INSTITUTO LATINO AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

BIOESTIMULADOR COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA EM VIVEIROS ESCAVADOS

EMMY BATISTA FUSER CARVALHO

Foz do Iguaçu – PR

2025

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

INSTITUTO LATINO AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

BIOESTIMULADOR COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA EM VIVEIROS ESCAVADOS

EMMY BATISTA FUSER CARVALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino- Americano de tecnologia, infraestrutura e território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Coldebella

Foz do Iguaçu – PR

2025

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

EMMY BATISTA FUSER CARVALHO

BIOESTIMULADOR COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA EM VIVEIROS ESCAVADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de tecnologia, infraestrutura e território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
KATYA REGINA DE FREITAS ZARA
Data: 20/08/2025 10:42:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Orientador: Prof. Dra. Kátya Regina de Freitas Zara
UNILA

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANDERSON COLDEBELLA
Data: 20/08/2025 14:56:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Coldebella
IFPR – Campus Foz do Iguaçu – PR

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANDREIA CRISTINA FURTADO
Data: 18/08/2025 10:23:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Andreia Cristina Furtado
UNILA

Documento assinado digitalmente
gov.br
ARCANGELO AUGUSTO SIGNOR
Data: 18/08/2025 19:54:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Arcangelo Augusto Signor
IFPR – Campus Foz do Iguaçu – PR

Foz do Iguaçu, 04 de agosto de 2025.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Dedico este trabalho, ao meu esposo, Tiago, ao meu filho querido, Ethan, aos meus pais, Eloy e Elaine, e ao meu tio, Edir.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa mais do que a conclusão de uma etapa acadêmica; é a concretização de uma jornada construída com esforço, superação e o apoio inestimável de pessoas que foram fundamentais ao longo do caminho. A todas elas, manifesto minha mais sincera gratidão.

A Deus, agradeço por ter me concedido saúde, discernimento e força para seguir firme diante dos desafios que surgiram ao longo dessa trajetória.

Ao meu esposo, Tiago da Silva Carvalho, dedico um agradecimento especial pela parceria constante, pelas palavras de incentivo nos momentos mais difíceis e por ser o meu porto seguro em todas as fases deste percurso. Ao meu filho, Ethan Fuser Carvalho, que mesmo em sua tenra infância, me inspira diariamente com lições de resiliência e amor incondicional.

Sou profundamente grata aos meus pais, Eloy e Elaine, que com exemplo, dedicação e apoio inabalável, foram pilares fundamentais para que eu pudesse persistir, mesmo diante das adversidades.

Às minhas amigas, que formaram uma verdadeira rede de apoio ao longo da graduação, agradeço pela presença afetuosa, pela empatia e por cada gesto de solidariedade que fez toda a diferença.

Ao meu tio, Edir Fuser, estendo minha gratidão pela generosidade e comprometimento ao aceitar o desafio de contribuir com a parte prática da pesquisa, me auxiliando na concretização deste trabalho.

Por fim, aos orientadores, obrigada.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

“A educação é aquilo que permanece depois
que esquecemos o que aprendemos na escola."
Albert Einstein

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

FUSER CARVALHO, Emmy Batista. Bioestimulador como estratégia para redução da concentração de amônia em viveiros escavados de piscicultura. 90f. Graduação (Bacharelado em Engenharia Química) – UNILA, Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Foz do Iguaçu, 2025.

RESUMO

O sucesso da piscicultura depende diretamente da qualidade da água, que influencia o bem-estar dos peixes e consequentemente sua qualidade. O Brasil é um dos maiores produtores de peixes cultivados na América Latina. Este estudo aborda estratégias para reduzir a concentração de amônia em viveiros escavados de piscicultura, avaliando a eficácia de um bioestimulador e seus impactos no equilíbrio químico e biológico do ambiente aquático. Foram realizadas análises da qualidade da água (temperatura, pH, amônia, nitrito, alcalinidade total, oxigênio dissolvido e transparência da água) e de controle sanitário e bem-estar animal (mortalidade e biometria) durante os ciclos de produção de 2023 e 2024. Os resultados indicaram que o uso do bioestimulador melhorou significativamente a estabilidade da qualidade da água, reduzindo os níveis de compostos nitrogenados tóxicos e promovendo um ambiente mais saudável para os peixes. Portanto, a aplicação do produto contribuiu com a redução da mortalidade dos peixes, promoveu melhor conversão alimentar e maior desempenho zootécnico.

Palavras-Chave: Conversão alimentar; Qualidade da água; Piscicultura intensiva; Tilápia.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

FUSER CARVALHO, Emmy Batista. Biostimulant as a strategy for reducing ammonia concentration in excavated fish farming ponds. 90p. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Chemical Engineering) – UNILA, Federal University for Latin American Integration. Foz do Iguaçu, 2025.

ABSTRACT

The success of fish farming directly depends on water quality, which influences the well-being of the fish and, consequently, their quality. Brazil is one of the largest producers of farmed fish in Latin America. This study addresses strategies to reduce ammonia concentration in excavated fish farming ponds, evaluating the effectiveness of a biostimulant and its impacts on the chemical and biological balance of the aquatic environment. Analyses of water quality (temperature, pH, ammonia, nitrite, total alkalinity, dissolved oxygen, and water transparency) and sanitary control and animal welfare (mortality and biometry) were carried out during the 2023 and 2024 production cycles. The results indicated that the use of the biostimulant significantly improved water quality stability, reducing the levels of toxic nitrogen compounds and promoting a healthier environment for the fish. Therefore, the application of the product contributed to reducing fish mortality, promoting better feed conversion and higher zootechnical performance.

Keywords: Feed conversion; Water quality; Intensive aquaculture; Tilapia.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

FUSER CARVALHO, Emmy Batista. Bioestimulador como estratégia para la reducción de la concentración de amoníaco en viveros excavado. 90p. Trabajo de Fin de Grado (Licenciatura en Ingeniería Química) – UNILA, Universidad Federal de la Integración Latinoamericana. Foz do Iguaçu, 2025.

RESUMEN

El éxito de la piscicultura depende directamente de la calidad del agua, que influye en el bienestar de los peces y, en consecuencia, en su calidad. Brasil es uno de los mayores productores de peces cultivados en América Latina. Este estudio aborda estrategias para reducir la concentración de amoníaco en estanques excavados de piscicultura, evaluando la eficacia de un bioestimulante y sus impactos en el equilibrio químico y biológico del ambiente acuático. Se realizaron análisis de la calidad del agua (temperatura, pH, amoníaco, nitrito, alcalinidad total, oxígeno disuelto y transparencia del agua) y de control sanitario y bienestar animal (mortalidad y biometría) durante los ciclos de producción de 2023 y 2024. Los resultados indicaron que el uso del bioestimulante mejoró significativamente la estabilidad de la calidad del agua, reduciendo los niveles de compuestos nitrogenados tóxicos y promoviendo un ambiente más saludable para los peces. Por lo tanto, la aplicación del producto contribuyó a la reducción de la mortalidad de los peces, promovió una mejor conversión alimenticia y un mayor desempeño zootécnico.

Palabras clave: Conversión alimenticia; Calidad del agua; Piscicultura intensiva; Tilapia.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de recria e crescimento da recepção a despesca 19
Figura 2 – Ciclo do Nitrogênio..... 25
Figura 3 – Imagem de satélite da propriedade - estudo de caso 17
Figura 4 – Aerador do tipo pá..... 18
Figura 5 – Aerador do tipo chafariz 18
Figura 6 – Manejo do viveiro de peixes 20
Figura 7 – Soltura dos alevinos no ciclo de produção 2023 21
Figura 8 – Posicionamento das redes de arrasto..... 27
Figura 9 – Retirada dos peixes 28
Figura 10 – Valores de pH e amônia ciclo de produção 2023..... 34
Figura 11 – Valores de pH e amônia ciclo de produção 2024..... 35
Figura 12 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2023 37
Figura 13 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2024 37
Figura 14 – Valores da alcalinidade total no ciclo de produção 2023..... 40
Figura 15 – Variação da alcalinidade ciclo de produção 2024..... 40
Figura 16 – Valores de oxigênio dissolvido no ciclo de produção 2023..... 42
Figura 17 – Variação do oxigênio dissolvido ciclo de produção 2024 42
Figura 18 – Variação da transparência no ciclo de produção 2023..... 45
Figura 19 – Variação da transparência no ciclo de produção 2024..... 45
Figura 20 – Oscilações da conversão alimentar ciclo de produção 2023..... 48
Figura 21 – Oscilações da conversão alimentar ciclo de produção 2024..... 49
Figura 22 – Mortalidade 53
Figura 23 – Evolução do ganho de peso diário dos peixes do ciclo de produção 2023 55
Figura 24 – Evolução do ganho de biomassa dos peixes do ciclo de produção 2023..... 56
Figura 25 – Evolução do ganho de peso diário dos peixes do ciclo de produção 2024 59
Figura 26 – Evolução do ganho de biomassa dos peixes do ciclo de produção 2024..... 59

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros ideais de qualidade da água para piscicultura 28
Quadro 2 – Legislação relacionada à qualidade da água e efluentes 29
Quadro 3 – Produtos disponíveis no mercado..... 16
Quadro 4 – Monitoramento da qualidade da água recomendado para piscicultura 23
Quadro 5 – Significado da leirura do disco de Secchi 23
Quadro 6 – Parâmetros melhorados e mantidos com o uso do bioestimulador 29
Quadro 7 – Critérios usados para aplicação do bioestimulador segundo fabricante..... 29
Quadro 8 – Informação geral do ciclo de produção 2023 e 2024 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Discriminação da área dos viveiros de produção. 17
Tabela 2 – Valores de temperatura no ciclo de produção 2023..... 31
Tabela 3 – Valores de temperatura no ciclo de produção 2024..... 32
Tabela 4 – Valores de amônia no ciclo de produção 2023 e 2024 33
Tabela 5 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2023 e 2024 36
Tabela 6 – Variação da alcalinidade total no ciclo de produção 2023 e 2024..... 39
Tabela 7 – Valores de oxigênio dissolvido no ciclo de produção 2023 e 2024..... 41
Tabela 8 – Valores da transparência no ciclo de produção 2023 e 2024..... 44
Tabela 9 – Dados de consumo de ração de conversão do ciclo de 2023..... 47
Tabela 10 – Dados de consumo de ração de conversão do ciclo de 2024 49
Tabela 11 – Registro de mortalidade dos peixes ciclo de produção 2023 51
Tabela 12 – Registros de mortalidade dos peixes ciclo de produção 2024 52
Tabela 13 – Informações de biometria semanal dos peixes do ciclo 2023 54
Tabela 14 – Informações de biometria semanal dos peixes do ciclo de 2024 58

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANVISA	Agencia Nacional de Vigilancia Sanitária
APP	Área de Preservação Permanente
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
CAA	Conversão Alimentar Acumulada
CEPA	*Canadian Environmental Protection Act*
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
GBA	Ganho de Biomassa Acumulada
GBi	Ganho de Biomassa no Intervalo
GPD	Ganho de Peso Diário
NH_3	Amônia Não Ionizada
NH_4^+	Amônia Ionizada
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
OD	Oxigenio Dissolvido
PCCs	Pontos Críticos de Controle
PRISMA	*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*
RGP	Registro Geral da Atividade Pesqueira
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEDEST	Secretaria do Desenvolvimento Sustentável
SST	Sólidos Suspensos Totais
TCA	Taxa de Conversão Alimentar
TC	Taxa de Crescimento

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

LISTA DE SÍMBOLOS

Pf	Peso médio final dos peixes (kg)
Pi	Peso médio final dos peixes (kg)
Δt	Intervalo de tempo entre as biometrias (dias)
N	Número total de peixes (adimensional)
P_m	Peso médio individual dos peixes (kg)
n	Número de medições ao longo do ciclo (adimensional)

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES **24**
LISTA DE QUADROS **25**
LISTA DE TABELAS **25**
LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS **26**
LISTA DE SÍMBOLOS **27**
1 INTRODUÇÃO **16**
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA 17
1.2 QUESTÃO PROBLEMA 17
1.3 OBJETIVOS 18
1.3.1 Geral 18
1.3.2 Específicos 18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **16**
2.1 PISCICULTURA 16
2.1.1 Produção Intensiva De Tilápias 18
2.1.2 Processo De Recría E Crescimento 19
2.1.3 Produção e Bem-estar Animal 21
2.2 QUALIDADE DA ÁGUA 22
2.2.1 Ciclo Do Nitrogênio 23
2.2.1.1 Amônia *25*
2.2.2 Gestão Da Qualidade Da Água 27
2.3 PRODUTOS PARA MELHORIA DE DESEMPENHO DE SISTEMAS AQUÁTICOS 28
2.3.1 Bioestimulador 30
3 METODOLOGIA **16**
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 16
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE 16
3.2.1 Caracterização Do Viveiro 18
3.2.2 Período De Produção Analisado 18
3.2.3 Manejo Do Viveiro 19
3.2.3.1 Preparo do viveiro e recebimento do lote *19*
3.2.3.2 Alimentação *21*

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

3.2.3.3 Monitoramento da qualidade da água *22*
3.2.3.4 Controle sanitário e bem-estar animal *23*
3.2.3.5 Retirada dos peixes *26*
3.2.3.6 Transporte dos peixes *28*
3.3 BIOESTIMULADOR 28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 30
4.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA 30
4.1.1 Temperatura 30
4.1.2 pH E Amônia 32
4.1.3 Nitrito 35
4.1.4 Alcalinidade 38
4.1.5 Oxigênio Dissolvido 40
4.1.6 Transparência Da Água 43
4.2 CONTROLE SANITÁRIO E BEM-ESTAR ANIMAL 45
4.2.1 Consumo De Ração 46
4.2.2 Mortalidade 50
4.2.3 Biometria 53
4.3 ANÁLISE DOS CICLOS 60
5 CONCLUSÃO 63
6 REFERÊNCIAS 65

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade de grande importância para a economia brasileira, destacando-se como um dos setores mais promissores da aquicultura nacional. O Brasil se posiciona como um dos maiores produtores de peixes cultivados na América Latina, sendo a tilápia (*Oreochromis niloticus*) a espécie mais cultivada, representando cerca de 64% da produção nacional (Peixe BR, 2023). O crescimento do setor tem sido impulsionado por fatores como o aumento da demanda por proteína animal, incentivos governamentais e aprimoramento das práticas de manejo, especialmente no que se refere à qualidade da água.

A qualidade da água é um fator essencial para o sucesso da piscicultura, influenciando diretamente o crescimento, a taxa de conversão alimentar e a saúde dos peixes. Parâmetros como Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura, pH e compostos nitrogenados precisam ser controlados para evitar impactos negativos na produção. Um dos principais desafios nesses sistemas intensivos é o acúmulo de amônia (NH_3/NH_4^+), que resulta da excreção dos peixes e da decomposição de matéria orgânica, sendo considerado um dos poluentes mais tóxicos para a criação de organismos aquáticos (Pereira; Mercante, 2005).

A amônia livre (NH_3), forma não ionizada desse composto, é altamente tóxica e pode causar dificuldade respiratória, danos às brânquias, desequilíbrio osmótico e redução do crescimento dos peixes. Os efeitos nocivos se intensificam em pH superior a 8,0 e temperatura superior a 28°C, condições que favorecem a conversão da amônia (NH_4^+) para sua forma tóxica (Cavero *et al.*, 2004). Para mitigar esses impactos, estratégias de manejo adequadas devem ser implementadas, incluindo a manutenção de um sistema eficiente de aeração e filtração biológica, que auxilia na oxigenação da água e na conversão da amônia por meio do processo de nitrificação (Schulter; Vieira, 2017).

O controle da amônia na piscicultura ocorre principalmente por meio da ação de bactérias nitrificantes, como *Nitrosomonas* spp. e *Nitrobacter* spp., que convertem a amônia em nitrito (NO_2^-) e, posteriormente, em nitrato (NO_3^-). O nitrato, em concentrações moderadas, é menos prejudicial e pode ser removido por trocas parciais de água ou assimilado por macrófitas em sistemas integrados (Coldebella. A, 2018). Além disso, o uso de bioestimuladores tem se mostrado uma alternativa eficiente para acelerar a conversão biológica da amônia, reduzindo sua toxicidade em sistemas intensivos.

Além do impacto direto sobre os peixes, níveis elevados de amônia podem desencadear eutrofização, favorecendo o crescimento excessivo de algas e reduzindo a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. Essa condição pode resultar em desequilíbrios

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

no ecossistema, aumentando o risco de mortalidade massiva dos peixes devido à hipoxia e à proliferação de cianobactérias tóxicas (Lourenço *et al.*, 1999). Portanto, práticas de manejo como controle da densidade populacional, alimentação balanceada e remoção regular de resíduos orgânicos são fundamentais para evitar o acúmulo desse composto no sistema.

Diante desses desafios, torna-se essencial o monitoramento contínuo da qualidade da água, aliado ao uso de tecnologias inovadoras, como biofiltros, probióticos e sistemas de recirculação. A adoção de uma abordagem integrada, combinando boas práticas de manejo e inovação tecnológica, pode garantir uma piscicultura mais resiliente, sustentável e competitiva, contribuindo para a segurança alimentar e a preservação dos recursos hídricos.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A amônia é um dos principais subprodutos da atividade aquícola, resultante da excreção de peixes e da decomposição de matéria orgânica, e sua acumulação em níveis elevados pode ter consequências devastadoras para a saúde dos peixes, a qualidade da água e a sustentabilidade do ecossistema aquático como um todo (Cyrino *et al.*, 2010).

Por isso, o controle adequado dos níveis de amônia é essencial para garantir o bem-estar dos peixes, promover o crescimento e o desenvolvimento saudáveis, e prevenir doenças e mortalidades associadas à exposição a esse composto tóxico. Além disso, a redução dos níveis de amônia contribui diretamente para a melhoria da qualidade da água, minimizando os riscos de eutrofização, blooms de algas (florescimentos de algas) e outros problemas ambientais associados à poluição nitrogenada (Cavero *et al.*, 2004).

Nesse contexto, a avaliação da eficácia de produtos destinados ao controle de amônia em viveiros escavados de piscicultura é de grande relevância, pois pode fornecer *insights* valiosos sobre novas abordagens e tecnologias que possam ajudar os produtores com práticas de manejo mais eficazes, que possam ser implementadas na aquicultura em escala comercial (Cavero *et al.*, 2004).

Em suma, este estudo é importante tanto para segurança alimentar na produção da proteína quanto no manejo e bem-estar animal durante a produção.

1.2 QUESTÃO PROBLEMA

Considerando a melhoria nas condições sanitárias e na qualidade da proteína produzida tem-se como questão de pesquisa: *Como o uso de bioestimulador pode contribuir*

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

para a melhoria do desempenho do sistema aquático, do bem-estar animal e a produtividade do sistema de cultivo?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a eficiência de um bioestimulador disponível no mercado, aplicado em viveiros escavados de piscicultura para controlar os níveis de amônia.

1.3.2 Específicos

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, tem-se como objetivos específicos:

- Monitorar os parâmetros físico-químicos (amônia, nitrito, oxigênio dissolvido e pH) da água dos viveiros de piscicultura durante o ciclo de produção com e sem uso do bioestimulador.
- Analisar eventuais efeitos colaterais sobre a saúde e o bem-estar dos peixes.
- Análise da conversão da ração em proteína.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentado os conceitos envolvidos no desenvolvimento deste trabalho como: aspectos técnicos, ambientais e econômicos da piscicultura; regulamentação ambiental e normas aplicáveis à aquicultura; e inovações tecnológicas no manejo de resíduos nitrogenados e na promoção da qualidade da água.

2.1 PISCICULTURA

A piscicultura desempenha um papel crucial na produção de alimentos, oferecendo uma alternativa viável à pesca extrativa e à criação de animais terrestres. Ao produzir peixes em ambientes controlados, a piscicultura reduz a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais, muitos dos quais estão enfrentando declínios preocupantes devido à pesca excessiva e à degradação do habitat. Essa transição para a aquicultura não apenas ajuda a preservar a biodiversidade aquática, mas também garante um suprimento contínuo de alimentos em um mundo onde a demanda por proteína animal está em constante crescimento (Teixeira Filho, 1998).

A estruturação da piscicultura envolve uma série de fatores técnicos que vão desde a escolha do local até a implementação de sistemas de produção e manejo da água. A seleção criteriosa dos sítios de cultivo deve levar em conta a qualidade do solo e da água, evitando locais que apresentem vulnerabilidade a processos erosivos ou contaminação por resíduos químicos (Lopes, 2018). A qualidade da água é, de fato, um dos parâmetros mais críticos, sendo influenciada por fatores como o pH, a concentração de oxigênio dissolvido e os níveis de compostos nitrogenados (Kubitza, 1999). Conforme destacado por Lima *et al.* (2024), a inadequação na gestão desses parâmetros pode resultar em mortalidade massiva dos peixes e comprometer a viabilidade econômica da atividade. Portanto, a adoção de sistemas de recirculação ou tratamento biológico dos efluentes se apresenta como uma solução eficaz para a manutenção de ambientes aquáticos equilibrados e produtivos (Farias *et al.*, 2019).

Em sua essência, a piscicultura envolve a criação de peixes em uma variedade de ambientes, desde lagoas naturais até viveiros de criação intensiva. Esta diversidade de abordagens reflete não apenas a adaptação às condições locais, mas também a busca por métodos de produção eficientes e sustentáveis. No entanto, a intensificação da criação de peixes, embora tenha proporcionado aumentos significativos na produção, também levanta preocupações sobre questões como o bem-estar animal, a qualidade da água e o uso responsável

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

de recursos naturais (Coldebella. A, 2018).

Uma das características distintivas da piscicultura moderna é a sua capacidade de integrar tecnologias avançadas para otimizar a produção e mitigar impactos ambientais. A automação de sistemas de alimentação e monitoramento, juntamente com o desenvolvimento de rações específicas para cada espécie, contribui para o crescimento eficiente e saudável dos peixes, reduzindo ao mesmo tempo o desperdício de alimentos e minimizando a poluição ambiental. Além disso, a implementação de práticas de aquicultura sustentável, como a recirculação de água e o uso de energia renovável, demonstra um compromisso crescente com a conservação dos ecossistemas aquáticos (Garutti, 2003).

No entanto, a sustentabilidade da piscicultura não se limita apenas às considerações ambientais. Questões sociais, como o impacto nas comunidades locais e a equidade no acesso aos recursos hídricos, também desempenham um papel fundamental na formulação de políticas e práticas nesta indústria. A promoção de padrões de trabalho justos e a participação ativa das comunidades na gestão dos recursos aquáticos são elementos essenciais para garantir que a piscicultura contribua para o desenvolvimento socioeconômico sustentável das regiões onde está presente (Cyrino *et al.*, 2010).

Além disso, a piscicultura não pode ser dissociada de considerações econômicas. Como um setor em constante evolução, enfrenta desafios e oportunidades decorrentes de flutuações nos preços das matérias-primas, mudanças nas preferências dos consumidores e pressões regulatórias. No entanto, sua capacidade de se adaptar a essas mudanças e de inovar continuamente, seja por meio do desenvolvimento de novas espécies de peixes ou da diversificação de produtos, demonstra sua resiliência e seu potencial para impulsionar o crescimento econômico em escala local e global (Lopes, 2018).

Todavia, apesar de seus benefícios, a piscicultura enfrenta desafios significativos em relação à segurança alimentar e à qualidade dos produtos. A intensificação da produção, especialmente em sistemas de criação intensiva, pode aumentar o risco de doenças e contaminação microbiológica, exigindo práticas rigorosas de manejo e controle de qualidade para garantir a segurança dos alimentos. Além disso, preocupações relacionadas à saúde humana, como a presença de resíduos de medicamentos veterinários e produtos químicos nos peixes cultivados, destacam a importância da regulamentação e da supervisão adequada da indústria (Coldebella. A, 2018).

Outro aspecto crucial da piscicultura na produção de alimentos é sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas e às pressões ambientais. Aumentos na temperatura da água, acidificação dos oceanos e eventos climáticos extremos representam desafios significativos para a sustentabilidade da aquicultura, afetando tanto a saúde dos peixes quanto

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

a viabilidade dos sistemas de produção. Nesse contexto, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias resilientes e práticas de manejo adaptativas desempenham um papel fundamental na garantia da resiliência e da continuidade da produção de alimentos aquáticos (Garutti, 2003).

O desenvolvimento sustentável da piscicultura deve considerar estratégias que integrem tecnologia, eficiência produtiva e conservação ambiental. A intensificação da produção em sistemas fechados, como tanques-rede e viveiros escavados, tem sido apontada como uma alternativa promissora para maximizar o uso dos recursos e reduzir os impactos ambientais (Cyrino *et al.*, 2010). Contudo, é imprescindível monitorar de forma contínua os índices de toxicidade e a dinâmica dos nutrientes nos sistemas produtivos para evitar a eutrofização dos corpos hídricos adjacentes (Coldebella. A, 2018). Tecnologias como sensores de qualidade da água e softwares de gestão têm se mostrado indispensáveis para garantir a sustentabilidade da piscicultura moderna (Lourenço *et al.*, 1999), além de favorecerem a tomada de decisão baseada em dados confiáveis.

2.1.1 Produção Intensiva De Tilápias

A criação intensiva de tilápia em viveiros escavados destaca-se como uma das formas mais populares e economicamente viáveis de piscicultura. No entanto, essa prática exige atenção especial à segurança alimentar e aos riscos associados a doenças nos peixes, muitas vezes exacerbados pela presença de substâncias tóxicas na água. A elevada densidade de estocagem, característica dos sistemas intensivos, cria um ambiente propício à proliferação de patógenos e ao acúmulo de compostos tóxicos, como a amônia não ionizada (NH_3), que interfere nos processos fisiológicos e imunológicos dos peixes (Baldisserotto, 2009; Coldebella. A, 2018).

Os sistemas de viveiros escavados promovem alta densidade de estocagem, aumentando a produtividade, mas também elevando os riscos de poluição por compostos nitrogenados, como amônia, e de surtos de doenças (Baldisserotto, 2009). A superlotação e o manejo inadequado aumentam a suscetibilidade dos peixes a infecções bacterianas e parasitárias (Cavero *et al.*, 2004). Práticas como o controle rigoroso da qualidade da água, o uso de rações balanceadas e a vacinação dos peixes são essenciais para garantir a saúde dos animais e a segurança alimentar (Silva, 2024). Além disso, iniciativas de capacitação técnica para os produtores, promovidas por instituições como o SEBRAE, têm contribuído para a disseminação de boas práticas no setor (Andrade, 2020).

Além disso, a qualidade da alimentação oferecida é um fator determinante para a

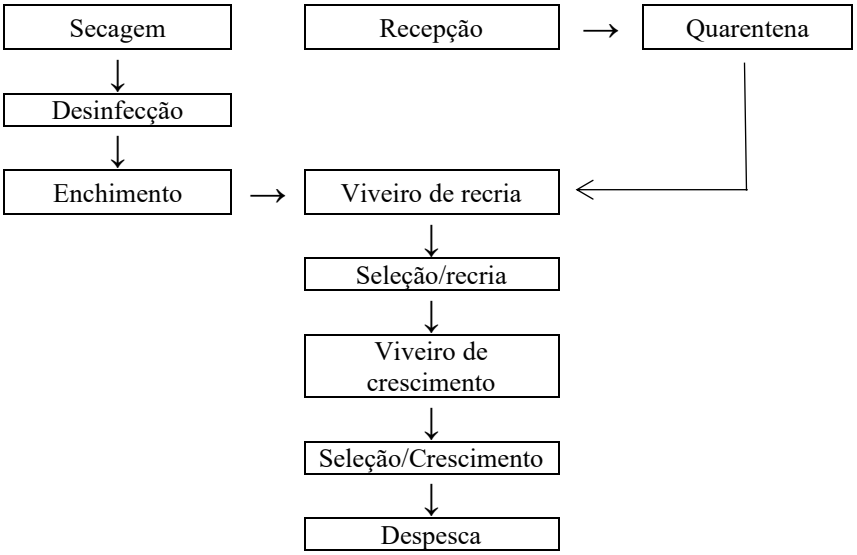
Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

saúde dos peixes. Rações de baixa qualidade ou o manejo inadequado no fornecimento de alimentos podem resultar na introdução de substâncias químicas residuais no organismo dos peixes, comprometendo a segurança alimentar dos produtos finais. A aplicação de boas práticas de manejo, incluindo o uso de rações balanceadas e monitoramento contínuo dos parâmetros de qualidade da água, é crucial para mitigar esses riscos e garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da produção de tilápia.

2.1.2 Processo De Recría E Crescimento

A piscicultura intensiva exige protocolos rigorosos de manejo, biossegurança e monitoramento ambiental, com o objetivo de garantir não apenas o bem-estar animal, mas também a eficiência zootécnica e a inocuidade do produto final. O processo de recria e crescimento de peixes é composto por diversas etapas organizadas de maneira sequencial, conforme apresentado no fluxograma da Figura 1, sendo que cada uma delas está sujeita à identificação de Pontos Críticos de Controle (PCCs), conforme preconizado pelo sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (Oliveira; Oliveira, 2023).

Figura 1 – Processo de recria e crescimento da recepção a despesca



Fonte: Adaptado de Oliveira e Oliveira, 2023

A recepção dos alevinos ocorre com a chegada dos caminhões, que transportam os peixes em caixas isotérmicas contendo água em temperaturas próximas a 26 °C, reduzindo o impacto térmico durante o transporte. Ao serem recebidos, os animais passam por avaliação

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

macroscópica e, quando necessário, análises laboratoriais de brânquias, muco e fígado para detecção de possíveis enfermidades. A água do transporte é descartada e substituída por água dos viveiros, eliminando o risco de contaminação cruzada. Essa etapa representa um ponto crítico de controle sanitário (Dias, 2009).

Após a recepção, os alevinos são mantidos em quarentena durante 30 a 45 dias, separados dos demais lotes. Nesse período, são monitorados indicadores da qualidade da água como temperatura, oxigênio dissolvido e pH, além do comportamento dos peixes e a presença de vetores mecânicos, como aves e insetos. Essa prática tem sido amplamente reconhecida como eficaz para prevenir surtos patogênicos em sistemas produtivos intensivos (Oliveira; Oliveira, 2023).

Em paralelo com a quarentena, segundo Oliveira e Oliveira (2023) é realizada a secagem e desinfecção dos viveiros escavados. Esse processo inclui a exposição do fundo do viveiro ao sol por até dez dias e a aplicação de cal virgem, calcário e gesso agrícola para elevar o pH, reduzir a matéria orgânica e promover a eliminação de microrganismos. A correta aplicação desses insumos e a completa secagem do fundo são indispensáveis para interromper o ciclo de agentes patogênicos, sendo este mais um ponto crítico de controle do sistema.

O enchimento dos viveiros é feito com água de poços artesianos ou fontes superficiais, desde que previamente analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos. A qualidade da água é fator determinante para o sucesso da piscicultura, sendo recomendados valores de pH entre 6,5 e 7,5, oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L e temperatura em torno de 26 °C (Kubitza, 1999).

Concluída a quarentena, os peixes são transferidos para viveiros de recría, que possuem uma área de até 1 hectare e profundidade média de 1,70 m, os peixes são estocados em densidades de até 10.000 indivíduos/ha. A alimentação é realizada de duas a quatro vezes ao dia, utilizando ração extrusada com 40% de proteína bruta. O manejo alimentar deve ser compatível com a capacidade de suporte do ambiente e acompanhado de monitoramento diário da água, com correções feitas por meio de aeradores e manejo da fertilização (Oliveira; Oliveira, 2023).

Após cerca de 90 a 100 dias, os peixes atingem entre 280 e 350 g e são transferidos para os viveiros de crescimento, onde permanecem por um ciclo médio de 360 a 380 dias. De acordo com o autor Oliveira e Oliveira (2023) a densidade adotada nesta fase gira em torno de 2.300 indivíduos/ha. O peso médio ao final do ciclo varia de 2,0 a 3,0 kg, com produtividade de 4.500 a 4.600 kg/ha e conversão alimentar entre 1,8 e 2,0, índices considerados adequados para sistemas de produção intensiva.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

A despesca ocorre após jejum de 24 a 48 horas e envolve a retirada parcial da água dos viveiros e o uso de redes de arrasto para captura. A integridade física dos peixes deve ser preservada durante o processo, o qual é considerado ponto crítico devido ao risco de contaminação fecal e lesões que comprometem a qualidade do produto final (Ostrensky *et al.,* 1998).

Por fim, o transporte dos peixes até o ponto de comercialização é realizado em caixas térmicas com temperatura controlada entre 22 °C e 25 °C. A cada três horas, realiza-se a troca parcial da água e a adição de sal (cloreto de sódio), contribuindo para a manutenção da homeostase e redução do estresse. Parâmetros como qualidade da água, tempo e distância de transporte, densidade de carga e saúde dos colaboradores são monitorados, conforme as diretrizes do APPCC (Oliveira; Oliveira, 2023).

2.1.3 Produção e Bem-estar Animal

Segundo Lima et al. (2024) os animais em sistemas de produção intensiva são suscetíveis à ocorrência de doenças, devido as condições ambientais e nutricionais no confinamento, e o manejo realizado no sistema. As doenças podem ser ocasionadas por diversos fatores, como a alteração na qualidade da água, pela contaminação por patógenos ou alteração de temperatura provocada por fatores climáticos (estiagem ou excesso de chuvas).

A produção aquícola moderna exige a adoção de práticas que assegurem não apenas a produtividade, mas também o bem-estar animal e a responsabilidade socioambiental. Dentre as práticas, pode-se citar o registro de aquicultor junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como uma exigência prevista na Instrução Normativa nº 04/2015, que institui o Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo - "Aquicultura com Sanidade". Essa normativa exige que os produtores de empreendimentos aquícolas sejam cadastrados junto ao Serviço Veterinário Oficial (SVO) ou aos Órgãos Estaduais de Sanidade Agropecuária (OESA), permitindo maior controle da cadeia produtiva e a implementação de ações de fiscalização e autocontrole (Brasil, 2015).

A Resolução Nº 56/2008 do MAPA os procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico (REBEM), abrangendo os sistemas de produção e o transporte (Brasil, 2008). Afinal, um fator que afeta o bem-estar é o estresse gerado por uma ameaça (agente estressor) que pode promover alteração fisiológica nos peixes ocasionando a predisposição à doenças infecciosas. Um fator de estresse comum é a alta densidade associada a pouca manutenção da água que ocasiona baixas

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

concentrações de oxigênio. Ainda o aumento de estresse pode ser ocasionado pelo manejo inadequado tanto em biometrias quanto na despesca (Lima *et al.*, 2024).

É possível avaliar a saúde dos peixes ao longo da criação, sem realizar a captura para análise de biometria, por meio do seu comportamento (reflete seu estado de saúde). Este comportamento pode indicar problemas na produção como hiporexia (redução da alimentação) ou anorexia (ausência de alimentação) (Lima *et al.*, 2024).

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é um dos fatores mais críticos para o sucesso da produção na piscicultura e para o bem-estar dos peixes. A água é o ambiente onde os peixes vivem e se desenvolvem, e qualquer alteração em sua qualidade pode ter impactos significativos na saúde e no desempenho dos animais. Portanto, garantir a manutenção de padrões ótimos de qualidade da água é essencial para o sucesso a longo prazo da piscicultura (Coldebella. A, 2018).

Um dos parâmetros mais importantes a serem monitorados na qualidade da água é a sua composição química. Fatores como pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito e nitrato devem ser cuidadosamente controlados para evitar condições adversas que possam afetar negativamente os peixes. Por exemplo, níveis elevados de amônia e nitrito podem causar estresse e doenças nos peixes, enquanto baixos níveis de oxigênio dissolvido podem levar à asfixia e à mortalidade (Coldebella. A, 2018).

Além da composição química, outros aspectos da qualidade da água, como temperatura, transparencia e presença de contaminantes, também desempenham um papel crucial no bem-estar dos peixes e na eficiência da produção. Temperaturas extremas podem afetar o metabolismo dos peixes e sua capacidade de se alimentar e se reproduzir, enquanto altos níveis de transparência da água podem reduzir a visibilidade e aumentar o estresse nos animais. Da mesma forma, a presença de contaminantes, como pesticidas, metais pesados e produtos químicos industriais, pode ter efeitos prejudiciais nos peixes e na segurança dos produtos (Lopes, 2018).

Além dos impactos diretos na saúde dos peixes, a qualidade da água também influência a produtividade e a rentabilidade da operação de piscicultura. Água de má qualidade pode resultar em taxas de crescimento mais baixas, taxas de conversão alimentar menos eficientes e maior incidência de doenças, tudo o que pode afetar negativamente a produção e os lucros. Além disso, a ocorrência de mortalidades em massa devido a condições inadequadas da água pode resultar em perdas financeiras significativas para os produtores (Lopes, 2018).

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

A produtividade de um sistema de piscicultura está diretamente ligada à qualidade da água e ao bem-estar dos peixes, fatores que influenciam não apenas o crescimento individual, mas também a uniformidade e a qualidade dos lotes produzidos (Schulter; Vieira, 2017; Lopes, 2018). Peixes que crescem em ambientes estressantes tendem a apresentar taxas de crescimento reduzidas e menor eficiência na conversão alimentar, além de estarem mais propensos a lesões e infecções (Pereira; Mercante, 2005). Investir em tecnologias de monitoramento contínuo, como sensores para medir parâmetros químicos e físicos, permite aos produtores agir preventivamente, corrigindo condições adversas antes que impactem de forma severa a produção (Lima *et al.*, 2024).

Portanto, para garantir o sucesso da produção e o bem-estar dos peixes, os produtores de piscicultura devem implementar medidas eficazes de monitoramento e controle da qualidade da água. Isso inclui a realização regular de testes de água para avaliar os parâmetros-chave, a manutenção adequada dos sistemas de filtração e aeração e a adoção de práticas de manejo adequadas para minimizar a contaminação e a degradação da água. Além disso, investimentos em tecnologias de monitoramento remoto e sistemas de controle automatizado podem ajudar os produtores a detectar e corrigir problemas rapidamente, garantindo assim condições ideais para o crescimento saudável e sustentável dos peixes. Em última análise, ao priorizar a qualidade da água, os produtores de piscicultura não apenas promovem o bem-estar dos peixes, mas também garantem a viabilidade econômica e ambiental de suas operações a longo prazo (Cyrino *et al.*, 2010).

Práticas como o transporte de peixes em condições inadequadas ou a alimentação deficiente impactam não apenas a saúde dos animais, mas também a qualidade final do produto destinado ao consumo humano (Schulter; Vieira, 2017). Por outro lado, a alimentação ambientalmente correta, que utiliza ingredientes sustentáveis e minimiza a liberação de resíduos, tem ganhado destaque como uma prática recomendada para atender às exigências éticas e mercadológicas (Cyrino *et al.*, 2010). Portanto, o bem-estar animal deve ser um pilar estruturante das políticas e estratégias de desenvolvimento da piscicultura (Teixeira Filho, 1998).

2.2.1 Ciclo Do Nitrogênio

A manutenção da qualidade da água nos viveiros de piscicultura é um pilar essencial para o sucesso dessa atividade, determinando tanto a saúde dos peixes quanto a viabilidade econômica e ambiental do empreendimento. Diversos parâmetros, como o nível de oxigênio dissolvido, a concentração de amônia, o pH, a alcalinidade e a temperatura, estão inter-

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

relacionados e exigem monitoramento contínuo para evitar desequilíbrios que possam impactar negativamente os organismos aquáticos.

Em sistemas mal manejados, o acúmulo de matéria orgânica e a degradação de resíduos podem levar à formação de gases tóxicos, como o sulfeto de hidrogênio, tornando mais grave as condições de vida para os peixes (Arana, 1997; Coldebella. A, 2018). Práticas de manejo adequadas, como a remoção regular de sedimentos, o controle rigoroso da alimentação e a introdução de tecnologias de monitoramento, são fundamentais para minimizar esses riscos.

A amônia, um dos subprodutos principais da excreção dos peixes e da decomposição de matéria orgânica, é especialmente crítica. Sob formas ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3), apresenta toxicidade variável, sendo a forma não ionizada a mais prejudicial, com potencial para causar danos às brânquias, comprometimento respiratório e mortalidade (Cavero *et al.*, 2004; Baldisserotto, 2009). Em sistemas intensivos, a toxicidade da amônia é exacerbada por fatores como alta densidade de estocagem e alimentação excessiva, exigindo intervenções eficazes para controlar sua concentração.

O ciclo do nitrogênio (Figura 2) desempenha um papel central no manejo da amônia em sistemas de piscicultura. Bactérias nitrificantes convertem amônia em nitrito (NO_2^-) e, em seguida, em nitrato (NO_3^-), um processo que depende de condições adequadas de oxigenação e temperatura. No entanto, falhas nesse ciclo podem levar à acumulação de nitrito, um composto igualmente tóxico, que interfere no transporte de oxigênio no sangue dos peixes. Estratégias como o uso de biofiltros, aeração eficiente e a aplicação de produtos bioestimuladores, têm demonstrado eficácia em otimizar o equilíbrio biológico nos viveiros, promovendo a remoção de compostos nitrogenados e melhorando a qualidade da água (Proença; Bittencourt, 1994; Farias *et al.*, 2019). A Estabilidade desses processos é essencial não apenas para a sobrevivência dos peixes, mas também para mitigar os impactos ambientais associados à liberação de efluentes ricos em nutrientes, que podem causar eutrofização em corpos d'água naturais.

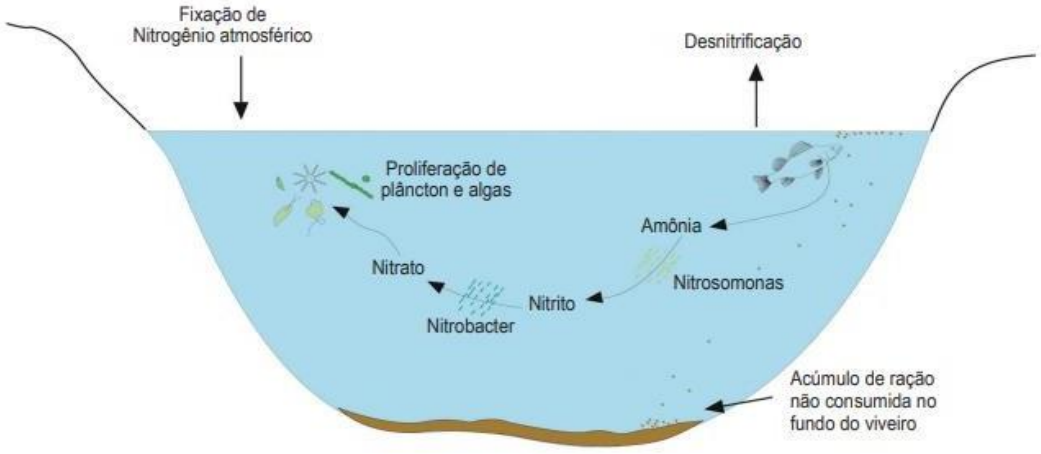
O pH da água, por exemplo, influencia diretamente a toxicidade da amônia, com valores mais elevados aumentando a proporção de sua forma não ionizada. De forma semelhante, a alcalinidade atua como um amortecedor químico, regulando flutuações de pH e mantendo a estabilidade do ecossistema aquático (Pereira; Mercante, 2005).

Por fim, o monitoramento contínuo e a implementação de sistemas inovadores são indispensáveis para o avanço da piscicultura moderna. Tecnologias como sensores automáticos e softwares de gestão permitem o controle preciso de variáveis críticas, oferecendo dados em tempo real para intervenções rápidas e eficazes (Lourenço *et al.*, 1999; Lima *et al.*, 2024). Além disso, abordagens integradas, como sistemas de recirculação e policultivo,

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

promovem uma maior eficiência no uso de recursos e uma redução significativa dos impactos ambientais (Cyrino *et al.*, 2010). A piscicultura, portanto, enfrenta o desafio de equilibrar produtividade e sustentabilidade, adotando práticas que assegurem a qualidade da água, o bem-estar dos peixes e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

Figura 2 – Ciclo do Nitrogênio



Fonte: OSTRENSKY, A. *et al.* 1998

2.2.1.1 Amônia

A amônia (NH_3), uma molécula composta por nitrogênio e hidrogênio, desempenha um papel crítico na piscicultura, tanto como produto metabólico dos peixes quanto como composto nitrogenado presente no ambiente aquático. A produção de amônia é natural em sistemas aquáticos devido à excreção de resíduos nitrogenados pelos peixes, à decomposição de matéria orgânica e à presença de ração em excesso (Pereira; Mercante, 2005). No entanto, níveis elevados de amônia, especialmente na forma não ionizada, são tóxicos para os organismos aquáticos, podendo comprometer o metabolismo e a sobrevivência dos peixes (Bower; Bidwell, 1978; Baldisserotto, 2009). Assim, o monitoramento de seus níveis em viveiros de piscicultura é essencial para evitar impactos negativos na produtividade e na saúde dos peixes (Kubitza, 1999).

Os níveis de amônia em sistemas de piscicultura variam em função de fatores como densidade populacional, manejo alimentar e características físico-químicas da água, como pH, temperatura e salinidade (Hargreaves; Kucuk, 2001). A dinâmica da amônia nos viveiros de piscicultura está também diretamente associada ao ciclo do nitrogênio, onde bactérias nitrificantes desempenham papel fundamental ao converter amônia em nitrito (NO_2^-) e, subsequentemente, em nitrato (NO_3^-) (Proença; Bitterncourt, 1994; Farias *et al.*, 2019).

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Contudo, o acúmulo de nitrito também pode ser problemático, devido à sua toxicidade, exigindo sistemas eficazes de filtragem biológica e controle dos fluxos de água para manter o equilíbrio químico (Garutti, 2003; Hargreaves; Kucuk, 2001).

A amônia total no ambiente é composta pelas formas ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3), cuja proporção depende de fatores ambientais, como pH, temperatura e pressão. Essas condições afetam o equilíbrio químico entre as duas formas, determinando a toxicidade do composto para os organismos aquáticos (Pereira *et al.*, 2005). As equações de dissociação e oxidação da amônia em sistemas aquáticos são apresentadas a seguir. A equação de dissociação mostra o equilíbrio entre amônia e amônio (NH_4^+), que depende do pH e da temperatura da água. O processo de oxidação da amônia (nitrificação) ocorre em duas etapas: na primeira ocorre a conversão da amônia em nitrito, mediado por bactérias nitrificantes, como *Nitrosomonas* e na segunda etapa ocorre a conversão do nitrito em nitrato, por *Nitrobacter*.

Dissociação: $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$ (Equação 1)

Oxidação:

1ª etapa: $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$ (Equação 2)

2ª etapa: $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$ (Equação 3)

Em águas com pH elevado, a proporção de amônia na forma não ionizada aumenta, o que amplifica sua toxicidade (Duborow *et al.*, 1997; Pereira; Mercante, 2005). Estudos indicam que concentrações superiores a 0,5 mg/L de NH_3 são suficientes para causar estresse em várias espécies de peixes, enquanto valores acima de 1 mg/L podem ser letais para juvenis e espécies mais sensíveis (Cavero *et al.*, 2004; Arana, 1997).

A toxicidade da amônia está intimamente ligada à interferência nos processos fisiológicos dos peixes, incluindo o comprometimento da respiração e do transporte de oxigênio no sangue. A exposição prolongada a níveis tóxicos de amônia pode provocar danos às brânquias, reduzir a imunidade e aumentar a susceptibilidade dos peixes a doenças (Baldisserotto, 2009; Duborow *et al.*, 1997). Além disso, a presença de amônia pode impactar negativamente outros parâmetros de qualidade da água, como a demanda biológica de oxigênio (DBO), que é intensificada pela decomposição de compostos nitrogenados (Coldebella. A, 2018; Kubitza, 1999).

As práticas de manejo para minimizar os níveis de amônia em piscicultura incluem estratégias como o controle rigoroso da alimentação, para evitar o desperdício de ração, e a implementação de sistemas de aeração, que promovem a oxigenação da água e auxiliam na

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

volatilização da amônia (Lopes, 2018; Teixeira Filho, 1998). Além disso, o uso de biofiltros contendo substratos colonizados por bactérias nitrificantes têm se mostrado eficaz para reduzir os níveis de amônia e melhorar a qualidade geral da água (Farias *et al.*, 2019; Arana, 1997).

No contexto ecológico, a presença excessiva de amônia em efluentes de piscicultura pode contribuir para a eutrofização de corpos d'água receptores, promovendo o crescimento de algas e alterações nas comunidades aquáticas (Coldebella. A, 2018). Isso não apenas prejudica o ecossistema local, mas também compromete a sustentabilidade das práticas de aquicultura intensiva, exigindo abordagens integradas de manejo ambiental (Garutti, 2003; Schulter; Vieira, 2017).

Estudos recentes destacam a relevância de sistemas fechados e recirculatórios, nos quais a qualidade da água pode ser monitorada e ajustada continuamente, reduzindo significativamente os impactos ambientais da piscicultura (Farias *et al.*, 2019; Pereira; Mercante, 2005). Esses sistemas também permitem maior eficiência no uso de recursos hídricos e controle sobre as variáveis químicas, como amônia, nitrito e pH (Hargreaves; Kucuk, 2001; Lima *et al.*, 2013).

2.2.2 Gestão Da Qualidade Da Água

A qualidade da água é um fator crítico para o sucesso da piscicultura, impactando diretamente a saúde dos peixes, a conversão alimentar, o crescimento e a produtividade do sistema. Segundo Lima et al. (2024) a produção de peixes nos sistemas de produção

> [..] depende fundamentalmente de água em quantidade e qualidade adequadas para sua viabilidade. Havendo fonte de água em volume adequado e dentro dos parâmetros considerados adequados para a criação das espécies de peixes escolhidas [..] (Lima *et al.* 2024, p. 15)

Por isso, a fonte de água deve garantir volume de água suficiente e qualidade adequada para abastecer todos os viveiros em produção na propriedade durante o período de cultivo (Lima *et al.*, 2024). A qualidade é determinada por um conjunto de parâmetros, as quais devem ser monitoradas durante todo o cultivo. No Quadro 1, são apresentados os parâmetros ideais de qualidade da água recomendados para criação de peixes.

Segundo Lima (2024) é essencial a instalação de sistemas de drenagem eficientes, tanto para renovação quanto para despesca. Geralmente a qualidade desta água descartada do cultivo possui fezes, restos de ração e outros materiais orgânicos, por isso, se o lançamento dessa água ocorrer em um recurso hídrico, deve atender a legislação de lançamento

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

de efluentes líquidos. O Quadro 2 apresenta as resoluções relacionadas.

Quadro 1 – Parâmetros ideais de qualidade da água para piscicultura

Parâmetro	Valor	Referência
Alcalinidade total	40 – 120 mg/L	Kubitza (2003)
	> 30 mg $CaCO_3$/L	SENAR (2018)
Amônia total	< 0,5 mg/L	Cavero *et al.*, (2004)
Amônia tóxica (N-NH_3)	< 0,2 mg/L	SENAR (2018)
Nitrito	< 0,5 mg/L	Fernícola, *et al.* 1981
pH	Entre 6,5 e 8,5	Boyd (1998); Kubitza (2003), SENAR (2018)
Oxigênio dissolvido	> 5,0 mg/L (peixes tropicais)	SENAR (2018)
Temperatura	25 ºC a 30 ºC (peixes tropicais)	SENAR (2018)
Transparência	< 30 cm	Lima, (2013)

Fonte: Autora, 2025.

A Resolução SEDEST Nº 48/2024, específica do estado do Paraná, reforça as exigências regionais, ao estabelecer critérios técnicos e operacionais para o controle ambiental em empreendimentos aquícolas. Essa resolução enfatiza a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade da água e a adoção de tecnologias para o tratamento de efluentes em viveiros de piscicultura, com o objetivo de alinhar a produção intensiva às metas de sustentabilidade ambiental (Paraná, 2024). Adicionalmente, a Resolução CONAMA Nº 357/2005 oferece diretrizes complementares para o descarte responsável de resíduos, promovendo a adoção de práticas de reutilização e reciclagem no âmbito produtivo (Brasil, 2005).

A Resolução CONAMA Nº 357/2005 destaca a necessidade de que esses parâmetros sejam ajustados de acordo com a classificação dos corpos hídricos, enquanto a Resolução SEDEST Nº 48/2024 incentiva o uso de tecnologias modernas, como sensores remotos e softwares de gestão ambiental, ferramentas que permitem intervenções rápidas e eficazes em caso de falhas no sistema de produção (Paraná, 2024). Esses avanços tecnológicos representam um marco na modernização da piscicultura, assegurando maior eficiência e sustentabilidade na gestão hídrica. Ambas as normativas refletem uma abordagem integrada para equilibrar a exploração econômica da aquicultura e a conservação ambiental, especialmente em áreas de grande vulnerabilidade hídrica (Stachiw *et al.*, 2013).

2.3 PRODUTOS PARA MELHORIA DE DESEMPENHO DE SISTEMAS AQUÁTICOS

Bioestimuladores são produtos formulados para melhorar o desempenho de sistemas aquáticos, promovendo o equilíbrio microbiológico e a redução de compostos tóxicos.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Eles geralmente contêm combinações de microrganismos benéficos, nutrientes e enzimas, sendo aplicados diretamente na água ou na alimentação dos peixes (Super Bac, 2025).

Quadro 2 – Legislação relacionada à qualidade da água e efluentes

Órgão	Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)		Secretaria do Desenvolvimento Sustentável (SEDEST)
Resolução	Resolução CONAMA nº357/2005	Resolução CONAMA nº430/2011	Resolução SEDEST nº48/2024
Descrição	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.	Estabelece normas, critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental e a outorga de uso de recursos hídricos de empreendimentos e atividades de aquicultura e maricultura.
Padrões de Lançamento	Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: I - condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 a 9; b) temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Inmhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; e) óleos e graxas: 1. óleos minerais: até 20 mg/L; 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; f) ausência de materiais flutuantes; e g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20ºC): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;		Art. 34. Para o lançamento de efluentes líquidos de empreendimentos de aquicultura em corpos hídricos ficam estabelecidos os seguintes padrões: I - pH entre 5 a 9; II - temperatura: inferior a 40ºC, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC; III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento; V - ausência de materiais flutuantes; VI - DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 25 mg/L;

Fonte: Autora, 2025.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Um dos maiores desafios nos sistemas intensivos de piscicultura é precisamente o manejo dos níveis de amônia na água. Para mitigar esse problema, os estudos de Maia (2023) sugerem que a aplicação de bioestimuladores pode ser uma solução eficaz. Esses bioestimuladores ajudam a melhorar a qualidade da água ao promover a degradação biológica da amônia e outros compostos orgânicos, reduzindo sua concentração e, consequentemente, o estresse sobre os peixes. A aplicação de bioestimuladores pode também otimizar o crescimento dos peixes, melhorar sua resistência a doenças e reduzir a mortalidade.

Os bioestimuladores contêm microrganismos benéficos, como bactérias nitrificantes, que ajudam a melhorar a qualidade da água e promover a saúde dos peixes. Esses microrganismos são essenciais para o processo de ciclagem de nutrientes e para a decomposição de resíduos orgânicos, como excreções de peixes e restos de ração. A introdução de bioestimuladores pode aumentar a diversidade microbiológica, o que ajuda a manter um ambiente equilibrado no sistema de piscicultura, além de reduzir a acumulação de matéria orgânica no fundo do viveiro (Sousa *et al.* 2019).

Além de melhorar a qualidade da água, os bioestimuladores podem influenciar diretamente o crescimento dos peixes, aumentado a taxa de crescimento dos peixes, ao promover um ambiente mais saudável e otimizar a digestão e absorção dos nutrientes presentes na ração (Maia, 2023).

2.3.1 Bioestimulador

O uso de probióticos na aquicultura, incluindo formulações aplicadas diretamente na água, representa uma estratégia eficaz para promover a saúde dos peixes e melhorar a qualidade da água nos sistemas de cultivo, tanto intensivos quanto semi-intensivos. Esses produtos são compostos por consórcios de microrganismos benéficos que atuam na estabilização da microbiota aquática, estimulando processos biológicos como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a redução de compostos tóxicos como a amônia. Além disso, seu uso contribui para o equilíbrio ecológico dos viveiros, tornando o manejo mais sustentável e eficiente (Mohammed, 2025).

Pode-se observar no Quadro 3, que apresenta alguns produtos bioestimuladores disponíveis no mercado nacional durante o período da pesquisa, que as empresas apresentam inúmeras denominações para o bioestimulador, como bioativador, produto biológico, probiótico, bioativador e biorremediador. A composição dos produtos é um mix de microrganismos e veículo, que proporcionam inúmeros benefícios para a qualidade da água e consequentemente para os animais que estão no viveiro.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Em geral, os bioestimuladores promovem a melhoria da qualidade da água nos sistemas aquícolas por meio da redução e controle de compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), da diminuição da turbidez e do acúmulo de lodo formado, devido aos restos de ração, fezes e matéria orgânica. Resultando em maior oxigenação e transparência da água, reduzindo a necessidade de trocas ou renovação da água.

As informações relacionadas ao produto, geralmente incluem efeitos como aumento do ganho de peso, devido a melhoria na conversão alimentar e na absorção de nutrientes, vitaminas e minerais, que auxiliam no aumento da imunidade, redução do estresse, prevenção de doenças e consequentemente a diminuição da mortalidade. Portanto, o uso otimiza o tempo de cultivo, reduz os custos operacionais e promove melhoria no bem-estar animal.

Apesar do potencial dos bioestimuladores, a literatura científica sobre esses produtos ainda é escassa. Subedi e Shrestha (2020) destacam que a aplicação de probióticos na aquicultura, seja por meio da ração ou diretamente na água, resulta em benefícios significativos como melhoria da qualidade da água, desempenho produtivo e resistência dos peixes a doenças. Entretanto, é necessário o uso do produto aliado ao manejo integrado da piscicultura.

Por isso, estudos empíricos que avaliem sua eficácia em condições reais de cultivo são necessários para comprovar os benefícios alegados. Aspectos como custo-benefício, impacto em diferentes espécies de peixes e compatibilidade com outros manejos também devem ser explorados.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Quadro 3 – Produtos disponíveis no mercado

Produto (Marca)	Descrição	Composição	Principais Benefícios	Indicação De Uso
Aqualimp – Probótico em pó (Braspec Biotecnologia)	– Probiótico com atividade biorremediadora de aplicação via água ou ração, sua fórmula é altamente concentrada em bactérias benéficas, é compatível com peixes e crustáceos.	– Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis, Bacillus amyloliquefaciens, Enterococcus faecium, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus plantarum, Bifidobacterium animalis, Bifidobacterium longum e veículo	– Na água: Consumo e redução do lodo do fundo dos sistemas (restos de ração, fezes, matéria orgânica) e da matéria orgânica suspensa na água, reduzindo a turbidez; Redução e equilíbrio dos níveis de amônia, nitrito e nitrato; Contribui para o equilíbrio da comunidade de algas; Redução de microrganismos ruins que se multiplicam na água, atuando na prevenção de doenças. Nos animais: Aumento do ganho de peso, da eficiência alimentar, da absorção de nutrientes, vitaminas e minerais, da resistência contra doenças e aos estresses de transferência; Redução da mortalidade.	– Peixes e camarões em todas as fases, desde os primeiros estágios de vida até ao fim do ciclo
Aquavitality Bioboost Pro Piscicultura (Superbac)	– Bioestimulador para controlar e manter a qualidade da água.	– Consórcio biotecnológico de microrganismos selecionados.	– Melhoria na conversão alimentar, diminuindo o gasto de ração e do tempo de cultivo; Prevenção da turbidez da água e redução do acúmulo de lodo; Auxílio no controle de compostos nitrogenados tóxicos; Minimização da necessidade de trocas parciais de água; Auxílio no controle de algas indesejáveis; Acelera a remoção de matéria orgânica pela edição de microrganismos, garantindo uma melhor qualidade da água e decomposição da espuma proteica.	– Para criação de tilápia, camarão e peixes nativos (pacu, dourado, pintado, tambaqui etc.) em tanque de rede ou viveiro escavado.
Bac Trat P (Biotecnal)	– Modulador biológico ambiental em pó	– Esporos de microrganismos selecionados de ecossistemas naturais, enzimas e bioativos.	– Redução da amônia e do nitrito na água dos viveiros; Redução do acúmulo de matéria orgânica nos viveiros; Redução do manejo e aumento na qualidade do lodo no fundo dos viveiros; Diminuição da necessidade de renovação de água; Melhoria na qualidade da água e na oxigenação; Melhoria do bem-estar animal.	– Tratamento contínuo da água
Redox Amônia – Removedor de Nitrito e Amônia (Brasil Piscis)	– Bioativador e biorremediador de alto desempenho, formulado para reduzir de forma natural e eficaz a concentração de amônia em sistemas aquáticos.	– Bactérias nitrificantes (nitrosomonas e nitrobacter); Bactérias heterotróficas e fotossintéticas; Bioenzimas de alta performance; Ácidos orgânicos, aminoácidos, oligossacarídeos, biopeptídeos; Vitaminas e minerais essenciais para estabilidade do sistema.	– Redução da amônia, nitrito e nitrato com ação microbiológica eficaz; Melhoria da qualidade da água e aumento da transparência; Aumento da imunidade dos peixes e redução de estresse; Estimulação da fotossíntese e do crescimento de plantas aquáticas; Bioativação de filtros biológicos e sistemas novos de forma imediata; Degradação da matéria orgânica, gorduras e proteínas; Controle de odores causados por excesso de matéria em decomposição; Redução da proliferação de algas e água verde sem químicos nocivos.	– Aquicultura e piscicultura intensiva; Aquários de água doce e salgada; Sistemas com sobrecarga de nutrientes ou má qualidade de água; Situações emergenciais com pico de amônia.
N-Control	– Produto biológico que melhora a qualidade da água e a sanidade dos animas.	– Mix de microorganismos	– Redução superior a 60% de nitrogênio e fósforo presente na água; Redução de 95% do lodo acumulado no fundo do tanque e 80% a presença de algas; Aumento da disponibilidade de oxigênio livre na água; Melhoria da sanidade da água e dos animais aquáticos; Redução dos custos de limpeza do tanque e da mão de obra; Aumento da transparência da água.	– Trata a água dos tanques em todas as fases de produção.

Fonte: Autora, 2025

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

3 METODOLOGIA

Nesta seção, detalha-se a metodologia adotada no presente estudo, que inclui a classificação da pesquisa, a caracterização da propriedade e do viveiro escavado onde o estudo foi conduzido, o manejo do viveiro, o controle sanitário e o bem-estar animal, a aplicação do bioestimulador, bem como a análise dos dados coletados ao longo do processo investigativo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada, em termos de seus objetivos, como descritiva e exploratória, atendendo a características essenciais de ambas as modalidades. De acordo com Gil (1999), a pesquisa descritiva consiste na análise detalhada de um fenômeno específico, incluindo suas variáveis, com o objetivo de compreender sua dinâmica, características e relações. Por outro lado, a pesquisa exploratória destaca-se por ser aplicada em contextos nos quais há uma limitação de informações ou dados disponíveis, sendo utilizada como estratégia para ampliar o entendimento inicial de um determinado tema ou problema e abrir caminhos para futuras investigações.

No que diz respeito à natureza das fontes empregadas, esta pesquisa é caracterizada como bibliográfica e também como um estudo de caso. A abordagem bibliográfica, conforme definido por Severino (2016), é desenvolvida a partir da análise de materiais registrados em documentos técnicos, científicos, livros, artigos e outras fontes relevantes, o que confere à pesquisa um embasamento teórico robusto. Enquanto o estudo de caso, segundo Gil (1999), implica a análise aprofundada de um ou poucos eventos, situações ou fenômenos específicos, permitindo a obtenção de detalhes minuciosos e a compreensão mais ampla do objeto de estudo. Essa combinação metodológica garante à pesquisa um rigor investigativo capaz de proporcionar tanto uma base teórica consistente quanto uma análise empírica detalhada e contextualizada.

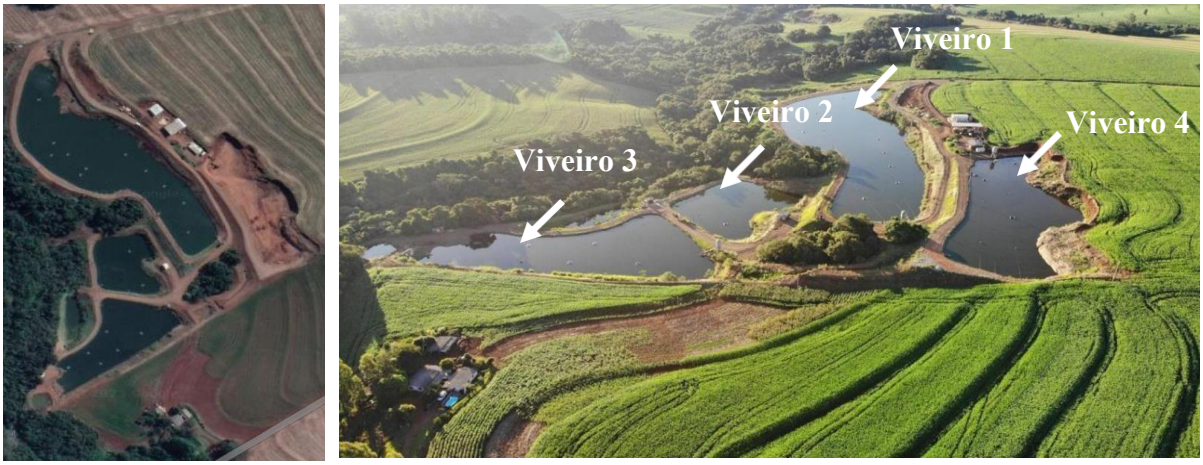
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

O estudo foi realizado, em um sistema de aquicultura composto por viveiros escavados para produção intensiva de tilápias. A Figura 3(a) apresenta a imagem de satélite da propriedade, quando o viveiro do estudo estava em fase de escavação e a Figura 3(b) o viveiro 4 em operação (dezembro de 2024). É possível identificar na imagem os 4 (quatro) viveiros e

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

as áreas de operação e de suporte. A propriedade rural está localizada na região oeste do Paraná, na cidade de Nova Aurora, situada a cerca de 60 km de Cascavel.

Figura 3 – Imagem de satélite da propriedade - estudo de caso



(a) Viveiro do estudo em fase de escavação

(b) Viveiro 4 em operação

Fonte: Autora, 2024.
Nota: Fotografia tirada com um drone.

As construções próximas aos viveiros têm a função estratégica no suporte logístico, permitindo o estoque de produtos essenciais, como equipamentos de manutenção, ferramentas e outros suprimentos necessários para o funcionamento contínuo e eficiente das operações. O total de lâmina d'água disponível para a criação dos peixes é 40.206 m². Cada viveiro apresenta uma profundidade média de aproximadamente 2 metros e possui densidade de estocagem de 6,5 peixes por m^2 de lâmina d'água. A Tabela 1 apresenta a relação detalhada da distribuição de peixes por viveiro. As características do viveiro de produção influenciam o desempenho zootécnico dos peixes.

Tabela 1 – Discriminação da área dos viveiros de produção.

Número do viveiro	Lâmina d'água (m^2)	Quantidade de peixes
1	19.980	129.870
2	4.831	31.401
3	7.606	49.439
4	7.789	50.628
Total	**40.206**	**261.338**

Fonte: Autora, 2024

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

3.2.1 Caracterização Do Viveiro

O estudo foi realizado em um viveiro recém escavado e nunca utilizado (Figura 3(a) – viveiro 4), com uma lâmina d'água de 7.789 m². Este viveiro possui 8 (oito) aeradores, sendo: 3 (três) do tipo pá com potência de 2 CV e 5 (cinco) do tipo chafariz com potência de 1,5 CV. A Figura 4 e a Figura 5 apresentam a imagem ilustrativa dos aeradores, respectivamente. Os aeradores são utilizados para manter a qualidade da água, garantir a oxigenação adequada aos peixes e promover a circulação da água, auxiliando na distribuição uniforme do oxigênio dissolvido e na redução do acúmulo de matéria orgânica. Os equipamentos foram ligados tanto no ciclo de produção de 2023 quanto no ciclo de 2024, no período noturno às 20h00 e desligado às 05h00.

Figura 4 – Aerador do tipo pá

Fonte: Trevisan, 2025

Figura 5 – Aerador do tipo chafariz

Fonte: Induscava, 2025

3.2.2 Período De Produção Analisado

O período experimental foi dividido em dois ciclos produtivos: ciclo 2023 ocorreu de 13 janeiro a 14 dezembro de 2023 sem uso do bioestimulador, e o ciclo 2024 ocorreu entre 28 de dezembro de 2023 a 05 novembro de 2024, a produção foi avaliada com a aplicação do bioestimulador. O Quadro 6 mostra as informações dos ciclos de produção.

Quadro 6 – Ciclos de produção

Ciclo	Período	Duração do ciclo	Número de indíviduos	Peso total (Kg)	Densidade populacional (peixes/m^2)
2023	13/01/2023 a 14/12/2023	335 dias	53.341	533,41	6,8
2024	28/12/2023 a 05/11/2024	313 dias	53.950	2.481,70	6,9

Fonte: Autora, 2025.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

O primeiro alojamento dos peixes, e também primeira operação do viveiro 4, foi realizado em 13 de janeiro de 2023 com um total de 53.341 indivíduos, com peso médio inicial era de 10 gramas (0,010 kg), totalizando uma biomassa total de 533,41 kg no início do ciclo e do estudo. A densidade populacional estabelecida foi de 6,8 peixes/m² de lâmina d´água. O ciclo de produção 2023 finalizou em 14 de dezembro de 2023, totalizando 335 dias.

O segundo alojamento inciou em 28 de dezembro de 2023, com 53.950 peixes, cujo peso médio inicial de 46 gramas (0,046 kg), totalizando uma biomassa inicial de 2.481,70 kg, com densidade populacional de 6,9 peixes/m^2 de lâmina d´água. O ciclo de produção 2024 finalizou em 05 de novembro de 2024, totalizando 313 dias.

Os ciclos de produçao, incluiram o manejo completo dos peixes, desde a chegada dos alevinos até a retirada dos peixes.

3.2.3 Manejo Do Viveiro

O manejo do viveiro de piscicultura (Figura 6) compreendeu todas as práticas desde a chegada dos alevinos até a retirada dos peixes destinados ao abatedouro, como: 1) preparo do viveiro e recebimento do lote; 2) alimentação; 3) monitoramento da qualidade da água; 4) controle sanitário e bem-estar animal; e 5) retirada dos peixes (despesca).

Embora o sistema APPCC, conforme descrito por Oliveira e Oliveira (2023), contemple uma etapa específica de quarentena e seleção intermediária dos peixes, essa fase não é adotada na propriedade em estudo, onde o manejo segue diretamente da preparação do viveiro para o crescimento e despesca, sem separações adicionais.

3.2.3.1 Preparo do viveiro e recebimento do lote

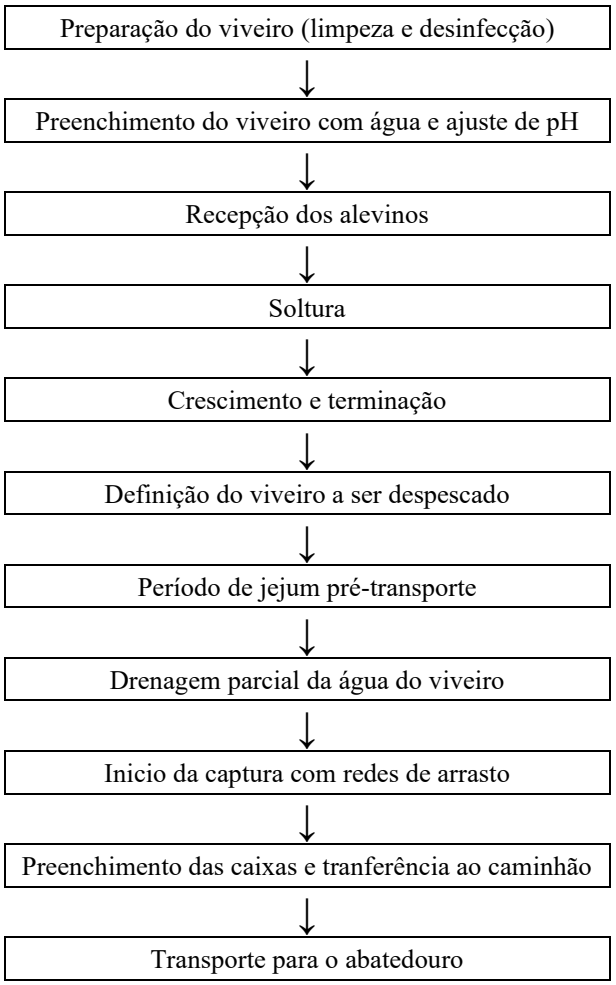
O ciclo de 2023 correspondeu ao primeiro lote de peixes cultivado no viveiro escavado 4. Para o preparo do ambiente, foi realizada a aplicação de cal virgem na dosagem de 40 g/m², além da incorporação de 2 kg de calcário.

Entretanto, quando o viveiro está em operação há vários ciclo, a cada novo lote de alevinos, o tanque passa por um processo de preparação. Este processo foi realizado para o alojamento do ciclo de produção 2024, no qual o viveiro foi inicialmente esvaziado completamente para a remoção de detritos, sujidades e restos de organismos. E após a limpeza física, foi aplicada cal virgem (CaO) na dosagem de 40 g/m², com o objetivo de elevar o pH,

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

oxidar a matéria orgânica e eliminar microrganismos patogênicos. O viveiro permaneceu seco por no minimo 3 horas, permitindo a ação da cal e a exposição solar.

Figura 6 – Manejo do viveiro de peixes



Fonte: Autora, 2025.

O enchimento do viveiro foi feito através do bombeamento de água do rio. O pH da água foi mantido entre 6,5 e 7,5, o oxigênio dissolvido em torno de 5 a 6 mg/L, e a temperatura em torno de 26 °C, condições consideradas ideais para a aclimatação dos alevinos

O transporte dos alevinos foi realizado por um caminhão equipado com caixas próprias para o transporte de peixes vivos, equipado também, com sistema de aeração e adicionado gelo, com o objetivo de desacelerar o metabolismo dos peixes. Durante o trajeto, a temperatura da água foi mantida entre 16 °C e 17 °C, e o oxigênio dissolvido acima de 6 mg/L, prevenindo estresse fisiológico e mortalidade precoce.

Após a chegada, os peixes foram liberados no viveiro (Figura 7) pelo período da

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

manhã, quando a temperatura ambiente é mais ameno e o risco de estresse térmico é reduzido. Após a liberação, o comportamento dos alevinos foi observando durante 24 horas, para certificar que todos os indivíduos soltos estão nadando de forma normal e não apresentam sinais de estresse ou debilidade. Esses cuidados iniciais são determinantes para o sucesso do cultivo.

De acordo com Oliveira & Oliveira (2023), é recomendado que os peixes passem por um período de quarentena e seleção antes de serem destinados à fase de crescimento, com o objetivo de reduzir riscos sanitários e garantir a uniformidade dos lotes. Além disso, também é indicado um período de aclimatação, no qual os peixes se adaptam gradualmente às condições do novo ambiente, como temperatura, qualidade da água e tipo de alimentação, minimizando o estresse e prevenindo choques fisiológicos. No entanto, essas etapas não são adotadas na propriedade em estudo, uma vez que os peixes são transferidos diretamente para os viveiros de crescimento após a fase de alevinagem.

Figura 7 – Soltura dos alevinos no ciclo de produção 2023

Fonte: Autora, 2025.

3.2.3.2 Alimentação

Ao longo do ciclo produtivo, os peixes foram alimentados com rações ajustadas de acordo com a fase de crescimento, assegurando um desenvolvimento saudável, alta conversão alimentar e menor desperdício de ração. Na propriedade analisada, as porcentagens de proteína foram ajustadas conforme as condições operacionais e econômicas locais, conforme detalhado no Quadro 7.

A alimentação foi realizada de forma controlada, com oferta de ração nos períodos da manhã, conforme a necessidade nutricional de cada fase. O manejo nutricional adequado foi

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

essencial para otimizar o desempenho zootécnico dos peixes, garantir a qualidade do produto e atender às exigências do mercado consumidor. A recepção dos peixes ocorreu na fase juvenil, e os ajustes contínuos nas formulações ao longo do ciclo permitiram maximizar o ganho de peso e a eficiência alimentar.

Além disso, foi realizada a análise da conversão da ração em proteína, considerando o custo operacional e a qualidade da água, com o objetivo de avaliar a eficiência produtiva e econômica do sistema.

Quadro 7 – Características e dosagem da ração para alimentação dos peixes conforme a fase de crescimento

Fase	Objetivo	Ração	Quantidade administrada	Período de alimentação
Inicial	Favorecer a ingestão e o crescimento acelerado dos alevinos e juvenis	36% de proteína com grânulo de 4 a 6 mm.	Para juvenis com peso de 60g, foram utilizados 120kg de ração por dia.	1º mês
Crescimento	Otimizar a conversão alimentar.	34% de proteína com grânulo de 8 mm.	Com peixes pesando 150g até 500g, foram utilizados 300kg de ração por dia.	2º ao 5ºmês
Terminação	Ganho de peso com menor custo.	32% de proteína com grânulo de 10 mm.	Com peso superior a 500g, foram utilizados 400kg de ração por dia.	Últimos meses

Fonte: Autora, 2025.
Nota: horário de alimentação: 9h30 às 11h30.

3.2.3.3 Monitoramento da qualidade da água

As coletas de amostras de água (amostragem simples) e medição dos parâmetros para determinação da qualidade em ambos os ciclos de produção (2023 e 2024) foram coletadas em pontos fixos e estratégicos dos viveiros de cultivo, afastados das zonas de alimentação para evitar interferências localizadas.

Para cada coleta da amostra simples, foram mergulhados frascos de plástico na água, evitando o contato com as bordas do viveiro e a proximidade da zona de alimentação, de modo a prevenir interferências nos resultados. As análises de qualidade da água (amônia total, nitrito, alcalinidade total, temperatura, oxigênio dissolvido e transparência) foram realizadas diretamente na unidade de produção, visando garantir maior agilidade no monitoramento. Todas as análises foram realizadas quinzenalmente, exceto a temperatura que foi medida diariamente, no período da manhã e tarde.

O Quadro 4 apresenta os métodos utilizados para o monitoramento da qualidade

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

da água realizado na propriedade. A metodologia utilizada para a determinação dos parâmetros de amônia total, alcalinidade total, nitrito e pH, foi o kit colorimétrico de testes rápidos da marca LabconTest. Os valores de alcalinidade total foram obtidos pela contagem de gotas, sendo que cada gota equivale a 8,92 mg/L. A medição da temperatura e do oxigênio dissolvido (OD) foi realizada com um oxímetro digital Akso, modelo AK88.

Quadro 4 – Monitoramento da qualidade da água recomendado para piscicultura

Variável	Valor adequado*	Método
Oxigênio dissolvido	> 4 mg/L	Oxímetro digital Akso modelo AK88
Temperatura	26 a 32 ºC	
Transparência	35 a 40 cm	Disco de Secchi
pH	6,5 a 8	Kit colorimétrico de testes rápido (Labcon Test)
Amônia total	< 0,10 mg/L	
Nitrito	< 0,03 mg/L	
Alcalinidade total	40 a 120 mg/L	

Nota: * Lima *et al.* (2024).

A transparência ou visibilidade é a capacidade que tem a água de permitir a passagem dos raios solares, e está diretamente relacionada com a existência ou não, na água do viveiro, de pequenos vegetais e animais (plânctons). A Transparência diminui em função da profundidade e da turbidez. A medição da transparência foi realizada por meio da utilização do Disco de Secchi. O Quadro 5 apresenta o significado de cada profundidade.

Quadro 5 – Significado da leirura do disco de Secchi

Leitura do disco de Secchi (cm)	Significado
< 20	Viveiro muito turvo. Se o viveiro está turvo devido ao Fitoplâncton, haverá problemas com baixa concentração de Oxigênio Dissolvido. Quando Turbidez for por partículas de solo em suspensão, a produtividade será baixa.
20 – 30	A Turbidez está se tornando excessiva.
30 – 45	Se a Turbidez for devido ao fitoplâncton, o viveiro está em boas condições.
45 – 60	O Fitoplâncton está se tornando escasso.
> 60	Água está muito clara. Produtividade inadequada e perigo de problemas com plantas daninhas aquáticas.

Fonte: Alfakit, [s.d].

3.2.3.4 Controle sanitário e bem-estar animal

O ciclo de produção, compreendendo os anos de 2023 e 2024, envolveu o monitoramento contínuo dos parâmetros de qualidade da água e da saúde dos peixes, desde a

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

chegada dos alevinos até a despesca para comercialização. A qualidade dos peixes foi avaliada com base em seu desenvolvimento físico e genético, destacando-se a análise da qualidade do filé, que considerou aspectos como firmeza, cor e teor de gordura da carne, fatores cruciais para a aceitação do produto no mercado. Essas análises foram realizadas pela empresa fornecedora, responsável pela coleta de amostras e pela avaliação laboratorial.

O monitoramento da saúde dos peixes incluiu a observação clínica de sinais de doenças, a avaliação das condições sanitárias dos viveiros e a análise de indicadores de bem-estar. A taxa de mortalidade foi monitorada de forma sistemática, sendo usada como um indicador para a detecção de possíveis problemas sanitários ou falhas no manejo.

O desempenho zootécnico dos peixes foi acompanhado por meio de coletas biométricas semanais. Durante essas avaliações, peixes aleatórios foram capturados para medição do peso corporal, o que permitiu calcular diversos indicadores de desempenho. O peso médio foi calculado com base na média ponderada dos peixes amostrados. Com esses dados, foi possível calcular o ganho de peso diário (GPD), com a Equação 4.

$$GPD = \frac{P_f - P_i}{\Delta t} \qquad \text{(Equação 4)}$$

onde:

P_f = peso médio final (kg);

P_i = peso médio inicial (kg);

Δt = intervalo de tempo entre as biometrias (dias).

Segundo OLIVEIRA & OLIVEIRA (2023), os valores ideais de ganho de peso diário para alevinos de tilápia variam entre 5 e 7 g, com objetivo de alcançar peso final entre 2,0 e 3,0 kg. No entanto, na propriedade em estudo, trabalha-se com ganhos diários de 2 a 3 g, resultando em um peso médio final de aproximadamente 700 g, em conformidade com a estratégia de manejo adotada.

A biomassa total do viveiro em cada medição foi calculada a partir da multiplicação do número total de peixes (N) pelo peso médio individual (P_m), em kg, conforme a Equação 5.

$$Biomassa\ total\ (kg) = N * P_m \qquad \text{(Equação 5)}$$

O ganho de biomassa corresponde à diferença entre a biomassa total de dois

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

períodos consecutivos, expressando o aumento de peso do lote, como mostra a Equação 6.

$$Ganho\ de\ biomassa = \ Biomassa\ atual\ (kg) - Biomassa\ anterior\ (kg) \quad \text{(Equação 6)}$$

O valor ideal de ganho de biomassa diário em sistemas de piscicultura de tilápia são de 4.500 a 4.600 kg/ha para sistemas intensivos. (Oliveira & Oliveira, 2023). Alcançar um ganho de biomassa próximo a esse valor indica uma produção eficiente, evidenciando um crescimento coletivo satisfatório dos peixes e um uso adequado dos recursos disponíveis. Entretanto, na propriedade em estudo, adota-se como parâmetro uma biomassa final entre 2.000 e 2.500 kg/ha, valor inferior ao recomendado pelo autor.

Enquanto o ganho de biomassa acumulada representa a soma de todos os ganhos de biomassa ao longo do ciclo produtivo, servindo como um indicador do crescimento total obtido no período, segundo a Equação 7.

$$GBA = \sum_{i=1}^{n} GB_i \quad \text{(Equação 7)}$$

onde:
GBA = ganho de biomassa acumulada(kg);
GBi = ganho de biomassa no intervalo(kg);
n = número total de medições ao longo do ciclo.

De acordo com Rodrigues (2021), a eficiência produtiva é avaliada com base no monitoramento de parâmetros como a taxa de crescimento (TC) e a taxa de conversão alimentar (TCA). A TC foi calculada pela diferença no peso dos peixes em um intervalo médio de 10 dias, utilizando a Equação 8.

$$TC = \frac{Peso\ final - Peso\ inicial}{Tempo\ (dias)} \quad \text{(Equação 8)}$$

onde:
Peso final = peso médio dos peixes no final do período (g);
Peso inicial = peso médio dos peixes no início do período (g);
Tempo = número de dias entre as duas medições.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

A conversão alimentar foi acompanhada com base na quantidade de ração fornecida durante o ciclo. A conversão de ração do período foi calculada pela Equação 9.

$$TCA = \frac{Quantidade\ de\ ração\ fornecida\ (kg)}{Ganho\ de\ biomassa\ (kg)} \quad \text{(Equação 9)}$$

onde:
Quantidade de ração = total de ração fornecida no período (kg);
Ganho de biomassa = diferença entre peso final e inicial da biomassa total dos peixes (kg).

A ração acumulada representa a quantidade total de ração fornecida durante o ciclo. A partir desse dado e com o valor do ganho de biomassa acumulado, foi calculada a conversão alimentar acumulada (CAA), pela equação 10.

$$CAA = \frac{Ração\ acumulada\ (kg)}{Ganho\ de\ peso\ acumulado\ (kg)} \quad \text{(Equação 10)}$$

onde:
Ração acumulada = soma total da ração fornecida desde o início do ciclo até o ponto de avaliação (kg).
Ganho de peso acumulado = diferença entre a biomassa total dos peixes no momento da avaliação e a biomassa inicial do lote (kg).

Todas as equações e métodos utilizados para cálculo dos parâmetros zootécnicos foram baseados em Rodrigues *et al.* (2021), que apresenta diretrizes aplicadas à nutrição, alimentação e avaliação do desempenho produtivo em sistemas de piscicultura de água doce.

O controle da mortalidade dos peixes foi realizado por meio de monitoramento sistemático, com registros diários do número de indivíduos mortos no sistema de cultivo. As ocorrências foram documentadas em planilhas específicas, permitindo a análise temporal das perdas.

3.2.3.5 Retirada dos peixes

A retirada dos peixes ao final do ciclo produtivo foi planejada com base em critérios técnicos de bem-estar animal e qualidade do produto. Primeiramente, os lotes foram

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

definidos conforme o tamanho e estágio de desenvolvimento dos peixes. Em seguida, a água do viveiro foi parcialmente drenada, reduzindo o volume a níveis que permitissem a captura eficiente, sem comprometer a mobilidade dos animais nem a qualidade da água residual.

Para reduzir a carga orgânica e minimizar a excreção de metabólitos nitrogenados durante o transporte, os peixes passaram por jejum de 24 horas antes do processo de captura.

A captura foi realizada com redes de arrasto de malha adequada (25 a 30 mm), conforme mostra a Figura 8, manuseadas manualmente por uma equipe treinada, a fim de minimizar o risco de escoriações, hematomas ou perdas por estresse. Os peixes capturados foram transferidos diretamente para caixas plásticas de transporte com capacidade de 8 a 15 peixes, preenchidas com água limpa do próprio sistema.

Figura 8 – Posicionamento das redes de arrasto

Fonte: Autora, 2025.
Nota: Retirada dos peixes do ciclo 2024.

Para facilitar a logística de carregamento, o viveiro foi equipado com uma esteira transportadora, que torna o processo de carregamento dos peixes mais eficiente e menos desgastante para a equipe. Durante a operação, os peixes foram cuidadosamente transferidos para as caixas e estas, após o enchimento, foram colocadas na esteira que as conduzia até o caminhão estacionado nas proximidades (Figura 9). A esteira automatizada operava com velocidade constante de 0,5 m/s, permitindo fluxo contínuo e seguro das cargas.

No final do percurso, um operador responsável transferia os peixes para dentro de caixas próprias para o transporte de peixes vivos, posicionadas sobre o caminhão. Esse sistema operacional permitiu reduzir o tempo total de carregamento em até 40% quando comparado ao método exclusivamente manual, além de preservar a integridade física e a qualidade final do

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

pescado.

Figura 9 – Retirada dos peixes

Fonte: Autora, 2025.
Nota: Retirada dos peixes do ciclo 2024.

3.2.3.6 Transporte dos peixes

O transporte dos peixes para o abatedouro foi conduzido em um caminhão equipado com caixas próprias para o transporte de peixes vivos, com controle automatizado da temperatura da água mantida entre 24 °C e 26 °C, e oxigênio dissolvido mantido entre 6,0 e 7,0 mg/L, conforme recomendações técnicas de bem-estar animal em transporte aquícola (Oliveira & Oliveira, 2023).

A densidade de estocagem foi ajustada de acordo com a biomassa individual, mantendo-se abaixo de 1.000 kg por caixa, valor de referência para transporte de tilápias em fase final de crescimento.

Após a chegada ao abatedouro, os peixes passaram por um processo de aclimatação gradual, realizado em tanque intermediário com água de qualidade e temperatura ajustada lentamente, em média 1 °C a cada 20 minutos, até igualar à temperatura da água do abatedouro. Essa adaptação reduziu significativamente o risco de choque térmico e mortalidade pós-transporte, assegurando a integridade fisiológica dos peixes até o abate

3.3 BIOESTIMULADOR

Neste estudo, foi utilizado um bioestimulador disponível no mercado com o objetivo de aprimorar a qualidade da água e melhorar as condições gerais de saúde dos peixes

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

presentes no viveiro. O produto teve a produção descontinuada, permanecendo pouco tempo no mercado, sendo possível somente a realização de teste no ciclo de produção de 2024.

O produto é composto por um consórcio biotecnológico de microrganismos selecionados, formulado para aplicação em ambientes aquáticos. Não contém organismos geneticamente modificados (OGMs) e é isento de patógenos comumente indesejáveis, como *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp. e *Pseudomonas aeruginosa*. O Quadro 6 apresenta os parâmetros e valores que o bioestimulador contribui para melhoria.

Quadro 6 – Parâmetros melhorados e mantidos com o uso do bioestimulador

Parâmetro	Valor
Oxigênio dissolvido	5 a 7 mg/L
Transparência	< 30 cm
pH	6,5 a 8,5
Alcalinidade	> 120 mg/L
Acúmulo de lodo	Redução

Fonte: Autora, 2025.

A aplicação do produto, seguiu critérios (Quadro 7) e foi realizada no ciclo de produção 2024, semanalmente, diretamente na água dos viveiros de criação, seguindo rigorosamente as orientações do fabricante. Antes da aplicação, o produto foi diluído em água, garantindo uma distribuição uniforme. O acompanhamento visual e das variáveis amônia e nitrito, foi evitar alterações que pudessem impactar o cultivo.

Quadro 7 – Critérios usados para aplicação do bioestimulador segundo fabricante

Níveis dos parâmetros	Dosagem padrão recomendada	Periodicidade	Aplicação
Amônia < 0,50 mg/L Nitrito < 1,00 mg/L	2 litros para cada 10.000 m^2 de lâmina d´água	1 vez por semana	Segunda-feira
Amônia > 1,00 mg/L Nitrito > 1,75 mg/L		7 dias consecutivos	Todos os dias

Fonte: Autora, 2025.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados das análises físico-químicas da água, controle de biometria, conversão alimentar e taxa de mortalidade, que são fundamentais para a compreensão das condições ambientais do sistema aquático. Entre os parâmetros analisados, destacam-se os níveis de oxigênio dissolvido, nitrito, amônia e alcalinidade, que fornecem informações essenciais sobre a qualidade da água e seu potencial impacto nos organismos presentes. Como também, o controle zootécnico do viveiro.

4.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Nesta seção, são apresentados os parâmetros que foram monitorados durante o ciclo de produção 2023, que ocorreu entre 13 de janeiro a 14 de dezembro (335 dias), e o ciclo de produção 2024 que ocorreu entre 28 de dezembro de 2023 a 05 de novembro de 2024 (313 dias).

4.1.1 Temperatura

Os valores de temperatura no ciclo de produção 2023 (Tabela 2), entre 13 de janeiro a 14 de dezembro de 2023, mostraram que durante os 18 dias primeiros dias de alojamento, no mês de janeiro de 2023, a água do viveiro apresentou uma temperatura média de 27,3 °C, na qual a variação de temperatura no período, entre a temperatura mínima (26,0 °C) e a máxima (29,0 °C) foi de 3 ºC. O mês de fevereiro apresentou uma temperatura média (25,8 °C) menor que o mês de janeiro, sendo que a variação de temperatura entre a temperatura mínima registrada (22,2 ºC) e a máxima (28,4 ºC) foi de 6,2 ºC.

O mês mais frio do ano foi junho, com média de 19,3 °C, com variação entre a temperatura mínima (16,0 ºC) e máxima (22,6 ºC) de 6,6 ºC. E os 14 dias de alojamento no mês de dezembro, foram os dias mais quente do ano, atingindo média de 28,7 °C, com máxima de 31,5 °C e mínima de 26,3 ºC.

O ciclo de produção de 2024 iniciou nos três últimos dias do mês de dezembro de 2023 (Tabela 3), e apresentou a uma média térmica, de 28 °C. O clima nesse período é predominantemente quente, com dias longos, alta radiação solar e noites abafadas, reforçando

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

a característica tropical da estação.

Tabela 2 – Valores de temperatura no ciclo de produção 2023

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	-	26,8	24,6	27,0	23,0	20,6	20,4	20,7	21,7	23,6	26,6	27,8
2	-	26,0	24,5	26,9	23,0	20,7	20,4	20,8	22,1	24,0	24,8	29,7
3	-	26,0	25,0	26,7	23,0	21,2	20,1	20,9	21,4	25,4	24,2	29,9
4	-	25,8	25,4	27,0	23,0	21,5	19,9	21,2	23,1	26,8	23,2	30,0
5	-	26,0	26,0	26,0	24,0	21,3	19,9	21,6	21,8	27,6	23,6	29,0
6	-	27,0	27,0	26,0	24,0	21,4	20,0	21,7	21,8	28,1	24,8	28,3
7	-	27,0	27,6	26,0	24,5	21,5	19,9	21,9	21,5	28,0	24,8	28,7
8	-	27,6	26,8	25,0	24,5	21,7	19,8	21,1	22,3	24,9	15,2	28,5
9	-	28,4	26,5	25,0	25,0	22,3	20,1	19,3	20,4	25,6	26,0	29,0
10	-	28,0	26,9	25,8	23,5	22,5	19,9	20,6	20,4	25,4	25,2	26,7
11	-	28,0	27,0	26,0	23,0	22,6	21,1	20,8	22,0	25,5	27,1	27,6
12	-	28,0	26,8	26,0	22,5	20,9	20,8	20,9	24,5	27,0	28,1	26,3
13	-	28,0	27,9	26,5	20,5	19,8	19,2	20,8	23,7	26,4	29,0	28,1
14	27,0	28,0	27,2	26,0	20,0	17,1	17,5	20,4	21,3	25,2	27,2	31,5
15	26,0	27,0	25,9	25,5	20,0	16,4	16,7	21,0	21,5	26,1	25,0	-
16	27,0	26,0	25,6	25,0	20,0	16,1	17,2	21,1	20,4	27,1	26,4	-
17	28,0	26,0	25,7	24,3	19,5	16,1	17,9	22,2	22,8	26,0	27,2	-
18	28,0	25,0	26,0	24,5	19,5	16,0	18,0	22,1	23,0	26,0	26,5	-
19	27,0	24,0	25,6	24,0	20,0	16,0	18,7	21,0	24,8	26,1	27,3	-
20	27,0	23,6	25,4	21,5	20,5	16,1	18,5	21,6	24,8	25,4	27,5	-
21	26,9	22,2	25,8	22,0	20,6	16,9	20,0	21,7	25,5	26,2	26,5	-
22	27,0	24,0	26,4	22,5	20,5	17,0	21,0	22,1	25,8	26,8	27,6	-
23	26,7	25,2	26,9	22,5	20,5	17,2	21,4	22,5	26,5	27,1	27,5	-
24	26,5	24,3	26,7	22,5	20,0	18,2	21,5	23,1	26,6	27,0	26,8	-
25	26,0	24,5	27,0	22,5	20,1	18,1	22,1	23,6	26,7	26,9	24,2	-
26	27,0	24,0	25,8	22,0	21,0	19,5	21,5	22,4	26,8	27,0	23,5	-
27	28,7	25,0	26,0	22,5	21,6	19,3	21,6	21,5	27,0	25,8	23,1	-
28	28,6	25,0	26,5	22,5	22,0	19,0	20,4	21,1	24,5	25,2	23,5	-
29	27,8	25,0	27,2	23,0	22,3	20,2	20,2	20,5	23,7	25,0	24,3	-
30	28,0	24,0	27,0	23,5	21,0	20,4	20,7	21,1	23,9	25,0	26,0	-
31	29,0	-	26,9	-	20,7	-	20,2	21,6	-	25,4	-	-
Média	**27,3**	**25,8**	**26,3**	**24,5**	**21,7**	**19,3**	**19,9**	**21,4**	**23,4**	**26,1**	**25,4**	**28,7**

Fonte: Autora, 2025.

Para o ciclo de 2024 (Tabela 3) o mês de janeiro manteve a temperatura média de 28,5 °C, sendo a temperatura mínima de 25,4 ºC e a máxima de 32 ºC. Este mês o verão está no auge, sendo comum o aumento da umidade e a ocorrência de chuvas. E os meses de julho e agosto de 2024 apresentaram as menores médias de temperaturas do ano, 18,2 ºC e 18,9 ºC respectivamente.

Novembro marcou o encerramento do ciclo produtivo 2024, com os peixes permanecendo no viveiro somente os cinco primeiros dias do mês. A temperatura média foi 27,2 ºC, com mínima de 26,5 ºC e máxima de 28,0 ºC. Este ciclo foi 22 dias mais curto que o ciclo de produção 2023.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Tabela 3 – Valores de temperatura no ciclo de produção 2024

Dia	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	-	27,2	29,1	28,7	26,2	27,1	17,1	16,1	18,2	20,0	24,9	27,2
2	-	28,4	29,2	28,9	27,1	27,2	17,0	15,8	18,6	20,6	25,4	26,8
3	-	28,6	29,4	28,8	26,8	26,9	18,6	16,9	19,9	20,9	25,6	26,5
4	-	28,5	29,3	29,1	28,3	26,6	19,3	18,2	20,1	20,3	25,7	27,6
5	-	28,8	28,4	28,5	28,1	26,7	19,8	18,7	20,6	21,6	24,6	28,0
6	-	28,9	28,2	28,2	27,4	26,0	19,8	19,2	21,6	21,2	24,2	-
7	-	29,6	28,0	28,7	27,7	25,8	20,0	19,4	20,6	21,0	24,0	-
8	-	30,5	28,6	28,0	27,0	25,6	20,5	17,9	20,7	22,3	24,6	-
9	-	32,0	28,9	27,8	26,8	25,7	21,2	17,4	19,0	22,6	24,0	-
10	-	31,1	29,2	27,5	27,1	26,8	21,5	17,3	16,6	23,4	23,0	-
11	-	31,1	28,0	28,2	27,4	26,1	21,8	17,2	15,9	23,6	22,8	-
12	-	31,1	28,1	28,4	26,1	25,9	20,8	15,4	15,5	23,4	22,5	-
13	-	30,7	29,0	28,6	27,2	25,2	20,8	15,6	16,2	23,2	22,9	-
14	-	29,6	28,0	28,4	27,0	23,2	20,4	15,2	16,2	22,8	24,2	-
15	-	29,6	28,2	28,2	25,2	22,8	20,5	15,0	17,3	22,8	24,6	-
16	-	29,4	28,5	28,5	24,5	22,1	20,5	17,4	17,4	22,3	25,4	-
17	-	28,3	28,7	29,0	25,1	21,9	20,6	18,1	18,0	20,5	25,8	-
18	-	28,2	29,4	28,7	22,9	21,6	20,7	18,5	20,0	21,5	25,6	-
19	-	28,4	29,2	28,8	23,0	21,8	20,7	18,9	21,1	22,3	25,2	-
20	-	29,0	29,0	28,9	22,9	20,0	20,9	19,9	22,0	22,5	25,0	-
21	-	28,6	27,	28,7	24,5	20,5	21,1	20,1	22,3	22,8	25,8	-
22	-	27,9	28,6	27,9	23,7	21,5	21,2	20,2	21,6	23,1	26,4	-
23	-	26,8	27,5	26,7	23,9	22,4	21,4	20,3	21,1	23,5	27,2	-
24	-	25,4	27,9	27,0	24,3	22,4	21,7	20,4	18,4	23,8	28,3	-
25	-	26,0	27,0	27,3	24,2	21,1	21,9	20,3	16,4	24,2	28,6	-
26	-	26,2	28,0	27,1	24,5	18,9	21,7	20,3	15,6	23,7	27,9	-
27	-	25,4	27,9	27,3	25,0	18,6	20,6	20,4	16,0	24,0	27,0	-
28	-	25,9	28,8	27,6	26,7	16,9	19,9	19,9	18,1	24,2	26,8	-
29	28,1	26,0	28,9	28,3	26,6	16,4	19,7	19,3	19,6	24,3	27,9	-
30	28,2	26,9	-	27,4	27,0	17,0	17,2	18,3	20,0	24,5	28,2	-
31	27,6	27,9	-	27,5	-	17,1	-	17,9	20,3	-	27,3	-
Média	28,0	28,5	28,5	28,2	25,8	22,8	20,3	18,2	18,9	22,6	25,5	27,2

Fonte: Autora, 2025.

4.1.2 pH E Amônia

A Tabela 4 apresenta a variação da amônia no ciclo de produção 2023 e 2024. Considerando a variação dos valores observados para amônia, provavelmente devem ter ocorrido em função da variação de temperatura e da concentração de proteína presente na ração fornecida para os alevinos, em ambos os ciclos, tanto na fase inicial (36%) que ocorreu nos três primeiros meses (janeiro, fevereiro e março) quanto na fase de cresimento (34%), que ocorreu entre os meses de abril e julho, para ambos os ciclos.

A alta concentração de proteínas na ração, na fase incial, aumenta a excreção de nitrogênio, principalmente na forma de amônia, produzida pela decomposição de matéria orgânica no tanque. No ciclo do nitrogênio, bactérias convertem a amônia em nitrito e depois

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

em nitrato, menos tóxico e removido por plantas ou trocas de água. Apesar da redução da proteína, na fase de crescimento, a excreção de nitrogênio ainda ocorreu, possivelmente em maior intensidade do que na fase anterior.

Além disso, intercorrências climáticas, como episódios de chuvas intensas, podem ter influenciado o aumento pontual da concentração de amônia nesse período. As chuvas podem ter causado alterações abruptas no pH e na temperatura da água, afetando o equilíbrio entre amônia ionizada e amônia livre, tornando a última mais tóxica para os peixes. Os valores de referência para amônia total e pH (Quadro 3), sendo considerados ideais níveis de amônia total inferiores a 0,5 mg/L e valores de pH entre 6,5 e 8,5 para sistemas de piscicultura intensiva.

Tabela 4 – Valores de amônia no ciclo de produção 2023 e 2024

Ciclo	2023				2024			
	Data	**Hora**	**pH**	**Amônia (mg/L)**	**Data**	**Hora**	**pH**	**Amônia (mg/L)**
1	26/01	06h00	6,6	0,00	08/01	07h10	7,5	0,50
2	02/02	06h00	6,6	0,25	25/01	07h30	7,0	0,00
3	09/02	06h00	6,6	0,25	03/02	09h00	7,2	0,25
4	04/03	08h30	6,4	0,50	20/02	07h30	7,2	0,00
5	20/04	07h30	6,6	0,75	01/03	07h00	7,5	0,00
6	23/04	07h30	6,4	0,25	08/03	07h30	7,2	0,00
7	27/04	07h30	7,0	0,50	20/03	07h00	7,2	0,00
8	30/04	07h30	6,6	0,25	03/04	07h30	7,2	0,00
9	04/05	16h00	6,6	0,50	07/04	07h00	7,2	0,00
10	14/05	07h30	7,2	0,00	15/04	08h00	7,0	1,00
11	23/06	14h30	7,0	0,00	22/04	07h30	7,5	0,00
12	30/06	15h30	7,2	0,25	04/05	07h30	7,2	0,00
13	07/07	10h40	7,2	0,00	11/05	11h00	7,5	0,25
14	14/07	11h16	7,2	0,25	08/06	07h30	7,2	0,00
15	27/07	10h30	7,0	0,25	15/06	07h30	7,2	0,25
16	28/07	11h50	7,2	0,25	02/07	07h30	7,2	0,00
17	04/08	09h40	7,2	0,00	28/07	10h00	7,2	0,00
18	11/08	10h00	7,0	0,00	17/08	08h00	7,2	0,25
19	21/08	09h00	7,0	0,00	30/08	09h00	7,2	0,00
20	28/08	09h00	7,2	0,00	09/09	08h00	7,2	0,00
21	04/09	09h00	7,2	0,25	19/09	07h30	7,5	0,00
22	11/09	10h00	7,2	0,00	28/09	08h00	7,0	0,00
23	25/09	08h00	7,0	0,00	04/10	08h30	7,0	0,00
24	09/10	07h30	7,2	0,25	12/10	08h30	7,2	0,25
25	23/10	07h30	7,0	0,00	20/10	08h00	7,0	0,00
26	06/11	08h00	6,9	0,00	23/10	08h30	7,2	0,00
27	20/11	10h00	7,0	0,00	26/10	07h30	7,5	0,00
28					29/10	08h30	7,2	0,25

Fonte: Autora, 2024.

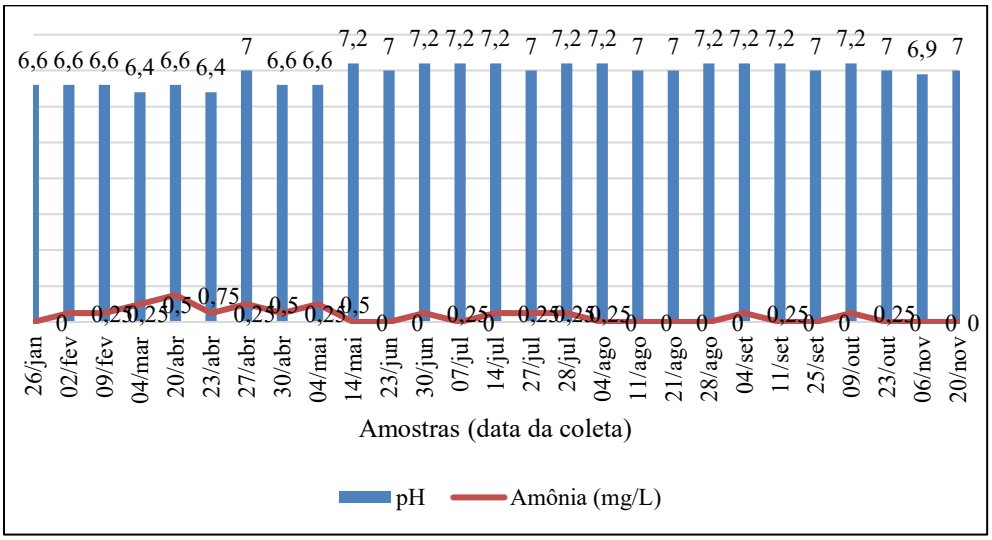
No último período do ciclo, foi fornecida a ração com menor concentração de proteína (32%), adequada para a fase de terminação. A redução no teor proteico e na quantidade

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

de ração fornecida visava otimizar a conversão alimentar e reduzir os custos antes da despesca dos peixes. Como resultado, a excreção de nitrogênio foi significativamente menor nesse período, o que possivelmente contribuiu para uma diminuição gradual dos níveis de amônia, promovendo a estabilidade do ambiente aquático.

Nota-se no ciclo de 2023, para os parâmetros pH e amônia (Tabela 4), que os níveis de amônia variaram ao longo do tempo, com valores máximos atingindo 0,75 mg/L (20/04) e outros picos em abril e maio (0,50 mg/L em 04/03, 27/04 e 04/05), sendo uma condição climática adversa de tempo nublado (Figura 10). A partir de junho, a amônia apresentou uma redução significativa, mantendo-se em valores mais baixos ou zerados até o final do ciclo, devido a temperaturas mais baixas.

Figura 10 – Valores de pH e amônia ciclo de produção 2023



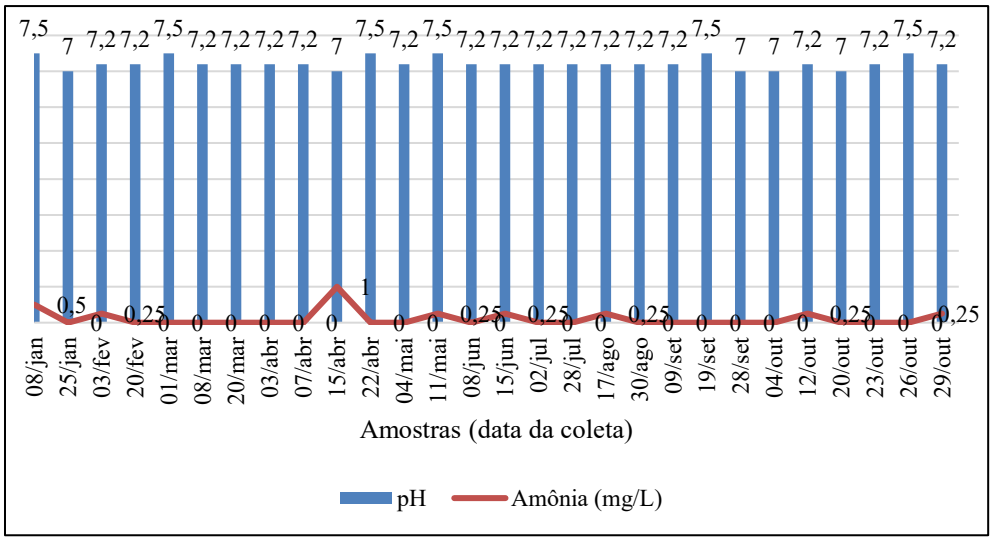
Fonte: Autora, 2024.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

Nota-se que quando foi utilizado o bioestimulador (Figura 11) os níveis de amônia permaneceram reduzidos na maior parte do período. Entretanto, no dia 15 de abril de 2024, devido a condição climática adversa de tempo nublado, foi determinado um pico de amônia de 1,0 mg/L, enquanto nas demais medições, a amônia não foi determinada ou foi abaixo de 0,25 mg/L.

A comparação entre os resultados,com a presença e ausência de bioestimulador, para o parâmetro amônia, indica que promoveu uma melhoria na qualidade da água ao longo do ciclo de 2024, por apresentarem valores de amônia próximos de zero na maioria das medições realizadas durante o período.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Figura 11 – Valores de pH e amônia ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2024.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

Em relação ao pH, observou-se que ocorreu manutenção do pH, variando entre 7,0 e 7,5, para o ciclo 2024. Enquanto, no ciclo 2023, o pH chegou a 6,4, o que pode ter prejudicado a atividade microbiológica responsável pelo controle da amônia. A toxicidade da amônia está diretamente ligada ao pH da água. Em ambientes mais alcalinos (pH acima de 8,0), a amônia tende a permanecer na forma ionizada (NH_4^+), sendo menos tóxica. A exposição à amônia tóxica pode causar lesões nas brânquias, estresse fisiológico e comprometer o crescimento dos peixes. Isso reforça a importância de manter a alcalinidade equilibrada, evitando oscilações extremas que comprometam a estabilidade do pH e aumentem a toxicidade dos compostos nitrogenados (Lourenço *et al.*,1999).

4.1.3 Nitrito

Observa-se os níveis de nitrito (NO_2^-) durante o ciclo de produção 2023 (Tabela 5) apresentaram flutuações consideráveis, apresentando uma média de 0,65 mg/L (Figura 12). Entre os meses de janeiro a março, os valores de nitrito foram indetectáveis (0,00 mg/L), provavelmente devido ao início da operação do viveiro. E na medição do dia 20 de abril, ocorreu o pico de nitrito (2,80 mg/L) e aumento da amônia, sugerindo um possível desequilíbrio temporário na nitrificação, relacionado a uma sobrecarga de matéria orgânica. Segundo referência para o nitrito recomendado pela literatura (Quadro 3), as concentrações devem ser inferiores a 0,5 mg/L para evitar riscos à saúde dos peixes.

Após esse pico, os níveis de nitrito diminuíram e se estabilizaram entre 0,25 a

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

1,00 mg/L, com exceção de alguns picos isolados. A presença de nitrito em níveis elevados pode indicar uma ineficiência na conversão de amônia, podendo ser resultado de fatores como aumento de alimentação, aumento de matéria orgânica, mudança no pH ou no sistema biológico.

Tabela 5 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2023 e 2024

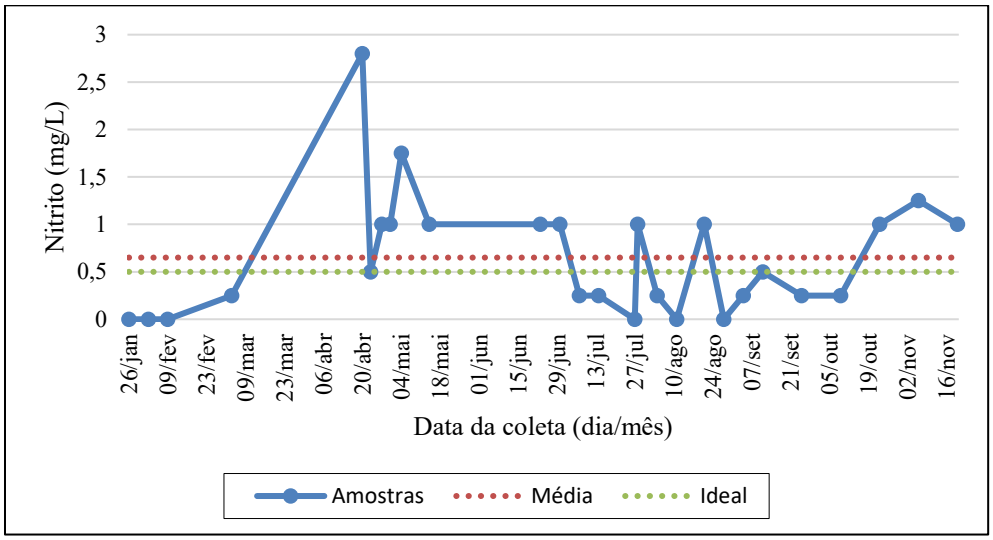
Ciclo	2023			2024		
	Data	Hora	Nitrito (mg/L)	Data	Hora	Nitrito (mg/L)
1	26/01	06h00	0,00	08/01	07h10	0,50
2	02/02	06h00	0,00	25/01	07h30	0,50
3	09/02	06h00	0,00	03/02	09h00	1,00
4	04/03	08h30	0,25	20/02	07h30	1,00
5	20/04	07h30	2,80	01/03	07h00	1,00
6	23/04	07h30	0,50	08/03	07h30	1,00
7	27/04	07h30	1,00	20/03	07h00	1,00
8	30/04	07h30	1,00	03/04	07h30	2,80
9	04/05	16h00	1,75	07/04	07h00	1,75
10	14/05	07h30	1,00	15/04	08h00	1,00
11	23/06	14h30	1,00	22/04	07h30	0,50
12	30/06	15h30	1,00	04/05	07h30	0,50
13	07/07	10h40	0,25	11/05	11h00	1,00
14	14/07	11h16	0,25	08/06	07h30	1,00
15	27/07	10h30	0,00	15/06	07h30	0,50
16	28/07	11h50	1,00	02/07	07h30	0,00
17	04/08	09h40	0,25	28/07	10h00	0,00
18	11/08	10h00	0,00	17/08	08h00	0,25
19	21/08	09h00	1,00	30/08	09h00	0,25
20	28/08	09h00	0,00	09/09	08h00	0,50
21	04/09	09h00	0,25	19/09	07h30	0,00
22	11/09	10h00	0,50	28/09	08h00	0,50
23	25/09	08h00	0,25	04/10	08h30	1,75
24	09/10	07h30	0,25	12/10	08h30	0,25
25	23/10	07h30	1,00	20/10	08h00	1,00
26	06/11	08h00	1,25	23/10	08h30	1,00
27	20/11	10h00	1,00	26/10	07h30	1,00
28				29/10	08h30	1,00

Fonte: Autora, 2024.

Em relação ao valores de nitrito para o ciclo de produção de 2024, observou-se uma tendência mais estável (Figura 13), com um valor médio de 0,8 mg/L. Em janeiro, o valor de nitrito foi 0,5 mg/L, o que é um valor relativamente baixo. O pico mais alto ocorreu em 03 de abril, com 2,8 mg/L, similar ao pico observado no ciclo sem bioestimulador. Isso sugere que, embora o bioestimulador tenha tido efeito positivo em algumas variáveis, a acumulação de nitrito ainda ocorreu em situações de sobrecarga orgânica.Em geral, o ciclo com bioestimulador parece ter controlado os picos de nitrito de maneira mais eficiente.

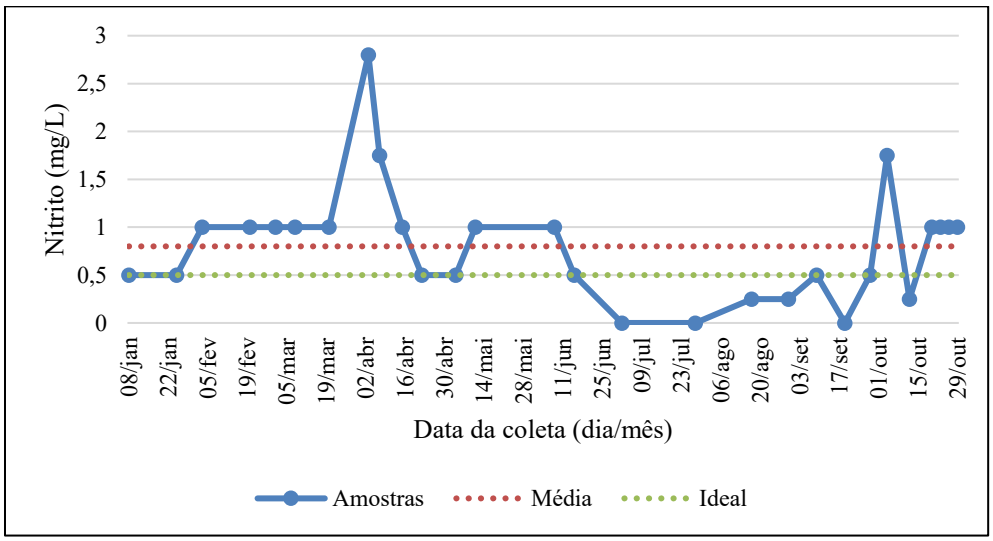
Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Figura 12 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

Figura 13 – Valores de nitrito no ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

Concentrações superiores a 1 mg/L de nitrito são consideradas críticas, podendo causar metemoglobinemia nos peixes, uma condição que reduz a capacidade de transporte de oxigênio no sangue, levando a hipóxia e mortalidade (Fernícola, *et al.* 1981).

De acordo com Lima (2013), a elevação do nitrito indica um possível desequilíbrio no ciclo do nitrogênio, onde a conversão de amônia para nitrito ocorre, mas a conversão de nitrito para nitrato pode estar comprometida. Isso sugere que a atividade bacteriana nitrificante não está suficientemente desenvolvida ou que as condições ambientais não favorecem a conversão completa do nitrogênio.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Ao analisar os níveis de nitrito em ambos os ciclos, apresentaram um pico significativo em sua concentração. Após esse pico, observa-se uma redução nos níveis de nitrito em ambos os anos, porém com comportamentos distintos. Com o uso do bioestimulador, a queda na concentração de nitrito ocorreu de forma rápida e abrupta, seguida por oscilações irregulares, com momentos de aumento progressivo ao longo do tempo. Em contrapartida, sem o bioestimulador, a concentração de nitrito se manteve mais estável em níveis intermediários, antes de iniciar uma diminuição gradual.

Os resultados indicam que o bioestimulador acelerou a eliminação inicial do nitrito, o que pode ser vantajoso para reduzir rapidamente a toxicidade no viveiro. No entanto, as oscilações observadas sugerem a necessidade de um monitoramento contínuo, pois há o risco de novos aumentos na concentração. Enquanto no ciclo sem bioestimulador, a eliminação do nitrito ocorreu de maneira mais lenta, porém estável, o que pode indicar um ambiente mais equilibrado, embora com uma remoção menos eficiente do composto tóxico.

O nitrito é altamente tóxico, pois interfere na capacidade de transporte de oxigênio do sangue ao induzir a formação de metahemoglobina, um fenômeno conhecido como "doença do sangue marrom" (Ciji ;Akhtar, 2020). Para mitigar esses efeitos, é fundamental a manutenção de um sistema eficiente de filtragem biológica, aliado à renovação controlada da água e ao uso racional de rações, evitando o excesso de matéria orgânica no ambiente aquático (Ostrensky e Boeger, 1998).

4.1.4 Alcalinidade

Os resultados de alcalinidade total (em números de gotas e valores em mg/L), para o ciclo de produção 2023 e 2024 (Tabela 6) apresentam os valores do números de gotas utilizadas para determinação do parâmetro e a equivalência em mg/L.

No ciclo 2023, a alcalinidade total apresentou maior variabilidade (Figura 14), com valores que oscilaram entre 26,76 mg/L e 89,2 mg/L, sendo comum a ocorrência de quedas acentuadas ao longo do ciclo. A média geral de alcalinidade durante o ciclo foi de aproximadamente 58,18 mg/L (valor considerado próximo do limite inferior ideal para a piscicultura), o que pode ter comprometido a eficiência do ciclo do nitrogênio e, consequentemente, favorecido o acúmulo de compostos tóxicos como a amônia.

No ciclo de 2024 a alcalinidade foi mais alta e estável, apresentando uma média de 76,3, com valor mínimo de 35,68 e máximo de 98,12 mg/L (Figura 15). Nota-se que ocorreram picos de alcalinidade e os valores permaneceram mais elevados em comparação com

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

o ciclo de 2023.

A alcalinidade é essencial para estabilizar o pH, prevenindo flutuações que poderiam ser prejudiciais tanto aos peixes quanto ao processo de nitrificação. Valores muito baixos de alcalinidade podem resultar em quedas de pH, tornando a água mais ácida e prejudicial ao ambiente aquático (Kubitza, 1999). O valor ideal para alcalinidade total encontra-se entre 40 e 120 mg/L (Kubitza, 2003). Em alguns momentos no ciclo 2023 os valores foram inferiores a este intervalo ideal e para o ciclo 2024, exceto na primeira medição (35,68 mg/L) todas as demais medições foram dentro do intervalo ideal. Portanto, o uso do bioestimulador parece ter ajudado a manter essa estabilidade e possivelmente interferiu nas características da água, aumentando a capacidade de neutralização de ácidos e, consequentemente, permitindo que a água se mantivesse em níveis mais favoráveis ao crescimento dos peixes.

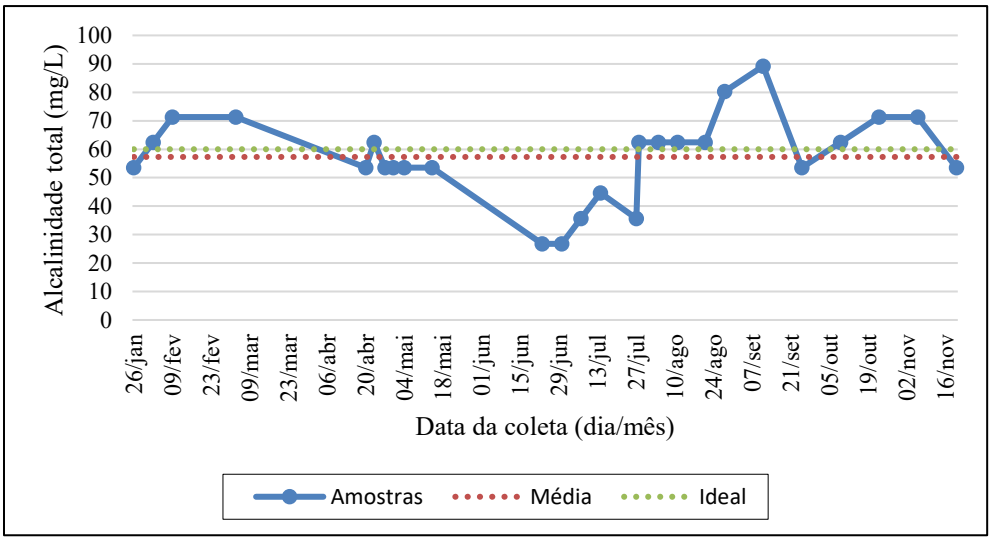
Tabela 6 – Variação da alcalinidade total no ciclo de produção 2023 e 2024

Ciclo	2023				2024			
	Data	Hora	Alcalinidade total		Data	Hora	Alcalinidade total	
			(gotas)	(mg/L)			(gotas)	(mg/L)
1	26/01	06h00	6	53,52	08/01	07h10	4	35,68
2	02/02	06h00	7	62,44	25/01	07h30	8	71,36
3	09/02	06h00	8	71,36	03/02	09h00	8	71,36
4	04/03	08h30	8	71,36	20/02	07h30	10	89,20
5	20/04	07h30	6	53,52	01/03	07h00	11	98,12
6	23/04	07h30	7	62,44	08/03	07h30	8	71,36
7	27/04	07h30	6	53,52	20/03	07h00	8	71,36
8	30/04	07h30	6	53,52	03/04	07h30	7	62,44
9	04/05	16h00	6	53,52	07/04	07h00	9	80,28
10	14/05	07h30	6	53,52	15/04	08h00	10	89,20
11	23/06	14h30	3	26,76	22/04	07h30	10	89,20
12	30/06	15h30	3	26,76	04/05	07h30	9	80,28
13	07/07	10h40	4	35,68	11/05	11h00	9	80,28
14	14/07	11h16	5	44,60	08/06	07h30	10	89,20
15	27/07	10h30	4	35,68	15/06	07h30	9	80,28
16	28/07	11h50	7	62,44	02/07	07h30	10	89,20
17	04/08	09h40	7	62,44	28/07	10h00	10	89,20
18	11/08	10h00	7	62,44	08/08	08h00	8	71,36
19	21/08	09h00	7	62,44	30/08	09h00	8	71,36
20	28/08	09h00	9	80,28	09/09	08h00	7	62,44
22	11/09	10h00	10	89,20	28/09	08h00	8	71,36
23	25/09	08h00	10	53,52	04/10	08h30	8	71,36
24	09/10	07h30	11	62,44	12/10	08h30	6	53,52
25	23/10	07h30	10	71,36	20/10	08h00	8	71,36
26	06/11	08h00	9	71,36	23/10	08h30	8	71,36
27	20/11	10h00	10	53,52	26/10	07h30	11	98,12
28					29/10	08h30	9	80,28

Fonte: Autora, 2024.

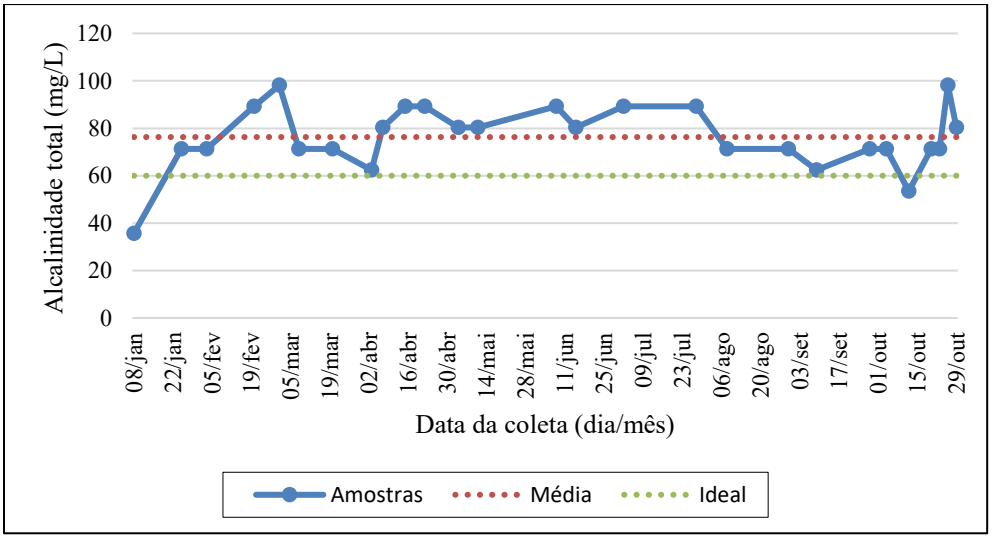
Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Figura 14 – Valores da alcalinidade total no ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

Figura 15 – Variação da alcalinidade ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

4.1.5 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido, é um dos indicadores mais sensíveis da qualidade da água, pois afeta diretamente o metabolismo dos peixes e a atividade microbiana no ambiente aquático (Senar, 2017). Durante o dia, a fotossíntese do fitoplâncton contribui para o aumento da oxigenação, enquanto à noite, a respiração dos organismos consome oxigênio, reduzindo sua disponibilidade (Ostrensky e Boeger, 1998).

A Tabela 7 apresenta os dados de oxigênio dissolvido no ciclo de produção 2023

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

e 2024. De acordo com Senar (2017), os valores recomendados de oxigênio dissolvido para sistemas de piscicultura intensiva variam entre 5,0 mg/L e 7,0 mg/L, concentrações abaixo de 3,0 mg/L são consideradas críticas, podendo causar estresse fisiológico nos peixes e comprometer seu crescimento e desempenho, enquanto concentrações inferiores a 1 mg/L são potencialmente letais para muitas espécies cultivadas.

Tabela 7 – Valores de oxigênio dissolvido no ciclo de produção 2023 e 2024

Ciclo	2023			2024		
	Data	Hora	OD (mg/L)	Data	Hora	OD (mg/L)
1	26/01	06h00	4,75	08/01	07h10	2,45
2	02/02	06h00	4,30	25/01	07h30	2,60
3	09/02	06h00	6,60	03/02	09h00	2,70
4	04/03	08h30	4,60	20/02	07h30	2,90
5	20/04	07h30	4,20	01/03	07h00	2,30
6	23/04	07h30	4,00	08/03	07h30	1,90
7	27/04	07h30	3,80	20/03	07h00	2,10
8	30/04	07h30	3,30	03/04	07h30	1,90
9	04/05	16h00	3,70	07/04	07h00	1,50
10	14/05	07h30	4,20	15/04	08h00	1,90
11	23/06	14h30	5,90	22/04	07h30	1,80
12	30/06	15h30	8,30	04/05	07h30	2,10
13	07/07	10h40	6,30	11/05	11h00	4,00
14	14/07	11h16	7,20	08/06	07h30	3,50
15	27/07	10h30	6,70	15/06	07h30	3,00
16	28/07	11h50	5,40	02/07	07h30	6,60
17	04/08	09h40	5,30	28/07	10h00	6,00
18	11/08	10h00	5,40	17/08	08h00	7,50
19	21/08	09h00	5,90	30/08	09h00	7,00
20	28/08	09h00	5,10	09/09	08h00	5,30
21	04/09	09h00	5,00	19/09	07h30	3,20
22	11/09	10h00	5,20	28/09	08h00	3,70
23	25/09	08h00	5,70	04/10	08h30	2,70
24	09/10	07h30	5,50	12/10	08h30	3,80
25	23/10	07h30	5,00	20/10	08h00	3,80
26	06/11	08h00	5,50	23/10	08h30	3,50
27	20/11	10h00	5,10	26/10	07h30	2,80
28				29/10	08h30	3,20

Fonte: Autora, 2025.

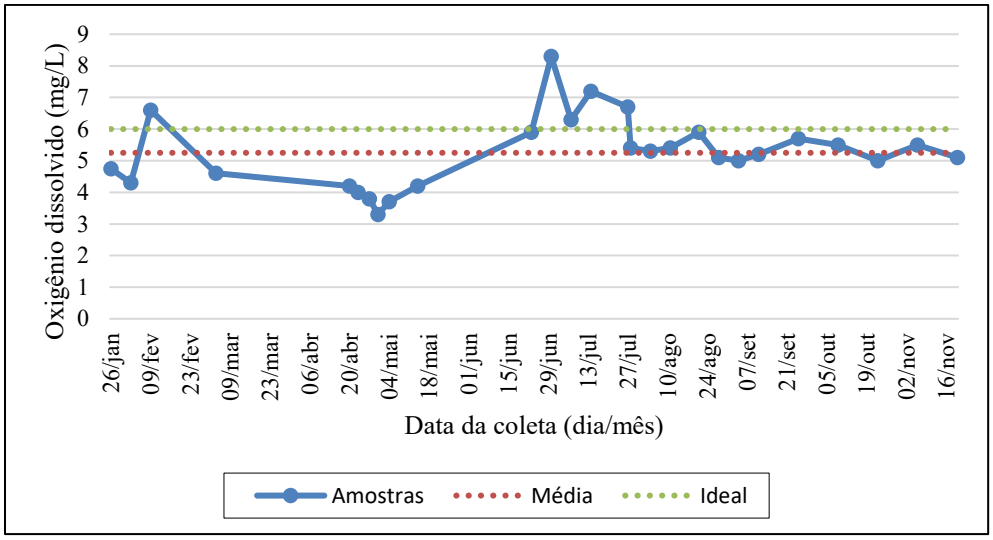
Observa-se que os valores no ciclo de produção 2023 foram mais altos no início do ciclo e diminuiram ao longo dos meses, como esperado, uma vez que foi a primeira vez que o viveiro foi utilizado. O ciclo apresentou uma média de oxigênio dissolvido de 5,25 mg/L (Figura 16), tendo como mínimo de 4,00 mg/L e máximo de 8,30 mg/L. Os picos nos valores de oxigênio dissolvido provavelmente ocorreram devido à fotossíntese das algas ou à oxigenação natural do sistema.

As medições mais baixas ocorreram principalmente entre os meses de abril e

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

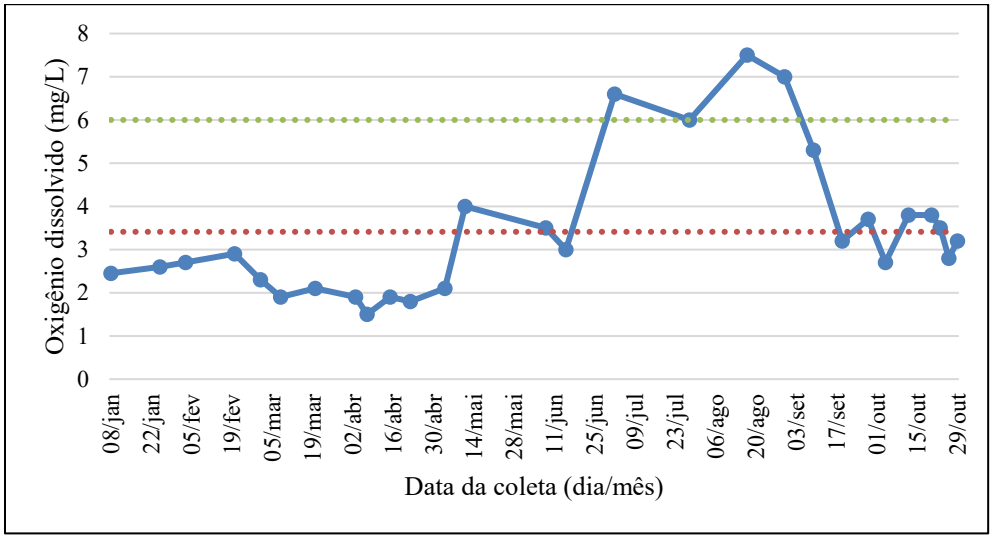
julho, com valores variando entre 3,30 mg/L e 4,75 mg/L. Baixos níveis de oxigênio dissolvido podem ser indicativos de alta carga orgânica ou processos de decomposição que consomem oxigênio, como a excreção de amônia pelos peixes e a respiração bacteriana no sistema.

Figura 16 – Valores de oxigênio dissolvido no ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

Figura 17 – Variação do oxigênio dissolvido ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

No ciclo produtivo de 2024 os níveis de oxigênio dissolvido os valores foram mais baixos em comparação aos dados de 2023, alcançando uma média de 3,41 mg/L (Figura 17). Nos primeiros meses (janeiro e fevereiro), os valores de oxigênio foram significativamente baixos, variando entre 2,45 mg/L e 2,9 mg/L. Esses níveis são considerados baixos para a saúde

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

dos peixes, pois quando os níveis de oxigênio caem excessivamente, a atividade das bactérias nitrificantes, como *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, pode ser comprometida, favorecendo processos anaeróbicos indesejáveis, como a desnitrificação parcial, que pode gerar compostos tóxicos, como a amônia livre (NH_3) (Pereira *et al.*, 2005).

Os níveis mais baixos de oxigênio, semelhantes aos observados no ciclo sem bioestimulador, ocorreram em setembro e outubro, com valores variando entre 2,7 mg/L e 3,7 mg/L. Essa redução pode ter ocorrido ao fato dos alevinos que estavam no ciclo terem chegado com um peso inicial maior, demandando mais oxigênio para seu metabolismo. Além disso, houve o alojamento de aproximadamente 600 peixes a mais no viveiro, o que aumentou a densidade populacional e, consequentemente, o consumo de oxigênio. Ademais, o uso do bioestimulador estimula a atividade microbiana e biológica no sistema, elevando a demanda bioquímica por oxigênio devido à decomposição da matéria orgânica e à maior presença de microrganismos, o que contribui para a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água.

Contudo, a recuperação nos níveis de oxigênio dissolvido após o uso do bioestimulador sugere que, com o tempo, o sistema pode ter se ajustado de forma mais equilibrada, favorecendo a saúde dos peixes e a estabilidade do ambiente aquático.

4.1.6 Transparência Da Água

Os dados de transpârencia da água (Tabela 8) para o ciclo de produção 2023 apresentaram uma média de 29,59 cm, que indica que a turbidez está se tornando excessiva, tendo como transparência mínima 20 cm e a máxima 50 cm (Figura 18). Os meses iniciais de janeiro a abril, apresentaram valores entre 46 e 50 cm, indicando que o fitoplâncton está se tornando escasso. A partir do mês de junho, houve uma tendência de estabilização, com registros mais frequentes entre 20 e 23 cm, o que turbidez está se tornando excessiva.

No ciclo de produção 2024 os níveis de transparência apresentaram uma média geral de 25,78 cm (Figura 19), com o valor mínimo de 20 e máximo de 30 cm. Desde o início do ciclo, os valores mantiveram-se dentro dessa faixa, indicando um sistema mais controlado, porém com água mais turva ao longo de todo o período. Essa transparência mais elevada pode estar relacionada ao aumento da atividade biológica promovida pelo bioestimulador, que estimula o crescimento de microalgas e acelera o processo de decomposição da matéria orgânica, liberando substâncias que permanecem em suspensão.

Embora a transparência tenha se mantido dentro de uma faixa previsível e controlada, ela permaneceu acima do valor considerado ideal para sistemas de aquicultura, que

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

é inferior a 30 cm (Lima, 2013). Valores superiores a esse limite podem comprometer a penetração de luz na água, prejudicando a fotossíntese, a oxigenação do sistema e, por consequência, a saúde e o desempenho dos peixes (Lima, 2013).

Os valores mais baixos de transparência foram observados nos meses de julho e outubro, ambos com 20 cm, sugerindo períodos de maior carga orgânica, possivelmente devido à decomposição de materiais orgânicos no sistema estimulada pelo bioestimulador.

Tabela 8 – Valores da transparência no ciclo de produção 2023 e 2024

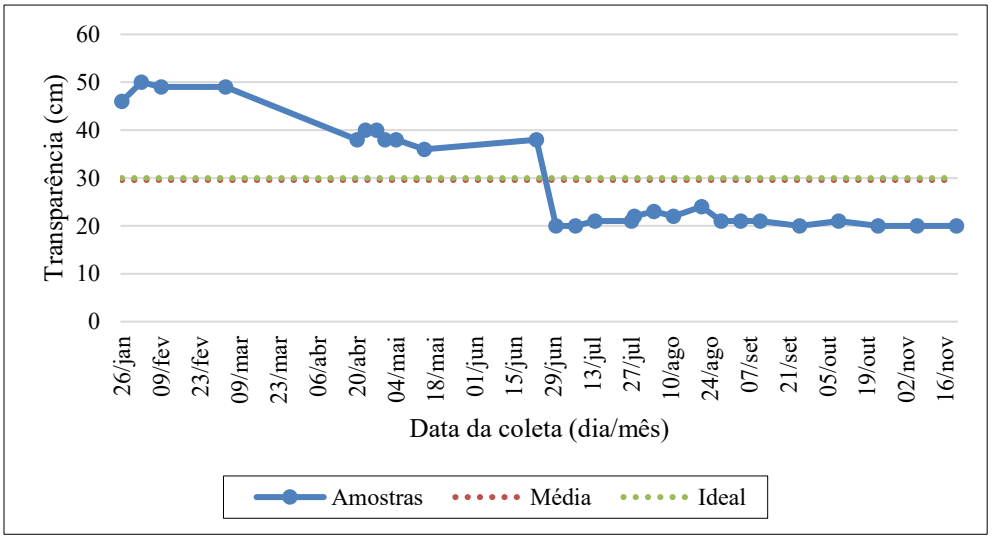
Ciclo	2023			2024		
	Data	Hora	Transparência (cm)	Data	Hora	Transparência (cm)
1	26/01	06h00	46	08/01	07h10	29
2	02/02	06h00	50	25/01	07h30	30
3	09/02	06h00	49	03/02	09h00	26
4	04/03	08h30	49	20/02	07h30	20
5	20/04	07h30	38	01/03	07h00	28
6	23/04	07h30	40	08/03	07h30	28
7	27/04	07h30	40	20/03	07h00	28
8	30/04	07h30	38	03/04	07h30	28
9	04/05	16h00	38	07/04	07h00	28
10	14/05	07h30	36	15/04	08h00	28
11	23/06	14h30	38	22/04	07h30	26
12	30/06	15h30	20	04/05	07h30	28
13	07/07	10h40	20	11/05	11h00	29
14	14/07	11h16	21	08/06	07h30	25
15	27/07	10h30	21	15/06	07h30	26
16	28/07	11h50	22	02/07	07h30	28
17	04/08	09h40	23	28/07	10h00	26
18	11/08	10h00	22	17/08	08h00	30
19	21/08	09h00	24	30/08	09h00	28
20	28/08	09h00	21	09/09	08h00	25
21	04/09	09h00	21	19/09	07h30	24
22	11/09	10h00	21	28/09	08h00	24
23	25/09	08h00	20	04/10	08h30	22
24	09/10	07h30	21	12/10	08h30	22
25	23/10	07h30	20	20/10	08h00	22
26	06/11	08h00	20	23/10	08h30	22
27	20/11	10h00	20	26/10	07h30	22
28				29/10	08h30	20

Fonte: Autora, 2024.

Ao comparar os ciclos produtivos, observa-se que em 2023 houve oito registros com transparência acima de 40 cm, enquanto em 2024 não houve nenhum. Por outro lado, os ciclos com transparência igual ou inferior a 25 cm foram mais frequentes em 2024 (16 ciclos) do que em 2023 (7 ciclos). Esses resultados indicam que o uso do bioestimulador promoveu benefícios diretos para o desempenho zootécnico dos peixes e a sustentabilidade do cultivo.

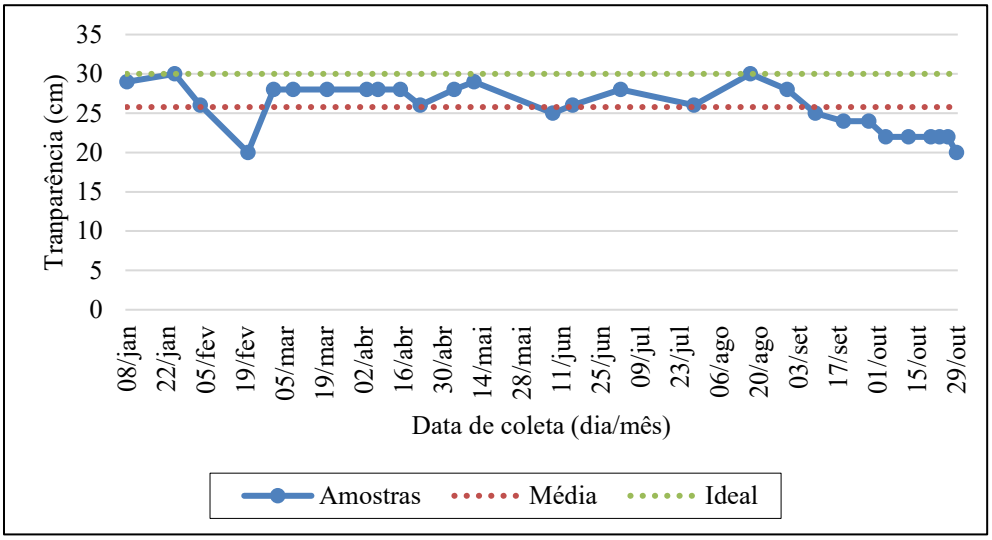
Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Figura 18 – Variação da transparência no ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

Figura 19 – Variação da transparência no ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

4.2 CONTROLE SANITÁRIO E BEM-ESTAR ANIMAL

Nesta seção, são apresentados os cuidados que foram tomados em relação a saúde dos peixes, como sinais de doenças e o controle da mortalidade. Como parte do controle zootécnico, foi realizado o acompanhamento biométrico semanal, com registros do ganho de peso, variação da biomassa e cálculo da conversão alimentar, parâmetros fundamentais para avaliar a eficiência do sistema e o bem-estar dos peixes ao longo do ciclo produtivo.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

4.2.1 Consumo De Ração

O consumo de ração é um dos principais indicadores de desempenho zootécnico em sistemas de produção aquícola, influenciando diretamente o crescimento dos peixes, a conversão alimentar e a viabilidade econômica do cultivo. A análise detalhada da quantidade de ração fornecida ao longo do ciclo permite avaliar a eficiência do manejo alimentar, identificar períodos de maior ou menor consumo e relacionar esses dados com fatores ambientais e fisiológicos dos animais (Rodrigues *et al.*, 2021).

A Taxa de Conversão Alimentar (TCA) indica a eficiência com que os peixes convertem o alimento em peso corporal, quanto mais próximo de 1, melhor, pois isso significa menor quantidade de ração consumida para cada unidade de peso ganho, refletindo maior eficiência produtiva e menor desperdício de alimento. Enquanto os autores Oliveira e Oliveira (2023), reporta TCA entre 1,8 e 2,0 em sistemas intensivos, na propriedade em estudo foram observados índices mais eficientes, com valores próximos de 1,0.

A conversão alimentar do período foi determinada pela razão entre a quantidade total de ração fornecida e o ganho de biomassa obtido no mesmo intervalo de tempo (Equação 9). Enquanto a ração acumulada foi calculada com base na divisão da ração acumulada ao longo do ciclo pelo ganho de peso acumulado dos peixes (Equação 10).

Os dados do ciclo de 2023 para a conversão alimentar do período e acumulada ao longo do tempo (Tabela 9) apresentou uma média de 3,22. No início do ciclo, até meados de abril, os peixes apresentaram um desempenho alimentar eficiente, com valores de conversão alimentar do período abaixo de 1,80 e uma média acumulada que se manteve abaixo de 1,10 até 5 de abril (Figura 20). Esse período foi marcado por ganhos consistentes de biomassa e boa resposta ao fornecimento de ração, como consequencia das condições ambientais favoráveis e bom manejo inicial.

No entanto, a partir do final de abril até julho, observou-se uma diminuição nos índices de conversão alimentar, com destaque para os dias 20 e 29 de abril, que apresentaram conversões de 2,58 e 1,99, respectivamente. Esse declíneo no valor do índice coincidiu com os meses de transição para o inverno, indicando que as variações de temperatura influenciaram negativamente o metabolismo dos peixes e, consequentemente, sua eficiência alimentar. Durante esse período, a conversão alimentar acumulada foi de 1,08 para 1,37. O impacto do inverno se tornou ainda evidente entre junho e julho, quando foram registrados em 30 de junho a redução de perda de biomassa de 0,15 e em 20 de julho de 20,00, mesmo com fornecimento de ração.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Tabela 9 – Dados de consumo de ração de conversão do ciclo de 2023

Período	Ração disponibilizada (kg)		Conversão alimentar (g)	
	Durante o período	Acumulada	Durante o período	Acumulada
08/02 a 25/02	1.120	1.120	0,81	0,81
26/02 a 06/03	1.670	2.790	1,24	0,95
07/03 a 16/03	1.250	4.040	0,83	0,91
17/03 a 25/03	1.930	5.970	1,61	1,05
26/03 a 05/04	1.880	7.850	1,79	1,17
06/04 a 20/04	2.560	10.410	1,02	1,08
21/04 a 29/04	3.220	13.630	2,58	1,30
30/04 a 10/05	2.390	16.020	1,99	1,37
11/05 a 20/05	3.080	19.100	1,37	1,38
21/05 a 30/05	2.000	18.377	1,60	1,21
31/05 a 10/06	1.640	28.047	0,84	1,06
11/06 a 30/06	2.230	22.247	3,51	1,26
01/07 a 10/07	130	22.377	-0,15	1,33
11/07 a 20/07	0	22.377	0,00	1,33
21/07 a 30/07	100	22.477	-20,00	1,34
31/07 a 10/08	900	23.377	1,69	1,35
11/08 a 20/08	1.050	24.427	1,81	1,37
21/08 a 30/08	1.450	25.877	1,02	1,34
31/08 a 10/09	1.530	27.407	1,02	1,42
11/09 a 20/09	2.015	29.422	0,88	1,36
21/09 a 30/09	2.370	31.792	37,61	1,47
01/10 a 10/10	2.530	34.322	0,75	1,37
11/10 a 20/10	3.100	37.422	12,97	1,48
21/10 a 30/10	3.660	41.082	0,97	1,42
31/10 a 19/11	3.620	44.702	1,46	1,42
20/11 a 30/11	4.150	53.452	11,76	1,52
01/12 a 09/12	5.150	58.602	1,89	1,55
10/12 a 14/12	4.100	62.702	17,37	1,65

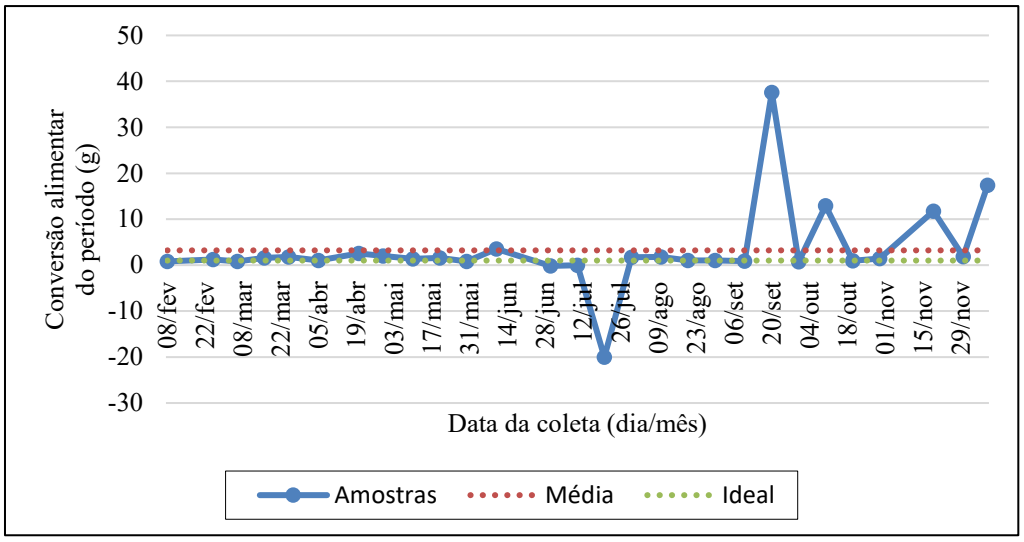
Fonte: Autora, 2025.

Apesar deste decréscimo na conversão alimentar, no final de setembro e em parte de outubro, quando as temperaturas voltaram a subir, os valores demonstraram que os peixes voltaram ao desempenho de conversão alimentar positivo, com 0,75 no dia 30 de setembro e 0,97 no dia 20 de outubro. No período final do ciclo ocorreram alguns picos de conversão alimentar de 12,97 no dia 10 de outubro, 11,76 no dia 19 de setembro e 17,37 no dia 09 de dezembro, indicando um desequilibrio, provavelmente devido ao estresse térmico residual ou à senescência dos peixes.

Ao final do ciclo, a conversão alimentar acumulada atingiu 1,65, valor relativamente elevado, refletindo um desempenho irregular ao longo do ciclo. Esses dados reforçam a necessidade de ajustes no manejo alimentar e de estratégias que mitiguem os efeitos das variações sazonais, especialmente durante os meses mais frios, para otimizar a eficiência produtiva.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Figura 20 – Oscilações da conversão alimentar ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

No ciclo de 2024 (Tabela 10), nos primeiros meses foram observados os melhores índices de eficiência alimentar, com uma média de 2,13 (Figura 21). O destaque foi o período de 11 de janeiro, cuja conversão alimentar do período foi de 0,66, o menor valor registrado em todo o ciclo. De acordo com Rodrigues *et al.* (2021), conversões alimentares próximas a 1,0 indicam um bom desempenho produtivo, refletindo bom estado de saúde dos peixes e condições ambientais favoráveis à alimentação e ao crescimento. Em 22 de janeiro e 31 de maio foi determinado a conversão de 0,88, refletindo um excelente aproveitamento da ração fornecida.

Observou-se desequilibrios entre os meses de julho e setembro. Nesse intervalo, foram registrados os maiores valores de conversão alimentar do período, atingindo 8,43 em 9 de agosto e 9,41 em 13 de setembro. Esses valores indicam um baixo aproveitamento da ração ofertada, evidenciado pela reduzida taxa de crescimento dos peixes em relação à quantidade de alimento fornecido.

Conforme destacado por Rodrigues *et al.* (2021), valores elevados de conversão alimentar estão comumente associados a práticas de superalimentação, presença de estressores térmicos, deficiências sanitárias ou inadequações no manejo alimentar. Diante da elevação atípica da conversão alimentar, adota-se como medida corretiva a redução imediata da quantidade de ração ofertada no período subsequente. Esse ajuste visa minimizar perdas e otimizar o consumo, permitindo a readequação da taxa de ingestão dos peixes às suas condições fisiológicas. Isso foi observado no ciclo analisado: após o pico de 8,43 em 9 de agosto, a redução da oferta alimentar refletiu em uma melhora expressiva na eficiência, com a conversão do

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

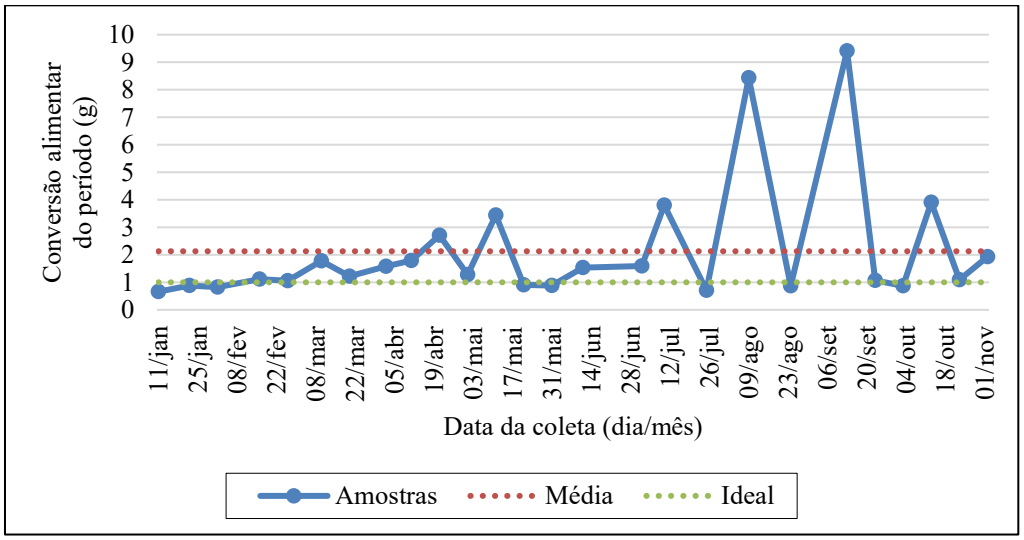
período caindo para 0,87 em 24 de agosto, demonstrando a eficácia da estratégia adotada.

Tabela 10 – Dados de consumo de ração de conversão do ciclo de 2024

Período	Ração disponibilizada (kg)		Conversão alimentar (g)	
	Durante o período	Acumulada	Durante o período	Acumulada
11/01 a 22/01	880	0,66	880	0,66
23/01 a 01/02	1.120	0,88	2.000	0,77
02/02 a 16/02	2.070	0,83	4.070	0,80
17/02 a 26/02	3.450	1,11	7.520	0,92
27/02 a 10/03	2.840	1,06	10.360	0,95
11/03 a 20/03	3.190	1,78	13.550	1,07
21/03 a 02/04	2.900	1,22	16.450	1,09
03/04 a 11/04	3.990	1,58	20.440	1,17
12/04 a 21/04	2.730	1,79	23.170	1,21
22/04 a 01/05	4.000	2,71	27.170	1,32
02/05 a 11/05	3.690	1,28	30.860	1,32
12/05 a 21/05	3.980	3,44	34.840	1,42
22/05 a 31/05	1.775	0,91	36.615	1,38
01/06 a 11/06	920	0,88	37.535	1,36
12/06 a 02/07	1.600	1,53	39.135	1,42
03/07 a 10/07	1.270	1,59	40.405	1,42
11/07 a 25/07	840	3,80	41.245	1,44
26/07 a 09/08	830	0,71	42.075	1,41
10/08 a 24/08	860	8,43	42.935	1,44
25/08 a 13/09	530	0,87	43.465	1,49
14/09 a 23/09	2.410	9,41	45.875	1,55
24/09 a 03/10	1.540	1,07	47.415	1,53
04/10 a 13/10	2.670	0,87	50.085	1,47
14/10 a 23/10	3.030	3,91	53.115	1,53
24/10 a 02/11	3.550	1,09	56.665	1,49
03/11 a 05/11	4.250	1,93	60.915	1,51

Fonte: Autora, 2025.

Figura 21 – Oscilações da conversão alimentar ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Apesar dessas oscilações pontuais, a conversão acumulada manteve-se em níveis satisfatórios na maior parte do ciclo. O valor inicial de 0,66 foi se elevando gradualmente, atingindo 1,51 ao final do período de análise. Esses valores estão dentro da faixa esperada para sistemas semi-intensivos, indicando, de maneira geral, um bom aproveitamento da ração ofertada.

A comparação entre os ciclos de 2023 e 2024 evidencia diferenças marcantes na eficiência alimentar dos peixes ao longo do cultivo. No ciclo de 2023, houve um início favorável, com conversões alimentares abaixo de 1,80 até o início de abril e conversão acumulada de 1,08 no dia 5 de abril. Contudo, em meados de abril, observou- se um decréscimo significativo no desempenho alimentar, com baixas conversões como em 30 de junho de 0,15 (-0,15) e em 20 de julho de 20,00 (-20,00). Esses resultados refletiram a perda de biomassa, mesmo com oferta contínua de ração, e impactaram negativamente o desempenho geral, resultando em uma conversão acumulada de 1,65 ao final do ciclo, evidenciando um manejo alimentar pouco eficiente.

Em contrapartida, o ciclo de 2024 apresentou maior estabilidade e melhores índices de aproveitamento nutricional nos meses iniciais. Mesmo diante de picos de conversão elevados entre agosto e setembro, como 8,43 no dia 9 de agosto e 9,41 no dia 13 de setembro, o sistema respondeu de forma eficiente a correções no manejo, refletindo rapidamente em melhorias, como o valor de 0,87 registrado no dia 03 de outubro. Ao término do ciclo, a conversão acumulada foi de 1,51, inferior à do ciclo anterior, com variações mais controladas, o que sugere que o bioestimulador contribuiu para maior resiliência e melhor desempenho zootécnico geral.

Além disso, os dados sugerem que o bioestimulador pode ter contribuído para uma maior resiliência fisiológica dos peixes diante de desafios ambientais, permitindo respostas mais rápidas e eficientes a ajustes nutricionais. Embora, em ambos os ciclos tenham registrado picos de ineficiência, o uso do bioestimulador possibilitou um controle mais efetivo da conversão alimentar nos momentos críticos.

4.2.2 Mortalidade

As causas mais frequentes de mortalidade estiveram associadas a fatores de manejo inadequado, oscilações nos parâmetros de qualidade da água e estresse ambiental. Os registros diários de mortalidade dos peixes ao longo do ciclo de 2023 (Tabela 11) demonstram que ocorreram dois períodos críticos com maior incidência de mortes: o início do ciclo, em

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

janeiro, e os meses de inverno, especialmente junho e julho. Em janeiro, entre os dias 13 e 16, foram 685 mortes registradas. Esse pico inicial está relacionado ao estresse pós-transferência, adaptação ao novo ambiente e alterações na qualidade da água, comuns no início do cultivo intensivo.

Tabela 11 – Registro de mortalidade dos peixes ciclo de produção 2023

Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1		0	2	0	0	5	166	4	12	0		1
2		0	1	0	1	11	105	2	0	1	0	2
3		0	2	0	0	3	74	6	9	1	0	1
4		0	0	0	0	4	57	0	23	2	0	0
5		1	1	0	0	2	27	0	7	1	2	2
6		0	0		0	2	15	1	20	1	0	1
7		0	0	0	0	2	4	3	16	0	0	1
8		0	1	0	0	3	4	5	22	0	0	0
9		0	0	1	0	2	8	1	18	1	0	1
10		0	0	2	0	4	1	1	3	2	0	1
11		0	1	0	0	4	5	4	43	0	2	0
12		1	0	1	2	0	1	1	15	1	2	1
13	23	0	1	2	0	1	3	0	12	0	0	2
14	255	0	0	0	0	0		0	13	1	2	12
15	303	0	1	2	0	3	1	3	10	0	2	
16	102	0	1		0	1	1	0	9	1	4	
17	0	0	0		0	1	0	0	6	1	2	
18	10	0	0		0	3	1	1	0	2	6	
19	1	0	1	6	0	4	2	0	12	0	1	
20	1	0	0	1	4	12	2	0	12	0	2	
21	2	0	0	4	0	11	2	2	4	0	0	
22	0	0	0	1	0	14	2	1	2	0	1	
23	1	0	1	0	1	28	0	1	2	0	0	
24	0	0	0	2	0	29	4	7	1	0	0	
25	2	0	0	1	4	24	2	0	0	1	0	
26	0	2	0	0	2	26	0	2	2	2	1	
27	1	0	0	0	0	50	5	4	0	2	2	
28	0	2	1	0	2	50	1	2	0	0	1	
29	0		0	0	5	95	0	2	0	0	0	
30	0		0	1	3	110	0	3	0	0	0	
31	0		0		2	5	2	10		0		
Total	**701**	**6**	**14**	**24**	**26**	**509**	**495**	**66**	**273**	**20**	**30**	**25**

Fonte: Autora, 2025.

O segundo momento crítico ocorreu entre os dias 20 de junho a 06 de julho, quando houve um aumento súbito e contínuo das mortes, totalizando 898 mortes. Durante esse período, os animais foram diagnosticados com infecção por *Streptococcus*, uma bactéria oportunista que se prolifera em condições de estresse e baixa temperatura. Essa infecção bacteriana agravou-se com as condições típicas do inverno, comprometendo o sistema imunológico dos peixes e elevando os índices de mortalidade. Os dados apontam que o impacto

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

do surto deu início no dia 20 de junho e se estendeu até dia 7 de julho.

Nos meses intermediários, como março, abril e maio, os índices de mortalidade foram significativamente mais baixos, indicando um período de maior estabilidade no cultivo, com condições ambientais mais favoráveis e bom desempenho zootécnico. Contudo, picos pontuais em setembro sugere que ainda ocorreram desafios pontuais de manejo ou saúde.

No ciclo de 2024 (Tabela 12) o mês de janeiro registrou entre 02 a 11 de janeiro 1182 mortes, indicando o estresse de início de manejo de ciclo, quando os peixes ainda estão em fase de adaptação ao ambiente.

Tabela 12 – Registros de mortalidade dos peixes ciclo de produção 2024

Dia	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1		0	0	1	0	0	1	0	5	3	1	2
2		34	0	0	0	0	2	0		4	0	0
3		120	1	0	0	0	2	0	6	7	0	0
4		128	0	0	3	0	0	18	2	5	1	2
5		103	0	1	0	0	6	13	1	9	1	0
6		134	2	0	0	0	5	7	8	6	1	
7		185	0	0	0	0	2	0	6	3	0	
8		180	0	5	0	0	4	30	7	4	0	
9		218	0	0	1	0	6	0		4		
10		65	1	0	0	0	9	0	6	4	0	
11		15	2	0	1	0	5	30	0	3	1	
12		1	1	0	0	2	5		0	7	0	
13		0	2	0	0	1	7	4	1	4	0	
14		0	1	0	0	1	7		2	3	1	
15		0	1	0	1	0	10	6	3	0	1	
16		0	3	1	0	6	8		4	1	1	
17		2	2	2	0	5	11	35	4	2	0	
18		0	4	0	0	2	17		3	1	1	
19		0	0	0	0	0	5	4	3	0	1	
20		0	0	0	0	0	7	19	4	0	0	
21		0	0	0	2	0	37	3	2	1	2	
22		2	0	0	0	1	43	20	4	0	1	
23		0	0	0	0	1	23	16	16	1	0	
24		0	0	0	0	2	18	10	8	1	2	
25		0	0	0	0	0	9	7	3	3	1	
26		0	0	1	0	2	23	12	1	1	1	
27		1	1	2	1	0	8	7	4	0	2	
28		1	0	1	0	0	9	6		1	0	
29	9	1	0	0	0	0	0	1	5	0	1	
30	15	1		0	1	1	0	7	5	0	2	
31	18	0		0	0	1	1	8	6		1	
Total	**42**	**1191**	**21**	**14**	**10**	**25**	**290**	**263**	**119**	**78**	**23**	**4**

Fonte: Autora, 2025.

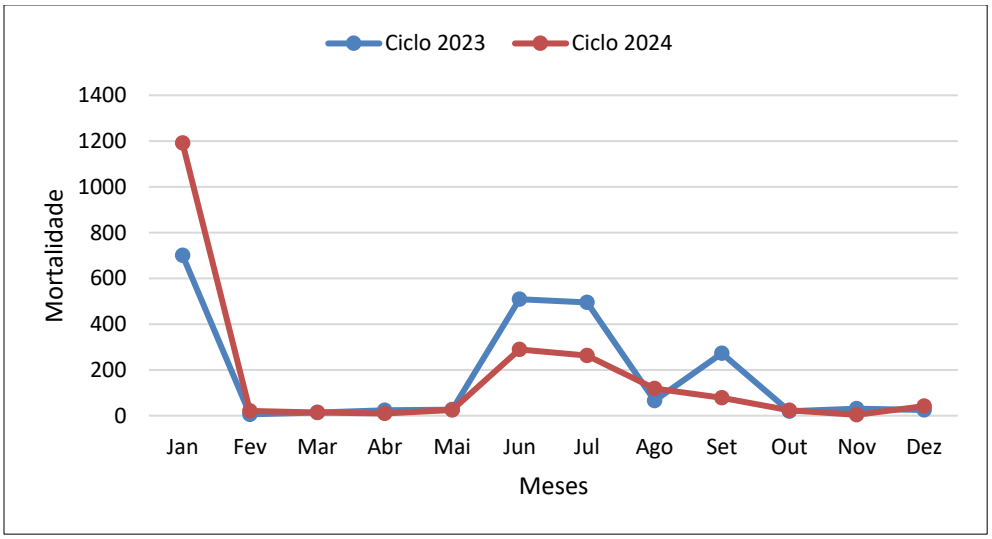
A partir da segunda quinzena de janeiro, os índices de mortalidade diminuem gradativamente, mantendo-se baixos até o final de maio. No entanto, durante os meses de junho,

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

julho e agosto, ocorre um aumento de mortandade ocasionada pelas baixas temperatura do inverno. Nos últimos meses do ano (setembro a novembro), as taxas de mortalidade tornam-se mais estáveis e com números significativamente reduzidos, indicando a adaptação do lote remanescente e a estabilidade do sistema de cultivo.

A Figura 22 apresenta a comparação entre os valores de mortandade dos peixes apresentado nos ciclos produtivos de 2023 e 2024, e nota-se que o uso do bioestimulador contribuiu para um cultivo mais resiliente, com melhor resposta dos peixes ao estresse ambiental, refletindo em menores perdas e maior previsibilidade na produção.

Figura 22 – Mortalidade



Fonte: Autora, 2025

4.2.3 Biometria

O Quadro 8 apresenta informação geral dos lotes durante os ciclos de produção. Observa-se que o lote do ciclo de 2023 iniciou com um total de 53.341 alevinos, com peso médio inicial de 10 g (0,010 Kg), totalizando uma biomassa de 563 kg. Durante o período de alojamento, ocorreu uma mortalidade de 2.189 peixes, que corresponde a 4,10%, resultando em 51.152 peixes. E o lote de peixes do ciclo de 2024 iniciou com 53.950 alevinos, com peso médio inicial de 46 g (0,046 Kg), resultando em uma biomassa total de 2.313,57 kg. Durante o período de alojamento, ocorreu uma mortalidade de 2.080 peixes, que corresponde a 3,58%, o que resultou em um número inicial de 51.870 peixes para o acompanhamento.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Quadro 8 – Informação geral do ciclo de produção 2023 e 2024

Ciclo	Número de alevinos	Peso médio inicial (g)	Biomassa total inicial (kg)	Mortalidade		Número de peixes no final do ciclo
				Indivíduos	(%)	
2023	53.341	10	563,00	2.189	4,10	51.152
2024	53.950	46	2.313,57	2.080	3,85	51.870

Fonte: Autora, 2025.

Quanto a análise do ganho de peso diário dos peixes, foi determinado pela média ponderada dos pesos dos peixes caputurados (Equação 4). No ciclo de 2023 (Tabela 13) observa-se que os peixes apresentaram um crescimento expressivo, com o peso médio inicial (primeira biometria) de 39 g (0,039 Kg) em 08 de fevereiro, atingindo 0,788 kg ao final do monitoramento, em 09 de dezembro. Esse aumento corresponde a um ganho de 0,749 kg/peixe.

Tabela 13 – Informações de biometria semanal dos peixes do ciclo 2023

Data	Saída de peixes	Peixes capturados	Peso médio (kg)	Ganho de peso diário (g)	Biomassa total (kg)	Ganho de biomassa (kg)	
						Diária	Acumulada
08/02	50.027	170	0,039	1,11	1.951	1.388	1.388
25/02	50.026	190	0,066	1,59	3.301	1.352	2.938
06/03	50.016	202	0,096	3,33	4.801	1.500	4.438
16/03	50.012	470	0,120	2,40	6.001	1.200	5.638
25/03	50.009	223	0,141	2,33	7.051	1.050	6.688
05/04	50.008	170	0,191	4,54	9.551	2.500	9.188
20/04	49.993	166	0,216	1,66	10.798	1.247	10.435
29/04	49.984	293	0,240	2,66	11.996	1.197	11.633
10/05	49.982	204	0,285	4,09	14.245	2.249	13.882
20/05	49.980	254	0,310	2,50	15.494	1.249	15.131
30/05	49.962	201	0,347	3,70	17.337	184	16.974
10/06	49.923	240	0,360	1,18	17.972	635	17.609
30/06	49.566	170	0,345	-0,75	17.100	-862	16.747
10/07	49.052	167	0,348	0,30	17.070	-29	16.718
20/07	49.037	157	0,348	0,00	17.065	-5	16.713
30/07	49.019	180	0,359	1,10	17.597	532	17.245
10/08	48.995	207	0,371	1,09	18.177	580	17.825
20/08	48.985	184	0,400	2,90	19.594	1.417	19.242
30/08	48.964	179	0,400	0,00	19.585	-9	19.233
10/09	48.819	170	0,448	4,36	21.871	2.286	21.519
20/09	48.636	180	0,451	0,003	21.934	63	21.582
30/09	48.613	181	0,520	6,90	25.276	3.345	24.927
10/10	48.606	272	0,525	0,50	25.518	239	25.166
20/10	48.998	166	0,603	7,80	29.305	1.787	28.953
30/10	48.589	164	0,654	5,10	31.777	2.472	31.425
19/11	48.566	172	0,727	3,65	35.307	353	24.955
30/11	48.558	155	0,783	5,09	38.021	2.714	37.669
09/12	48.550	95	0,788	0,56	38.257	236	37.909

Fonte: Autora, 2025.

De acordo com Oliveira e Oliveira (2023) os valores ideais de ganho de peso

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

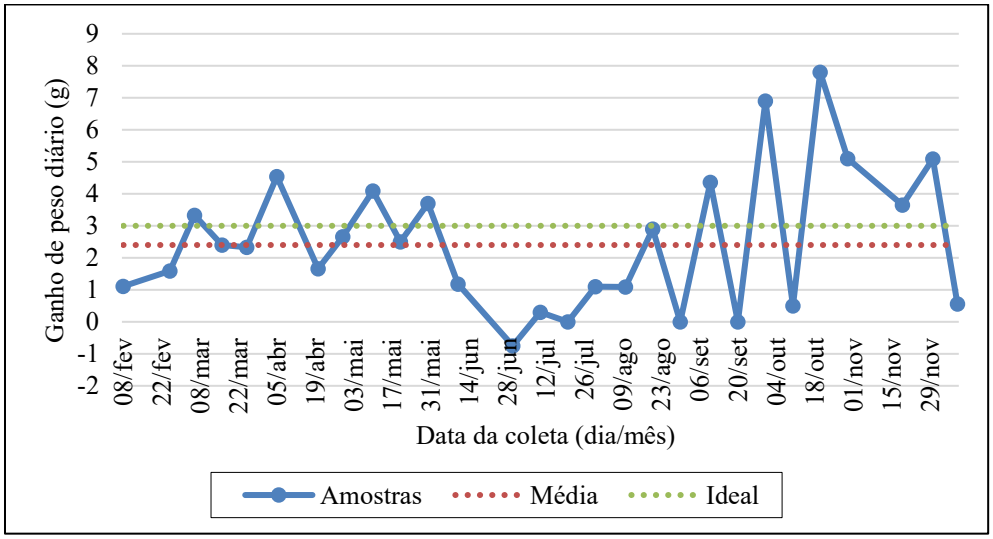
diário para alevinos de tilápia variam entre 5 e 7 g por peixe, com objetivo de alcançar peso final entre 2,0 e 3,0 kg. A propriedade analisada, adota o valor para os ganhos diários de 2 a 3 g, resultando em um peso médio final de aproximadamente 700 g, atendendo os objetivos produtivos estabelecidos para o ciclo.

O maior ganho de peso diário foi observado em 10 de outubro, com 7,8 g/dia, marcando o ápice da fase de crescimento, quando os peixes apresentaram maior eficiência de conversão alimentar. No entanto, nos meses seguintes, os valores apresentaram queda gradual, como em 19 de novembro com valor de 3,65 g/dia e 9 de dezembro com valor de 0,56 g/dia. Essa redução pode estar associada à aproximação da fase de maturidade dos peixes e menor taxa metabólica.

Percebe-se que ao longo do ciclo, também foram registrados períodos de queda no ganho de peso diário, incluindo perda de peso (valores negativos) ou estagnação (zero), conforme indicado no dia 30 de junho (-0,75 g/dia), 10 de julho (-0,29 g/dia), e em 20 de julho, foi nulo (0,00 g/dia). É provável que os peixes tenham apresentado este comportamento no peso devido ao estresse térmico causado pelo inverno, que afeta o metabolismo dos peixes. Após esse período de desaceleração, os peixes apresentaram valores positivos de ganho de peso diário.

Considerando que o valor ideal de ganho diário é de 3 gramas por peixe, o lote de 2023 apresentou uma média de 2,4 gramas por dia (Figura 23), indicando um desempenho próximo ao esperado, porém com margem para melhorias.

Figura 23 – Evolução do ganho de peso diário dos peixes do ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

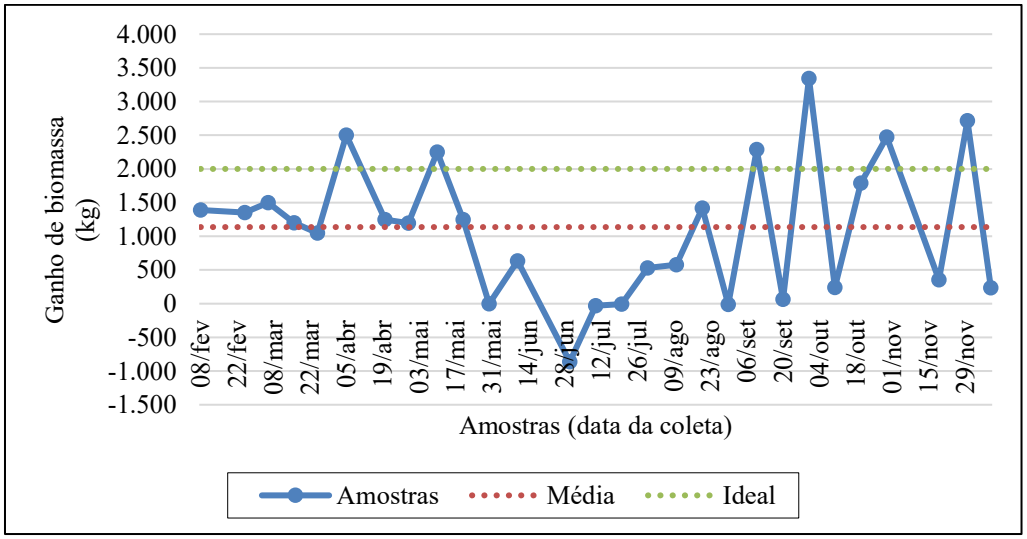
Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

A biomassa total foi calculada pela multiplicação do número de peixes pelo peso médio (Equação 5) enquanto o ganho de biomassa foi a diferença entre a biomassa total anterior e a calculada (Equação 6).

Os valores ideais de ganho de biomassa diária em sistemas intensivos de piscicultura de tilápia variam entre 4.500 e 4.600 kg/ha, segundo Oliveira e Oliveira (2023). Alcançar um ganho próximo a esse valor indica uma produção eficiente, evidenciando um crescimento coletivo satisfatório dos peixes e um uso adequado dos recursos disponíveis. No entanto, na propriedade em estudo, adota-se como parâmetro uma biomassa final entre 2.000 e 2.500 kg/ha, valor inferior ao recomendado pelo autor, porém compatível com a estratégia de manejo empregada.

O ciclo de 2023 (Figura 24) apresentou um valor médio de 1.137 kg. Nota-se que ganho de biomassa ao longo do ciclo teve oscilações, refletindo diretamente as condições de manejo, alimentação e ambiente. Nos primeiros meses do ciclo, observa-se um crescimento constante da biomassa, com valores elevados em 5 de abril (2.500 Kg) e em 10 de maio (2.249 Kg), indicando um período favorável ao desenvolvimento dos peixes. O pico máximo do ciclo foi registrado em 30 de setembro, com 3.345 kg, demonstrando um momento de alta eficiência produtiva, possivelmente associado ao auge da fase de crescimento.

Figura 24 – Evolução do ganho de biomassa dos peixes do ciclo de produção 2023



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2023.

Por outro lado, o ciclo também apresentou períodos de perda de biomassa, como observado em 30 de junho, quando houve uma redução de 862 kg, 10 de julho com -29 kg, 20 de julho com perda de 5 kg e 30 de agosto com diminuição de 9 kg. Essas perdas sugerem

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

impactos negativos no desempenho do cultivo, relacionados à mortalidade dos peixes e ao estresse causado por condições ambientais mais rigorosas durante o inverno.

Apesar dessas reduções pontuais, o sistema apresentou sinais de recuperação, com aumentos expressivos na biomassa em datas posteriores, como em 10 de setembro com acréscimo de 2.286 kg, 20 de outubro com ganho de 1.787 kg e 30 de outubro com crescimento de 2.472 kg, demonstrando a eficácia de medidas corretivas adotadas ao longo do processo. Enquanto no encerramento do ciclo, o ganho de biomassa foi mais discreto, como observado em 9 de dezembro, com incremento de apenas 236 kg, possivelmente refletindo o fim da fase de crescimento e desaceleração natural do crescimento dos peixes.

Ao longo do ciclo de 2024 (Tabela 14), os ganhos de peso diário mantiveram-se em níveis satisfatórios durante diversas fases, como em 20 de março com valores de 4,50 g/dia e 2 de abril com 3,69 g/dia, refletindo a boa resposta dos peixes às condições de manejo. A partir de maio, no entanto, observou-se uma tendência de queda gradual, com registros de 2,00 g/dia entre 31 de maio e 11 de junho. Essa desaceleração foi mais acentuada nos meses seguintes, chegando a 0,62 g/dia em 10 de julho (Figura 24). A menor taxa do ciclo foi observada em agosto, período que marcou a transição para um crescimento negativo.

Entre os meses de junho e agosto, observou-se uma redução significativa no ganho de peso diário dos peixes, com valores de apenas 0,86 g/dia em 2 de julho e 0,02 g/dia em 9 de agosto, culminando em uma perda de peso de 0,07 g/dia em 24 de agosto. Esses resultados indicam a presença de fatores estressantes que afetaram negativamente o desempenho zootécnico dos animais, sendo a queda de temperatura o principal deles. Temperaturas mais baixas impactam diretamente o metabolismo dos peixes e reduzem o consumo alimentar, comprometendo o crescimento.

A partir de setembro, entretanto, foi possível observar uma recuperação no desempenho, com destaque para o período de 23 de setembro a 3 de outubro, quando o ganho de peso diário atingiu 5,90 g/dia. Outro avanço importante ocorreu entre 23 de outubro e 2 de novembro, com um dos maiores valores do ciclo, chegando a 6,30 g/dia. Os resultados obtidos na fase final do ciclo demonstram a eficácia do bioestimulador na retomada do crescimento, indicando seu papel relevante na recuperação da taxa de ganho de peso e na estabilidade produtiva do cultivo.

O ganho de biomassa do ciclo de 2024 nos primeiros meses em 1º de fevereiro foi de 2.476 kg, em 16 de fevereiro de 3.108 kg e em 2 de abril de 2.527 kg (Figura 25) indicam um bom desenvolvimento do lote, possivelmente favorecido pela aplicação do bioestimulador, que contribuiu para o aumento da eficiência alimentar e para a melhoria nas taxas de

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

crescimento. Ocorreram dois momentos de pico, um em 3 de outubro, com um acréscimo de 3.056 kg de biomassa e outro em 23 de outubro de 3.261 kg, indicando que o sistema apresentou recuperação vigorosa nas fases finais do cultivo.

Tabela 14 – Informações de biometria semanal dos peixes do ciclo de 2024

Data	Saída de peixes	Peixes capturados	Peso médio (kg)	Ganho de peso diário (g)	Biomassa total (kg)	Ganho de biomassa (kg)	
						Diária	Acumulada
11/01	52.726	235	0,069	1,64	3.638	1.325	1.325
22/01	52.708	197	0,093	2,18	4.902	1.264	2.589
01/02	52.707	190	0,140	4,70	7.378	2.476	5.065
16/02	52.692	315	0,199	3,93	10.486	3.108	8.173
26/02	52.683	162	0,250	5,10	13.170	2.684	10.857
10/03	52.675	202	0,284	2,60	14.959	1.789	12.646
20/03	52.672	207	0,329	4,50	17.329	2.370	15.016
02/04	52.668	162	0,377	3,69	19.856	2.527	17.543
11/04	52.665	137	0,406	3,22	21.382	1.526	19.069
21/04	52.663	193	0,434	2,80	22.856	1.474	20.543
01/05	52.659	200	0,489	5,50	25.750	2.894	23.437
11/05	52.659	207	0,511	2,20	26.980	1.158	24.595
21/05	52.642	170	0,548	3,70	28.848	1.940	26.535
31/05	52.635	199	0,568	2,00	29.897	1.048	27.584
11/06	52.596	190	0,568	2,00	29.875	1.044	27.580
02/07	52.344	148	0,586	0,86	30.674	799	28.379
10/07	52.276	118	0,591	0,62	30.895	221	28.600
25/07	52.129	158	0,615	1,60	32.059	1.164	29.764
09/08	52.040	162	0,618	0,02	32.161	102	29.866
24/08	51.982	208	0,607	-0,07	31.553	608	29.258
13/09	51.891	150	0,613	0,03	31.809	256	29.514
23/09	51.879	166	0,641	2,80	33.254	1.445	30.959
03/10	51.871	155	0,700	5,90	36.310	3.056	34.015
13/10	51.867	195	0,715	0,15	37.085	775	34.790
23/10	51.859	149	0,778	6,30	40.346	3.261	38.051
02/11	51.859	100	0,821	4,30	42.566	2.200	40.271

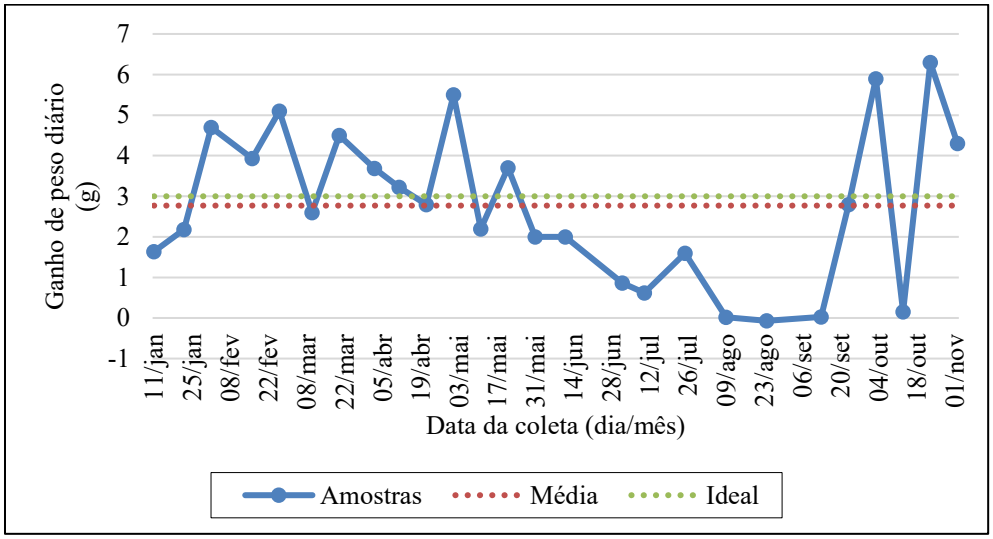
Fonte: Autora, 2025.

Por outro lado, entre julho e agosto, os ganhos de biomassa foram mais modestos, com registros de apenas 799 kg em 2 de julho e 221 kg em 10 de julho. Apesar de ainda positivos, esses valores refletem uma desaceleração no acúmulo de peso total, condizente com os menores ganhos de peso diário observados nesse mesmo período no ciclo de 2023. Em 24 de agosto, o ganho de biomassa voltou a aumentar com valor de 608 kg, indicando os primeiros sinais de retomada do desempenho produtivo. A partir de setembro, essa recuperação se intensificou, com ganhos progressivos até o pico de outubro. No encerramento do ciclo, em 2 de novembro, o ganho foi de 2.200 kg, o que confirma uma fase final produtiva e eficiente. Esses resultados demonstram que, mesmo com oscilações ao longo do ciclo, a adoção do bioestimulador contribuiu para manter níveis satisfatórios de produção e para otimizar a

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

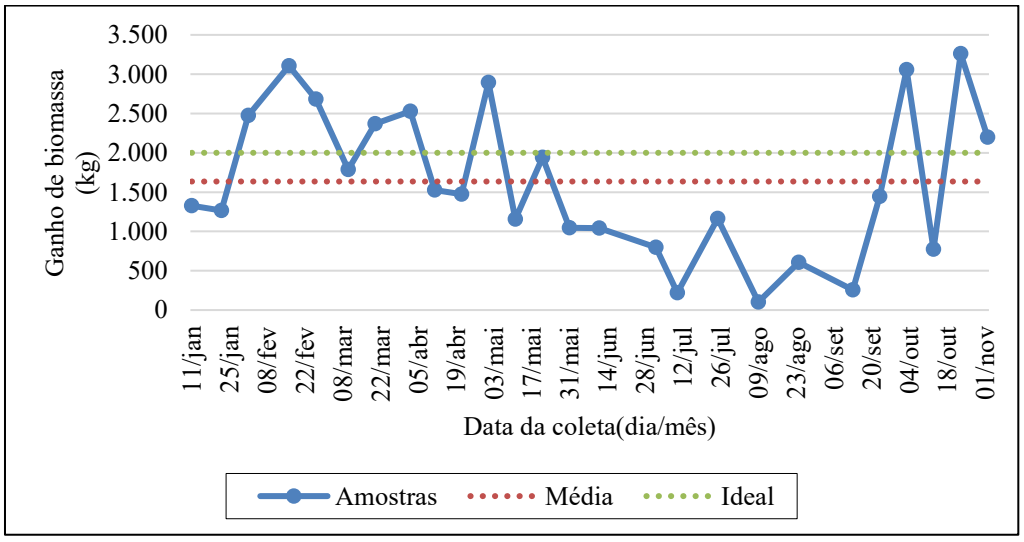
recuperação nos momentos críticos, garantindo maior estabilidade à biomassa acumulada.

Figura 25 – Evolução do ganho de peso diário dos peixes do ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

Figura 26 – Evolução do ganho de biomassa dos peixes do ciclo de produção 2024



Fonte: Autora, 2025.
Nota: Dados coletados no ciclo de 2024.

A comparação entre os ciclos de 2023 e 2024 revelou diferenças significativas no desempenho dos peixes. Ambos os ciclos apresentaram oscilações no ganho de peso e na biomassa, mas o uso do bioestimulador no ciclo de 2024 resultou em ganhos mais expressivos em algumas fases. A maior eficiência de crescimento observada no ciclo de 2024 foi refletida nas taxas mais altas de ganho de biomassa, com um valor médio de 1.635 kg, enquanto no ciclo de 2023 o valor médio foi de 1.102 kg. No entanto, assim como no ciclo de 2023, houve uma

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

desaceleração do crescimento durante os meses mais frios, com recuperação gradual após o período adverso. Vale ressaltar que, no ciclo de 2023, foram observados vários valores negativos no ganho de biomassa, enquanto no ciclo de 2024 não houve nenhum valor negativo.

A queda nas taxas de crescimento durante os meses de inverno, observada em ambos os ciclos, indica a necessidade de estratégias de manejo que minimizem os efeitos do estresse térmico e melhorem a conversão alimentar, especialmente nas fases de crescimento mais lento. Em 2023, também foram registrados valores negativos de ganho de peso diário, enquanto no ciclo de 2024 houve apenas um valor negativo, o que indica uma melhoria significativa no desempenho geral, atribuída principalmente ao uso do bioestimulador.

4.3 ANÁLISE DOS CICLOS

A comparação entre os ciclos de produção aquícola 2023 e 2024 revelou melhorias expressivas na qualidade da água, desempenho zootécnico e sanidade dos peixes com o uso do bioestimulador.

Em relação à amônia, embora o ciclo de 2024 tenha apresentado um pico pontual de 1,0 mg/L em 15 de abril devido a condição climática adversa, os níveis se mantiveram significativamente mais baixos durante a maior parte do ciclo. Ocorreram apenas 5 medições com valores iguais ou superiores a 0,25 mg/L, contra 15 no ciclo de 2023, o que representa uma redução de 66,7% nas concentrações críticas desse composto tóxico, sendo que os valores ideais para amônia total são inferiores a 0,5 mg/L (Cavero *et al.,* 2004).

O pH se manteve mais estável em 2024, variando entre 7,0 e 7,5, enquanto em 2023 houve registros tão baixos quanto 6,4, o que pode ter prejudicado a atividade microbiológica e aumentado a toxicidade da amônia. Os valores ideais de pH para sistemas aquícolas ficam entre 6,5 e 8,5 (Boyd, 1998; Kubitza, 2003).

Os valores da alcalinidade do ciclo 2023 foi entre 53,52 e 62,44 mg/L enquanto os valores do ciclo 2024 foi entre 71,36 e 98,12 mg/L, indicando que o uso do bioestimulador aumentou em aproximadamente 35% o valor deste parâmetro. Em ambos os casos, o alcalinidade total esteve dentro do intervalo ideal de 40 a 120 mg/L (Kubitza, 2003).

No que se refere ao nitrito, ambos os ciclos apresentaram picos de 2,8 mg/L, mas o número de registros acima de 1,0 mg/L foi menor em 2024 (6 ocorrências) do que em 2023 (11 ocorrências), o que representa uma redução de 45,5%. Além disso, a recuperação dos níveis de nitrito foi mais rápida no ciclo com bioestimulador, demonstrando maior eficiência no

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

controle desse parâmetro, tendo em conta que valores ideais para nitrito são inferiores a 0,5 mg/L (Fernícola *et al.,* 1981).

Apesar dos níveis iniciais de oxigênio dissolvido serem mais baixos em 2024 (com médias entre 2,4 e 3,0 mg/L), houve uma recuperação progressiva, atingindo 7,5 mg/L em agosto. Em comparação, o ciclo de 2023 apresentou valores mais elevados no início, com picos de até 8,3 mg/L e oscilação de valores durante o período. A média geral de oxigênio foi cerca de 31% menor em 2024 no início do ciclo, mas a tendência de estabilização foi positiva ao longo do tempo, pois os valores ideais para oxigênio dissolvido em piscicultura de tilápia estão entre 5 e 7 mg/L (Senar, 2017).

A transparência da água, por outro lado, foi cerca de 30% menor no ciclo com bioestimulador (média de 25–30 cm) em relação ao ciclo sem (36–49 cm), refletindo maior atividade microbiana e presença de matéria orgânica em suspensão, um efeito esperado e controlado do bioestimulador, uma vez que os valores ideais de transparência para sistemas aquícolas são inferiores a 30 unidades (Lima, 2013).

Do ponto de vista zootécnico, a conversão alimentar acumulada foi menor em 2024, encerrando o ciclo com 1,51 contra 1,65 em 2023, uma melhoria de 8,5% na eficiência de aproveitamento da ração. Vale destacar que para conversão alimentar, o valor ideal é próximo de 1, indicando máxima eficiência no aproveitamento da ração. Os maiores picos de ineficiência alimentar que foram registrados em 2023, incluíram valores extremos e negativos (-20,00), enquanto em 2024, apesar de dois picos elevados (8,43 e 9,41), houve recuperação rápida com retorno a valores satisfatórios (0,87) no período subsequente.

A mortalidade total também foi menor no ciclo com bioestimulador, 2.080 peixes mortos (3,58%) contra 2.189 (4,10%) em 2023, o que representa uma redução absoluta de 4,98% e uma diminuição percentual de 12,7%. Além disso, enquanto 2023 registrou surtos infecciosos severos, como infecção por Streptococcus durante o inverno, o ciclo de 2024 não apresentou nenhuma doença infecciosa significativa, demonstrando maior estabilidade sanitária e melhor capacidade de resposta fisiológica dos peixes.

Quanto ao crescimento, os peixes de 2023 iniciaram o ciclo com peso médio de 0,010 kg e encerraram com 0,788 kg, enquanto em 2024 começaram com 0,046 kg e atingiram 0,821 kg. O ganho diário ideal de peso para tilápias em piscicultura é de cerca de 3 g por peixe, e isso está próximo do desempenho observado. Portanto, em 2024, o ganho de peso final por peixe foi 4,2% superior.

Em termos de biomassa total acumulada, o ciclo com bioestimulador produziu 40.271 kg, contra 37.909 kg em 2023, um aumento de 6,2%. O ganho ideal de biomassa diária

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

em sistemas aquícolas é aproximadamente 2.000 kg durante o ciclo todo, sendo que o ganho médio de biomassa por avaliação foi de 1.102 kg em 2023 e 1.635 kg em 2024, refletindo um crescimento 48,4% mais eficiente ao longo do tempo.

Adicionalmente, os valores negativos de ganho de biomassa, frequentes em 2023, foram totalmente ausentes em 2024. O ciclo com bioestimulador apresentou melhor desempenho nas fases críticas, especialmente no inverno, mostrando que o produto contribuiu para um ambiente mais equilibrado e para a mitigação dos efeitos adversos das variações climáticas.

Em resumo, apesar das condições do ciclo de produção 2023 terem ocorrido em um viveiro operando pela primeira vez, o uso do bioestimulador, no ciclo de 2024, trouxe benefícios consistentes e mensuráveis, como melhor qualidade da água, maior eficiência alimentar, menor mortalidade, maior estabilidade sanitária e desempenho produtivo mais robusto, mesmo sob condições desafiadoras. Tais resultados indicam que o bioestimulador é uma tecnologia eficaz para aumentar a sustentabilidade, produtividade e previsibilidade dos sistemas aquícolas intensivos.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

5 CONCLUSÃO

Por meio das análises de qualidade da água (temperatura, pH, amônia, nitrito, alcalinidade total, oxigênio dissolvido e transparência da água) e do controle sanitário e bem-estar animal (mortalidade e biometria) é possível afirmar que a aplicação do bioestimulador contribuiu significativamente para a redução das concentrações de amônia no viveiro estudado, mitigando seus efeitos tóxicos, promovendo o equilíbrio químico e biológico do ambiente aquático e, consequentemente, melhorando o bem-estar animal e a produtividade do sistema de cultivo.

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água ao longo dos ciclos 2023 e 2024, permitiu identificar como a qualidade da água sofre alteração ao longo do ciclo, em um viveiro de primeira operação sem adição de bioestimulador (ciclo 2023) e durante a segunda operação, com adição de bioestimulador (ciclo 2024).

Observou-se que o ciclo de 2024 apresentou uma redução de 66,7% nos eventos com níveis críticos de amônia ($\geq$ 0,25 mg/L), além de valores de pH mais estáveis e adequados à atividade microbiológica, que favorecem os processos de nitrificação. A alcalinidade também se manteve mais constante, com valores dentro da faixa ideal (entre 40 e 120 mg/L), enquanto o ciclo de 2023 teve registros de até 30 mg/L, comprometendo a capacidade de tamponamento da água. O bioestimulador demonstrou ainda papel importante na melhoria da conversão alimentar, com redução de 8,5% na conversão acumulada, e na redução da mortalidade, que caiu de 4,10% para 3,85%.

A análise dos efeitos colaterais sobre a saúde dos peixes evidenciou que o ciclo 2024 apresentou menor incidência de doenças, sem surtos infecciosos, enquanto no ciclo 2023, foi registrado um surto de Streptococcus em pleno inverno. Isso sugere que o ambiente bioquimicamente mais equilibrado favoreceu a resposta imunológica dos peixes e reduziu o estresse ambiental.

A análise da conversão da ração em proteína indicou que o uso do bioestimulador contribuiu para aumentar a eficiência alimentar e a estabilidade do crescimento mesmo em períodos críticos como o inverno, reduzindo perdas produtivas e melhorando a previsibilidade do cultivo. A biomassa final acumulada foi 6,2% superior no ciclo 2024, com ganhos médios de biomassa 48,4% maiores por ponto de avaliação.

Ao longo dos ciclos produtivos, percebeu-se que a flutuação dos níveis de oxigênio dissolvido e nitrito requer monitoramento constante e intervenções rápidas, como a utilização estratégica de aeradores para prevenir zonas hipóxicas e melhorar a eficiência da

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

nitrificação. Ademais, a variação na alcalinidade também reforça a necessidade de ajustes regulares na composição química da água, assegurando a estabilidade do pH e minimizando riscos ambientais.

A melhoria nas condições de cultivo, proporcionada pelo uso do bioestimulador, reduziu significativamente a mortalidade dos peixes, promoveu melhor conversão alimentar e maior desempenho zootécnico. No entanto, para a aplicação eficaz dessa tecnologia em escala comercial, requer incentivos financeiros e técnicos voltados aos pequenos produtores, promovendo a capacitação profissional e o acesso a tecnologias sustentáveis. A adoção de sensores remotos, bioestimuladores e sistemas de recirculação de água se apresenta como um caminho promissor para aumentar a resiliência do setor diante dos desafios ambientais contemporâneos.

Sugere-se para trabalhos futuros o acompanhamento dos parâmetros de qualidade da água diariamente, para os diferentes tipos de bioestimuladores, e a análise do desempenho zootécnico tanto para tilápias quanto para outras espécies, analisando o custo-benefício dos gastos com o bioestimulador, análises de monitoramento da qualidade da água e ração, com a conversão alimentar em proteína.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

6 REFERÊNCIAS

ALFAKIT LTDA. **Manual de qualidade da água para aquicultura.** Adaptação de texto: Léo de Oliveira. Florianópolis: Alfakit Ltda, [s.d].

ANDRADE, A. S. **Aquicultura brasileira: a visão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento a partir do sistema de registro geral da pesca e aquicultura.** Research, Society and Development, v. 9, n. 10,, 2020.

ANVISA. **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002.** Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores de alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002.

AQUAVITALITY. **Guia Técnico do AquaVitality BioBoost: Manejo e Qualidade da Água.** AquaVitality, 2025.

ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: UFSC, 1997. 166 p.

AVNIMELECH, Y. **Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems.** Aquaculture, 176(3-4), 227-235. 1999.

BALDISSEROTTO, B. F**isiologia de peixes aplicada à piscicultura.** 2. ed. rev. E ampliada, Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 352 p.

BERNDSEN, G *et al.*.; DANTAS, M. B. **A efetividade da lei de água.** Revista Direito & Paz, v. 2, n. 47, p. 102-116, 2022.

BOWER, C. E *et al.*.; BIDWELL, J. P. **Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH, and salinity**. Journal of Fisheries Research Board of Canada, v. 25, p. 1012-1016, 1978.

BRANDÃO, C. S. **Perspectivas do desenvolvimento da piscicultura no Brasil: um enfoque na produção de tilápias nos últimos dez anos**. Trabalho de conclusão de curso.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

Universidade Federal da Paraíba. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa MAPA nº 04, de 4 de fevereiro de 2015.** Institui o Programa Nacional de Sanidade Aquícola e estabelece procedimentos para registro e fiscalização de estabelecimentos de aquicultura. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 fev. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo.** Brasília: MAPA, 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009.** Estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental da aquicultura. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 29 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 56, de 6 de novembro de 2008.** Estabelece procedimentos gerais de boas práticas de bem-estar animal aplicáveis à produção, manejo e transporte de animais aquáticos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 nov. 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1981.

CAVERO, B. A. S. *et al.* T**olerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, p. 513-516, 2004.

CIJI, A; AKHTAR, M. S. **Nitrite implications and its management strategies in**

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

aquaculture: a review. Reviews in Aquaculture, v. 12, p. 878–908, 2020.

COLDEBELLA, A. **Efluentes da piscicultura intensiva em viveiros escavados: caracterização e dinâmica dos nutrientes.** Tese de doutorado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2018.

CYRINO, J. E. P. *et al.* **A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, p. 68-87, 2010.

DIAS, M. T. **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Embrapa. Amapá, 2009.

DE SOUSA, E. C. P. M. **Piscicultura fundamental.** NBL Editora, 1999.

DUBOROW, R. M. *et al.*; CROSBY, D. M.; BRUNSON, M. W. **Ammonia in fish ponds. Southern Regional Aquaculture Center,** n. 463, June 1997.

EMERENCIANO, M. *et al.*, Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O., & Wasielesky, W. **Biofloc technology: principles focused on potential species and the implications for their use in aquaculture. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology**, 2nd Edition, 301-328. 2017.

ESTAY, M. *et al.*; CHÁVEZ, C. **Decisiones de localización y cambios regulatorios: el caso de la acuicultura en Chile**. Latin American Journal of Aquatic Research, v. 43, n. 4, p. 700-717, 2015.

FARIAS, W. *et al.* **Tratamento biológico de efluente da piscicultura em sistema fechado.** Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR, v. 6, n. 1, 2019.

FERNÍCOLA, N. G. G. de *et al.* ., & AZEVEDO, F. A. de. (1981). **Metemoglobinemia e nitrato nas águas.** Revista De Saúde Pública, 15(2), 242–248. 1998

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. Unesp, 2003.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

GONÇALVES, F. J. M. **Diretiva Quadro da Água: o instrumento legal para a avaliação da qualidade ecológica da água, em rios, na União Europeia.** 2021.

HARGREAVES, J. A. **Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center** (SRAC) Publication No. 4503. 2013.

HARGREAVES, J. A. *et al.*; KUCUK, S. **Effects of diel un-ionized ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish, and blue tilapia.** Aquaculture, v. 195, p. 163-181, 2001.

IGARASHI, M. A. **Panorama da aquicultura no Japão e perspectivas de desenvolvimento da atividade no Brasil.** Holos, v. 1, 2021.

INDUSCAVA. **Aerador.** Induscava Equipamentos Industriais. Disponível em: https://induscava.com.br/aerador. Acesso em: 24 jun. 2025.

JORGE, M. L. C. **As interações universidade-empresa na implementação do plano estratégico para a aquicultura portuguesa 2014-2020: o caso da Universidade de Aveiro e a empresa Algaplus**. 2016. Dissertação (Mestrado). ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa. 2016.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes.** Revista Panorama da Agricultura. 3. ed. Jundiaí: Degaspari, 1999.

LIMA, A. F. *et al.* **Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2024.

LIMA, A. F. *et al.* **Qualidade da água: piscicultura familiar.** Folders. 2013.

LOPES, J. C. O. **Piscicultura.** 2018.

LOURENÇO, J. N. de P. *et al.*; MALTA, J. C. de O.; DE SOUSA, F. N. **A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura.** Embrapa. 1999.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

MAIA, W. P. **Influência de biorremediador no cultivo intensivo de alevinos de tilápia-do-nilo em sistema de bioflocos**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2023.

OLIVEIRA, Jair Vicente de; & OLIVEIRA, Elizabeth Osmar de. **APPCC na Produção Primária de Peixe: Produção Segura de Peixes.** [S.l.]: Everand, 2023. Disponível em: https://pt.everand.com/read/661311688/APPCC-na-Producao-Primaria-de-Peixe-Producao-Segura-de-Peixes. Acesso em: 18 jul. 2025.

OSTRENSKY, A. *et al.*; BOEGER, W. A. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo.** Guaíba: Agropecuária, 1998.

PARANÁ. **Resolução SEDEST nº 48, de 18 de outubro de 2024.** Estabelece normas, critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental e a outorga de uso de recursos hídricos de empreendimentos e atividades de aquicultura e maricultura. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, PR, 14 out. 2024. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=466530. 0. Acesso em: 11 jul. 2025.

PEIXE BR. **Anuário da Piscicultura** 2023. Associação Brasileira da Piscicultura, 2023. Disponível em: < www.peixebr.com.br>. Acesso em : 11 jan. 2025.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. **A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água: uma revisão.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PROENÇA, C. E. M. *et al.*; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical.** Brasília: IBAMA, 1994. 195 p.

RODRIGUES, A. P. O; BERGAMIN, G. T; SANTOS, V. R V. **Nutrição e alimentação de peixes**. Embrapa Pesca e Aquicultura. Piscicultura de água doce. Capítulo 6. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2021.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34

SCHULTER, E. P. *et al.*; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia.** Texto para Discussão, 2017.

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

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Piscicultura: construção de viveiros escavados.** Brasília: SENAR, 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Piscicultura: manejo da qualidade da água.** Brasília: SENAR, 2019.

SILVA, Aline Aparecida. da. **Avaliação da qualidade de pescados frescos e congelados comercializados em pesqueiros e supermercados nas Regiões do Grande ABC Paulista e Grande São Paulo**. 2024.

STACHIW, Rosalvo *et al.* **Qualidade da água de tanques de piscicultura em Rolim de Moura-RO. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**. Brazilian Journal of Science of the Amazon, v. 2, n. 1, p. 22-34, 2013.

SUPERBAC. AquaVitality BioBoost: **Bioestimulador para piscicultura.** Disponível em: <https://www.superbac.com.br.> Acesso em: 11 jan. 2025.

TEIXEIRA FILHO, A. R. **Piscicultura ao alcance de todos.** NBL Editora, 1998.

TREVISAN. **Aerador pá.** Trevisan Equipamentos Industriais. Disponível em: https://www.trevisan.ind.br/aerador-pas. Acesso em: 24 jun. 2025.

VERDICCHIO, L. **Reúso de água e aquicultura: inativação de fármacos e interferentes endócrinos pelo processo foto-Fenton solar.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

Versão Final Homologada
18/08/2025 08:34