliográfica sobre os principais avanços tecnológicos aplicados à aquicultura, com ênfase no desenvolvimento e aplicação de softwares e aplicativos para a gestão aquícola. Este capítulo visa oferecer um embasamento técnico e científico que apoie a análise crítica do sistema estudado.

O Capítulo 3 – Metodologia descreve os procedimentos adotados para a realização do estudo, incluindo a abordagem metodológica baseada em revisão exploratória e análise comparativa. Também são apresentados os critérios utilizados para a seleção do sistema analisado, bem como as categorias de avaliação utilizadas no estudo.

No Capítulo 4 – Coleta e Análise de Dados, são apresentados os resultados obtidos com base na revisão e análise do sistema de gestão aquícola. Este capítulo inclui uma descrição da plataforma avaliada, uma tabela comparativa com base em critérios técnicos (como modelo de negócio, usabilidade, ferramentas disponíveis, entre outros), e a discussão dos dados coletados. Ao final, propõe-se um modelo conceitual de sistema aprimorado, desenvolvido a partir dos pontos fortes observados nas soluções existentes, com a inclusão de funcionalidades adicionais que visam suprir lacunas identificadas.

Por fim, o Capítulo 5 – Conclusões reúne as considerações finais da pesquisa, apresentando as recomendações derivadas da análise realizada e sugestões para futuras investigações e desenvolvimentos na área de tecnologias digitais aplicadas à

aquicultura. Este capítulo também discute as limitações do estudo e as possíveis aplicações práticas dos resultados obtidos.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 AQUICULTURA E TECNOLOGIA

A aquicultura pode ser compreendida não apenas como uma ciência aplicada, mas também como uma tecnologia em si mesma, uma vez que envolve o uso sistemático de conhecimentos científicos, técnicas especializadas e métodos operacionais para a produção controlada de organismos aquáticos. Conforme destacado por Pillay (2004), a aquicultura integra princípios da biologia, engenharia, nutrição, sanidade animal e ciências ambientais, articulando-os com soluções tecnológicas voltadas à eficiência produtiva e à sustentabilidade. Essa caracterização técnica se evidencia na necessidade de aplicação contínua de inovações em manejo, infraestrutura, automação e monitoramento, tornando a aquicultura uma atividade tecnológica por excelência. Sob essa perspectiva, torna-se possível entender como sua trajetória histórica evoluiu de práticas empíricas para um setor altamente tecnificado e interdependente de avanços científicos e tecnológicos.

A aquicultura, prática de cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados, possui registros históricos que remontam a aproximadamente 4.000 a.C., com os chineses sendo pioneiros na criação de carpas em viveiros escavados. Ao longo dos séculos, diversas civilizações, como os egípcios, romanos e japoneses, desenvolveram técnicas rudimentares para o cultivo de peixes e moluscos, utilizando canais, tanques e lagoas naturais adaptadas (EMBRAPA, 2020).

Durante a Idade Média, a aquicultura teve papel significativo na Europa, especialmente em mosteiros, onde monges criavam peixes para consumo próprio, utilizando sistemas de viveiros interligados. No entanto, foi a partir do século XIX que a atividade passou a incorporar conhecimentos científicos, com o desenvolvimento de técnicas de reprodução artificial e a compreensão dos ciclos de vida dos organismos aquáticos (NASH, 2011).

No século XX, a aquicultura passou por avanços expressivos em escala global, impulsionados principalmente pelo crescimento populacional, pela crescente demanda por alimentos de origem animal e pela busca por fontes alternativas de

proteína. Entre as principais inovações desse período, destacam-se a introdução de sistemas de cultivo intensivo, o desenvolvimento de rações balanceadas com base científica e a consolidação de práticas de manejo sanitário, que permitiram o aumento da produtividade e da sustentabilidade da atividade (BOSTOCK et al., 2010; FAO, 2020). No Brasil, por exemplo, a década de 1970 marcou o início do cultivo experimental de moluscos, como ostras e mexilhões, especialmente em estados litorâneos como a Bahia e Santa Catarina (OLIVEIRA et al., 2006).

Nas últimas décadas, a aquicultura incorporou inovações tecnológicas que transformaram profundamente a atividade. Entre os principais avanços, destacam-se:

- **Sistemas de Recirculação de Água (RAS):** permitem o cultivo em ambientes fechados, com reutilização da água, controle rigoroso da qualidade e redução do impacto ambiental (EMBRAPA, 2020).
- **Tecnologia de Bioflocos (BFT):** baseia-se na formação de agregados microbianos que melhoram a qualidade da água e servem como alimento natural para os organismos cultivados, aumentando a eficiência produtiva (EMBRAPA, 2020).
- **Aquicultura Multitrófica Integrada (IMTA):** integra diferentes espécies em um mesmo sistema, aproveitando os resíduos de uma como insumos para outra, promovendo sustentabilidade e diversificação de produção (CHOPIN et al., 2010).
- **Automação e Monitoramento Remoto:** uso de sensores, drones e sistemas de controle automatizados para monitorar parâmetros ambientais, alimentar os organismos e otimizar o manejo (INEGI, 2020).

Além disso, a formação de profissionais especializados e a pesquisa científica têm sido fundamentais para o desenvolvimento do setor. Instituições de ensino e pesquisa, como a EMBRAPA e universidades federais, têm contribuído com estudos sobre genética, nutrição, sanidade e sustentabilidade na aquicultura (EMBRAPA, 2020).

Em termos de produção, a aquicultura mundial atingiu cerca de 130 milhões de toneladas em 2021, segundo a FAO (2022), movimentando aproximadamente

US\$296 bilhões. A China é o maior produtor global, seguida por países como Indonésia, Índia, Vietnã e Bangladesh. No Brasil, a produção aquícola chegou a 860 mil toneladas em 2022, conforme dados da Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2023), com destaque para a tilápia (*Oreochromis niloticus*), que representa mais de 60% da produção nacional, especialmente nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Apesar do crescimento expressivo, a aquicultura brasileira ainda enfrenta diversos desafios estruturais e operacionais, como acesso limitado a tecnologias, deficiências na assistência técnica, dificuldades logísticas, questões sanitárias e carência de dados consolidados para gestão. Nesse cenário, destaca-se a importância do uso de tecnologias modernas e do desenvolvimento de ferramentas digitais que apoiem a tomada de decisão, o manejo eficiente e a rastreabilidade da produção.

Em resumo, a evolução tecnológica na aquicultura tem sido marcada pela transição de práticas empíricas para sistemas altamente tecnificados, com foco na eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e bem-estar animal. Esses avanços têm consolidado a aquicultura como uma das principais alternativas para suprir a demanda crescente por alimentos de origem aquática, especialmente em um país como o Brasil, que possui vasto potencial hídrico e climático para o desenvolvimento sustentável do setor.

2.2 SISTEMAS DIGITAIS PARA AQUICULTURA

A evolução da aquicultura nas últimas décadas tem sido marcada pela crescente incorporação de tecnologias digitais, impulsionando a chamada "Aquicultura 4.0". Esse conceito refere-se à integração de tecnologias da informação e comunicação (TICs) nos processos produtivos aquícolas, visando aumentar a eficiência, sustentabilidade e rastreabilidade das operações (MARMENTINI et al., 2022).

De forma mais ampla, os chamados Sistemas de Apoio à Tomada de Decisão (SADs) têm ganhado destaque em diversos segmentos da agropecuária, incluindo atividades mais consolidadas como a suinocultura, a avicultura e a bovinocultura de

corde e leite. Tais sistemas utilizam dados operacionais, históricos e ambientais para fornecer recomendações que auxiliem produtores e técnicos a tomar decisões mais assertivas sobre manejo, alimentação, sanidade e comercialização. Na pecuária leiteira, por exemplo, sistemas como o VAMPP (*Veterinary Automated Management and Production Program*), utilizado em diversos países, oferecem análises de desempenho animal, alertas de doenças e previsões de produtividade com base em big data e inteligência artificial (SILVA et al., 2020). Na suinocultura, sistemas como o PigCHAMP e o Agrocere PIC viabilizam o monitoramento em tempo real da produção, favorecendo a gestão estratégica de lotes e índices zootécnicos (ABCS, 2023).

O grau de desenvolvimento desses sistemas em áreas consolidadas do agronegócio evidencia o potencial de avanço que ainda pode ser explorado na aquicultura. Enquanto setores como a avicultura já utilizam algoritmos avançados para predição de crescimento, automação de ambientes e rastreamento de lotes com precisão quase cirúrgica (GOMES et al., 2021), a aquicultura ainda apresenta maior heterogeneidade tecnológica, em parte devido à diversidade de espécies, ambientes e escalas de produção.

Nesse contexto, é importante considerar também o papel do mercado digital e das tecnologias integradas na produção animal. Em geral, a automação agropecuária pode ser dividida em dois pilares: os *softwares* (sistemas, plataformas e aplicativos) e os *hardwares* (equipamentos e maquinários). Enquanto os softwares são responsáveis pela coleta, processamento e análise de dados, os hardwares realizam tarefas físicas, como dosagem de alimentos, controle de climatização ou monitoramento por sensores. A combinação dessas ferramentas permite implementar sistemas ciberfísicos robustos, onde a coleta e interpretação de dados digitais (software) resulta em ações físicas (hardware) automatizadas e mais precisas, promovendo ganhos em produtividade e sustentabilidade (FERREIRA et al., 2021).

Para garantir a eficácia de sistemas digitais na produção animal, é fundamental que esses sejam avaliados com base em critérios técnicos e operacionais bem definidos. Características como usabilidade, responsividade da interface, capacidade de customização, integração com outros sistemas (por meio de APIs), suporte técnico,

segurança de dados e frequência de atualizações são aspectos críticos. Modelos como o Technology Acceptance Model (TAM) e o ISO/IEC 25010 — que avalia a qualidade de produtos de software com base em características como funcionalidade, confiabilidade, usabilidade e compatibilidade — são comumente utilizados como base para esse tipo de avaliação (ISO, 2011; DAVIS, 1989). Em contextos mais específicos, métodos multicritério, como AHP (Analytic Hierarchy Process) e Delphi, também são empregados para qualificar sistemas conforme as necessidades dos usuários (SILVA et al., 2023).

Diante desse cenário, a aquicultura tem progressivamente adotado soluções digitais que extrapolam as funcionalidades básicas de controle de produção. Inicialmente, os sistemas digitais na aquicultura eram limitados a softwares básicos de gerenciamento de produção e planilhas eletrônicas. Com o avanço da tecnologia, surgiram soluções mais sofisticadas, como sistemas de monitoramento ambiental em tempo real, alimentadores automáticos inteligentes e aplicativos móveis para gestão de cultivos. Por exemplo, o projeto AquaSaúde desenvolveu aplicativos como o AquaSafe e o AquaTilápia, que auxiliam os produtores na tomada de decisões relacionadas à sanidade e manejo dos peixes (AGROLINK, 2020).

A integração de sensores e dispositivos de Internet das Coisas (IoT) permitiu o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos (CPS) na aquicultura. Estes sistemas combinam componentes físicos e digitais para monitorar e controlar variáveis críticas, como temperatura da água, níveis de oxigênio e comportamento alimentar dos peixes. Um exemplo é o uso de aeradores equipados com sensores e conectividade wireless, que ajustam automaticamente a oxigenação da água com base nas condições ambientais (ASCHIDAMINI, 2021).

Além disso, a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina e inteligência artificial tem possibilitado a análise preditiva de dados, permitindo antecipar problemas e otimizar o manejo. Sistemas de visão computacional, por exemplo, são utilizados para monitorar o comportamento alimentar dos peixes, ajustando a quantidade de ração fornecida e reduzindo o desperdício (GIA, 2021).

Apesar dos avanços, ainda existem desafios a serem superados na digitalização da aquicultura. Entre os principais gargalos estão a falta de infraestrutura tecnológica

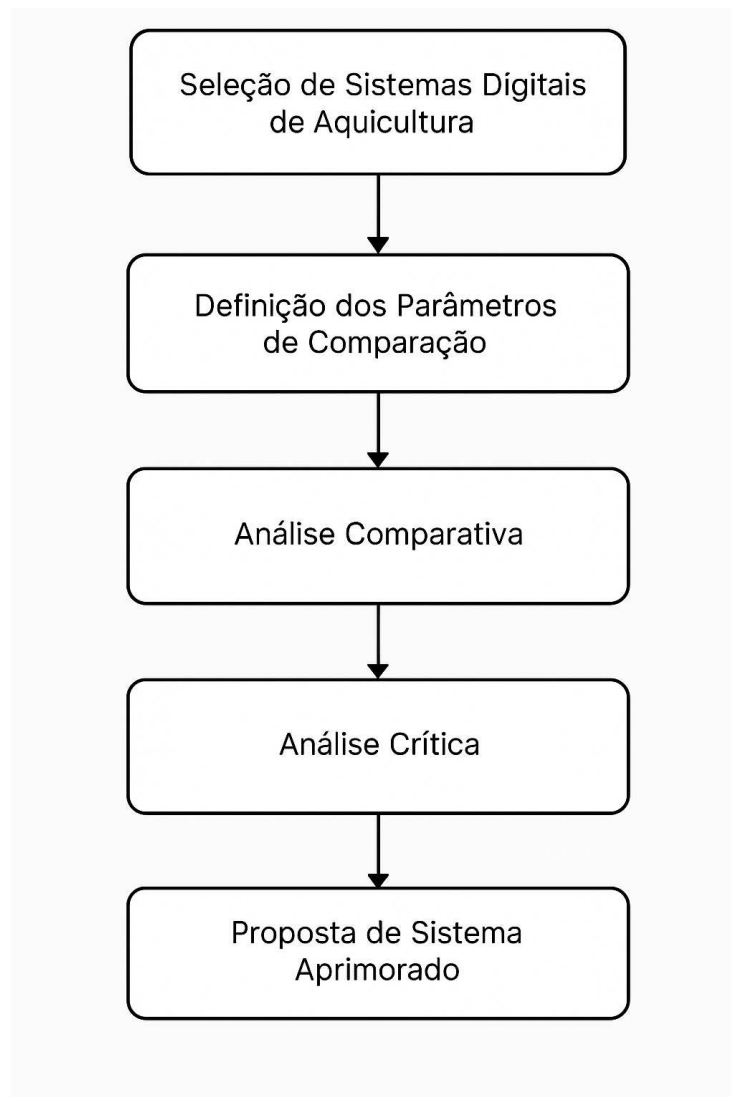
em regiões remotas, a necessidade de capacitação dos produtores para o uso das novas ferramentas e a integração entre diferentes sistemas e plataformas. Além disso, há uma demanda por soluções que atendam às especificidades de diferentes espécies e sistemas de cultivo, bem como por ferramentas que facilitem a rastreabilidade e a conformidade com regulamentações sanitárias e ambientais (MARMENTINI et al., 2022).

Em resumo, os sistemas digitais têm desempenhado um papel fundamental na modernização da aquicultura, oferecendo soluções para desafios históricos do setor. No entanto, é necessário continuar investindo em pesquisa, desenvolvimento e capacitação para ampliar o acesso e a eficácia dessas tecnologias, promovendo uma aquicultura mais eficiente, sustentável e competitiva.

3 METODOLOGIA

3.1 METODOLOGIA APLICADA

Este estudo adota uma abordagem **qualitativa e exploratória**, com foco na análise de um dos principais sistemas digitais utilizados na aquicultura no Brasil. O objetivo foi avaliar como essa plataforma aborda os desafios do setor e identificar oportunidades de aprimoramento por meio da digitalização. Para garantir rigor metodológico e clareza processual, as etapas que estruturam o desenvolvimento da pesquisa são apresentadas na **Figura 1** e descritas a seguir.



Etapa 1 – Levantamento de dados e seleção do sistema:

A etapa inicial consistiu em um levantamento exploratório das principais soluções

digitais voltadas à gestão da produção aquícola. Para isso, foram realizadas buscas sistemáticas na internet, com base em palavras-chave específicas, a fim de mapear softwares e aplicativos disponíveis no mercado nacional e internacional. A pré-seleção das ferramentas levou em consideração informações obtidas em sites oficiais das empresas desenvolvedoras, vídeos institucionais, materiais de divulgação, manuais técnicos, bases científicas e reportagens especializadas. Além disso, buscou-se estabelecer contato direto com algumas das equipes responsáveis pelos sistemas identificados, com o objetivo de obter informações adicionais e avaliar a viabilidade de inclusão no estudo. Foram considerados critérios como: relevância setorial, popularidade entre produtores, facilidade de acesso a versões demonstrativas ou de teste, clareza e completude da documentação técnica, amplitude funcional da plataforma e abertura por parte da empresa para contribuir com a pesquisa. A partir dessa análise preliminar e do processo de afinamento, optou-se pela realização de um estudo de caso aprofundado com o sistema **Aquabit**, por se tratar de uma ferramenta amplamente utilizada, representativa no cenário da aquicultura brasileira, e cuja equipe técnica demonstrou interesse em colaborar com a pesquisa, viabilizando o acesso a informações detalhadas e suporte durante o processo de análise.

Etapa 2 – Definição dos parâmetros de avaliação:

A análise foi orientada por princípios da engenharia de usabilidade e da experiência do usuário (UX), especialmente a partir das diretrizes de Nielsen (1994) e Brooke (1996). Os parâmetros definidos incluem: modelo de negócio, tecnologias utilizadas, usabilidade, funcionalidades, abrangência, atualizações, compatibilidade multiplataforma, entre outros aspectos relevantes à realidade da aquicultura.

Etapa 3 – Análise funcional e heurística dos sistemas:

O sistema selecionado foi submetido a uma avaliação crítica baseada em dois métodos complementares: a **Avaliação Heurística de Nielsen**, que identifica falhas de usabilidade com base em dez princípios amplamente reconhecidos no campo do design de interação, e a **System Usability Scale (SUS)**, instrumento padronizado que permite mensurar a percepção subjetiva de usabilidade dos usuários, conforme a abordagem proposta por Santana et al. (2018). No presente estudo, esses

métodos foram aplicados por meio de **testes exploratórios realizados diretamente na plataforma Aquabit**, em um ambiente simulado, assumindo o papel de um produtor aquícola. Foram lançados dados fictícios, porém condizentes com a realidade do setor, de modo a reproduzir o uso prático da ferramenta em suas diversas funcionalidades, avaliando minuciosamente todos os módulos disponíveis. A análise incluiu desde o cadastramento inicial de tanques e lotes até o acompanhamento financeiro e a geração de relatórios técnicos, possibilitando uma compreensão aprofundada da experiência do usuário e da eficácia da ferramenta na gestão da produção. Complementarmente, a avaliação também considerou a **revisão detalhada de materiais informativos disponibilizados pela empresa desenvolvedora**, incluindo vídeos tutoriais, páginas de perguntas frequentes (FAQ), conteúdos institucionais presentes no website oficial, além de interações com o suporte técnico do sistema, o que permitiu o esclarecimento de dúvidas e a validação de funcionalidades específicas. Por fim, também foram observados aspectos adicionais como o suporte a múltiplos idiomas, a integração com sensores e APIs externas, a acessibilidade via web e dispositivos móveis, e a frequência de atualizações, compondo um panorama abrangente sobre a robustez, a escalabilidade e a usabilidade do sistema.

Etapa 4 – Construção da tabela comparativa e análise crítica:

Com base nas análises realizadas, é elaborada uma tabela comparativa com os principais atributos do sistema. Essa sistematização facilita a identificação de pontos fortes e limitações da solução, permitindo uma análise crítica detalhada.

Etapa 5 – Proposição de conceito de sistema aprimorado:

A última etapa consiste na elaboração de uma proposta conceitual de um sistema digital aprimorado, que sintetize os pontos positivos observados nas soluções avaliadas e proponha melhorias fundamentadas nas necessidades da aquicultura moderna. Essa proposição visa orientar futuras iniciativas de desenvolvimento tecnológico no setor.

A coleta de dados será sustentada por uma abordagem multifonte, incluindo análise de documentação técnica dos sistemas, publicações acadêmicas, relatórios de órgãos especializados, materiais promocionais dos desenvolvedores e, quando

possível, testes práticos nas plataformas. Serão também considerados feedbacks de usuários disponíveis em fontes confiáveis.

A metodologia aqui descrita permite não apenas compreender as soluções tecnológicas atualmente disponíveis, mas também propor direções concretas para o avanço da digitalização na aquicultura, contribuindo com subsídios valiosos para o desenvolvimento de ferramentas mais eficazes, acessíveis e alinhadas às demandas do setor.

4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

4.1 SISTEMA REVISADO

O Aquabit é uma plataforma digital desenvolvida especificamente para a gestão de empreendimentos aquícolas, voltada a produtores, técnicos e gestores que buscam maior organização, eficiência e controle sobre os diversos aspectos da produção aquícola. Com estrutura modular, o sistema contempla funcionalidades que abrangem desde o cadastro de tanques, manejo de lotes, controle de arraçamento e monitoramento da qualidade da água, até ferramentas financeiras avançadas para registro de vendas, compras, despesas e análise do fluxo de caixa. A plataforma também oferece relatórios zootécnicos detalhados, integrando dados produtivos e econômicos para apoiar a tomada de decisões estratégicas baseadas em evidências. Com interface intuitiva e acesso por navegador web, além de um aplicativo complementar para registro em campo, o Aquabit se propõe a facilitar a rotina do produtor e a promover uma gestão mais profissionalizada, rastreável e sustentável da aquicultura. A seguir, apresenta-se uma análise detalhada de suas funcionalidades, potenciais de uso e oportunidades de melhoria.

4.2 ANÁLISE DESCRITIVA

Figura 1 – Home Page do Website da Aquabit



Tenha o controle completo da sua **produção de peixes e camarões** de forma simples.

Saiba o valor real do Kg do seu pescado e tenha **maior LUCRO!**

[TESTE GRÁTIS DO APLICATIVO >](#)

Soluções e benefícios do aplicativo

Vamos fazer um **Teste Grátis** da nossa Plataforma?

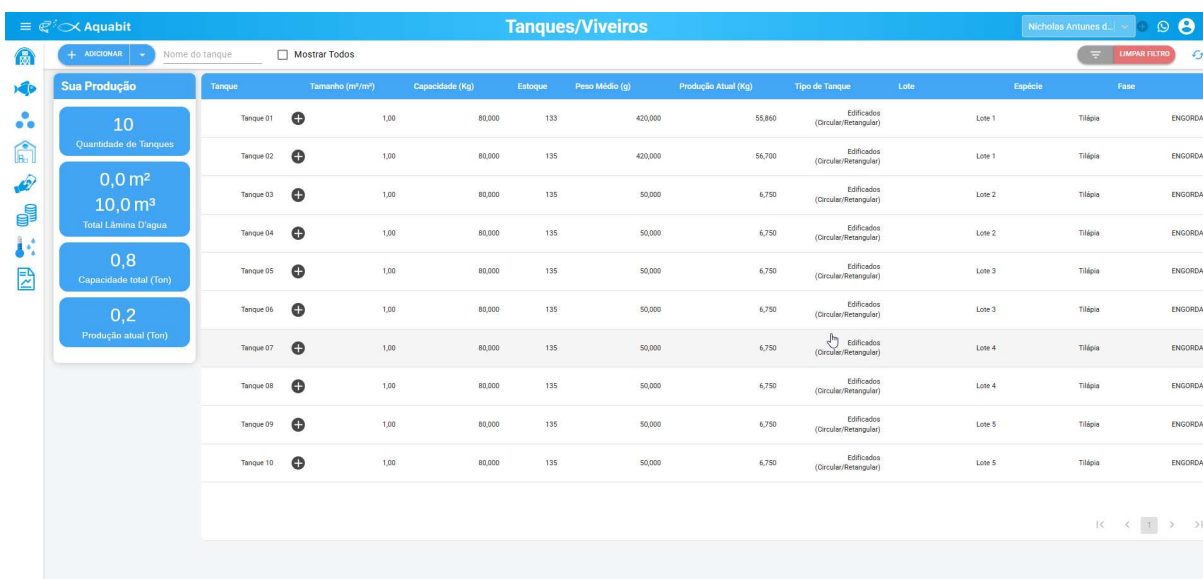
O Aquabit está disponível como uma aplicação web, acessível via navegadores de internet nos principais sistemas operacionais (Windows, macOS e distribuições Linux), e foi desenvolvido para uso em computadores ou notebooks, garantindo uma interface completa e responsiva para gestão administrativa e estratégica da produção. Complementarmente, a plataforma oferece um aplicativo móvel chamado **Caderno de Manejo**, disponível para smartphones e tablets com sistemas operacionais Android e iOS, voltado para o registro prático de dados diretamente no campo. Esse aplicativo permite o uso offline, algo essencial para produtores que operam em áreas rurais com conexão limitada ou instável, possibilitando a inserção de informações em tempo real, que são posteriormente sincronizadas com o sistema principal assim que o dispositivo se reconectar à internet. Essa funcionalidade reforça a confiabilidade e continuidade do fluxo de dados mesmo em ambientes com infraestrutura limitada. O sistema utiliza armazenamento em nuvem para garantir a segurança, integridade e acessibilidade das informações, permitindo que os dados estejam sempre disponíveis e atualizados em tempo real. No caso do uso offline pelo aplicativo, os dados são armazenados temporariamente na memória local do dispositivo e sincronizados com a nuvem assim que houver acesso à internet.

O sistema passa por atualizações constantes, com melhorias de interface, correções de bugs e inclusão de novas funcionalidades baseadas em feedbacks dos usuários. Embora não ofereça customizações individuais por usuário, o Aquabit é projetado para atender a uma grande variedade de realidades produtivas, considerando diferentes espécies e métodos de cultivo. A equipe de desenvolvimento analisa sugestões dos usuários, e funcionalidades demandadas por múltiplos produtores são priorizadas e implementadas para todos, seguindo um cronograma coletivo de melhorias. Quanto à integração com APIs externas, dispositivos inteligentes, sensores ou sistemas financeiros, essas possibilidades ainda estão em processo de confirmação com a equipe técnica do sistema, sendo um ponto relevante para futuras expansões e integrações tecnológicas mais avançadas. O sistema é ofertado como um Software as a Service (Saas), e são disponibilizados dois planos de benefícios diferentes - um mais básico, e a versão completa. Os planos podem ser assinados semestral ou anualmente, e os valores partem de R\$3.423,60/ano. Com essa estrutura, o Aquabit se apresenta como uma solução versátil e escalável para digitalizar e otimizar a aquicultura em diferentes contextos produtivos.

A seguir, será realizada uma descrição sistemática dos principais módulos que compõem o sistema. Cada módulo é analisado individualmente quanto às suas funcionalidades, objetivos operacionais e contribuições práticas à rotina do produtor. Essa estrutura permite compreender não apenas o funcionamento técnico da plataforma, mas também sua aplicabilidade real no campo e sua capacidade de responder às principais dores e gargalos da cadeia produtiva aquícola. A análise considera aspectos de usabilidade, integração entre ferramentas, visualização de dados, controles zootécnicos e financeiros, e outras funcionalidades que compõem a proposta de digitalização integrada da produção aquícola ofertada pelo Aquabit.

Módulo PROPRIEDADE

Figura 2 – Captura da Tela TANQUES do Sistema Aquabit



Tanque	Tamanho (m²/m³)	Capacidade (Kg)	Estoque	Peso Médio (g)	Produção Atual (Kg)	Tipo de Tanque	Lote	Espécie	Fase
Tanque 01	1,00	80,000	133	420,000	55,860	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 1	Tilápia	ENGORDA
Tanque 02	1,00	80,000	135	420,000	56,700	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 1	Tilápia	ENGORDA
Tanque 03	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 2	Tilápia	ENGORDA
Tanque 04	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 2	Tilápia	ENGORDA
Tanque 05	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 3	Tilápia	ENGORDA
Tanque 06	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 3	Tilápia	ENGORDA
Tanque 07	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 4	Tilápia	ENGORDA
Tanque 08	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 4	Tilápia	ENGORDA
Tanque 09	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 5	Tilápia	ENGORDA
Tanque 10	1,00	80,000	135	50,000	6,750	Edificados (Circular/Retangular)	Lote 5	Tilápia	ENGORDA

No módulo de Propriedade, o usuário conta com a funcionalidade de **Cadastro e Controle de Tanques**. Esta representa um dos pilares centrais do sistema Aquabit, sendo a base estrutural para o gerenciamento produtivo e a rastreabilidade zootécnica dentro da plataforma. Por meio desta ferramenta, o produtor pode registrar de forma detalhada todos os tanques disponíveis na propriedade aquícola, atribuindo informações essenciais que servirão de referência para as demais operações de cultivo e alimentação, bem como para os controles produtivos e financeiros integrados ao sistema.

Durante o processo de cadastro, é possível especificar a **origem da água utilizada em cada tanque**, incluindo opções como chuva, rio, açude, bacia, lago, nascente, poço e reservatório. Esta informação é fundamental para o acompanhamento de aspectos ambientais e sanitários da produção, permitindo avaliar os impactos de diferentes fontes hídricas na saúde dos animais cultivados. Além disso, o sistema permite registrar o **tipo de tanque ou viveiro**, categorizando-os conforme suas características construtivas, como bancada, caixas, edificado, escavado, *raceway*, rede/gaiola ou reservatório, proporcionando ao gestor uma visão clara da infraestrutura instalada.

Outro parâmetro importante no cadastro é a **situação operacional do tanque**, que pode ser classificada como “livre”, “em manutenção” ou “desativado”. Essa funcionalidade possibilita um planejamento mais preciso do uso da infraestrutura, auxiliando na organização do ciclo produtivo e no acompanhamento de intervenções técnicas. Também são registrados o **tamanho físico do tanque**, em metros quadrados (área superficial) ou metros cúbicos (volume), dependendo do tipo de estrutura, e a **capacidade máxima estimada de biomassa suportada**, em quilogramas. A definição desses parâmetros permite ao sistema calcular indicadores de densidade de estocagem, conversão alimentar e estimativas de produtividade.

Os tanques podem ser cadastrados de forma **individual ou em lote**, sendo possível registrar diversos tanques simultaneamente, desde que compartilhem as mesmas características estruturais e operacionais. Essa funcionalidade otimiza o tempo de cadastro, especialmente em empreendimentos com grande número de unidades de cultivo. Todos os tanques cadastrados são organizados e exibidos na tela principal da ferramenta, onde podem ser **filtrados por tipo de tanque** para facilitar a visualização e a análise da estrutura disponível.

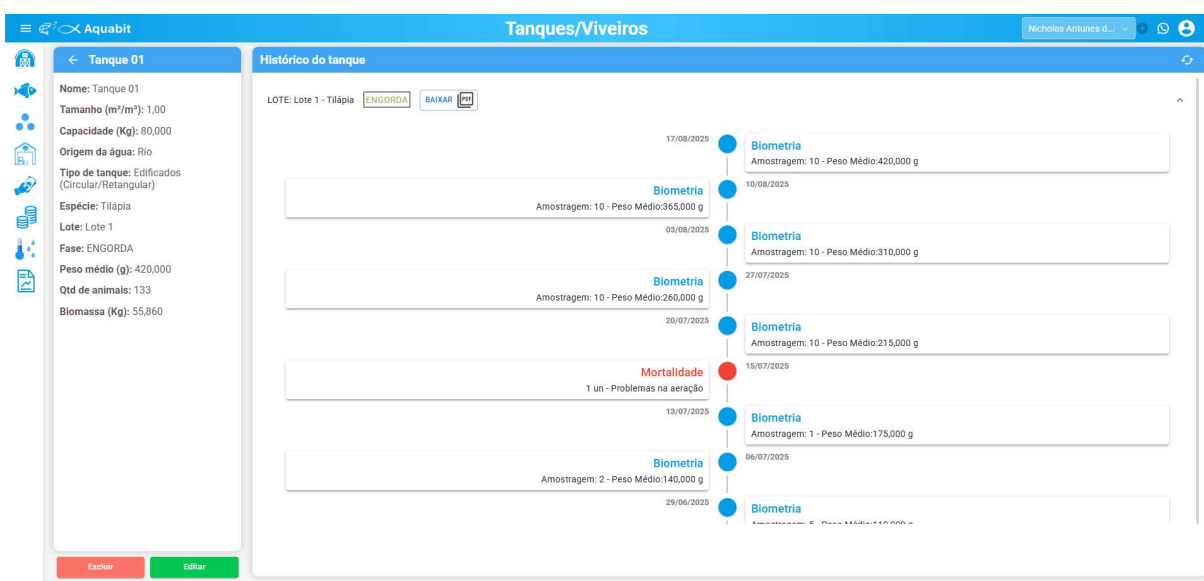
A interface apresenta ainda uma série de **totalizadores automáticos**, que exibem informações consolidadas, tais como: o número total de tanques cadastrados, a lâmina d'água ou volume total disponível, a **capacidade total de produção** da propriedade (em toneladas) e a **biomassa atualmente em cultivo**, calculada com base nos tanques que estão efetivamente povoados. Essas métricas fornecem uma visão macro do status produtivo da unidade aquícola, sendo úteis tanto para o

planejamento estratégico quanto para auditorias, certificações ou controle técnico-operacional.

Cada tanque, uma vez cadastrado, pode ser **vinculado a um ou mais lotes de peixes** por meio da funcionalidade de povoamento, estabelecendo uma ligação direta entre a infraestrutura e a biomassa estocada. Esse vínculo é essencial para garantir a rastreabilidade e a coerência dos dados ao longo do ciclo produtivo, permitindo que outras ferramentas do sistema, como registros de arraçamento, biometrias, transferências e análises financeiras, utilizem o tanque como unidade básica de referência.

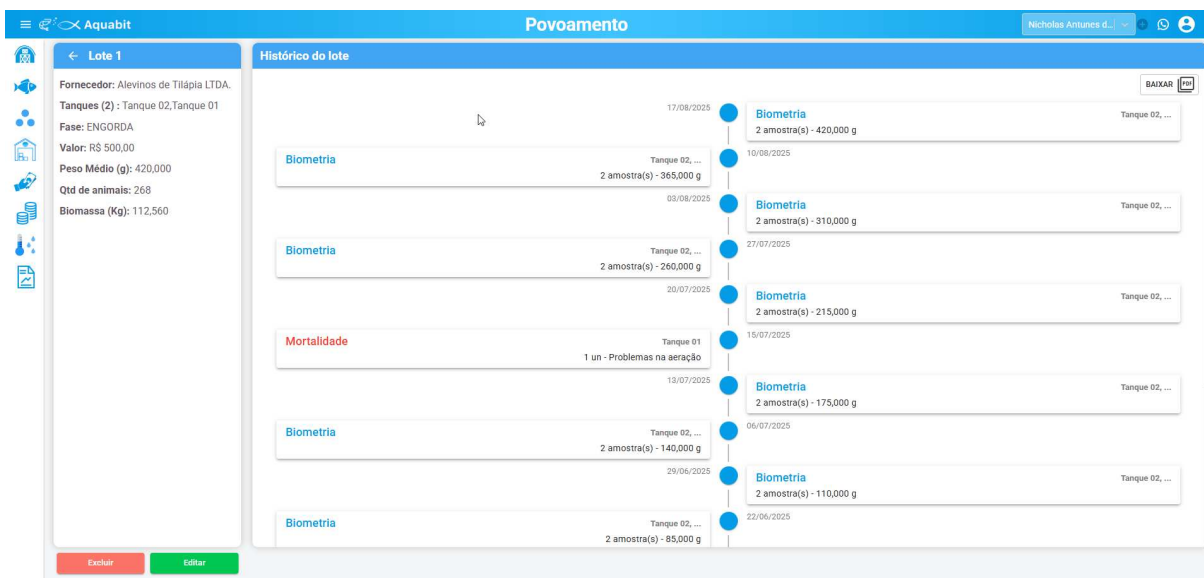
A qualidade e a completude do cadastro dos tanques influenciam diretamente a **precisão dos relatórios gerados pelo sistema**, especialmente aqueles voltados ao desempenho produtivo e à eficiência econômica. Dessa forma, essa funcionalidade representa não apenas um recurso operacional, mas uma etapa crítica de estruturação dos dados que irão sustentar toda a análise técnica e gerencial da produção. A centralização dessas informações em um único ambiente digital, com integração automatizada entre os diferentes módulos do Aquabit, promove uma gestão mais organizada, transparente e eficiente da atividade aquícola.

Figura 3 – Captura da Tela HISTÓRICO DO TANQUE do Sistema Aquabit



Módulo PRODUÇÃO

Figura 4 – Captura da Tela HISTÓRICO DO LOTE do Sistema Aquabit



O **Módulo Produção** do sistema Aquabit constitui-se como o núcleo da gestão zootécnica da atividade aquícola, permitindo o acompanhamento sistemático do ciclo produtivo desde o povoamento até a despesca. Estruturado em quatro ferramentas interligadas — *povoamento*, *biometria*, *mortalidade* e *transferência* — esse módulo oferece ao produtor uma interface intuitiva e funcional para o registro e análise de dados fundamentais à condução técnica do cultivo. A integração entre essas ferramentas garante a rastreabilidade completa dos lotes e fornece insumos críticos para decisões de manejo e avaliações de desempenho zootécnico e econômico.

A jornada dentro do módulo inicia-se com a ferramenta de **Povoamento**, onde são realizados os cadastros dos lotes introduzidos nos tanques. Para cada novo lote, o usuário informa a **espécie cultivada** e o **fornecedor**, seleciona a **data de povoamento** e associa o lote ao **tanque correspondente**, previamente registrado na plataforma. É possível indicar a **fase do ciclo de vida** dos animais — como reprodução, berçário, pós-larva, crescimento, engorda, despesca ou finalização — e inserir informações zootécnicas iniciais como o **peso médio dos indivíduos (em gramas)** e o **número total de animais**, além de definir a **previsão de despesca**,

estimando o **peso médio esperado** e o **número de dias até seu alcance**. O sistema ainda permite registrar o **valor monetário do lote**, possibilitando que esse custo inicial seja automaticamente lançado no módulo financeiro da plataforma, promovendo a integração contábil e a rastreabilidade dos investimentos desde o início do ciclo.

Os lotes cadastrados são organizados em uma listagem funcional, com filtros por critérios como tanque, fase de cultivo, data ou fornecedor, o que facilita o gerenciamento e a busca por informações específicas. A visualização detalhada de cada lote apresenta não apenas os dados inseridos, mas também uma **linha do tempo integrada** que reúne todos os registros vinculados àquele lote nas demais ferramentas do módulo de produção, como biometrias realizadas, eventos de mortalidade e transferências. Essa funcionalidade contribui significativamente para a **rastreabilidade histórica** e o controle técnico do lote, apoiando auditorias, certificações e análise de desempenho.

A segunda ferramenta, a **Biometria**, permite o registro periódico do crescimento dos animais ao longo do ciclo de produção. O usuário pode realizar uma biometria completa, informando o número de indivíduos amostrados e o **peso total da amostra**, ou optar por um registro direto do **peso médio**. Todos os dados são vinculados ao **tanque e ao lote correspondente**, assegurando a continuidade e coerência dos registros. A listagem de biometrias apresenta filtros por tanque e lote, e fornece **totalizadores gráficos automáticos**, como o **acúmulo de biomassa por lote** e o **ganho de peso ao longo do tempo**, desde que existam ao menos dois registros em momentos distintos. Tais informações são cruciais para a avaliação da eficiência alimentar, o cálculo da conversão alimentar real e o planejamento das etapas subsequentes de manejo ou despesca.

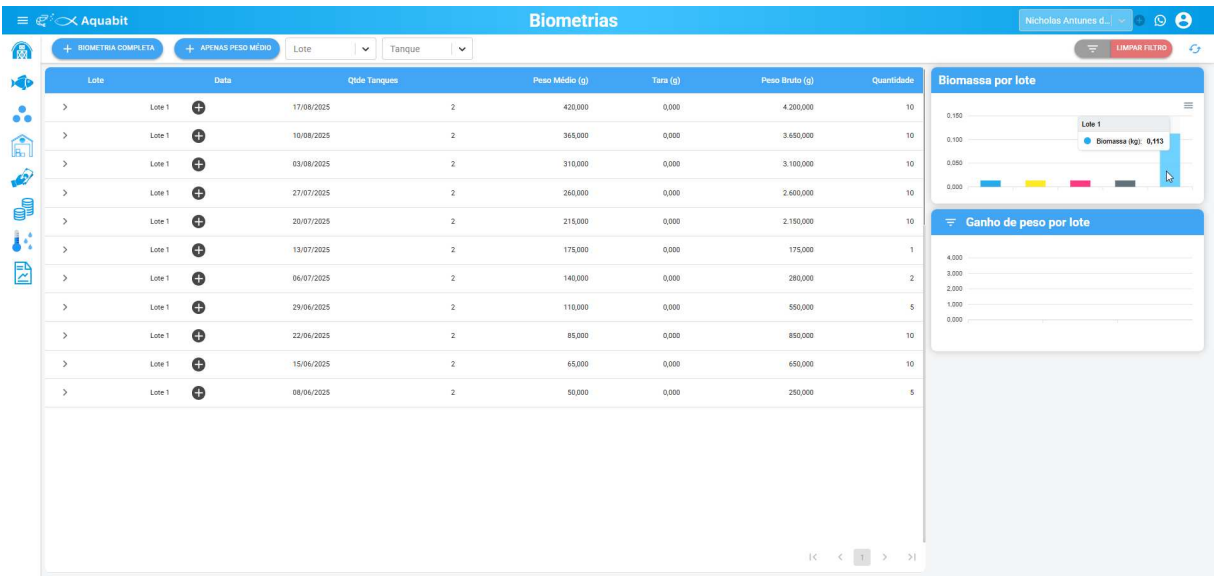
Complementando o acompanhamento zootécnico, a ferramenta de **Mortalidade** possibilita o registro das perdas ocorridas ao longo da produção. Para cada evento de mortalidade, o sistema permite especificar a **data**, o **tanque** onde ocorreu a perda, a **quantidade de animais mortos** e, sobretudo, a **causa atribuída à mortalidade**. As causas podem incluir fatores como infecção, predação, baixa qualidade da água, falhas no manejo, contaminação, erro de contagem ou a má qualidade dos alevinos, entre outras. Esse detalhamento permite a geração de

relatórios e **gráficos analíticos que relacionam a quantidade de perdas com as causas registradas**, oferecendo insights valiosos para a tomada de decisão e para o aprimoramento das práticas de manejo sanitário e ambiental. A filtragem por causa também permite análises epidemiológicas e a identificação de padrões recorrentes de perdas, orientando intervenções corretivas e preventivas.

Por fim, a ferramenta de **Transferência** permite o registro da movimentação de lotes entre diferentes tanques dentro da propriedade. O usuário indica o **lote e tanque de origem**, o **tanque de destino**, a **data da transferência** e insere dados atualizados como o **peso médio dos animais**, a **quantidade total transferida** e, opcionalmente, o **tamanho médio em centímetros**. O sistema oferece a possibilidade de, durante esse processo, **registrar automaticamente uma nova biometria do tanque de origem**, promovendo um controle atualizado da biomassa antes da transferência. Caso a transferência seja total, é possível também **finalizar o tanque de origem**, marcando-o como desocupado no sistema. Esta funcionalidade assegura que a ocupação dos tanques esteja sempre atualizada, evitando erros em registros futuros e contribuindo para a gestão espacial da produção.

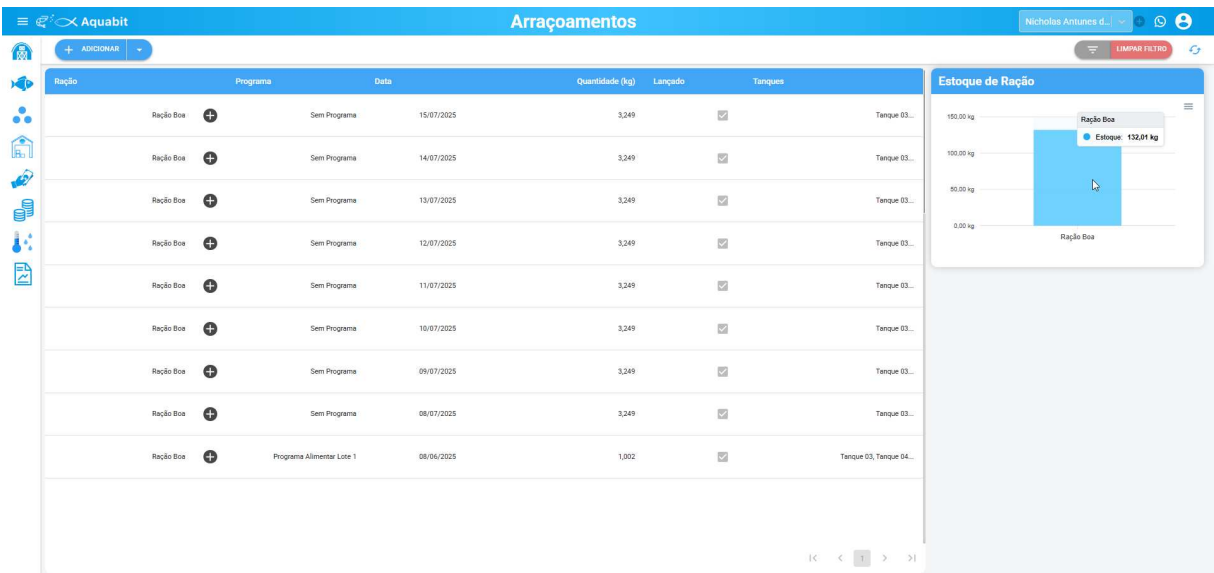
A interação entre as quatro ferramentas do módulo de produção garante que todas as ações tomadas ao longo do ciclo produtivo estejam conectadas e reflitam nos relatórios gerais do sistema. Ao estabelecer relações diretas entre povoamentos, biometrias, mortalidades e transferências, o sistema Aquabit oferece ao produtor uma **visão sistêmica da produção aquícola**, permitindo avaliar o desempenho de forma integrada, identificar pontos críticos e otimizar recursos técnicos, humanos e financeiros.

Figura 5 – Captura da Tela BIOMETRIAS do Sistema Aquabit



Módulo CONTROLE DE RAÇÃO

Figura 6 – Captura da Tela ARRAÇOAMENTO do Sistema Aquabit



O **Módulo Controle de Ração** do sistema Aquabit foi desenvolvido para permitir uma gestão precisa e eficiente da alimentação dos organismos aquáticos cultivados, considerando a ração como um dos principais componentes de custo em sistemas de produção aquícola. Através da integração entre as sessões de **Estoque de**

Ração, Compra de Ração, Arraçoamento e Programas Alimentares, o módulo oferece ao produtor uma visão consolidada de todo o ciclo de manejo alimentar, desde a entrada da ração no estoque até seu fornecimento efetivo aos lotes cultivados, com impactos diretos no desempenho zootécnico e nos resultados financeiros da produção.

Na sessão de **Estoque de Ração**, o usuário realiza o cadastro detalhado dos diferentes tipos de ração utilizados na propriedade, incluindo informações como o **nome do produto**, o **tamanho do pellet (em milímetros)**, o **teor de proteína bruta (em percentual)**, a **marca**, a **data de início da reposição do estoque**, o **estoque inicial** e o **estoque mínimo**, ambos em **quilogramas**. Essa base de dados permite acompanhar, em tempo real, os níveis de estoque de cada tipo de ração, otimizando o planejamento de compras e evitando a ocorrência de faltas ou excessos. A plataforma apresenta **gráficos de totalização** que ilustram de forma clara o volume atual disponível por tipo de ração, bem como um **relatório consolidado de entradas e saídas**, permitindo análises quantitativas da dinâmica de uso de cada insumo alimentar ao longo do tempo.

A sessão de **Compra de Ração** permite o registro detalhado das aquisições realizadas pelo produtor, com campos para informar o **tipo de ração comprada**, a **quantidade adquirida (em kg)**, a **data da compra**, o **valor total pago**, e dados adicionais relacionados à **forma de pagamento**, como número de **parcelas** e **condições de quitação**. Este registro é automaticamente integrado ao módulo financeiro do sistema, sendo categorizado como uma **despesa operacional** e, portanto, refletindo diretamente nos relatórios de fluxo de caixa, balanço e análise de custos por lote ou por tanque. Tal integração permite ao produtor uma avaliação precisa da representatividade dos custos com ração no contexto global da produção.

A funcionalidade de **Arraçoamento** é uma das mais operacionais do módulo, sendo utilizada para registrar o fornecimento efetivo da ração aos tanques em produção. Ao lançar um novo arraçoamento, o usuário seleciona o **tipo de ração utilizada** (dentre aquelas cadastradas no estoque), o que acarreta o **abatimento automático da quantidade fornecida** do volume disponível no estoque. O produtor informa também a **data do trato**, o **tanque de destino**, o **lote de peixes vinculado** e a **quantidade fornecida (em kg)**, além da **frequência do arraçoamento**, ou seja, o

número de vezes em que a ração foi lançada no dia. O sistema permite ainda o **registro retroativo por período**, bem como o uso de **programas alimentares previamente cadastrados**, o que automatiza os cálculos e agiliza o lançamento dos dados, especialmente em propriedades de maior escala.

Por fim, a sessão de **Programas Alimentares** oferece ao usuário a possibilidade de cadastrar **planos alimentares personalizados**, que poderão ser utilizados como base para o registro dos arraçoamentos. Estes programas podem ser estruturados de três formas principais: (i) **semanal por percentual da biomassa**, onde o fornecimento é definido de acordo com o peso total estimado dos peixes; (ii) **diário por percentual da biomassa e temperatura da água**, considerando o impacto da temperatura sobre o metabolismo dos organismos e, conseqüentemente, sobre o consumo alimentar; ou (iii) **semanal com base na conversão alimentar esperada**, permitindo estimativas mais precisas de consumo e ganho de peso em função da eficiência alimentar observada na produção. Esses programas podem ser ajustados ao longo do ciclo produtivo, e são ferramentas importantes tanto para a padronização do manejo quanto para a melhoria do desempenho zootécnico, contribuindo para o planejamento alimentar estratégico e a otimização do uso de recursos.

A integração entre todas as sessões do módulo — desde o cadastro inicial da ração até sua aplicação final no arraçoamento — permite ao produtor um controle robusto, padronizado e financeiramente rastreável da alimentação dos animais, promovendo não apenas o bem-estar dos organismos cultivados, mas também maior eficiência técnico-econômica da atividade. Esse nível de detalhamento é fundamental para o acompanhamento de indicadores como consumo por biomassa, custo alimentar por lote e taxa de conversão alimentar, dados esses essenciais para a tomada de decisão em sistemas de produção aquícola de diferentes portes.

Módulo CONTROLE DE INSUMOS

Figura 7 – Captura da Tela COMPRAS DE INSUMOS do Sistema Aquabit

The screenshot shows the 'Compras de Insumos' (Purchases of Inputs) interface. At the top, there's a header with the Aquabit logo and a search bar. Below the header is a table with columns: Insumos, Tipo, Fornecedor, Data, Un, Quantidade, V. Unitário, and V. Total. The table lists various items like Termômetro, Balança, Medidor, Aerator, Peneiras, Oxímetro, and Kit para Qualidade de Água, along with their purchase dates and costs. On the right side, there's a sidebar with 'Estoque de Insumo' (Inventory of Inputs) showing a bar chart and 'Meus Insumos' (My Inputs) listing items with their current stock levels and prices.

Insumos	Tipo	Fornecedor	Data	Un	Quantidade	V. Unitário	V. Total
Termômetro	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/10/2025	UN	2,000	50,00	100,00
Balança	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/10/2025	UN	1,000	300,00	300,00
Medidor	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/10/2025	UN	1,000	40,00	40,00
Aerador	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	01/01/2026	UN	1,000	500,00	500,00
Peneiras	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/12/2025	UN	1,000	80,00	80,00
Oxímetro	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/04/2025	UN	3,000	200,00	600,00
Kit para Qualidade de Água	Compra	Equipamentos e Insumos LTDA.	08/04/2025	UN	1,000	300,00	300,00
Aerador	Ajuste - entrada		08/04/2025	UN	10,000	0,00	0,00

O **Módulo Controle de Insumos** do sistema Aquabit foi concebido para viabilizar uma gestão precisa, organizada e transparente dos insumos e equipamentos utilizados nas atividades aquícolas. Por meio desse módulo, o produtor pode realizar o controle completo do ciclo de vida dos materiais — desde sua entrada no estoque, passando por seu armazenamento e acompanhamento de níveis mínimos, até sua efetiva aplicação no sistema produtivo. Essa funcionalidade é particularmente relevante em sistemas de produção que fazem uso constante de insumos diversos, como corretivos de água, medicamentos, equipamentos de manutenção, materiais de infraestrutura e produtos de uso zootécnico em geral. O controle adequado desses recursos, além de contribuir para a rastreabilidade e segurança sanitária da produção, permite uma alocação mais eficiente de custos e evita perdas por desorganização ou uso indevido.

O módulo é dividido em três sessões complementares: **Estoque de Insumos**, **Compra de Insumos** e **Aplicação de Insumos**. Cada uma dessas funcionalidades possui um papel específico dentro da dinâmica de controle e estão interligadas de maneira coerente com os demais módulos da plataforma, sobretudo com o módulo financeiro e o de produção.

Na sessão de **Estoque de Insumos**, o usuário realiza o cadastro dos diferentes tipos de insumos e equipamentos utilizados na propriedade. Durante o cadastro, é possível especificar o **tipo do item** (por exemplo, insumo zootécnico, medicamento, equipamento de uso geral, entre outros), a **data do registro**, o **estoque inicial**, e o **estoque mínimo desejado** para aquele item. O sistema permite visualizar uma listagem completa de todos os insumos cadastrados, com filtros por nome, tipo ou status, otimizando a navegação e a busca por informações específicas. Além disso, o sistema oferece **gráficos de totalização de estoque**, fornecendo uma visualização clara e objetiva dos níveis atuais de cada insumo, o que auxilia no planejamento de novas aquisições e na prevenção de rupturas de estoque que possam comprometer o manejo.

A sessão de **Compra de Insumos** é utilizada para registrar a entrada de novos materiais no sistema. Seja por meio da aquisição de insumos já existentes no estoque, seja pela adição de um novo item à base de dados, esta funcionalidade permite ao usuário atualizar os volumes disponíveis com facilidade e precisão. Para cada compra registrada, o produtor pode informar a **data da aquisição**, o **tipo e nome do insumo**, a **quantidade adquirida**, e eventuais **informações adicionais**, como o fornecedor e o valor da compra, dados esses que podem ser utilizados para o controle financeiro e análise de custos por lote ou por etapa produtiva. Essa funcionalidade garante que o sistema reflita fielmente a realidade do estoque físico da propriedade, evitando divergências entre o controle digital e os materiais efetivamente disponíveis.

Por fim, a sessão de **Aplicação de Insumos** é responsável por registrar a **utilização efetiva dos insumos** no processo produtivo. Durante esse processo, o usuário indica o **insumo utilizado**, a **quantidade aplicada**, a **data da aplicação** e, quando pertinente, o **tanque ao qual a aplicação está vinculada**. Essa associação direta entre o insumo utilizado e o tanque de destino é fundamental para manter a rastreabilidade do uso de produtos no ambiente produtivo, especialmente em contextos em que é necessário demonstrar conformidade com boas práticas de manejo, certificações ou exigências sanitárias. Além disso, o sistema realiza automaticamente o **desconto da quantidade aplicada no estoque registrado**,

mantendo os dados atualizados em tempo real e promovendo maior eficiência na gestão dos recursos.

A integração entre as três sessões do módulo — estoque, compras e aplicações — permite ao produtor acompanhar o ciclo completo de cada item, da entrada à saída, com controle e transparência. As informações geradas também podem ser utilizadas em análises financeiras, por meio da correlação entre os custos de insumos e os resultados produtivos obtidos, contribuindo para uma gestão mais estratégica da propriedade aquícola. Em conjunto com os demais módulos do sistema, o controle de insumos se torna uma ferramenta indispensável para o planejamento operacional, o cumprimento de normativas e a maximização da eficiência técnico-econômica da produção.

Módulo VENDAS

Figura 8 – Captura da Tela MOVIMENTAÇÕES do Sistema Aquabit

Tipo	Data	Categoria	Documento	Valor Total (R\$)	Status	N° Parcelas	Conta
Despesa	08/08/2025	Alevinos		500,00	A Pagar	1	Banco do Brasil
Venda	08/02/2025	Peixe Vivo		648,00	A Pagar	1	Nubank
Venda	08/01/2025	Peixe Vivo		638,40	A Pagar	1	Nubank
Despesa	01/01/2025	Insumos		500,00	Pago	1	Nubank
Despesa	08/12/2025	Insumos		80,00	Pago	1	Nubank
Despesa	08/10/2025	Alevinos		500,00	A Pagar	1	Nubank
Despesa	08/10/2025	Insumos		440,00	A Pagar	4	Nubank
Despesa	08/09/2025	Alevinos		500,00	A Pagar	1	Banco do Brasil
Despesa	08/07/2025	Alevinos		500,00	A Pagar	1	Banco do Brasil
Despesa	08/06/2025	Alevinos		500,00	Pago	1	Banco do Brasil
Despesa	08/06/2025	Insumos		900,00	Pago	1	Nubank

O **Módulo de Vendas** do sistema Aquabit foi concebido com o objetivo de sistematizar e facilitar o controle comercial da produção aquícola, oferecendo uma ferramenta integrada para o registro, acompanhamento e análise das transações comerciais realizadas pelo empreendimento. Este módulo está subdividido em três

sessões principais: **Minhas Vendas**, **Clientes** e **Vendas de Produtos**, cada uma com funcionalidades específicas que, em conjunto, promovem maior rastreabilidade e organização do processo de comercialização dos organismos e produtos aquícolas.

Na sessão **Minhas Vendas**, o usuário pode registrar detalhadamente a venda de lotes de organismos aquáticos, tais como **alevinos**, **peixes vivos** ou **camarões**, estabelecendo o vínculo direto entre o produto comercializado e o tanque de origem, previamente cadastrado na plataforma. O processo de lançamento da venda contempla campos para a **quantidade de animais vendida**, o **peso médio dos indivíduos no momento da despesca**, e o **valor total da transação**, calculado automaticamente a partir do **preço por quilograma** e da biomassa total comercializada. Este nível de detalhamento permite uma análise refinada da performance de cada lote, conectando o desempenho produtivo à sua rentabilidade comercial. Ao finalizar o registro da venda, o sistema oferece a opção de realizar automaticamente o **registro financeiro correspondente**, inserindo a entrada de receita no módulo financeiro da plataforma. Nessa etapa, o usuário pode indicar a **data do pagamento**, a **forma de pagamento** (dinheiro, transferência, boleto, cartão, entre outros), e a **modalidade da transação** (à vista ou parcelada), garantindo uma visão integrada e automatizada da movimentação financeira da atividade. A tela principal dessa seção apresenta uma **listagem completa das vendas realizadas**, permitindo **filtros personalizados por cliente** e a **emissão de relatórios de vendas por períodos específicos**, além de **gráficos totalizadores** com a **série histórica das vendas realizadas nos últimos seis meses**, o que auxilia na visualização de sazonalidades e tendências do mercado.

A sessão **Clientes** permite ao usuário o **cadastro estruturado dos compradores** da produção, fornecendo uma base de dados fundamental para a gestão comercial do empreendimento. O cadastro contempla informações como o **tipo de cliente** (por exemplo, atravessadores, consumidores finais, cooperativas, pisciculturas, frigoríficos, restaurantes, revendedores, entre outros), além de dados geográficos como o **estado** e a **cidade de origem do cliente**. Também são coletados os **dados de contato** fundamentais, incluindo **nome**, **telefone**, **documento de identificação**, **e-mail** e **endereço completo**. Esta organização facilita o relacionamento comercial,

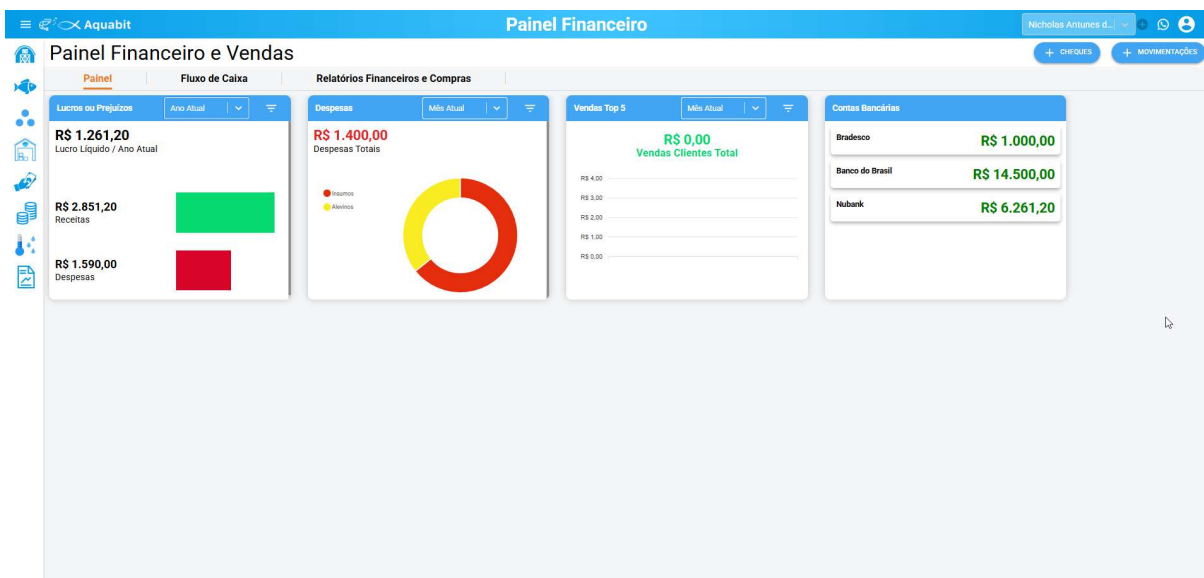
permite o controle do histórico de transações por cliente e pode ser usada como base para ações de fidelização ou estratégias de marketing direto.

Por fim, o módulo também apresenta a seção **Vendas de Produtos**, a qual se destina ao registro de vendas de itens diversos que não sejam lotes de organismos vivos, como produtos processados, subprodutos, ou eventuais insumos ou equipamentos. No entanto, **esta funcionalidade não pôde ser testada até o momento**, seja por indisponibilidade temporária do sistema, seja por ainda estar em **fase de desenvolvimento** (informação a ser confirmada junto ao suporte técnico da plataforma). A depender do escopo final desta sessão, espera-se que ela complemente a gestão comercial do produtor, oferecendo uma solução integrada para todas as formas de receita da propriedade aquícola.

Com este módulo, o Aquabit entrega ao produtor não apenas uma ferramenta de registro, mas um sistema de **gestão comercial estratégica**, conectando dados produtivos, logísticos e financeiros em uma plataforma única. Essa integração é essencial para um controle eficiente da **rentabilidade do negócio**, permitindo análises comparativas entre lotes, tanques, tipos de clientes e períodos de venda, contribuindo significativamente para a **tomada de decisões baseada em dados reais e organizados**.

Módulo FINANCEIRO

Figura 9 – Captura da Tela PAINEL FINANCEIRO do Sistema Aquabit



O **Módulo Financeiro** do sistema Aquabit constitui uma ferramenta robusta e integrada para a gestão econômica de empreendimentos aquícolas. Desenvolvido com foco na realidade operacional da aquicultura, esse módulo proporciona controle detalhado das movimentações financeiras, incluindo receitas, despesas, fluxo de caixa, fornecedores, contas bancárias, categorias contábeis e rateio de custos fixos, permitindo uma visão ampla e estratégica da sustentabilidade financeira da atividade.

A primeira seção deste módulo é o **Painel Financeiro**, que está subdividido em três abas principais. A primeira aba apresenta um painel interativo com quatro totalizadores gráficos. O primeiro gráfico exibe a relação entre receitas, despesas e o saldo financeiro, calculando lucros ou prejuízos em diferentes períodos, como mês atual, mês anterior, trimestre, semestre ou ano corrente. Este gráfico pode ser filtrado por contas bancárias específicas, o que facilita análises segmentadas. O segundo gráfico consolida todas as despesas registradas, incluindo compras e demais gastos feitos nos demais módulos da plataforma, com as mesmas opções de filtro temporal. O terceiro gráfico apresenta as cinco vendas de maior valor

realizadas no período selecionado, permitindo uma rápida identificação das transações mais relevantes. Por fim, o quarto gráfico mostra o saldo atual de cada conta bancária cadastrada no sistema, com base nas movimentações registradas como entradas (vendas, outras receitas) e saídas (despesas, compras).

A segunda aba do painel é dedicada ao **fluxo de caixa anual**, sendo altamente visual e funcional. Nela, o usuário pode acompanhar os totais mensais de vendas, despesas, outras entradas e o saldo consolidado, todos expressos em reais. Essa aba também apresenta uma linha do tempo com informações financeiras detalhadas mês a mês, o que permite ao produtor uma análise precisa da evolução do desempenho financeiro ao longo do ano.

Já a terceira aba é voltada para a geração de **relatórios financeiros**, todos exportáveis nos formatos PDF ou CSV. Os relatórios disponíveis incluem: compras de animais (filtráveis por categoria e fornecedor), compras de ração, extrato de vendas de produtos (filtrável por categoria e cliente), extrato de vendas por cliente, resumo de despesas por fornecedor (com filtros por tipo de fornecimento, como alevinos, ração, equipamentos, materiais diversos, entre outros), e relatório de conta-corrente, que apresenta o histórico completo das movimentações de cada conta bancária registrada na plataforma.

A segunda seção do módulo é a de **Movimentações**, onde o usuário realiza o registro e acompanhamento de todas as transações financeiras da propriedade. É possível registrar despesas gerais, compras, vendas de produtos e de animais, bem como outras entradas não associadas diretamente à comercialização, como financiamentos ou subsídios. Todas as movimentações ficam organizadas em uma listagem que pode ser filtrada por tipo (venda, compra, etc.) e situação (pago, a pagar). A interface dessa seção também oferece totalizadores numéricos que resumem os valores das vendas recebidas, das despesas pagas, das outras entradas e do saldo total do empreendimento. Além disso, há uma visualização clara dos saldos das contas bancárias cadastradas e uma representação rápida do total de despesas a pagar vinculadas a cada conta.

Na seção **Conta Bancária**, o usuário pode cadastrar as contas correntes utilizadas pelo empreendimento, informando dados como data de início da movimentação,

saldo inicial (que servirá como base para os cálculos futuros) e definindo qual será a conta padrão. A integração com os demais módulos garante que todas as entradas e saídas financeiras sejam refletidas nas respectivas contas, promovendo acurácia no controle de saldos e no fluxo de caixa.

Complementando esse controle, a seção **Categoria** permite ao usuário organizar as movimentações em categorias específicas, que podem ser associadas aos tipos “venda”, “compra”, “produto”, “outras entradas” ou “despesas”. Essas categorias também podem ser configuradas para integrar o rateio de custos fixos do empreendimento, o que é essencial para análises de viabilidade econômica por tanque ou lote. Todas as categorias cadastradas ficam disponíveis em uma listagem que pode ser filtrada pelo respectivo tipo, facilitando a gestão contábil da atividade.

Na seção **Fornecedores**, o sistema permite o cadastro completo dos parceiros comerciais que fornecem insumos, ração, equipamentos e outros produtos. Para cada fornecedor, é possível detalhar informações como nome da empresa, nome do responsável, telefone, WhatsApp, e-mail, documento e endereço. Os fornecedores podem ser classificados conforme o tipo de fornecimento, o que favorece a organização dos dados e a emissão de relatórios específicos. A tela principal permite buscar fornecedores pelo nome ou razão social, além de aplicar filtros por tipo.

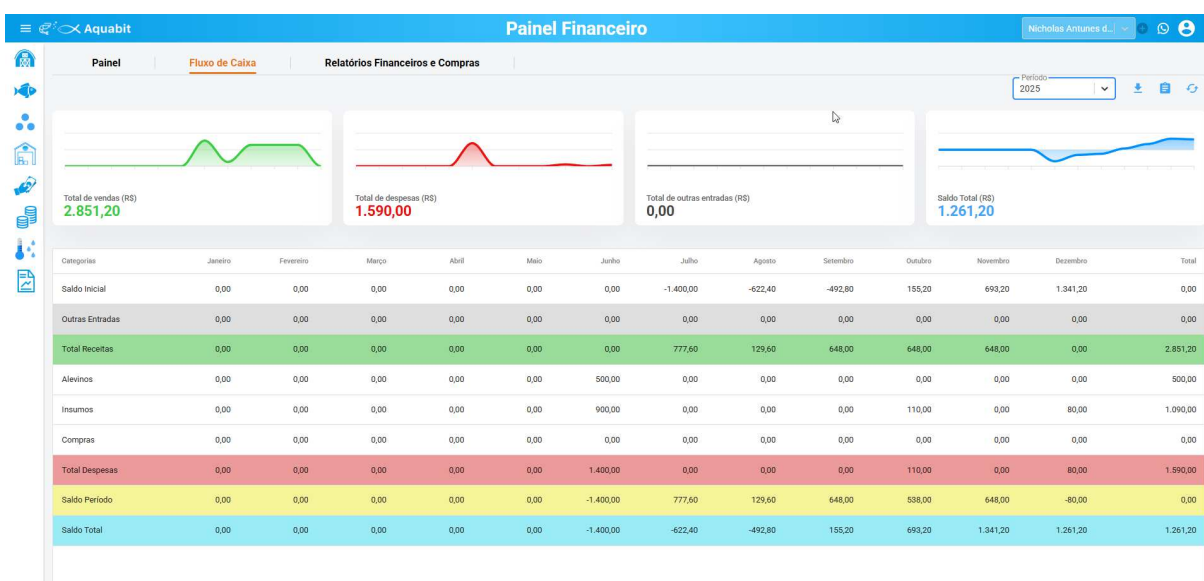
A seção de **Rateio de Custo Fixo** permite distribuir proporcionalmente os custos operacionais entre os diferentes tanques e lotes do sistema produtivo. O usuário pode cadastrar os rateios informando a categoria do custo (como combustível, energia, encargos, salários, pró-labore, equipamentos, mão de obra, entre outros), o mês e ano de referência, a quantidade de dias, o percentual de rateio e os tanques e lotes aos quais esse custo será atribuído. A listagem dos rateios realizados permite filtragens por mês e ano, contribuindo para o acompanhamento da alocação de custos fixos e sua influência na rentabilidade de cada unidade produtiva.

Por fim, o módulo conta com a seção **Controle de Cheques**, onde o usuário registra os cheques recebidos como forma de pagamento. São cadastradas informações como a data de recebimento, nome do cliente emissor, dados e valor do cheque, data prevista para depósito, eventual repasse a outro fornecedor, e a situação do

cheque (aguardando, depositado ou rerepresentado). A listagem de cheques pode ser filtrada tanto pela situação quanto pelo nome do emitente, oferecendo controle eficiente sobre esse meio de pagamento ainda comum em áreas rurais.

De forma geral, o Módulo Financeiro do Aquabit é uma solução completa e integrada, essencial para a gestão sustentável de empreendimentos aquícolas. Ao interagir com os demais módulos da plataforma, ele permite que todas as transações financeiras — desde a venda de animais até a compra de insumos — sejam automaticamente refletidas no fluxo financeiro do sistema, proporcionando transparência, controle e apoio à tomada de decisões estratégicas.

Figura 10 – Captura da Tela FLUXO DE CAIXA do Sistema Aquabit



Módulo QUALIDADE E SANIDADE

O **Módulo de Qualidade e Sanidade** do sistema Aquabit desempenha um papel central no monitoramento ambiental e sanitário da produção aquícola. Sua proposta é permitir o registro, acompanhamento e análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água dos tanques de cultivo, viabilizando uma gestão preventiva e

baseada em evidências, fundamental para garantir o bem-estar animal, o desempenho zootécnico e a sustentabilidade da produção.

Na tela principal deste módulo, o usuário tem acesso a uma **listagem dos parâmetros analisados por tanque**, com os respectivos valores mínimos e máximos de referência. Os parâmetros que serão monitorados podem ser selecionados a partir de uma lista extensa disponibilizada pela plataforma, sendo possível também editar os valores de referência conforme a realidade local, espécie cultivada ou estágio de produção. Entre os **parâmetros de qualidade de água mais comumente utilizados na aquicultura** e disponíveis para análise destacam-se:

- **Temperatura da água (°C)**: influencia diretamente o metabolismo dos organismos aquáticos e a solubilidade do oxigênio.
- **Oxigênio dissolvido (mg/L)**: essencial para a respiração dos peixes e outros organismos; níveis baixos podem levar à mortalidade.
- **pH**: afeta a toxicidade de compostos como amônia; o ideal varia entre 6,5 e 8,5.
- **Amônia total (TAN) e amônia não ionizada (NH₃)**: em concentrações elevadas, é tóxica para os peixes.
- **Nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻)**: resultantes do metabolismo nitrogenado, podem se acumular em sistemas fechados.
- **Transparência (cm)**: avaliada com disco de Secchi, é indicativa da carga orgânica e da produtividade primária do sistema.
- **Sólidos suspensos totais**: podem impactar a saúde branquial dos peixes.
- **Alcalinidade e dureza da água**: influenciam a estabilidade do pH e a toxicidade da amônia.

Além desses, outros parâmetros mais específicos podem ser adicionados conforme a espécie cultivada (como salinidade, condutividade, ORP, coliformes, entre outros).

Os dados registrados são organizados em **uma lista cronológica de análises**, o que permite acompanhar a evolução da qualidade da água ao longo do tempo. Cada registro de análise exige o preenchimento da data e horário da coleta, além dos valores dos parâmetros escolhidos. Essa estrutura permite um histórico completo de cada tanque, servindo tanto como base para ações corretivas quanto como registro documental em processos de rastreabilidade e certificação.

Outro recurso importante deste módulo é o **gráfico de análise temporal**, no qual é possível selecionar um parâmetro específico e o tanque correspondente para visualizar a variação do respectivo valor ao longo do tempo. Esse tipo de visualização facilita a identificação de tendências, anomalias ou padrões sazonais, sendo extremamente útil para a antecipação de riscos, como oscilações térmicas bruscas, picos de amônia ou queda de oxigênio, que podem comprometer a produtividade e a saúde dos organismos.

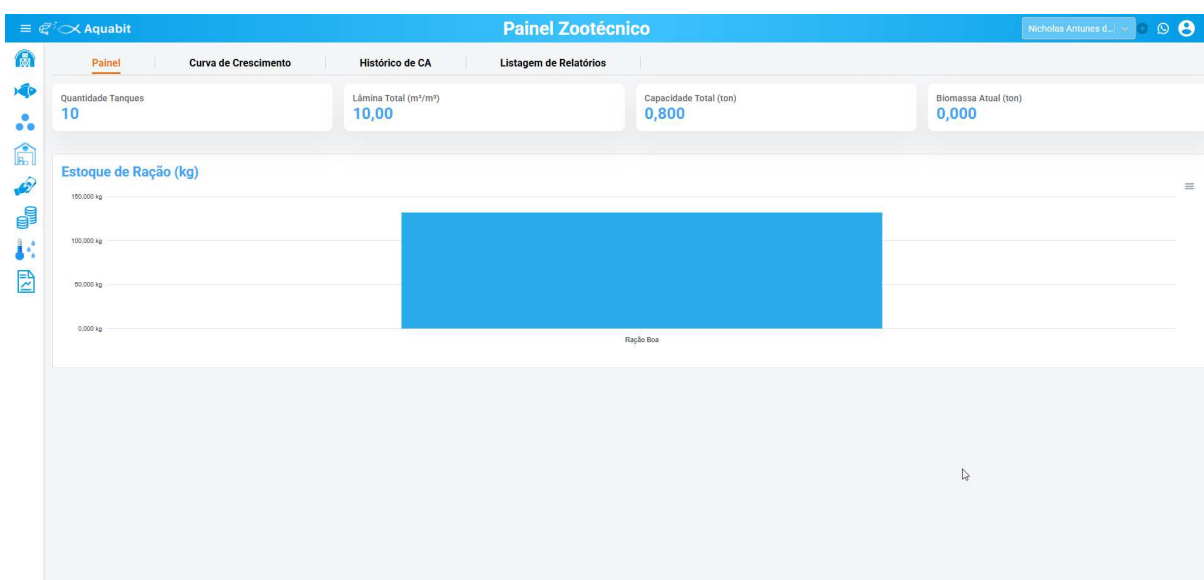
Do ponto de vista técnico, este módulo permite que os responsáveis pela produção atuem de maneira **proativa na manutenção da estabilidade dos ecossistemas de cultivo**, promovendo uma **sanidade adequada do plantel**, prevenindo doenças e evitando prejuízos zootécnicos e econômicos. O fato de os valores mínimos e máximos aceitáveis poderem ser editados pelo usuário amplia a adaptabilidade do sistema a diferentes espécies, métodos de cultivo (intensivo, semi-intensivo, extensivo), e condições locais.

Por fim, a integração com os demais módulos do Aquabit, como o de Controle de Ração, Desempenho Zootécnico e Financeiro, potencializa análises multivariadas e tomadas de decisão mais embasadas, conectando os dados de qualidade de água a variações no consumo alimentar, ganho de peso, mortalidade e rentabilidade. Essa abordagem evidencia o potencial do sistema como uma ferramenta de **gestão integrada da aquicultura**, alinhada aos princípios da produção aquícola sustentável e tecnificada.

Módulo RELATÓRIOS

O **Módulo Relatórios** do sistema Aquabit representa uma poderosa ferramenta de gestão da informação na aquicultura, reunindo e organizando de forma visual e analítica os principais indicadores zootécnicos da produção. Por meio deste módulo, o usuário consegue consolidar dados de diferentes etapas do processo produtivo, facilitando o acompanhamento do desempenho dos lotes, tanques e ciclos, além de permitir a avaliação contínua da eficiência produtiva e econômica da propriedade.

Figura 11 – Captura da Tela PAINEL ZOOTÉCNICO do Sistema Aquabit



A primeira seção deste módulo é o chamado **Painel Zootécnico**, que se encontra subdividido em quatro abas principais. A aba inicial, denominada **Painel**, apresenta um conjunto de dados gerais consolidados da produção, como a quantidade total de tanques ativos no sistema, a área total de lâmina d'água (em metros quadrados ou metros cúbicos, conforme o tipo de tanque cadastrado), a capacidade total de produção estimada em toneladas, e a biomassa atual distribuída entre os diferentes tanques em produção. Também é apresentado o estoque total de ração disponível, em quilogramas. Essa visão ampla e integrada do sistema produtivo é essencial

para auxiliar o produtor na tomada de decisões estratégicas, como o momento adequado para despesca, reposição de ração ou entrada de novos lotes.

Figura 12 – Captura da Tela CURVA DE CRESCIMENTO do Sistema Aquabit

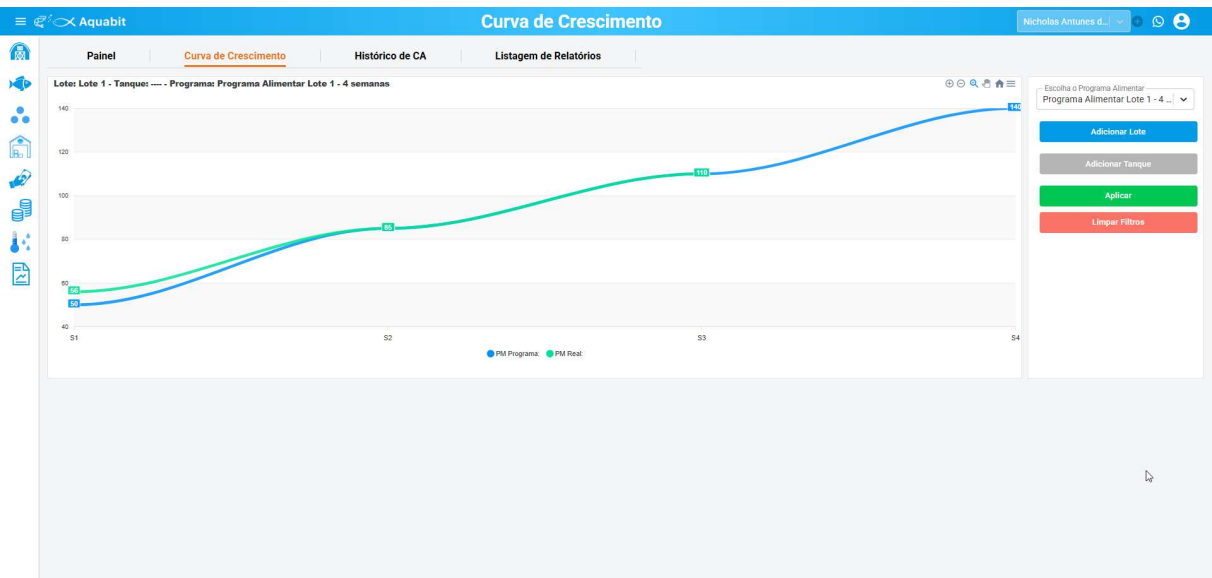


Figura 13 – Captura da Tela CONVERSÃO ALIMENTAR do Sistema Aquabit



A segunda aba traz um **gráfico da curva de crescimento**, onde é possível acompanhar o desempenho individual de cada lote, tanque ou programa alimentar ao longo do tempo. Essa funcionalidade permite comparar os dados reais de crescimento com os parâmetros esperados, identificar desvios de padrão e avaliar a eficiência da alimentação e do manejo. Já a terceira aba disponibiliza o **histórico de conversão alimentar**, um dos principais indicadores de eficiência na produção aquícola. Nele, o usuário pode visualizar e comparar os índices de conversão alimentar por lote ou tanque, avaliando em quais etapas e condições foram alcançados os melhores desempenhos.

Figura 14 – Captura da Tela CONSUMO DE RAÇÃO do Sistema Aquabit

Data	Lote	Tanque	Ração	Peso (kg)
08/06/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	0,501
08/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
09/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
10/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
11/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
12/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
13/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
14/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249
15/07/2025	Lote 2	Tanque 03	Ração Boa	3,249

Figura 15 – Captura da Tela LISTAGEM DE RAÇÃO POR TANQUE do Sistema Aquabit

DATA	TANQUES	LOTE	ESTOQUE ATUAL	PROGRAMA ALIMENTAR	PMA ATUAL(G)	RAÇÃO	QTDE RAÇÃO/DIA	QTDE TRATOS
08/06/2025	Tanque 03	Lote 2	1	Programa Alimentar Lote 1	50,000	Ração Boa	0,501	2
08/06/2025	Tanque 04	Lote 2	1	Programa Alimentar Lote 1	50,000	Ração Boa	0,501	2
08/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
09/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
10/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
11/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
12/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
13/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
14/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
15/07/2025	Tanque 03	Lote 2	3		50,000	Ração Boa	3,249	14
TOTAL RAÇÕES								26,994

Figura 16 – Captura da Tela RESUMO DE TANQUES do Sistema Aquabit

Viveiro/Tanque	Tamanho (M2/M3)	Lote	Fase	Data Alojamento	Qtde Alojada	Qtde Mortes	Qtde Transf Entrada	Qtde Transf Saída	Qtde Vendida	Estoque Atual	Ciclo (Dias)	Prev Despesa
Tanque 03	1	Lote 2	ENGORDA	08/07/2025	135	0	0	0	0	135	-30	04/01/2026
Tanque 04	1	Lote 2	ENGORDA	08/07/2025	135	0	0	0	0	135	-30	04/01/2026
Tanque 05	1	Lote 3	ENGORDA	08/08/2026	135	0	0	0	0	135	-426	04/02/2027
Tanque 06	1	Lote 3	ENGORDA	08/08/2026	135	0	0	0	0	135	-426	04/02/2027
Tanque 07	1	Lote 4	ENGORDA	08/09/2025	135	0	0	0	0	135	-92	07/03/2026
Tanque 08	1	Lote 4	ENGORDA	08/09/2025	135	0	0	0	0	135	-92	07/03/2026
Tanque 09	1	Lote 5	ENGORDA	08/10/2025	135	0	0	0	0	135	-122	06/04/2026
Tanque 10	1	Lote 5	ENGORDA	08/10/2025	135	0	0	0	0	135	-122	06/04/2026

A quarta aba do Painel Zootécnico consiste em uma **listagem completa de todos os relatórios gerados pelo sistema**, organizados de maneira que o usuário possa acessar rapidamente diferentes conjuntos de dados de interesse. Entre os relatórios disponíveis destacam-se:

- **Consumo de ração**, que pode ser filtrado por lote, tanque e período de tempo;
- **Desempenho dos lotes**, que inclui dados segmentados por fase produtiva (como reprodução, berçário, pós-larva, crescimento, engorda, despesca e finalizado);
- **Estoque de tanques**, com informações detalhadas sobre os lotes povoados, a espécie cultivada, a fase do ciclo, a data de entrada e a previsão de despesca;
- **Listagem de ração por tanque**, que permite a visualização da distribuição da alimentação entre os tanques;
- **Relatório de mortalidade**, com filtros por lote, tanque, espécie, motivo e período, contribuindo para diagnósticos mais precisos;
- **Resumo do consumo de ração e de insumos**, organizados por lote e tanque;
- **Resumo dos lotes finalizados**, onde se encontram dados consolidados como biomassa total produzida, quantidade vendida, valor arrecadado, conversão alimentar, ganho de peso diário (GPD), custo total e lucro bruto;
- **Resumo de tanques**, apresentando o desempenho produtivo individual de cada tanque em termos de produtividade, eficiência alimentar e crescimento;
- **Relatório de tanques com programa alimentar**, que permite avaliar a adesão e os resultados dos programas estabelecidos;
- **Comparativo entre o arraçamento previsto e o realizado**, essencial para a verificação do cumprimento dos planos alimentares e identificação de desvios operacionais.

Esse conjunto robusto de relatórios faz do módulo uma importante base para a **gestão baseada em dados**, permitindo que o produtor compreenda a fundo o desempenho técnico de sua produção, identifique gargalos operacionais, e tome decisões com maior embasamento e agilidade. Além disso, o cruzamento dessas informações com dados de outros módulos — como o Financeiro, Controle de Ração e Qualidade da Água — potencializa o uso do Aquabit como uma **plataforma completa de gestão integrada aquícola**, contribuindo para o aumento da produtividade, sustentabilidade e competitividade das propriedades.

4.3 TABELA CLASSIFICADORA

A tabela classificadora apresentada neste capítulo tem por objetivo organizar e sintetizar, de maneira clara e objetiva, os principais pontos analisados ao longo da revisão funcional e crítica do sistema Aquabit. Embora este estudo tenha se concentrado em um único sistema, a estrutura comparativa foi mantida com base em critérios técnicos previamente definidos, como usabilidade, tecnologia empregada, modelo de negócio, funcionalidades disponíveis, abrangência e integração. Essa sistematização permite evidenciar, de forma condensada, tanto os atributos positivos quanto as limitações observadas, funcionando como uma ferramenta de apoio à análise crítica desenvolvida nesta seção. Ao centralizar informações essenciais em um formato visualmente acessível, a tabela também facilita a identificação de potenciais melhorias e contribui diretamente para a formulação de recomendações e proposições futuras, com vistas à otimização da experiência do usuário e à ampliação do impacto do sistema na cadeia produtiva aquícola.

Tabela 1 – Tabela Classificadora

Categoria	Critério de Avaliação	Aquabit
Tecnologia	Plataformas compatíveis (web, desktop, mobile)	Aplicação web, aplicativo mobile
	Dispositivos suportados	PC, smartphones, tablets
	Sistemas operacionais	Windows, macOS, Linux, Android, iOS
	Armazenamento de dados	Nuvem (servidor particular)
	Funciona offline	Apenas o app para lançamento de dados
	Alertas e notificações	Sim

	APIs abertas para integração	Não possui
	Capacidade de customização	Apenas sob demanda e análise
	Compatibilidade com sensores IoT e automação	Não possui
Modelo de Negócio	Escopo de disponibilidade	Nacional
	Idiomas disponíveis	Português
	Tipo de licenciamento	Semestral/anual
	Versão Freemium	Não possui
	Planos	2 (Controle do manejo e Controle Completo)
	Faixa de preço	A partir de R\$ 3,400/ano
	Suporte técnico	Sim (via Whatsapp)
	Tempo médio de implementação	Variável a depender da propriedade
Usabilidade e Interface	Interface gráfica	Limpa e moderna
	Intuitividade da navegação	Simples, com algumas redundâncias
	Responsividade	Boa e fluida
	Curva de aprendizado	Rápida
	Personalização do painel do usuário	Não possui
Funcionalidades e Recursos	Multiplos perfis de acesso	A partir de 2 usuários
	Módulo Propriedade	Cadastro e controle de Tanques
	Módulo Produção	Povoamento Biometria Mortalidade Transferência
	Módulo Controle de Ração	Estoque de Ração Compra de Ração Arraçoamento Programas Alimentares
	Módulo Controle de Insumos	Estoque de Insumos Compra de Insumos Aplicação de Insumos
	Módulo Vendas	Minhas Vendas Clientes Vendas de Produtos
	Módulo Financeiro	Painel Financeiro Movimentações Conta Bancária Categoria Fornecedores Rateio de Custo Fixo Controle de Cheques

	Módulo Qualidade e Sanidade	Qualidade da Água Cadastro de Temperaturas Relatório de Análises
	Módulo Relatórios	Painel Zootécnico
Benefícios Diretos Percebidos	Reclamações frequentes identificadas	Não há
	Principais Vantagens	Centralização e integração de dados técnicos e financeiros Otimização da alimentação e melhora na conversão alimentar (CA) Gestão financeira completa e integrada à produção Funcionalidade de uso offline com sincronização posterior Curva de aprendizado simples e suporte técnico nacional
Avaliação do Usuário	App Store	5,0
	Play Store	3,7

4.4 DISCUSSÃO

A modernização da aquicultura está intimamente relacionada à incorporação de tecnologias digitais capazes de otimizar processos, reduzir custos e aumentar a sustentabilidade do setor. Nesse contexto, a chamada *Aquicultura 4.0* tem ganhado força, integrando ferramentas como Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, inteligência artificial (IA) e sensores inteligentes para monitoramento e automação dos cultivos. Estudos recentes indicam que o uso de sistemas inteligentes em pisciculturas contribui para o aumento da eficiência operacional, redução do consumo de insumos e mitigação de riscos relacionados à qualidade da água e à saúde dos organismos cultivados (WANG et al., 2021). Soluções de baixo custo baseadas em IoT, como as propostas por Freitas et al. (2024), já demonstram viabilidade técnica e econômica ao permitir o monitoramento em tempo real de parâmetros ambientais, gerando alertas e relatórios automatizados que apoiam a tomada de decisão dos produtores. Além disso, o uso de tecnologias de estimativa automatizada, como modelos de aprendizado de máquina para previsão de oxigênio dissolvido, tem potencial para baratear ainda mais os sistemas e facilitar sua adoção em países em desenvolvimento (FREITAS et al., 2024). Essas transformações são ainda mais necessárias diante dos desafios enfrentados pelo setor, como escassez de mão de obra qualificada, envelhecimento dos trabalhadores rurais e impactos ambientais crescentes, o que reforça a urgência de se investir em soluções

tecnológicas acessíveis, inteligentes e adaptáveis à realidade dos produtores (WANG et al., 2021; LE et al., 2021).

Nesse cenário, torna-se fundamental não apenas compreender as soluções digitais já disponíveis no mercado, como o sistema Aquabit, mas também avaliar criticamente suas funcionalidades, limitações e potenciais de aprimoramento. A análise aprofundada da plataforma, realizada neste estudo, oferece subsídios relevantes para a proposição de melhorias que possam tornar o sistema ainda mais eficiente, competitivo e alinhado às necessidades reais do produtor aquícola. Assim, a discussão a seguir apresenta considerações estratégicas sobre as principais vantagens do Aquabit, bem como oportunidades concretas para sua evolução em consonância com os princípios e inovações da Aquicultura 4.0.

Uma das principais virtudes do Aquabit reside na **centralização e organização de dados zootécnicos e operacionais**, permitindo que o produtor tenha, em um único ambiente, acesso a informações críticas como povoamento, biometria, mortalidade, qualidade da água, consumo de ração, uso de insumos e resultados econômicos. Essa centralização não apenas facilita o acompanhamento da produção em tempo real, como também promove uma visão sistêmica e integrada do empreendimento, essencial para decisões estratégicas.

Por exemplo, um produtor que realiza povoamentos sazonais em tanques escavados pode, por meio do Aquabit, programar e monitorar o desempenho de diferentes lotes ao longo do tempo. A funcionalidade de curva de crescimento, aliada ao módulo de biometria, permite verificar se os animais estão atingindo os ganhos de peso esperados em cada fase produtiva. Caso um desvio de crescimento seja identificado, o produtor pode correlacioná-lo rapidamente a possíveis causas como **queda de oxigênio dissolvido, alteração no arraçoamento ou aumento de mortalidade**, tudo com base nos dados registrados.

Outro diferencial está no **módulo de controle de ração**, que permite a criação e gestão de programas alimentares por tanque, controlando o fornecimento diário de acordo com a biomassa estimada e o desempenho esperado. Tal funcionalidade contribui diretamente para a melhoria da conversão alimentar (CA), um dos principais indicadores de eficiência produtiva na aquicultura. Como a alimentação

representa, em média, 60 a 70% do custo total de produção (TAVARES-DIAS et al., 2020), uma ferramenta que otimize esse processo se traduz em vantagem econômica considerável.

Além disso, o **módulo de qualidade e sanidade** oferece suporte direto à manutenção do bem-estar animal. A possibilidade de personalizar os parâmetros de qualidade da água e acompanhar graficamente sua variação ao longo do tempo fornece embasamento técnico para a tomada de decisões preventivas. Por exemplo, em sistemas intensivos de cultivo, um pico de amônia não ionizada (NH_3) pode indicar falhas no manejo ou na renovação da água. Com o Aquabit, o produtor visualiza esse dado, compara com limites críticos previamente definidos e adota medidas corretivas antes que o problema se agrave, evitando perdas significativas.

O **módulo financeiro** do sistema Aquabit se destaca como uma das funcionalidades mais estratégicas da plataforma, sendo responsável por integrar, organizar e traduzir os dados operacionais da produção em informações econômicas consolidadas, que fundamentam a gestão do empreendimento aquícola. Longe de ser apenas um repositório de registros contábeis, este módulo funciona como um verdadeiro centro de inteligência financeira, reunindo ferramentas que possibilitam o controle rigoroso do fluxo de caixa, o acompanhamento de receitas e despesas por categoria, a gestão de contas bancárias, o registro de fornecedores e o controle detalhado de cheques e transações pendentes. Ao oferecer essa gama de recursos de forma intuitiva e integrada aos demais módulos do sistema, o Aquabit transforma a forma como o produtor lida com os aspectos financeiros do seu negócio.

Para o produtor familiar ou de pequeno porte, que muitas vezes não dispõe de sistemas formais de contabilidade ou controle financeiro estruturado, essa funcionalidade representa uma **porta de entrada para a profissionalização da gestão econômica**. A possibilidade de registrar cada movimentação financeira — seja ela proveniente da venda de um lote, da compra de insumos, da aquisição de ração, do pagamento de mão de obra ou de qualquer outra despesa operacional — de forma organizada, com vínculo a categorias específicas e a contas bancárias distintas, permite não apenas o acompanhamento em tempo real da saúde financeira do empreendimento, como também a geração de relatórios automatizados

que facilitam a análise de desempenho econômico por safra, por ciclo produtivo e até mesmo **por lote específico**.

A capacidade de associar os custos e receitas diretamente aos lotes de produção é um dos principais diferenciais da plataforma. Com isso, o produtor pode **identificar com precisão quais práticas de manejo estão gerando os melhores resultados financeiros**, possibilitando uma gestão mais analítica e adaptativa. Se determinado lote apresentou maior margem de lucro, o sistema permite rastrear todos os fatores envolvidos: desde a origem dos alevinos, qualidade da água e tipo de ração utilizada, até as estratégias de arraçoamento, cronograma de biometrias, condições climáticas e época do ano. A correlação entre os dados zootécnicos e os indicadores econômicos possibilita que o produtor compreenda, com base em evidências, **quais variáveis estão impactando positivamente ou negativamente seus resultados financeiros**.

Além disso, a ferramenta de fluxo de caixa permite uma visualização clara e objetiva dos saldos mensais, dos períodos de maior entrada e saída de recursos, e do comportamento financeiro da propriedade ao longo do tempo. Isso é essencial não apenas para **manter o negócio operando dentro de sua capacidade econômica**, mas também para **planejar investimentos futuros**, negociar com fornecedores, precificar corretamente a produção e construir reservas para momentos de baixa comercial ou instabilidade climática. Ao reunir em um só ambiente o controle técnico da produção e a gestão financeira detalhada, o módulo financeiro do Aquabit **capacita o produtor a tomar decisões embasadas em dados reais e atualizados**, diminuindo a subjetividade e o imprevisto que ainda predominam em muitos sistemas produtivos. Mais do que uma funcionalidade, esse módulo é um **instrumento de transformação da gestão aquícola tradicional em um modelo mais racional, orientado por desempenho e focado em lucratividade sustentável**.

O **painel zootécnico** e os relatórios técnicos do sistema são especialmente úteis em propriedades que buscam **certificações de qualidade ou rastreabilidade**, como o selo de produção orgânica, o selo arte ou mesmo certificações internacionais de boas práticas. A rastreabilidade de dados como origem dos insumos, parâmetros

ambientais, lotes produzidos e manejo aplicado é pré-requisito nesses processos, e o Aquabit viabiliza isso de forma digital e automatizada.

A funcionalidade de **uso offline com sincronização posterior** torna o sistema acessível mesmo em áreas rurais com conectividade limitada, uma realidade comum em regiões produtoras de pescado no Brasil. Essa característica amplia o acesso às tecnologias digitais e evita a dependência de internet constante, atendendo às especificidades do meio rural.

Por fim, destaca-se a **curva de aprendizagem simplificada e o suporte técnico nacional**, dois aspectos que frequentemente diferenciam o Aquabit de sistemas estrangeiros ou genéricos. Muitos produtores relutam em adotar softwares de gestão por receio da complexidade e da dificuldade de adaptação. O Aquabit, por ser desenvolvido com foco na realidade da piscicultura e carcinicultura brasileira, apresenta uma **linguagem acessível, interface intuitiva e funcionalidades compatíveis com as práticas locais**, o que facilita sua adoção mesmo por usuários sem grande familiaridade com tecnologias.

Ao comparar o Aquabit com outras plataformas disponíveis no mercado, como o **AquaManager** (Grécia), o **Aquanetix** (Reino Unido) e o **Aquaculture Software** (EUA), observa-se que, apesar da robustez dessas soluções, muitas são voltadas à realidade de grandes empreendimentos industriais ou são excessivamente técnicas e complexas para a aquicultura familiar. Além disso, a barreira do idioma e a falta de suporte em português tornam essas alternativas menos acessíveis. O Aquabit, por sua vez, equilibra robustez técnica com simplicidade de uso, além de ser continuamente atualizado com base em feedbacks da própria base de usuários no Brasil.

4.5 OPORTUNIDADES DE MELHORIAS DO AQUABIT

Apesar de suas diversas funcionalidades e do potencial de transformação digital na aquicultura brasileira, o sistema Aquabit ainda apresenta algumas limitações que, se superadas, poderiam ampliar significativamente seu alcance, desempenho e aderência junto ao setor aquícola nacional e internacional. Propõe-se uma análise crítica dessas limitações e sugestões de aperfeiçoamento, fundamentadas em

exemplos práticos e comparações com tendências tecnológicas emergentes, além de referências que respaldam as possibilidades apontadas.

Uma das lacunas mais evidentes do Aquabit é a ausência de um módulo específico voltado à gestão reprodutiva e ao controle genético dos plantéis. Para propriedades que realizam reprodução interna — como viveiros de matrizes, laboratórios de larvicultura ou centros de melhoramento genético —, essa limitação impõe a necessidade de registros paralelos, geralmente feitos em planilhas avulsas ou anotações manuais. A inexistência de um controle informatizado e integrado para acasalamentos, genealogia, qualidade gamética, fertilização, taxas de eclosão, larvicultura e seleção de reprodutores limita a rastreabilidade zootécnica da produção. A literatura especializada ressalta que o controle genético é determinante para o avanço do melhoramento animal, possibilitando maior uniformidade nos lotes e aumento do desempenho produtivo (Gjedrem & Rye, 2018). Sistemas concorrentes, como o *Aquanetix* (Reino Unido), já oferecem módulos específicos de reprodução e linhagens, o que reforça o valor estratégico dessa função. Assim, a implementação de uma solução robusta para controle genético dentro do Aquabit poderia alavancar seu valor agregado, especialmente para empreendimentos tecnificados e com programas de melhoramento em curso.

Outra frente relevante de melhoria está na ausência de funcionalidades voltadas à gestão administrativa e de recursos humanos dentro do sistema. A aquicultura, especialmente em modelos intensivos e superintensivos, demanda uma organização eficiente das atividades diárias, turnos de trabalho, folha de pagamento, atribuição de tarefas, controle de produtividade por colaborador, registros de treinamentos, e conformidade com normas de segurança do trabalho. Hoje, essa dimensão da gestão geralmente permanece dissociada das plataformas digitais de controle zootécnico, o que dificulta a integração plena da produção e da administração. A implementação de um módulo voltado à gestão de pessoal, semelhante ao que é oferecido em sistemas ERP adaptados à agropecuária, como o *TOTVS Agro* ou o *Siagri*, poderia gerar ganhos significativos de produtividade e governança. Além disso, dados de desempenho individual dos colaboradores — como número de arraçoamentos realizados, coletas de dados biométricos e atividades sanitárias —

poderiam ser utilizados para criar indicadores de eficiência operacional, reforçando uma cultura de meritocracia e melhoria contínua.

Outra oportunidade de aprimoramento para o sistema Aquabit seria a incorporação de um módulo voltado à **Segurança e Saúde no Trabalho (SST)**, considerando a crescente exigência por parte de órgãos fiscalizadores e certificadoras no que diz respeito ao cumprimento das normas regulamentadoras trabalhistas. Tal módulo poderia incluir funcionalidades como o registro e monitoramento de riscos ambientais nas unidades produtivas, **elaboração de mapas de risco, controle do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), notificações sobre treinamentos obrigatórios e vencimentos de exames ocupacionais, além do acompanhamento de acidentes ou incidentes de trabalho. A presença de um sistema digitalizado e centralizado para gestão de SST não só atenderia às obrigações legais impostas por normas como a NR-31 (Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura), como também contribuiria para a valorização da mão de obra, prevenção de passivos trabalhistas e melhoria da cultura de segurança nas propriedades aquícolas. Essa funcionalidade poderia ser implementada como um módulo independente ou, eventualmente, integrada ao módulo de Qualidade e Sanidade, considerando que a saúde do trabalhador e a dos animais são igualmente essenciais à sustentabilidade do sistema produtivo.**

Outra oportunidade relevante de aprimoramento para o sistema Aquabit seria a inclusão de uma funcionalidade voltada ao planejamento de manutenções e aquisições patrimoniais. Essa ferramenta permitiria ao produtor planejar com antecedência a compra de novos equipamentos, veículos ou estruturas físicas, assim como programar e acompanhar a manutenção preventiva e corretiva da infraestrutura já existente. Tal funcionalidade poderia estar integrada ao módulo financeiro da plataforma, uma vez que impacta diretamente a alocação de recursos e o fluxo de caixa do empreendimento. A previsibilidade desses gastos, muitas vezes expressivos, é fundamental para o equilíbrio financeiro da empresa e para evitar interrupções operacionais não planejadas. Um plano estruturado de manutenções e aquisições também permitiria ao produtor priorizar investimentos, controlar a depreciação dos ativos, antecipar necessidades de substituição e garantir

a longevidade dos bens produtivos. Ao incorporar esse tipo de planejamento à rotina digital da propriedade, o Aquabit se tornaria uma ferramenta ainda mais robusta para a gestão estratégica da aquicultura, atendendo não apenas às demandas operacionais de curto prazo, mas também à sustentabilidade econômica do negócio no médio e longo prazo.

Por fim, uma demanda recorrente entre os usuários diz respeito à **integração do sistema com exigências legais e regulamentadoras**, especialmente aquelas vinculadas a órgãos de fiscalização e controle ambiental, como IBAMA, IMA, MAPA, ADAPESC, entre outros. A possibilidade de gerar automaticamente relatórios técnicos e produtivos exigidos por essas instituições — como declarações de produção, uso de insumos, controle de mortalidade, movimentação de biomassa, entre outros — agregaria ainda mais valor à plataforma. Essa funcionalidade não apenas facilitaria a prestação de contas e a conformidade legal dos empreendimentos, mas também tornaria o sistema uma ferramenta estratégica para processos de licenciamento, credenciamento sanitário, certificações de origem e auditorias ambientais ou produtivas. Ao atender essas demandas institucionais de forma automatizada e padronizada, o Aquabit poderia se consolidar não apenas como um sistema de gestão técnica e financeira, mas também como um instrumento facilitador da regularização e legalidade da aquicultura no Brasil.

Do ponto de vista comercial, uma das maiores oportunidades de crescimento para o Aquabit reside na modernização de sua estratégia de aquisição de usuários, por meio da adoção de modelos baseados em *Product-Led Growth* (PLG). Essa abordagem, que tem ganhado destaque entre empresas de SaaS (Software as a Service), propõe que o próprio produto seja a principal alavanca de crescimento — ou seja, o sistema deve ser autoexplicativo, acessível para testes imediatos, e capaz de demonstrar valor em poucos minutos de uso (Endeavor, 2022). Para isso, seria necessário que o Aquabit fosse disponibilizado diretamente para download ou acesso via navegador sem intermediação comercial obrigatória, com uma experiência inicial simplificada e guiada. A disponibilização de uma versão freemium — funcional, porém com funcionalidades limitadas — permitiria atrair um público maior, especialmente pequenos produtores que ainda não utilizam ferramentas digitais. Essa versão poderia incluir, por exemplo, apenas os módulos de “Produção”

e “Controle de Ração”, com limite de tanques cadastrados. Estratégias de *upselling* gradativo, com desbloqueio de funcionalidades mediante planos pagos, têm se mostrado eficientes para a conversão de usuários em clientes em mercados como edtechs, CRMs e plataformas de gestão agrícola (Kumar et al., 2021).

Em paralelo à expansão comercial via PLG, outra frente estratégica importante é o aprimoramento da presença digital e das campanhas de divulgação do sistema. Hoje, a empresa utiliza redes sociais e grupos de WhatsApp como canais de contato com o público, o que é positivo, mas limitado em alcance. O uso estruturado de estratégias de marketing digital — como campanhas patrocinadas em buscadores (Google Ads), gestão de tráfego orgânico (SEO), produção de conteúdo técnico e educativo (inbound marketing), e presença ativa em feiras do setor — pode aumentar significativamente a visibilidade da marca, especialmente em regiões que concentram grandes polos aquícolas, como o Vale do São Francisco (PE/BA), Baixada Maranhense, Oeste do Paraná, Tocantins e região amazônica. Sistemas concorrentes, como o *Aquanetix* e o *eFishery*, utilizam com sucesso esses canais para promover seus serviços e gerar autoridade no setor.

No campo da automação da produção, o Aquabit ainda carece de integração com sensores, sondas e equipamentos automatizados. A conectividade com dispositivos de coleta automática de dados de qualidade da água (como oxímetros, termômetros digitais, sondas multiparâmetros) possibilitaria registros mais frequentes, confiáveis e em tempo real, reduzindo erros humanos e aumentando a precisão dos dados. Essa automação, já explorada por empresas como *XpertSea* (Canadá) e *eFishery* (Indonésia), permite que alertas automáticos sejam gerados em casos de anomalias, como quedas bruscas de oxigênio ou aumentos de amônia, viabilizando respostas rápidas e preventivas. Mais ainda, a conectividade com alimentadores automáticos, aeradores e aquecedores inteligentes — todos com controle remoto e programação baseada nos dados de arraçoamento e nas curvas de crescimento — abriria caminho para a aquicultura 4.0, baseada em dados em tempo real e intervenções automatizadas (FAO, 2020).

Uma oportunidade promissora está relacionada à criação de sistemas inteligentes de reposição automática de ração e insumos, baseados na análise combinada do estoque disponível, das previsões de consumo, do espaço de armazenamento e da

validade dos produtos. O sistema poderia gerar alertas personalizados e até mesmo ordens de compra automáticas aos fornecedores cadastrados, otimizando o fluxo logístico da produção e reduzindo o risco de desabastecimento. Essa automação já é realidade em alguns sistemas agrícolas, como o *Climate FieldView* e o *John Deere Operations Center*, e poderia ser adaptada à realidade da aquicultura, sobretudo para médios e grandes produtores que operam com múltiplos tanques e espécies.

Ainda no campo das vendas e da comercialização, o módulo de Vendas do Aquabit poderia ser aprimorado por meio da integração com plataformas de pagamento digital e contas bancárias, permitindo que todo o fluxo de venda — desde o pedido até o recebimento do valor — fosse realizado dentro da própria plataforma. Funcionalidades como geração de boletos, links de pagamento via Pix, integração com maquininhas ou gateways de pagamento (como Mercado Pago, PagSeguro ou Stripe) facilitariam o processo de cobrança e trariam maior controle financeiro. Essa unificação é particularmente útil para produtores que vendem diretamente ao consumidor final ou para mercados institucionais, reduzindo a necessidade de múltiplos aplicativos e sistemas externos.

Um avanço significativo seria também o desenvolvimento de um módulo em formato de *marketplace* interno ao sistema, atuando como um hub de conexões comerciais entre produtores, compradores, fornecedores de ração, laboratórios, consultores técnicos e distribuidores. Essa funcionalidade, que já é explorada por plataformas como a *Farmbox* na agricultura, poderia fortalecer a economia da aquicultura ao aproximar agentes da cadeia produtiva, viabilizando negócios diretamente dentro do ecossistema Aquabit. Além da intermediação comercial, o sistema poderia oferecer funcionalidades como chat interno, propostas comerciais padronizadas, histórico de negociações e avaliações de fornecedores — tornando-se, assim, uma plataforma mais completa e cooperativa.

No médio e longo prazo, a incorporação de soluções de inteligência artificial (IA) no Aquabit representa uma das mais potentes oportunidades de diferenciação e avanço tecnológico. A IA poderia ser utilizada para recomendar programas alimentares otimizados com base nos dados de conversão alimentar e crescimento registrados por usuários com perfis semelhantes (mesma espécie, tipo de tanque, localização climática, etc.). Além disso, algoritmos preditivos poderiam alertar o produtor sobre

riscos sanitários com base em padrões históricos de alteração dos parâmetros de qualidade de água, antes mesmo que problemas se manifestem fisicamente. Essa abordagem encontra paralelo na proposta do sistema *XpertSea*, que utiliza IA para prever taxas de crescimento e conversão alimentar em viveiros de camarões, gerando recomendações automatizadas baseadas em milhões de dados históricos (*XpertSea*, 2022). Com a base de dados do *Aquabit* crescendo constantemente, há um terreno fértil para desenvolver modelos robustos de aprendizado de máquina que apoiem decisões estratégicas dos produtores, desde o povoamento até a despesca. aspecto estratégico, ainda pouco explorado pelo *Aquabit*, é o processo de internacionalização do sistema. A tradução da plataforma para outros idiomas, sobretudo o inglês e o espanhol, bem como sua adequação a contextos legais, produtivos e econômicos de outros países latino-americanos, africanos e asiáticos, poderia abrir portas para sua adoção em mercados emergentes. Para tanto, seria necessário adaptar o sistema para múltiplas moedas, legislações ambientais locais, espécies exóticas, e prover suporte técnico multilíngue. De acordo com estudo da FAO (2022a), a aquicultura cresce mais rapidamente em países em desenvolvimento, onde a demanda por soluções tecnológicas de baixo custo e com alto impacto é crescente. Com essa perspectiva, o *Aquabit* poderia se tornar uma ferramenta de alcance global, aproveitando seu modelo flexível e sua base de dados para competir em mercados que ainda carecem de soluções robustas.

Em suma, embora o sistema *Aquabit* já represente uma plataforma tecnológica sólida e multifuncional para a gestão da aquicultura, há um amplo leque de oportunidades de melhoria que podem potencializar ainda mais sua relevância, impacto e competitividade. A incorporação dessas sugestões contribuiria não apenas para a consolidação do sistema no mercado nacional, mas também para sua expansão internacional e inserção definitiva no rol das soluções digitais mais inovadoras da aquicultura mundial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar criticamente um dos principais sistemas digitais utilizados na aquicultura brasileira, o sistema Aquabit, além de propor melhorias funcionais e estratégias para sua evolução como ferramenta de apoio à gestão aquícola. Ao longo da pesquisa, foi possível constatar que, embora já existam soluções tecnológicas robustas e específicas para o setor, como é o caso do Aquabit, ainda há um amplo espaço para aprimoramento no sentido de integrar dados, promover automações, ampliar o acesso dos produtores e transformar digitalmente os processos produtivos.

O estudo demonstrou que os sistemas digitais têm desempenhado um papel estratégico na modernização da aquicultura, oferecendo ganhos de eficiência, rastreabilidade, sustentabilidade e organização da produção. No entanto, também revelou desafios importantes, como a limitação de algumas funcionalidades — por exemplo, no controle genético, na automação por meio de IoT, ou na internacionalização da plataforma — além de barreiras ao acesso, principalmente entre pequenos e médios produtores. As recomendações propostas ao longo do trabalho buscam justamente preencher essas lacunas, com sugestões que envolvem desde a implementação de novos módulos até estratégias comerciais e organizacionais, como a adoção de um modelo freemium ou a criação de um marketplace interno.

A elaboração deste trabalho, por sua vez, representa também um marco importante para a formação acadêmica e profissional do autor, graduando em Engenharia de Aquicultura. O projeto exigiu a aplicação integrada de diversos conhecimentos adquiridos ao longo da graduação, destacando-se o uso de fundamentos técnicos e científicos de disciplinas como Piscicultura Continental e Carcinicultura, Qualidade de Água, Hidrologia e Climatologia, Materiais e Apetrechos para Aquicultura, Aquicultura e o Meio Ambiente, Planejamento e Gestão em Aquicultura, além de conteúdos mais gerais, como Estatística, Administração, Empreendedorismo, Informática, Metodologia Científica, Elaboração de Projetos e Engenharia de Sistemas. Todos esses saberes foram fundamentais tanto para a análise crítica do sistema quanto para a elaboração das sugestões de melhoria.

Além disso, o desenvolvimento deste trabalho proporcionou a aproximação com a área de tecnologia da informação (TI), especialmente com os conceitos de sistemas SaaS, estratégias comerciais de produtos digitais e princípios de usabilidade, UX e interface. Essa imersão resultou em uma valiosa experiência interdisciplinar, permitindo que o engenheiro de aquicultura assumisse temporariamente um papel similar ao de um *Product Owner*, identificando demandas práticas do setor, propondo soluções e priorizando funcionalidades com base em critérios técnicos, econômicos e operacionais. Tal abordagem representa um caminho promissor para engenheiros de aquicultura que desejem se inserir no ecossistema digital do agro, ocupando posições estratégicas na interface entre o campo e a tecnologia.

Apesar dos avanços alcançados, o trabalho enfrentou algumas limitações importantes. Originalmente, a proposta incluía a análise comparativa de três sistemas digitais amplamente utilizados na aquicultura. Contudo, dificuldades de contato com as empresas desenvolvedoras e a ausência de acesso autônomo aos sistemas, seja por versões demonstrativas ou por testes gratuitos, restringiram a análise aprofundada a apenas um sistema, convertendo a pesquisa em um estudo de caso. Essa limitação reduziu a abrangência da comparação inicialmente pretendida. Além disso, o fator tempo também representou um entrave, limitando a possibilidade de realizar testes práticos em campo, participar de entrevistas com produtores ou membros da equipe técnica do sistema, e expandir a profundidade da avaliação sob contextos de uso real.

Apesar dessas restrições, os resultados obtidos são relevantes tanto para os desenvolvedores do sistema estudado quanto para o setor da aquicultura como um todo, além de abrirem caminhos para futuras pesquisas. Trabalhos futuros podem incluir, por exemplo, a realização de estudos de viabilidade econômica para implementação das melhorias propostas, testes práticos em diferentes realidades produtivas, análise de impacto de sistemas digitais sobre a produtividade e sustentabilidade da aquicultura, bem como o desenvolvimento de modelos preditivos baseados em inteligência artificial e big data.

Conclui-se, portanto, que a digitalização da aquicultura, ainda que em estágio inicial no Brasil, apresenta um enorme potencial de transformação e profissionalização da atividade. Sistemas como o Aquabit já representam avanços significativos nesse

processo, e iniciativas como esta pesquisa contribuem de forma direta para a consolidação de uma aquicultura mais eficiente, sustentável, moderna e conectada com os desafios e oportunidades do século XXI.

Do ponto de vista do autor, mesmo diante das limitações e oportunidades de aprimoramento identificadas ao longo do estudo, o Aquabit configura-se como uma ferramenta extremamente robusta, funcional e bem estruturada. Sua concepção demonstra profundo alinhamento com as reais necessidades do produtor de aquicultura brasileiro, oferecendo soluções práticas para desafios comuns enfrentados no cotidiano da atividade. O sistema apresenta excelente custo-benefício, sobretudo por reunir em uma única plataforma recursos voltados à gestão financeira, zootécnica, operacional e ambiental. A utilização do Aquabit proporciona ganhos evidentes em organização, produtividade, tomada de decisão e controle técnico-gerencial, sendo, portanto, uma solução recomendável a produtores que desejam profissionalizar sua gestão. O autor, inclusive, recomenda sua adoção e se coloca à disposição para contribuir com futuras análises técnicas mais aprofundadas, projetos de consultoria, testes em campo e eventuais parcerias que visem ao aprimoramento contínuo da ferramenta e ao fortalecimento da cadeia produtiva aquícola no país.

REFERÊNCIAS

ABCS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. Tecnologias digitais transformam a suinocultura. 2023. Disponível em: <https://www.abcs.org.br/noticias/tecnologias-digitais-transformam-a-suinocultura/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

AGROLINK. Aplicativos gratuitos auxiliam piscicultores na produção. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/aplicativos-gratuitos-auxiliam-piscicultores-na-producao_429831.html. Acesso em: 12 abr. 2025.

ASCHIDAMINI, A. A Internet das Coisas e os avanços na aquicultura. 2021. Disponível em: <https://aquanegocios.com.br/a-iot-e-os-avancos-na-aquicultura/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

AQUANETIX. Aquaculture Management Software. Disponível em: <https://www.aquanetix.co.uk/>. Acesso em: 30 maio 2025.

BONDAD-REANTASO, M. G. et al. Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology*, v. 132, n. 3–4, p. 249–272, 2005.

BOSTOCK, J. et al. Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1554, p. 2897–2912, 2010.

BROOKE, J. SUS: a “quick and dirty” usability scale. In: JORDAN, P. W. et al. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis, 1996.

CHOPIN, T. et al. Integrated multi-trophic aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, v. 306, p. 1–12, 2010.

COSTA-PIERCE, B. A. Aquaculture in ancient civilizations: development of fisheries and aquaculture in human history. In: STICKNEY, R. R. (ed.). *Aquaculture: An Introductory Text*. Oxfordshire: CABI, 2008. p. 7–14.

DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Aquicultura. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/trajetoria-do-agro/desempenho-recente-do-agro/aquicultura>. Acesso em: 13 abr. 2025.

ENDEAVOR. O que é Product-Led Growth? São Paulo, 2022. Disponível em: <https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/product-led-growth/>. Acesso em: 30 maio 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2020*. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/fishery/statistics/en>. Acesso em: 6 abr. 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/en/>. Acesso em: 30 maio 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/sofia/2022/en/>. Acesso em: 30 maio 2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in Action*. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 6 abr. 2025.

FERREIRA, L. C.; SANTOS, R. M.; ALMEIDA, D. R. Agricultura digital: integração entre softwares e equipamentos no agro. *Revista Cultivar Máquinas*, 2021. Disponível em: <https://www.revistacultivar.com.br>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FREITAS, F. A. et al. A Low-Cost IoT-Based Solution for Water Quality Monitoring in Aquaculture 4.0. *2024 IEEE 10th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 2024.

GIA – GLOBAL INITIATIVE ON AQUACULTURE. AI in Aquaculture: A Revolution in Feeding Systems. 2021. Disponível em: <https://www.giaqua.org/research/ai-feeding-systems>. Acesso em: 13 abr. 2025.

GJEDREM, T.; RYE, M. Selection response in fish and shellfish: a review. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 1, p. 168–179, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12235>.

GODDEK, S. et al. *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*. Springer, 2019.

GOMES, A. P. et al. Aplicação de tecnologias digitais na produção avícola: avanços e perspectivas. *Revista Ciência Animal Brasileira*, v. 22, p. 1–13, 2021.

HOU, Y.; WANG, W.; LUO, Y. Smart aquaculture: A review of monitoring, data analysis, and decision-making technologies. *Aquaculture International*, v. 29, n. 2, p. 465–487, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção da Pecuária Municipal 2023: Tabela de Produção Aquícola*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 6 abr. 2025.

INEGI – INSTITUTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL. *Aquacultura 4.0: a revolução tecnológica está a chegar ao cultivo de peixes e algas*. Porto, 2020. Disponível em: <https://www.inegi.pt/pt/noticias/aquacultura-4-0-a-revolucao-tecnologica-esta-a-chegar-ao-cultivo-de-peixes-e-algas/>. Acesso em: 13 abr. 2025.

ISO. *ISO/IEC 25010:2011 — Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.

KUMAR, V. et al. Freemium business models in emerging markets: Opportunities and challenges. *Journal of Business Research*, v. 134, p. 759–770, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.017>.

LE, D. Q. et al. Overview of Smart Aquaculture System: Focusing on Applications of Machine Learning and Computer Vision. *Electronics*, v. 10, n. 22, p. 2882, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics10222882>.

MARMENTINI, P. C. et al. Digitalização na aquicultura brasileira: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 15, n. 1, p. 75–89, 2022.

MARTINS, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, v. 43, n. 3, p. 83–93, 2010.

NASH, C. E. *The History of Aquaculture*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011.

NAZIRI, D. et al. Adoption of digital technologies in aquaculture: Evidence from small-scale fish farms in Asia. *Aquaculture Reports*, v. 21, 2021.

NIELSEN, J. *Usability Engineering*. San Diego: Academic Press, 1994.

OLIVEIRA, E. C. et al. Cultivo de ostras no Brasil: histórico e perspectivas. *Revista Brasileira de Aqüicultura*, v. 8, n. 1, p. 23–29, 2006.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU, 2015.

PEIXE BR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. *Anuário da Piscicultura 2023*. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario>. Acesso em: 13 abr. 2025.

PILLAY, T. V. R. *Aquaculture: Principles and Practices*. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

PINEDO-LÓPEZ, L. F. et al. Development of an Intelligent Aquaculture System Based on IoT and AI for Water Quality Prediction in Tropical Fish Farms. *Water*, v. 17, n. 4, p. 485, 2025. DOI: 10.3390/w17040485.

PONTECORVO, G.; MARZANO, M. Digital Transformation in Aquaculture: Emerging Trends and Future Directions. *Journal of Aquaculture Research & Development*, v. 13, n. 4, p. 1–10, 2022.

SANTANA, P. R. et al. Avaliação da usabilidade de sistemas web: um estudo comparativo entre SUS e avaliação heurística. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, n. 22, p. 3–10, 2018.

SILVA, M. A. et al. Tecnologias digitais no campo: percepção dos produtores e fatores de adoção. *Revista Extensão Rural*, v. 30, n. 1, p. 55–72, 2023.

SILVA, V. C. et al. Desenvolvimento de sistemas especialistas na pecuária leiteira: estudo de caso do VAMPP. *Revista de Zootecnia Tropical*, v. 38, n. 2, p. 102–110, 2020.

TIDWELL, J. H. *Aquaculture Production Systems*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.

TOTVS. *TOTVS Agro: Soluções de Gestão para Agronegócios*. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.totvs.com/solucoes/agroindustria/>. Acesso em: 30 maio 2025.

TURCHINI, G. M.; TORSTENSEN, B. E.; NG, W. K. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, n. 2, p. 733–777, 2020.

WANG, C. et al. Intelligent fish farm—the future of aquaculture. *Aquaculture International*, v. 29, p. 2681–2711, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00773-8>.

XPRTSEA. Smart aquaculture powered by data. Québec, 2022. Disponível em: <https://www.xpertsea.com/>. Acesso em: 30 maio 2025.