

**MECANIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS NA
AQUICULTURA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

**MECANIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN
ACUICULTURA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA INTEGRATIVA**

**MECHANIZATION AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES IN
AQUACULTURE: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW**

Fábio Francisco da Silva¹; Williams Valdevino do Nascimento²; Heberth Gustavo Ferreira Alves³ Henrique Santana Araújo⁴; Emeson Farias Araujo Santos⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/IVCIAGRO.0126>

RESUMO

A aquicultura é um termo utilizado que compreender a arte de criar e multiplicar tanto animais quanto plantas em ambientes aquáticos. Neste sentido, é importante compreender a mecanização e automação de processos produtivos na Aquicultura para cada tipo de organismo aquático, a fim de promover melhor rendimento produtivo. Logo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão integrativa sobre a literatura sobre mecanização e automação de processos produtivos na aquicultura. Para tanto, foi necessário utilizar os princípios de fluxo PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* para realizar o rastreamento e seleção dos trabalhos disponíveis na literatura. Os descritores de busca foram: Mecanização AND “automação de processos produtivos” AND Aquicultura. Por conseguinte, os dados foram analisados segundo os critérios de análise do documento orientado pela Bardin, a partir da técnica de análise, adaptado as condições de interesse desta pesquisa. Foram selecionados 20 trabalhos, nos quais foram extraídos as informações: manejo, qualidade de água e alimentação; sistema de produção de peixes; alevinagem e engorda, despesca; processamento e transporte; rastreabilidade e estocagem do pescado. É importante destacar que o fitoplâncton apresenta grande importância quando se fala em promover um melhor manejo durante a alevinagem, isso porque para o viveiro, eles são um dos principais fornecedores de oxigênio que, por sua vez, promove melhores condições para as larvas.

Palavras-Chave: Mecanização, Automação de processos produtivos, Aquicultura.

INTRODUÇÃO

A aquicultura é um termo utilizado que compreender a arte de criar e multiplicar tanto animais quanto plantas em ambientes aquáticos (NOGUEIRA; BEZERRA; PIANA, 2022), ou então o cultivo de organismos aquáticos que, por sua vez, inclui os peixes, moluscos, crustáceos e plantas, assim como tudo o que necessite de água para criação e manejo é englobado dentro do termo aquicultura (PACHE et al., 2022). Exemplo disso é a criação de camarão, peixes,

¹ Mestre em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, msczootecnista2014@gmail.com

² Graduando em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, williams.nascimento@ceca.ufal.br

³ Graduando em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, heberth.alves@ceca.ufal.br

⁴ Graduando em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Henrique.araujo@ceca.ufal.br

⁵ Mestre em Ciências, Universidade Federal de Alagoas, emeson.araujo.santos@gmail.com

algas, rã (PACHE et al., 2022). Neste contexto, há diferentes subdivisões dentro do termo geral aquicultura, como é o caso de Piscicultura, no qual engloba apenas a criação de peixes (BARBOSA et al., 2022) e Carcinicultura que abrange apenas a criação de camarões (SOUZA; VIANA, 2020; PACHE et al., 2022).

Neste sentido, é muito importante compreender a mecanização e automação de processos produtivos na Aquicultura para cada tipo de organismo aquático, a fim de promover melhor rendimento produtivo (SOUZA; VIANA, 2020). Isto por que cada organismo requer de técnicas específicas no seu manejo de produção (PACHE et al., 2022). Sendo assim, uma revisão integrativa da literatura torna-se de fundamental importância, devido o seu potencial em catalogar uma série de estudos primários e secundários acerca da mecanização e automação de processos produtivos na aquicultura (BARBOSA et al., 2022). Com isso, este trabalho teve por objetivo sintetizar os achados da literatura sobre aquicultura, focando nos processos de automação produtiva.

REFERENCIAL TEÓRICO

MANEJO, QUALIDADE DE ÁGUA E ALIMENTAÇÃO

De forma geral, sabe-se que a aquicultura é compreendida como cultivar a água (PEREIRA, 2007). Neste contexto, pode-se verificar a importância de ter uma água com qualidade para o manejo de produção (BRABO et al., 2016). Sendo assim, pode-se ter, por exemplo, uma genética ótima de tilápia e uma ótima nutrição, mas caso não apresente uma qualidade de água não tem como ter sucesso neste cultivo (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013).

Neste liame, torna-se importante falar sobre o bem-estar dos organismos (FLORES; PEDROZA, 2013). Isto porque, quando se tem uma água de qualidade, ou seja, ideia para o manejo do organismo, o mesmo terá uma imunidade mais elevada que, por conseguinte, ficará mais resistente a doenças, conseqüentemente terá uma maior sobrevivência no cultivo (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Assim, ter uma qualidade de água melhor tenderá a ter uma menor quantidade de matéria orgânica no fundo do viveiro e, neste caso, quando menor a matéria orgânica, menor tendência de ter patógenos (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019), principalmente os parasitas (FLORES; PEDROZA, 2013). Somando-se a isto, quando se tem uma boa qualidade de água, tenderá a ter uma melhor eficiência alimentar e, conseqüentemente, vai ter um menor tempo de cultivo (BRABO et al., 2016; CURVO et al., 2020).

Além disso, no contexto mercadológico, é possível verificar que um manejo que tem presente uma água com qualidade e, conseqüentemente, uma melhor alimentação, na hora da

venda vai ter um produto mais uniforme, ou seja, um lote mais homogêneo (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013). Isto é importante devido ter um menor custo de produção, além de um maior lucro para o produtor (FLORES; PEDROZA, 2013). Com isso, é possível compreender que está diretamente ligado a qualidade de água, o bem estar animal para o sucesso do manejo (PEREIRA, 2007), bem como o financeiro (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019).

Neste contexto, é importante compreender que não há fórmula mágica para o sucesso do manejo na aquicultura, isto porque não existe uma única fórmula, devido cada espécie de organismos terem suas especificidades (CURVO et al., 2020). Assim, cada caso deve ser analisado de forma individual e ter seu manejo de acordo com suas necessidades (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019).

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática de cunho quanti-qualitativo, que visa revisar o assunto sobre mecanização e automação de processos produtivos na aquicultura. Os critérios de inclusão foram (1) trabalhos primários; (2) trabalhos secundários; (3) estudo de caso; (4) Artigo; (5) TCC; (6) Dissertação; (7) TESE; (8) Idiomas em inglês, português e espanhol; (9) Publicados entre os anos de 2010 a 2023. Já os critérios de exclusão foram (1) trabalhos duplicados; (2) trabalhos que não foram publicados nos idiomas inglês, espanhol e português. As buscas foram realizadas em bases de dados eletrônicas como: (1) Science Direct; (2) Lilacs; (3) Scopus; (4) Scielo; (5) Google scholar; (6) OATD Open Access Theses and Dissertations; (7) BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações); (8) La Referencia Red de repositorios de acceso abierto a la ciencia; (9) NDLTD Networked Digital Library of Theses and Dissertations; (10) BASE Bielefeld Academic Search Engine.

As pesquisas foram realizadas no mês de fevereiro de 2023 por meio de termos-chaves determinadas nos idiomas Português, Espanhol e Inglês levando em consideração as publicações entre os anos 2010 a 2021. Os descritores de busca foram: Mecanização AND “automação de processos produtivos” AND Aquicultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a seleção dos estudos, os trabalhos elegíveis para compor esta revisão integrativa da literatura foram caracterizados quanto aos seus aspectos gerais, sendo autor, objetivo, tipo de estudo, metodologia e resultados principais, sendo demonstrados na **tabela 01**.

Tabela 01. Caracterização geral dos trabalhos incluídos na revisão integrativa da literatura acerca da mecanização e automação de processos produtivos na aquicultura.

AUTOR/ANO	OBJETIVO	TIPO DE ESTUDO	METODOLOGIA	RESULTADOS PRINCIPAIS
Casotti et al., 2015	Compreender CULTIVO E BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) E ROBALO PEVA (<i>Centropomus parallelus</i>) EM REGIÃO ESTUARINA NO SUDESTE DO BRASIL	Estudo primário	A partir de uma prévia identificação do processo produtivo através de visitas <i>in loco</i> e busca bibliográfica, foi elaborado um questionário para avaliar o desempenho e funcionalidade da atividade aquícola no local de estudo	A utilização de tanques-rede na piscicultura apresenta vantagens sobre o cultivo em viveiros, tais como: aproveitamento de ambientes aquáticos de pequeno volume, menor custo de implantação, rápida expansão na capacidade de produção, maior proteção contra predadores naturais, alta afinidade com a cultura dos pescadores, além da obtenção de um produto diferenciado, com baixa incidência e intensidade de problemas organolépticos no pescado
Brito et al., 2017	Compilar informações relevantes sobre a automação na tilapicultura.	Estudo secundário	O procedimento metodológico foi baseado nos princípios da revisão sistemática PRISMA, adaptada para uma revisão integrativa da literatura	Para os sistemas produtivos de tilápias serem mais rentáveis é de suma importância a automação de várias etapas dos sistemas produtivos como: realização de biometrias, classificação dos peixes, despesca, monitoramento da qualidade da água, fornecimento de ração e processamento dos peixes

Maciente, Rauen e Kubota, 2019	Tratar dos desafios para o futuro do trabalho no Brasil à luz das mudanças tecnológicas trazidas pela quarta revolução industrial	Estudo secundário	Foi abordada uma busca da literatura sem protocolo estabelecido e padronizado.	A literatura indica que as oportunidades de trabalho estarão crescentemente ligadas à capacidade do trabalhador de desempenhar tarefas não repetitivas, que envolvem conteúdo analítico, decisório ou interativo. Tarefas rotineiras de operação e controle ou que envolvam aptidões físicas tendem a perder importância, à medida que a mecanização e a automação se aprofundem nos mais diversos setores de atividade.
Bartz, 2021	criar uma ferramenta de coleta de temperatura e transparência da água em viveiros escavados de piscicultura, utilizando sensoriamento remoto por meio de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS na sigla internacional).	Estudo primário	Desenvolveu-se um protótipo composto por 2 módulos, os quais foram acoplados a um RPAS, tendo como finalidade a coleta de temperatura e transparência da água em tempo real durante o voo, e realizar o envio dos dados a um aplicativo desenvolvido para dispositivos móveis como smartphones ou tablets.	o sistema desenvolvido mostrou-se eficaz, otimizando o manejo dos viveiros escavados e contribuindo para a sustentabilidade na piscicultura, tanto economicamente, quanto de maneira social e ambiental, contribuindo também com os objetivos do desenvolvimento sustentável 2, 8, 9, 12 e 14 da Organização das Nações Unidas (ONU).
Curvo et al., 2020	Avaliar a piscicultura na Microrregião do Alto Pantanal. Foi adotada uma abordagem qualitativa descritiva a partir de material documental, de dados fornecidos pelo Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso (INDEA/MT) referentes aos anos de 2016 e 2017.	Estudo secundário	Analisou-se estatisticamente através do software R Studio. Os principais compradores, vendedores e produtores por município e evidenciou-se que Cáceres e Poconé são os maiores produtores e vendedores dessa microrregião.	Evidenciou-se a importância do aumento da fiscalização e inclusão de políticas públicas que venham ao encontro das demandas dos produtores e/ou envolvidos na atividade de piscicultura nessa área do Pantanal.
Martineli, 2017	Avaliar o efeito da frequência alimentar sobre o desempenho produtivo, morfologia intestinal e digestibilidade da proteína de tilápias	Estudo primário	Para realização do experimento foram utilizadas 180 tilápias da linhagem Supreme com peso médio de $114 \pm 1,8g$, distribuídas em 18 aquários de 300 litros, com temperatura controlada a $28 \pm 0,9 ^\circ C$. Todas as tilápias foram microchipadas e cada uma	Conclui-se que o fracionamento da porção diária em 24 refeições/dia diminui a sobrecarga gástrica e influenciou no maior ganho médio de peso das tilápias

	(Oreochromis niloticus) criadas em ambiente controlado.		representou uma repetição dentro de cada tratamento experimental.	
Silva et al., 2018	Realizar uma revisão da literatura sobre a sustentabilidade na aquicultura	Estudo secundário	Estudo de revisão bibliográfica sem protocolo de busca de dados padronizados	A aquicultura é uma atividade de produção de alimentos que vem crescendo, no decorrer dos anos, tanto em escala mundial quanto no Brasil. O mercado de pescados já tem uma grande parcela no oferecimento de alimentos ao redor do mundo, assim como ainda apresenta oportunidades de crescimento em grande escala, de forma mais abrangente nos países considerados de terceiro mundo.
Menezes, 2014	Avaliar o efeito do período de alimentação e do número de refeições sobre o desempenho de tilápias criadas em tanque-rede alimentadas com taxas de alimentação corrigida diariamente com base na conversão alimentar esperada.	Estudo primário	Foram realizados dois experimentos simultaneamente: experimento 1 consistiu em avaliar duas frequências alimentares (12 e 48 refeições/dia) com taxa inicial de alimentação de 0,5% do PV e três 3 repetições. O experimento 2 consistiu em avaliar duas frequências alimentares (12 e 48 refeições/dia) com taxa inicial de 1,5% do peso vivo com 3 repetições.	A ração comercial extrusada com 32% de proteína bruta foi fornecida por meio de alimentadores automáticos instalados ao tanque-rede controlados por CLP (controlador lógico programável). A frequência de 12 refeições/dia, no período diurno e taxa inicial de 1,5% do peso vivo, experimento 2 apresentaram melhores resultados de desempenho com peso médio de 513,85 g
Kuplich, 2015	Mapear necessidades de informação, para além das bibliográficas, de diferentes atores envolvidos nas atividades dos cursos de aquicultura no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus de Alegre.	Estudo secundário	O estudo está caracterizado como pesquisa de natureza exploratória e empírica. Para coleta de dados foram realizadas pesquisas bibliográficas e entrevistas semiestruturadas aplicadas aos envolvidos nas atividades de aquicultura e pesca no campus de Alegre para identificação de suas necessidades de informação.	A análise dos dados revelou os fluxos de informação internos e externos necessários as atividades em aquicultura no IFES campus de Alegre. Por fim a pesquisa apresenta de forma sistematizada, uma diversidade de tipos de informação necessárias ao bom funcionamento das práticas ali desenvolvidas e que podem vir a ser objeto de futuros serviços de informação especializada para o IFES.
Rodrigues et al., 2012	Avaliar o panorama da aquicultura no Brasil	Estudo secundário	Revisão bibliográfica sem protocolo padronizado	A atividade encontra-se pouco estruturada no Brasil. Há dificuldade na obtenção de licenças, carência de assistência técnica, manejo inadequado, falta de padronização,

				insuficiência de pacotes tecnológicos e grande necessidade de capital de giro. Esses mesmos gargalos, porém, podem ser vistos como oportunidades. Uma política de P&D para espécies promissoras e a modernização e profissionalização do setor podem significar uma inflexão no desenvolvimento do setor no Brasil.
Eler e Millani, 2007	Introduzir reflexões sobre as estratégias de interconexão da aquicultura no contexto socioambiental, conclamando os atores comprometidos com o setor a pesquisar e utilizar métodos de viabilidade em conformidade com o princípio da sustentabilidade	Estudo secundário e primário	a metodologia da avaliação do ciclo de vida do produto, critérios de avaliação de impacto ambiental, assim como, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão participativa, são instrumentos apresentados tendo a piscicultura de água doce como exemplo. A Legislação ambiental brasileira é apresentada como critério norteador e determinante na busca do desenvolvimento sustentável.	A análise do custo e benefício entre o projeto e o meio ambiente que deve ser avaliada com cautela e precisão, assim como as interações negativas e positivas, a magnitude e a intensidade de cada uma no ambiente. Com base nos resultados desta análise se poderá recomendar ou não licenciamento ambiental. A opção final deverá ser aquela favorável à sustentabilidade sócio ambiental.
Junior et al., 2012	Avaliar novas propostas e velhos equívocos na aquicultura, política e meio ambiente no Brasil	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	Há um consenso que a melhor maneira de se evitar os impactos negativos de espécies não-nativas é prevenir a sua introdução mesmo na ausência de evidências negativas decorrentes de uma introdução, a prudência deve prevalecer
Pessoa et al., 2015	Avaliar o panorama atual da aquicultura mundial, enfatizando o crescimento da produção da ordem de 3,2% no período de 1961-2009, e da brasileira, na qual houve um incremento de 40% nas atividades aquícolas continentais durante os anos 2008-2010.	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	A evolução numérica nem sempre foi acompanhada de práticas de manejo sustentáveis dos efluentes gerados, o que compromete a qualidade da água. Com o propósito de orientar na gestão sustentável da água utilizada nas atividades aquícolas, bem como dos resíduos gerados, são apresentados métodos de tratamento da água usada na produção, notadamente os naturais, como os biofiltros e aplicação de efluentes no solo (fertirrigação). A aquaponia ? integração da aquicultura com

				a hidroponia -, também é sugerida como prática possível para o uso mais eficiente da água na produção aquícola.
Castello et al., 2010	Descrever o futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	Como um todo, pode-se dizer que: 1) há um baixo nível de organização dos atores da pesca (trabalhadores, empresários, armadores e comerciantes); 2) existem conflitos entre diversos segmentos das pescarias, sendo frequentes aqueles entre a pesca artesanal e industrial que exploram o mesmo recurso e/ou ambiente; 3) há poucas iniciativas de autogestão independentes do Estado, bem sucedidas; e 4) há insuficiência e inadequação das políticas públicas para a gestão do setor pesqueiro.
Siqueira, 2018	Ressaltar a importância da aquicultura para o aumento da oferta de alimentos e insumos estratégicos, constituindo-se, portanto, em alternativa eficaz para enfrentar os impactos das mudanças climáticas na agropecuária e promover o desenvolvimento sustentável mundial.	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	O artigo aponta, ainda, as oportunidades existentes no Brasil para a aquicultura, que fortalecem, assim, a perspectiva da atividade como uma alavanca para o desenvolvimento regional brasileiro.
Carvalho, Souza e Cintra, 2013	caracterizar a atividade aquícola na microrregião do Guamá/PA.	Estudo primário	Os dados, oriundos da aplicação de questionários padronizados nos empreendimentos aquícolas localizados nos municípios da microrregião, foram processados e analisados utilizando os programas Excel 2007, Canoco for Windows 4.5 e o Past 2.03.	As principais atividades aquícolas praticadas na microrregião são a piscicultura (23,4%) e a pecuária (23,4%), o policultivo é o principal tipo de cultivo (60,9%), sendo o de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) com tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) o mais praticado (55,6%), utilizando principalmente o sistema extensivo de criação (57,8%), apenas 25% dos empreendimentos de finalidade

				comercial, sendo a principal mão de obra utilizada a contratada (45,3%), o pescado <i>in natura</i> a principal forma de comercialização (71,8%), apenas 25% dos empreendimentos usa ração comercial e 62,5% apontaram como principal dificuldade o acesso a assistência técnica.
Soares e Tavares-Dias, 2013	Concatenar e discutir dados da literatura sobre o uso de <i>Lippia</i> spp. na medicina veterinária e aquicultura	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	Estudos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> usando principalmente <i>L. alba</i> , <i>L. sidoides</i> , <i>L. gracilis</i> , <i>L. organoides</i> e <i>L. gracilis</i> comprovaram atividade antimicrobiana, antiparasitária, antiinflamatória, analgésica, anestésica e antitumoral em animais, indicando grande potencial dessas espécies para uso na medicina veterinária. Algumas espécies de <i>Lippia</i> estão sendo utilizadas também na aquicultura. Assim, produtos obtidos dessas plantas são recursos promissores, necessitando de estudos para desenvolvimento de tecnologias que possibilitem seu uso na sanidade e produção animal.
Brabo et al., 2016	Avaliar a cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense, Amazônia, BRASIL	Estudo primário e secundário	Para a realização deste estudo, procedeu-se a coleta de dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos no período de dezembro de 2015 a março de 2016, por meio da aplicação de 91 questionários e 15 entrevistas a atores sociais da cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense	A cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense conta com iniciativas de piscicultura continental, Carcinicultura marinha e ostreicultura. A criação de peixes de água doce é a principal atividade aquícola nesta mesorregião em termos de produção e de número de empreendimentos, o que também ocorre em nível estadual; porém, não há autossuficiência em insumos básicos, nem beneficiamento da produção.
Flores e Pedroza, 2013	Compreender como multiplicar os peixes? Perspectivas da aquicultura brasileira	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	A partir do início dos anos 2000, o aumento excessivo da oferta de manga brasileira, aliada à entrada de novos competidores internacionais, como países asiáticos e africanos, levou a uma queda acentuada dos preços. Além disso, sendo

				boa parte da produção brasileira baseada essencialmente em uma única espécie, esta não atendeu a demanda do mercado internacional, que passou a optar por outras variedades de manga. Como resultado, o setor perdeu competitividade no mercado internacional e várias empresas encerraram suas atividades.
Pereira, 2007	Discutir sobre as estratégias reprodutivas e seu papel no planejamento e gestão da aquicultura	Estudo secundário	Sem metodologia padronizada	Embora o Brasil seja detentor da mais rica fauna de peixes de água doce do mundo, apenas 1,5% de suas espécies são utilizadas em aquicultura, não incluídas as não menos importantes espécies ornamentais. O número atual de espécies envolvidas é significativamente maior do que aquele sugerido há 20 anos (Saint-Paul, 1986), o que significa extraordinária expansão de opções de utilização

Fonte: Própria (2019)

SISTEMA DE PRODUÇÃO DE PEIXES

De forma geral, pode-se classificar o sistema de cultivo de peixes em dois sistemas, o monocultivo que é a criação de apenas uma espécie naquele viveiro e o sistema de policultivo que, por sua vez, representa um manejo de produção de mais de uma espécie no viveiro (CASTELLO et al., 2010). Já em relação ao sistema de produção, sendo: sistema extensivo; sistema semi-intensivo; e, o sistema híbrido, no qual existe a aglutinação entre sistema intensivo e superintensivo (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Assim, cabe salientar que esse sistema de produção não se diferencia somente pelo seu ambiente de criação de cultivo (BRABO et al., 2016). Nos quais existem diversos como açudes (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019), viveiros escavados (FLORES; PEDROZA, 2013), tanques-rede (CURVO et al., 2020), fluxo contínuo (Pessoa et al., 2015), conjugados (SIQUEIRA, 2018), *raceways* (SOUZA; VIANA, 2020).

O sistema extensivo é normalmente um sistema de baixa produção em relação a área utilizada, devido apresentar uma grande área que é pouco utilizada, no qual a base da alimentação dos animais são subprodutos agrícolas (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013) ou, até mesmo, ração de baixa qualidade (CURVO et al., 2020). Além disso, apresenta uma baixa qualidade de estocagem e, normalmente, utilizam-se represas, açudes, onde muitas vezes não tem controle de produção, além de falta de controle de migração de outros organismos predadores no local (BRAB et al., 2016). Sendo assim, este tipo de cultivo é geralmente destinado a subsistência ou a produção de comércio local (FLORES; PEDROZA, 2013).

O sistema semi-intensivo que, por sua vez, ainda é considerado o mais utilizado no Brasil, é caracterizado como o tipo de sistema no qual grandes maiorias das espécies podem ser cultivadas (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019). Neste caso, é necessário um pouco mais de intensidade de manejo quando comparado ao sistema extensivo (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013). Assim, a oferta de alimento natural como exemplo dos fitoplâncton e zooplâncton é inversamente proporcional à densidade de estocagem (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Dessa forma, esse plâncton serve de alimento para os animais, mas não podem ser somente este tipo de alimentação natural, sendo assim, necessitando de alimentação externa como rações específicas para cada tipo de organismos (AFEWERKI et al., 2022). Ou seja, é

necessário o fornecimento de dieta de forma rotineira pelo produtor (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013). Pode ser considerado um tipo de cultivo com maior facilidade de manejo, uma vez que se tem controle total da vazão de água, facilidade na despesca e manejo do controle da qualidade da água (BRABO et al., 2016).

No caso do sistema intensivo e superintensivo, é utilizado altas densidades de estocagem, além de alta renovação de água e oxigenação (SIQUEIRA, 2018). Somando-se a isto, são utilizadas criações em tanque-rede (CASTELLO et al., 2010) ou viveiros com alta renovação de água (Pessoa et al., 2015). Neste contexto, o sistema contínuo ou de recirculação são considerados nessa classificação de sistema intensivo e superintensivo (PEREIRA, 2007). Logo, neste sistema, é necessário utilizar ração balanceada, uma vez que não se pode confiar no alimento natural local devido a alta densidade de peixes por metro quadrado (BRABO et al., 2016). Nesta situação, normalmente são utilizados monocultivo, no qual pode ter uma produtividade de 300kg por metros cúbicos (SIQUEIRA, 2018).

ALEVINAGEM E ENGORDA, DESPESCA

De forma geral, alevinagem é considerada um elo entre a produção e reprodução (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019), nesse sentido o conhecimento base de alevinagem é o posto-chave para uma produção de qualidade (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Sendo assim, para que se tenha um bom reprodutor é necessário que se tenha uma boa condição ambiental, de qualidade de água, boa sanidade, condições nutricionais e condições de manejo adequado (AFEWERKI et al., 2022). Com isso, cabe salientar que não existe um protocolo único de alevinagem, sendo necessário ter um manejo adequado e específico para cada tipo de situação (BRABO et al., 2016).

Fava (2021), por meio da avaliação da qualidade da água, composição centesimal, desempenho zootécnico determinou a melhor forma de processamento de alevinagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), compreendendo forma de processamento de dietas e frequência de arraçoamento. Nesta pesquisa, foi concluído que a ração microextrusada foi a que obteve um melhor desempenho econômico e zootécnico. Já o estudo feito por Leite e colaboradores (2019), utilizando a *Arthrospira platensis* como ferramenta para a alevinagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), verificou-se que houve um maior nível de proteína no grupo que recebeu *Arthrospira platensis*, entretanto, teve uma menor taxa de sobrevivência relativo ao desempenho zootécnico.

Neste sentido, é importante compreender que devem ser realizados diversos manejos durante, principalmente, o desenvolvimento da larva até alevino, com intuito de solucionar

problemas que possam ocorrer (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013). Exemplo disso é a utilização medidas como a proteção das larvas à iluminação excessiva logo após o período de eclosão (AFEWERKI et al., 2022). Com isso, deve-se tomar muito cuidado e, por isso, utilizar medidas profiláticas no sentido de evitar a proliferação de doenças no viveiro. Isso ocorre devido este período ser suscetíveis a bactérias, parasitas e protozoários, bem como ser um período onde os órgãos e tecidos não estão desenvolvidos completamente (SIQUEIRA, 2018).

Sendo assim, os primeiros passos a serem tomados é, principalmente, o cuidado com a qualidade da água a ser utilizada no viveiro, ou melhor, incubadora (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Logo, deve-se verificar pH apropriado, uma baixa concentração de substâncias nocivas, como por exemplo a amônia e nitrito, bem como a disponibilidade de oxigênio dissolvido disponível (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013). Por conseguinte, após o desenvolvimento inicial das pós-larvas, deve-se ter a inserção de uma alimentação exógena adequada e específica para cada tipo de espécie de organismo, uma vez que se encontra com suas estruturas em estágio formação avançado (PEREIRA, 2007).

De forma geral, é utilizados diversos tipos de dietas após o desenvolvimento inicial das pós-larvas, sendo considerado mais nutritivos os alimentos vivos (AFEWERKI et al., 2022), tendo em vista que durante a alevinagem, a maioria das pisciculturas utilizam alimentos vivos (CARVALHO; SOUZA; CINTRA, 2013). Exemplo disso é os rotíferos (zooplânctons), as microalgas e *branchiopoda Artemia*. Isto porque estes alimentos são caracterizados pelo seu potencial em elevar os teores de proteínas, bem como nas vitaminas nos peixes, promovendo um pescado com maior rentabilidade (MACIENTE; RAUEN; KUBOTA, 2019).

É importante destacar que o fitoplâncton apresenta grande importância quando se fala em promover um melhor manejo durante a alevinagem, isso porque para o viveiro, eles são um dos principais fornecedores de oxigênio que, por sua vez, promove melhores condições para as larvas (AFEWERKI et al., 2022).

PROCESSAMENTO E TRANSPORTE

Entende-se como processamento do pescado uma conduta que altera substancialmente a matéria prima (YUE; SHEN, 2022), diferente do conceito de beneficiamento do pescado que, por sua vez, tem como princípio manter as partes identificáveis do produto, tendo com mecanismo no máximo o corte em pedaços do pescado (AFEWERKI et al., 2022). Logo, no processamento do pescado há: evisceração; limpeza; cortes, que podem ser em postas ou filé; congelamento; elaboração de subprodutos, como empanados e gelatina; e produtos a base de pescado, como exemplo a moqueca e casquinha de siri (PACHE et al., 2022).

Neste liame, o processamento do pescado dentro da Engenharia de Pesca é trabalhar as questões sanitárias e os procedimentos adequados desde a retirada do pescado da água até a mesa do consumidor (DUARTE; BRUHN; KRAUSE-JENSEN, 2022). Ou seja, um dos grandes interesses dentro na engenharia de pesca é fazer com que este pescado consiga chegar até a mesa do consumidor de uma forma eficiente, saudável e dentro dos parâmetros sanitários. Então, é possível dizer que o investimento em um processamento do pescado adequado acarretar mais valor agregado no produto, bem como um produto com grande potencial de inserção do mercado, sendo de grande porte competitivo (AFEWERKI et al., 2022).

Neste contexto, um ponto chave no processamento do pescado é a execução da análise sensorial a fim de determinar o estado de frescor do produto (DUARTE; BRUHN; KRAUSE-JENSEN, 2022). No caso dos peixes, devem apresentar superfície de corpo limpa, com relativo brilho metálico; olhos transparentes e brilhantes; guelras rosas ou vermelhas, úmidas e brilhantes; ventre roliço e firme; escamas brilhantes; vísceras íntegras e ânus fechado (DUARTE; BRUHN; KRAUSE-JENSEN, 2022). Já os crustáceos, é necessário verificar o seu aspecto geralmente brilhante e úmido; corpo em curvatura natural e rígida; carapaça bem aderente ao corpo; coloração própria para a espécie; olhos vivos, bem como destacados; e um cheiro próprio e suave (AFEWERKI et al., 2022).

RASTREABILIDADE E ESTOCAGEM DO PESCADO

Define-se como rastreabilidade do pescado o acúmulo de determinadas informações de um lote oriundo da aquicultura, no qual se inicia na criação e captura do pescado até o momento da pesa do consumidor (REIS; CARDOSO; OLIVEIRA, 2023). Somando- a isto, estas informações devem garantir a procedência do processo produtivo do pescado de forma a garantir a qualidade do produtor e obter maior confiança do consumidor (ALVES, 2017). Com isso, promovendo melhor relação entre o produto, produtor e consumidor, contribuindo com o desenvolvimento sustentável dentro das atividades na aquicultura, como exemplo a pesca de peixes, crustáceos e moluscos (LEITE, 2022). Dessa forma, as principais informações são a origem das matérias primas ou componentes, o histórico do processo aplicado ao produto e distribuição do produto (REIS; CARDOSO; OLIVEIRA, 2023).

Há diversos mecanismos para a rastreabilidade e estocagem do pescado. Exemplo disso é o Sistema Brasileiro de Rastreabilidade em Pescado (Sibrap), sendo considerado um software de recepção e emissão de informações por meio da internet, no qual foi desenvolvido em uma plataforma robusta (ALVES, 2017).

Neste contexto, é importante alguns requisitos para os processos de rastreabilidade

como é a identificação e registro (REIS; CARDOSO; OLIVEIRA, 2023). Segundo Anon (2004) existem etapas específicas e importantes na rastreabilidade e estocagem referente à Carcinicultura que, por sua vez, torna-se necessário uma nova identificação e registro a cada estágio realizado. Somando-se a isto, é imprescindível o conhecimento de elementos básicos pertencentes ao sistema de rastreabilidade (SOUZA; VIANA, 2020). O Primeiro é a rotulagem, no qual devem apresentar nome da espécie, nome comercial ou comum, origem de cultivo ou captura e país de origem. Por conseguinte, deve ter os Códigos de Identificação dos Produtos (ID), no qual devem obedecer a alguns critérios como uma informação exclusiva do produto, ser escrita de forma a ser facilmente compreendida e ter informações suficientes para caracterizar o produto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, no qual foram rastreados e selecionados 20 trabalhos para compor esta revisão. De forma geral, foi possível compreender o panorama da mecanização e automação de processos produtivos na Aquicultura. Por conseguinte, compreendeu-se que a piscicultura passa por um momento de expansão, tendo em vista que teve muitos trabalhos na literatura na busca de compreender esta área de estudo.

Além disso, compreende-se que a aquicultura é uma atividade que cresce a cada dia, além da evolução dos processos produtivos. Para tanto, é necessário grande investimento principalmente no manejo, qualidade de água e alimentação, sendo que cada espécie de organismo vai necessitar de condições específicas.

REFERÊNCIAS

- AFEWERKI, S. et al. Innovation in the Norwegian aquaculture industry. **Reviews in Aquaculture**, 2022.
- ALVES, A. M. Inovação tecnológica para gestão e rastreabilidade de pescados. 2017. 80 f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.
- BARBOSA, C. R. et al. Tecnologia do pescado como ferramenta para o desenvolvimento da aquicultura na região Oeste do Pará. **Revista de Extensão da Integração Amazônica**, v. 3, n. 1, p. 38-40, 2022.
- BARTZ, R. L.. Sensoriamento remoto para análise de parâmetros de qualidade da água aplicado à piscicultura. 2021. 101 f. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021.
- BRABO, M. F. et al. A cadeia produtiva da aquicultura no Nordeste Paraense, Amazônia, Brasil. **Informações econômicas**, v. 46, n. 4, p. 16-26, 2016.
- BRITO, J. M. et al. Automação na tilapicultura: revisão de literatura. **Nutri time**, 2017.

- CARVALHO, H. R. L.; SOUZA, R. A. L.; CINTRA, I. H. A. A aquicultura na microrregião do Guamá, Pará, Amazônia Oriental, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias-Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 1-6, 2013.
- CASOTTI, R. F. et al. CULTIVO E BENEFICIAMENTO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ROBALO PEVA (*Centropomus parallelus*) EM REGIÃO ESTUARINA NO SUDESTE DO BRASIL. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2015.
- CASTELLO, J. P. O futuro da pesca da aquicultura marinha no Brasil: a pesca costeira. **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 3, p. 32-35, 2010.
- CURVO, L. R. V. et al. Avaliação da piscicultura na microrregião do Alto Pantanal–Mato Grosso, Brasil. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, 2020. DOI:
- DUARTE, C. M.; BRUHN, A; KRAUSE-JENSEN, D. A seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets. **Nature Sustainability**, v. 5, n. 3, p. 185-193, 2022.
- ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 33-44, 2007.
- FAVA, A. F. Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem. 2021. 61 f. **Tese** (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2021.
- FERRI, L. S.; GARCÍA-PRADO, J. A.; OLIVEIRA, D. TEMA: aquicultura e pesca. In: Publicação em Anais de Congresso. In: CONGRESSO CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1., Vitória, ES. Anais 2021: congresso capixaba de pesquisa agropecuária [recurso eletrônico]. Vitória, ES: Incaper, 2021. color. PDF; 25, 4 MB. E-book, no formato PDF.(Incaper, Documentos, 289). Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, José Aires Ventura, Marcos Vinicius Winckler Caldeira e Romário Gava Ferrão, editores., 2022.
- FLORES, R. M. V.; PEDROZA, M. X. Como multiplicar os peixes? Perspectivas da aquicultura brasileira. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 2, p. 04-05, 2013.
- JUNIOR, D. P. L. et al. Aquicultura, política e meio ambiente no Brasil: Novas propostas e velhos equívocos. **Nat Conservação**, v. 10, n. 1, p. 88-91, 2012.
- KUPLICH, A. Mapeamento de atividades e usos de informação em aquicultura e pesca para o desenvolvimento de serviços de informação no IFES. 2015. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado Profissional em Biblioteconomia) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- LEITE, A. C. N. S. Rastreabilidade como ferramenta do controle de qualidade de pescados no estabelecimento varejista: um relato de caso. Orientador: Stefânia Marcia de Oliveira Souza. 2022. 19f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (graduação) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Faculdade de Medicina Veterinária, 2022.
- LEITE, L. A. et al. Uso da *Arthrospira platensis* na alevinagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em água salgada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, p. 593-599, 2019.
- MACIENTE, A. N.; RAUEN, C. V.; KUBOTA, L. C. Tecnologias digitais, habilidades ocupacionais e emprego formal no Brasil entre 2003 e 2017. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)**, 2019.
- MARTINELLI, G. M. Automação do fornecimento de ração e fracionamento da ração diária para tilápias criadas em ambiente controlado com dieta balanceada. 2017. **Dissertação de mestrado** (Pós-Graduação em Zootecnia), Botucatu, 2017.
- MENEZES, C. S. M. Automação do manejo alimentar na engorda de tilápias criadas em tanque-rede. 2014. v. 40 f. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, 2014.

- NOGUEIRA, G. S.; BEZERRA, G. S.; PIANA, P. A. Treatment of aquaculture effluent with floating macrophytes: systemic review and meta-analysis. **Research, Society and Development**, 11(4), e36811426533-e36811426533.
- PACHE, M. C. B. et al. Non-intrusively estimating the live body biomass of Pintado Real® fingerlings: A feature selection approach. **Ecological Informatics**, v. 68, p. 101509, 2022.
- PEREIRA, H. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Rev Bras Reprod Anim**, v. 31, n. 3, p. 3515360, 2007.
- PESSOA, M. C. P. Y. et al. Aquisys 1.3–validated version of the computer system to support best management practices (bmp) and environmental management for aquaculture in brazil. In: **Embrapa Meio Ambiente-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. 2015.
- REIS, E. S.; CARDOSO, S.; OLIVEIRA, T. E. Métodos de filetagem da tilápia-do-Nilo em dois abatedouros frigoríficos de pescado: rendimento de filé e resíduos. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e27812135831-e27812135831, 2023.
- RODRIGUES, L. S. et al. Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.36, p. [179]-218, set. 2012.
- SILVA, W. L. M. et al. Sustentabilidade na aquicultura: dimensões social, econômica e ambiental–uma revisão de literatura. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 20, n. 1, Jan-Jun, p. 87-108, 2018.
- SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v.25, n.49, p. 119-170, jun. 2018.
- SOARES, B. V.; TAVARES-DIAS, M. Espécies de Lippia (Verbenaceae), seu potencial bioativo e importância na medicina veterinária e aquicultura. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2013.
- SOUZA, A. C. F.; VIANA, D. C. Status atual da aquicultura no mundo: primeiros impactos da COVID-19. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e462985798-e462985798, 2020.