UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA

JÚLIA NAVARRO FINI CAREZIA

SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA DE VITAMINAS DO COMPLEXO B, VITAMINA C, POTÁSSIO E ZINCO: IMPACTOS NO DESEMPENHO E NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ALEVINOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS*

BANDEIRANTES/PR

2026

JÚLIA NAVARRO FINI CAREZIA

SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA DE VITAMINAS DO COMPLEXO B, VITAMINA C, POTÁSSIO E ZINCO: IMPACTOS NO DESEMPENHO E NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ALEVINOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS*

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia (PPAGRO), da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva

BANDEIRANTES/PR
2026

Ficha catalográfica elaborada na Biblioteca do Campus “Luiz Meneghel”, vinculada ao Sistema de Bibliotecas Universitárias da Universidade Estadual do Norte do Paraná (SBU-UENP)

Catalogação-na-Publicação (CIP)

Carezia, Júlia Navarro Fini.

C276s Suplementação hídrica de vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco: impactos no desempenho e na qualidade da água de alevinos de *Oreochromis niloticus*. – 2026.

1 arquivo digital.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2026.

Inclui bibliografia.

1. Aquicultura - Dissertação. 2. Desempenho zootécnico - Dissertação. 3. Suplemento vitamínico-mineral - Dissertação. 4. Oxigênio dissolvido - Dissertação. 5. Amônia - Dissertação. I. Silva, Marcos Augusto Alves da. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Campus Luiz Meneghel. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDD: 639.3 (22. ed)

Bibliotecário Elisio Custodio Brentan Junior (CRB-9/1955)

JÚLIA NAVARRO FINI CAREZIA

SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA DE VITAMINAS DO COMPLEXO B, VITAMINA C, POTÁSSIO E ZINCO: IMPACTOS NO DESEMPENHO E NA QUALIDADE DA ÁGUA DE ALEVINOS DE *OREOCHROMIS NILOTICUS*

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva	UENP
Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto	UENP
Prof. Dr. João Ricardo Malheiros de Souza	UFSM
Prof. Dr. Rogério Salvador	UENP
Prof. Dr. Felipe Pinheiro de Souza	UNIFIO

_____

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

BANDEIRANTES/PR
2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus, por ter me dado o dom da vida. À minha família, sem eles nada disso seria possível, e a todos que fizeram parte desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus à graça da vida, por sempre guiar meus caminhos e dar força para batalhar pelos meus sonhos. À minha família, por ser minha base, sempre me amar, apoiar e inspirar, e me mostrar que sou capaz. Eles que são minha admiração, meu orgulho e me motivam a ser uma pessoa e profissional melhor a cada dia. Me deram todo incentivo e suporte necessário para conseguir concluir o processo, em especial à minha mãe Cristina Assunta Fini Carezia, meu pai João Carezia Junior e meu irmão Matheus Navarro Fini Carezia, sou eternamente grata.

Agradeço também meu namorado, Mateus Eduardo Teodoro da Silva que fez desta trajetória mais linda e leve, esteve ao meu lado me apoiando nos momentos difíceis, comemorando minhas conquistas como suas, me ajudou ao longo do projeto, me fez sentir amada e acreditar cada vez mais no meu potencial.

Aos meus amigos que se fizeram presentes ao longo da trajetória, me proporcionaram risadas sinceras, apoio e momentos que jamais esquecerei, em especial à Giuliana Miranda e Any Caroline, mas também Emilene, Heloísa, Ana Luiza, Maria Julia, Laila, Marcos e Laura.

Aos estagiários que me auxiliaram ao longo do projeto, desde a divisão dos animais, até as pesagens e todo trabalho ao longo do projeto, eles Ana Clara, Guilherme, Pedro e Nathalia.

Ao professor Dr. Rogério Salvador que me proporcionou o laboratório para a realização do projeto de pesquisa, sempre fez presente me auxiliando com as dúvidas e dando sugestões para melhorar o experimento. Também a professora Dra. Claudia Yurika, "vizinha" de laboratório, que sempre se preocupou e me incentivou.

Agradeço ao professor Dr. Diego Resende Rodrigues por me ajudar e me ensinar estatística, graças ao seu apoio foi possível avalizar os resultados do projeto e ideias de experimentos futuros.

Ao professor Dr. Petrônio Pinheiro Porto que me acompanhou desde a graduação como orientador, ele que me mostrou a área de piscicultura, à qual me encontrei e me encantei. Grata por todo apoio, suporte e auxílio durante a trajetória.

Ao meu orientador professor Dr. Marcos Augusto Alves da Silva, que aceitou o desafio de me orientar em uma área diferente, me ajudou durante o processo e esteve presente nos momentos em que precisei. Obrigada pelas trocas de ideias e por me aperfeiçoar profissionalmente.

Agradeço à UENP que foi minha casa durante todos esses anos, da graduação ao mestrado, em especial ao curso de Medicina Veterinária e mestrado em Agronomia, a todos professores que compartilharam seus conhecimentos me tornando a profissional que sou hoje.

Sou grata também a secretaria do mestrado, em especial a Amanda e Sônia que sempre me ajudaram nos momentos de “desespero”, a não perder o prazo e além de tudo se tornaram amigas.

Por fim ao programa de mestrado, todos os docentes e a fundação CAPES, que me auxiliou com uma bolsa durante a trajetória, fazendo assim possível a compra de materiais e equipamentos para o laboratório e realização do projeto.

Sumário

1 INTRODUÇÃO 13
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 Piscicultura 15
2.2 Importância da qualidade da água na Piscicultura 15
2.3 Influência de nutrientes no desenvolvimento de alevinos 18
2.3.1 Vitamina B1 19
2.3.2 Vitamina B6 20
2.3.3 Vitamina B12 20
2.3.4 Vitamina C 21
2.3.5 Potássio 22
2.3.6 Zinco 22
2.4 Influência de vitaminas e minerais na qualidade da água em sistema aquícolas 23
3 HIPÓTESE 25
4 OBJETIVO 26
4.1 Objetivo geral 26
4.2 Objetivo específico 26
5 MATERIAL E MÉTODOS 26
5.1 Caracterização do experimento 26
5.2 Aplicação do produto 28
5.3 Análise dos parâmetros da água 30
5.4 Análise dos peixes 31
5.5 Cálculo de Ração 32
5.6 Análise dos dados 34
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
6.1 Análise dos parâmetros da água 35
6.2 Análise do ganho de peso 39
6.3 Análise do crescimento 40
7 CONCLUSÃO 44
REFERÊNCIAS 44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Laboratório de imunologia de organismos aquáticos no campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026). 26

Figura 2: Doses do produto em sachê, divididos por dia e tratamento, Biovet Farma, Jau, São Paulo, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026). 28

Figura 3: Oxímetro profissional YSI, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026). 29

Figura 4: Kits de análise de dureza, nitrito, amônia tóxica e pH, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).....29

Figura 5: Aquário contendo duas bombas de oxigênio, termostato, torneira para entrada de água e cano de vasão, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026). 30

Figura 6: Pesagem dos peixes, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026)....31

Figura 7: Medição dos peixes, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026)....31

Figura 8: Média de ganho de peso total dos tratamentos, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026). 39

Figura 9: Média de ganho de crescimento total dos tratamentos, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores recomendados de temperatura, OD, pH, amônia, nitrito e dureza em sistemas de piscicultura (Moro et al, 2013). 18

Tabela 2: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T1) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).. 32

Tabela 3: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T2) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). 32

Tabela 4: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T3) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).. 33

Tabela 5: Parâmetros de qualidade da água nos tratamentos em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).. 34

Tabela 6: Média de ganho de peso por peixe (g) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes estratégias de suplementação hídrica. 38

Tabela 7: Crescimento médio (cm) por peixe em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à suplementação hídrica. 39

CAREZIA, Júlia Navarro Fini. **Suplementação hídrica de vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco: impactos no desempenho e na qualidade da água de alevinos de *Oreochromis niloticus.*** 2026. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2026.

RESUMO

A agropecuária brasileira tem papel fundamental na economia do país, incluindo a aquicultura, que vem apresentando expressivo crescimento, especialmente na produção de tilápia (Oreochromis niloticus). Essa espécie se destaca pela elevada adaptabilidade e rápido ciclo produtivo, sendo o estado do Paraná responsável por aproximadamente 36% da produção nacional. Dentre os principais fatores que influenciam a produtividade, destacam-se o manejo da qualidade da água e a melhoria dos índices zootécnicos. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de um produto manipulado à base de vitaminas e minerais, aplicado diretamente na água de cultivo, sobre o desempenho produtivo de alevinos, visando à melhoria do ganho de peso e do crescimento, sem comprometer a qualidade da água. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (controle, aplicação do produto uma vez por semana e duas vezes por semana), três repetições e 57 unidades experimentais por tratamento. Foram utilizados nove aquários com capacidade de 113 L, contendo 19 peixes por unidade experimental. Ao longo do período experimental, foram monitorados parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito e dureza), os quais permaneceram dentro das faixas adequadas, sem diferenças entre os tratamentos. Em relação ao desempenho zootécnico, observou-se aumento expressivo da biomassa em todos os tratamentos. O peso médio inicial variou entre 7,80 e 7,89 g, enquanto os valores finais foram de 33,57 g, 36,28 g e 35,77 g para controle, aplicação semanal e duas vezes por semana, respectivamente. O ganho de peso médio foi de 26,29 ± 12,27 g, 28,95 ± 15,18 g e 28,48 ± 12,37 g, sem diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$), embora os tratamentos com suplementação tenham apresentado tendência de maior ganho. O crescimento em comprimento também foi contínuo, com valores iniciais entre 7,32 e 7,53 cm e finais entre 11,69 e 12,24 cm, resultando em incrementos médios de 4,60 ± 1,65 cm, 4,89 ± 1,91 cm e 4,74 ± 1,57 cm, igualmente sem diferenças significativas. Apesar da ausência de efeito estatisticamente significativo, os resultados indicam tendência de melhora nos índices zootécnicos com o uso da suplementação. No entanto, estudos com maior duração e possíveis ajustes no delineamento experimental são necessários para confirmar seus efeitos sobre o desempenho produtivo.

Palavras-chaves: Parâmetros limnológicos, índices zootécnicos, biomassa, nitrito, impactos;

CAREZIA, Júlia Navarro Fini **Suplementação hídrica de vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco: impactos no desempenho e na qualidade da água de alevinos de *Oreochromis niloticus.*** 2026. Dissertation (Master's in Agronomy) - State University of Northern Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2026.

ABSTRACT

Brazilian agribusiness plays a fundamental role in the country's economy, including aquaculture, which has shown significant growth, especially in the production of tilapia (Oreochromis niloticus). This species stands out due to its high adaptability and rapid production cycle, with the state of Paraná accounting for approximately 36% of national production. Among the main factors influencing productivity are water quality management and the improvement of zootechnical indices. In this context, the present study aimed to evaluate the use of a formulated product based on vitamins and minerals, applied directly to the culture water, on the productive performance of fingerlings, with the goal of improving weight gain and growth without compromising water quality. The experiment was conducted in a completely randomized design, with three treatments (control, product application once a week, and twice a week), three replicates, and 57 experimental units per treatment. Nine aquaria with a capacity of 113 L were used, each containing 19 fish. Throughout the experimental period, water quality parameters (dissolved oxygen, temperature, pH, ammonia, nitrite, and hardness) were monitored and remain within appropriate ranges, with no differences observed among treatments. Regarding zootechnical performance, a substantial increase in biomass was observed in all treatments. The initial mean weight ranged from 7.80 to 7.89 g, while final values were 33.57 g, 36.28 g, and 35.77 g for the control, weekly application, and twice-weekly application treatments, respectively. The mean weight gain was 26.29 ± 12.27 g, 28.95 ± 15.18 g, and 28.48 ± 12.37 g, with no statistically significant differences ($p > 0.05$), although supplemented treatments showed a trend toward higher gain. Length growth was also continuous, with initial values ranging from 7.32 to 7.53 cm and final values from 11.69 to 12.24 cm, resulting in mean increases of 4.60 ± 1.65 cm, 4.89 ± 1.91 cm, and 4.74 ± 1.57 cm, respectively, also without significant differences. Despite the absence of statistically significant effects, the results indicate a trend toward improvement in zootechnical indices with supplementation. However, longer experimental periods and possible adjustments to the experimental design are necessary to confirm its effects on productive performance.

Keywords*:* *Limnological parameters, zootechnical indices, biomass, nitrite, impacts.*

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira desempenha papel relevante na economia nacional, apresentando crescimento de 15,8% no ano de 2023 e contribuindo significativamente para a expansão do Produto Interno Bruto (PIB) do país, sendo responsável por cerca de 30% do crescimento total (IBGE, 2024). Nesse contexto, a aquicultura tem se consolidado como um dos segmentos de maior expansão, destacando-se pela intensificação dos sistemas produtivos e pelo aumento da demanda por proteína de origem animal.

A produção de peixes de cultivo no Brasil alcançou, pela primeira vez, a marca de mais de um milhão de toneladas, totalizando 1.011.540 toneladas em 2025. Em comparação a 2024, observa-se um crescimento de 4,41%, mesmo diante de desafios políticos, ambientais e sanitários. Dentre as espécies cultivadas, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) continua se destacando, representando cerca de 70% da produção nacional, com 707.495 toneladas e crescimento de 6,83% em relação ao ano anterior, acumulando aumento de 148,2% na última década (Peixe BR, 2026).

Quando analisada a produção por estados, o Paraná lidera com 273.100 toneladas, seguido por São Paulo (88.500 toneladas) e Minas Gerais (73.500 toneladas), evidenciando a importância regional da atividade aquícola no país (Peixe BR, 2026).

Dentre os fatores determinantes para o sucesso da piscicultura, a qualidade da água se destaca como um dos principais, influenciando diretamente o desempenho produtivo e a saúde dos organismos cultivados. A análise constante dos parâmetros limnológicos permite a identificação precoce de desequilíbrios no sistema, possibilitando ajustes no manejo que promovam melhor crescimento, eficiência alimentar e redução da incidência de doenças. Entre os principais parâmetros avaliados estão turbidez, transparência, temperatura, oxigênio dissolvido, compostos nitrogenados, amônia e pH, os quais devem ser mantidos dentro de faixas ideais para evitar estresse e mortalidade nos peixes (Moro et al., 2013).

Além da qualidade da água, o fornecimento adequado de nutrientes é essencial para o desenvolvimento dos peixes. Vitaminas e minerais desempenham funções fundamentais no metabolismo, atuando como cofatores em reações bioquímicas, regulando processos fisiológicos e contribuindo para o fortalecimento do sistema imunológico. Em sistemas intensivos de produção, os peixes nem sempre têm acesso a dietas naturais diversificadas, o que torna a suplementação nutricional uma estratégia importante para garantir desempenho zootécnico adequado (Furuya et al., 2010).

Tradicionalmente, a suplementação de micronutrientes é realizada via alimentação; entretanto, estratégias alternativas têm sido exploradas, como a aplicação direta na água de cultivo. Essa abordagem baseia-se na capacidade dos peixes de absorver substâncias dissolvidas por meio das brânquias e da pele, estruturas com alta área de contato e intensa atividade fisiológica (Cumming; Herbert, 2016). Embora a via branquial apresente eficiência inferior à digestiva, sua utilização pode ser vantajosa em situações específicas, como fases iniciais de desenvolvimento, períodos de estresse ou redução do consumo alimentar.

Nesse contexto, a utilização de vitaminas e minerais dissolvidos na água pode promover efeitos positivos no metabolismo energético, na resposta antioxidante e na imunidade dos peixes. Vitaminas do complexo B atuam como cofatores em reações metabólicas essenciais, enquanto a vitamina C exerce importante função antioxidante, protegendo as células contra danos oxidativos. Minerais como o zinco participam de processos enzimáticos e imunológicos, e o potássio atua na regulação osmótica e no equilíbrio ácido-base, sendo fundamental para a homeostase dos organismos aquáticos (Boyd, 2015; Lall, 2021; Rombenso et al., 2022).

Entretanto, a aplicação desses compostos diretamente na água também pode influenciar a dinâmica do ambiente aquático. A adição de nutrientes pode alterar parâmetros como pH, condutividade e concentração de compostos nitrogenados, além de potencialmente favorecer interações com a microbiota do sistema. Dessa forma, o uso dessa estratégia requer controle rigoroso das doses e do tempo de exposição, a fim de maximizar os benefícios aos peixes e minimizar impactos negativos na qualidade da água (Boyd, 2015; Hargreaves, 1998).

Assim, torna-se relevante investigar não apenas os efeitos da suplementação via água sobre o desempenho zootécnico, mas também suas implicações sobre os parâmetros limnológicos, contribuindo para o desenvolvimento de práticas mais eficientes e sustentáveis na aquicultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Piscicultura

A aquicultura é um setor em expressivo crescimento e ampla diversidade, englobando a produção de organismos aquáticos em cativeiro, como peixes, camarões, ostras, rãs, entre outras espécies. Nesse contexto, destaca-se a piscicultura, ramo específico voltado à produção de peixes. Essa atividade tem adquirido crescente relevância no Brasil, acompanhando o aumento da demanda por proteína animal e configurando-se como uma prática fundamental para a sustentabilidade da produção pesqueira (Lopes, 2012).

No cenário nacional, a piscicultura tem apresentado crescimento acelerado, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda, além de desempenhar papel importante na segurança alimentar e na eficiência do uso dos recursos hídricos. Trata-se de uma atividade com elevado potencial de desenvolvimento, favorecendo a diversificação da matriz alimentar brasileira e consolidando-se como uma importante fonte de proteína de alto valor nutricional e custo acessível (Ximenes, 2023).

A escolha da espécie a ser cultivada é um dos fatores mais determinantes para o sucesso da piscicultura, especialmente no que se refere à sua capacidade de adaptação às condições ambientais do sistema de cultivo. Esse aspecto influencia diretamente a produtividade e a eficiência produtiva. No Brasil, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) destaca-se como a principal espécie cultivada, em razão de sua elevada capacidade de adaptação às condições tropicais, facilidade de manejo alimentar e reprodutivo, além de seu alto valor comercial. A análise criteriosa desses fatores é essencial, uma vez que cada espécie apresenta exigências específicas que demandam estratégias de manejo adequadas para a otimização da produção (El-Sayed et al., 2023).

2.2 Importância da qualidade da água na Piscicultura

A água é um recurso natural essencial para a agropecuária, especialmente na piscicultura, na qual sua qualidade exerce papel determinante na saúde e no desenvolvimento dos organismos aquáticos. Apesar de sua importância, trata-se de um recurso finito, o que exige uso responsável e manejo adequado, visando à sua conservação e à prevenção de impactos ambientais. A degradação da qualidade da água, frequentemente associada a práticas inadequadas de manejo, pode resultar em prejuízos

econômicos significativos, devido ao aumento da mortalidade dos peixes, além de comprometer a sustentabilidade da atividade (FAO, 2022).

O manejo da água deve ser conduzido com rigor técnico, uma vez que condições inadequadas afetam diretamente o crescimento, a reprodução e o bem-estar dos peixes. Entre os principais parâmetros que influenciam a qualidade da água destacam-se a temperatura, o pH, a transparência, a concentração de oxigênio dissolvido e os níveis de compostos nitrogenados, como nitrito e amônia (Garutti, 2003; Lopes, 2012).

A temperatura é um dos fatores mais críticos na piscicultura, pois regula processos fisiológicos fundamentais, como metabolismo, ingestão alimentar, crescimento e reprodução. Cada espécie apresenta uma faixa térmica ideal, dentro da qual o desempenho biológico é maximizado. Temperaturas fora desse intervalo podem comprometer o sistema imunológico, aumentando a suscetibilidade a doenças. Além disso, a eficiência alimentar e o crescimento tendem a ser otimizados quando a temperatura se mantém dentro da faixa adequada (Boyd, 2015).

Variações térmicas acentuadas também influenciam a solubilidade do oxigênio na água, podendo agravar quadros de deficiência de oxigenação. Em situações extremas, alterações bruscas de temperatura podem ocasionar mortalidade em massa, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e controle desse parâmetro (Moro et al., 2013; Lopes, 2012).

O pH da água exerce influência direta sobre o metabolismo dos peixes, sendo um indicador da acidez ou alcalinidade do meio. Valores fora da faixa ideal podem causar estresse fisiológico, prejudicando o desempenho produtivo. Alterações abruptas no pH podem danificar as brânquias, comprometendo as trocas gasosas e aumentando a vulnerabilidade a enfermidades (Moro et al., 2013; Lopes, 2012).

Em condições extremas, o pH pode levar à mortalidade imediata. Dessa forma, seu monitoramento regular e ajuste, quando necessário, são fundamentais para garantir condições adequadas ao crescimento e à reprodução. Flutuações frequentes ou acentuadas podem desencadear efeitos crônicos, resultando em queda na produtividade do sistema. (Moro et al., 2013; Lopes, 2012).

A transparência da água, embora por vezes negligenciada, é um parâmetro relevante por estar diretamente relacionada à penetração de luz no ambiente aquático. A disponibilidade luminosa influencia a taxa de fotossíntese de algas e macrófitas, responsáveis pela produção de oxigênio dissolvido. Reduções na transparência limitam a penetração de luz, diminuindo a atividade fotossintética e, consequentemente, a produção

de oxigênio, o que pode comprometer a qualidade da água (Bartz et al., 2023; Boyd, 2015).

A diminuição do oxigênio dissolvido pode causar estresse fisiológico, redução no crescimento e, em casos mais severos, mortalidade dos peixes (Ali et al., 2022). Além disso, baixa transparência pode indicar elevada concentração de partículas em suspensão ou matéria orgânica, refletindo condições inadequadas do sistema. Assim, a manutenção desse parâmetro dentro de níveis adequados é essencial para o equilíbrio do ambiente de cultivo (Leira et al., 2017; Lopes, 2012).

O nitrito (NO_2^-) é um composto intermediário do ciclo do nitrogênio, formado durante o processo de nitrificação, no qual a amônia é oxidada inicialmente a nitrito e, posteriormente, a nitrato. Em elevadas concentrações, o nitrito é altamente tóxico, pois promove a oxidação da hemoglobina em metemoglobina, reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio no sangue e levando a um quadro de hipóxia, conhecido como metemoglobinemia. Esse processo pode resultar em estresse fisiológico, redução do crescimento e maior suscetibilidade a doenças, tornando indispensável o monitoramento desse composto (Moro et al., 2023; Boyd, 2015; Barbuio, 2024).

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais importantes na piscicultura, uma vez que está diretamente relacionado à respiração e às funções metabólicas dos peixes. Sua concentração pode ser influenciada por fatores como temperatura, densidade de estocagem e carga orgânica. Níveis reduzidos de oxigênio podem causar dificuldades respiratórias, diminuição do consumo alimentar, atraso no crescimento e aumento da incidência de doenças (Boyd, 2015).

A amônia, por sua vez, é um composto tóxico resultante da excreção dos peixes e da decomposição da matéria orgânica. Em concentrações elevadas, pode causar danos às brânquias, prejudicando as trocas gasosas e a excreção de metabólitos nitrogenados. A exposição prolongada à amônia pode resultar em alterações fisiológicas severas, comprometendo o crescimento e aumentando a suscetibilidade a enfermidades. Assim como os demais parâmetros, seus níveis devem ser monitorados e controlados rigorosamente, conforme os valores recomendados apresentados na Tabela 1 (Lopes, 2012).

Tabela 1: Valores recomendados de temperatura, OD, pH, amônia, nitrito e dureza em sistemas de piscicultura (Moro et al, 2013).

Parâmetros	Valores Recomendados
Temperatura	26ºC a 30ºC
Oxigênio Dissolvido (OD)	Acima de 3 mg/L
pH	6,5 a 8,5
Amônia tóxica	Até 0,02 ppm
Nitrito	Até 0,25 ppm
Dureza	Até 150 ppm

***ppm = partes por milhão**

2.3 Influência de nutrientes no desenvolvimento de alevinos

Para uma boa vitalidade e melhora de índices zootécnicos e produção, os peixes necessitam de níveis adequados de proteína, vitaminas, minerais e lipídios. As quantidades adequadas variam de espécie, idade, tamanho, hábito alimentar ou do tipo de produção, sendo que sua falta ou excesso podem acarretar sérios problemas para os animais (Logato, 2015). As vitaminas podem ser divididas em dois grupos, sendo as lipossolúveis, que são associadas às frações lipídicas, absorvidas junto com eles, entre elas as vitaminas A, D, E e K. E as vitaminas hidrossolúveis, que são as que se dissolvem em água, entre elas, as vitaminas do complexo B e a vitamina C (Logato, 2015).

Os minerais são essenciais não só nos peixes, mas em outros animais, para o auxílio em processos metabólicos, além de participarem da formação de tecidos. Os minerais são classificados em três tipos: os estruturais, que são responsáveis pela formação da estrutura do animal, como formação óssea, de dentes e escamas, sendo eles cálcio, fósforo e magnésio; os que fazem parte do metabolismo geral, auxiliando em vários processos celulares e do corpo, sendo a grande maioria dos minerais; e os respiratórios, que são responsáveis pela formação da hemoglobina e auxiliam nas suas funções, entre eles o zinco, ferro, cobre e cobalto (Logato, 2015).

As deficiências nutricionais podem afetar diretamente a produção, desde a redução da imunidade, mortalidade, qualidade da água, até sinais clínicos muitas vezes comuns na rotina de pisciculturas, como: ascite, catarata, exoftalmia, baixo crescimento, erosão, lesões e letargia, entre outros, por isso a importância de controlar bem os níveis (Logato, 2015).

Além da absorção via dieta, os peixes também são capazes de absorver determinados nutrientes diretamente do ambiente aquático, principalmente por meio das

brânquias. Esse órgão desempenha papel fundamental nas trocas gasosas, mas também atua na osmorregulação e no transporte ativo de íons e outras substâncias dissolvidas na água. A absorção branquial ocorre principalmente por difusão e transporte ativo através do epitélio branquial, envolvendo células especializadas, como as células cloreto (ou ionócitos), que regulam a entrada e saída de íons como sódio, cálcio e potássio (Evans et al., 2005; Boyd, 2015).

No caso de vitaminas e minerais hidrossolúveis presentes na água, sua absorção pelas brânquias pode complementar a nutrição fornecida pela dieta, especialmente em fases iniciais como a de alevinagem, em que os organismos apresentam maior permeabilidade e sensibilidade às condições ambientais. No entanto, a eficiência dessa via depende da concentração dos nutrientes na água, da qualidade da água e da fisiologia da espécie, podendo também haver riscos associados ao excesso de determinados compostos (Evans et al., 2005; Boyd, 2015).

2.3.1 Vitamina B1

Também conhecida como tiamina, a vitamina B1 desempenha papel fundamental na geração de energia, especialmente no metabolismo de carboidratos. Nos tecidos animais, sua forma ativa é o pirofosfato de tiamina (TPP), que atua como coenzima em reações metabólicas essenciais, principalmente em processos de descarboxilação oxidativa relacionados ao metabolismo energético celular (Fracalossi; Cyrino, 2012).

A vitamina B1 também exerce papel importante no funcionamento do sistema nervoso dos peixes, contribuindo para a transmissão de impulsos nervosos, além de influenciar diretamente o crescimento e o metabolismo energético (Logato, 2015; Harder et al., 2018). Por ser uma vitamina hidrossolúvel, não é armazenada em grandes quantidades no organismo, sendo necessária sua suplementação.

Em relação à estabilidade, a tiamina pode ser degradada em condições alcalinas, altas temperaturas e na presença de tiaminases, enzimas capazes de degradar a vitamina e comprometer sua disponibilidade para os peixes (Rowland et al., 2023). Comercialmente, pode ser encontrada na forma de cloridrato de tiamina ou mononitrato de tiamina, sendo amplamente utilizada na formulação de rações aquícolas.

A deficiência dessa vitamina pode causar diversos distúrbios, principalmente neurológicos, como perda de equilíbrio, natação errática e convulsões, além de

hemorragias subcutâneas, redução do crescimento e aumento da mortalidade (Fracalossi; Cyrino, 2012; Harder et al., 2018).

2.3.2 Vitamina B6

A vitamina B6 compreende um grupo de compostos relacionados: piridoxina, piridoxal e piridoxamina. A piridoxina é encontrada predominantemente em tecidos vegetais, enquanto o piridoxal e a piridoxamina estão mais presentes em tecidos animais. Essa vitamina exerce papel essencial em diversos processos metabólicos, incluindo a ação de hormônios esteroides e o metabolismo de aminoácidos e glicogênio (Fracalossi; Cyrino, 2012).

No organismo dos peixes, todas as formas da vitamina B6 são convertidas principalmente no fígado em suas formas ativas, o piridoxal fosfato (PLP) e o piridoxamina fosfato. O PLP atua como coenzima em diversas reações metabólicas, especialmente na transaminação e descarboxilação de aminoácidos, sendo fundamental para o metabolismo proteico. Além disso, participa da síntese de neurotransmissores, da produção de enzimas pancreáticas e de processos relacionados à resposta imunológica (Fracalossi;Cyrino, 2012, NRC, 2011).

A vitamina B6 também desempenha papel importante no metabolismo de glicogênio e lipídios, contribuindo para o adequado aproveitamento energético pelos peixes (Logato, 2015; NRC, 2011). Por ser hidrossolúvel, sua disponibilidade contínua na dieta é necessária para manter as funções metabólicas adequadas.

Em peixes, a deficiência dessa vitamina está associada à redução do crescimento, anorexia, edema e alterações neurológicas, como natação errática e convulsões, refletindo sua importância no metabolismo energético e no sistema nervoso (Logato, 2015; NRC, 2011).

2.3.3 Vitamina B12

Considerada a mais complexa estruturalmente, a vitamina B12, conhecida como cianocobalamina, é essencial para diversos sistemas enzimáticos, atuando como duas coenzimas: adenosilcobalamina e metilcobalamina. É fundamental na formação de eritrócitos e no reparo do tecido nervoso, além de auxiliar no metabolismo de carboidratos, aminoácidos, lipídeos e ácidos nucleicos (Fracalossi;Cyrino, 2012).

A suplementação da vitamina B12 é necessária, uma vez que animais e plantas não são capazes de sintetizá-la, sendo produzida por microrganismos. Dessa forma, sua presença na dieta depende de fontes externas, geralmente por meio de ingredientes de origem animal ou suplementação. Apresenta boa estabilidade durante o armazenamento, porém pode sofrer degradação quando exposta a condições extremas, como altas temperaturas (Fracalossi;Cyrino, 2012; NRC, 2011).

A vitamina B12 também participa da síntese de compostos metílicos, do metabolismo do colesterol e da biossíntese de pirimidinas (Logato, 2015). Além disso, por ser essencial para a maturação do sistema nervoso e formação de eritrócitos, níveis baixos podem causar anemia e crescimento reduzido em algumas espécies de peixes (Hughes; Macdonald, 1998; NRC, 2011).

2.3.4 Vitamina C

A forma biologicamente ativa da vitamina C é o ácido L-ascórbico, um composto hidrossolúvel, termolábil e facilmente oxidado à sua forma inativa quando exposto ao calor, oxigênio e luz. Em função dessa instabilidade, sua utilização na alimentação de peixes requer cuidados durante o processamento e a estocagem das rações, a fim de evitar perdas significativas desse nutriente (Fracalossi;Cyrino, 2012; NRC, 2011).

A vitamina C desempenha diversas funções fisiológicas essenciais, destacando-se sua atuação na síntese de colágeno, sendo fundamental para a formação de tecidos conjuntivos, ossos e cartilagens. Além disso, participa de reações de oxirredução, atuando como antioxidante, no transporte de hidrogênio e na regeneração de outras moléculas importantes no metabolismo celular (Logato, 2015; NRC, 2011).

Na piscicultura, a vitamina C é especialmente importante durante a fase de alevinagem, pois está associada à redução do estresse, ao fortalecimento do sistema imunológico e à maior resistência a infecções, especialmente bacterianas. Também participa da conversão de compostos como o retinol e auxilia na manutenção da integridade dos tecidos (Logato, 2015).

A deficiência dessa vitamina em peixes pode resultar em crescimento reduzido, deformidades esqueléticas, hemorragias, baixa resistência a doenças e comprometimento da cicatrização, evidenciando sua importância para o desenvolvimento adequado dos animais (Fracalossi;Cyrino, 2012; NRC, 2011).

2.3.5 Potássio

O potássio é o principal cátion dos fluidos intracelulares, desempenhando papel essencial na regulação da pressão osmótica e no equilíbrio ácido-base dos organismos aquáticos. Esse mineral participa ativamente de diversas funções biológicas, incluindo a manutenção do potencial de membrana celular, o funcionamento da bomba de sódio e potássio (Na^+/K^+-ATPase), a condução de impulsos nervosos e a contração muscular, além de contribuir para o equilíbrio iônico e a composição de fluidos corporais (Logato, 2015; Fracalossi;Cyrino, 2012; NRC, 2011).

O potássio também está envolvido em processos digestivos, participando da constituição de secreções gástricas e da regulação de enzimas, sendo fundamental para o metabolismo adequado dos peixes. Por ser um eletrólito essencial, sua concentração deve ser mantida dentro de níveis adequados para garantir o equilíbrio fisiológico e o bom desempenho produtivo (Logato, 2015; NRC, 2011).

Em sistemas aquícolas, além da importância nutricional, o potássio merece atenção quanto à sua presença na água de cultivo, uma vez que se apresenta na forma de cátion (K^+). A adição de minerais diretamente na água pode alterar o equilíbrio iônico do meio, influenciando parâmetros como condutividade elétrica, osmolaridade e o balanço entre cátions e ânions. Dependendo da concentração, esse desequilíbrio pode interferir nos processos de osmorregulação dos peixes e na dinâmica de outros íons importantes, como sódio, cálcio e magnésio, exigindo manejo cuidadoso para evitar impactos negativos na qualidade da água (Boyd, 2015; NRC, 2011).

A deficiência de potássio pode resultar em distúrbios fisiológicos, como anorexia, fraqueza muscular, alterações neurológicas, incluindo convulsões, além de aumento da mortalidade, evidenciando sua importância para a manutenção das funções vitais dos peixes (Logato, 2015; Fracalossi; Cyrino, 2012).

2.3.6 Zinco

O zinco é um micromineral essencial, atuando como cofator em numerosas enzimas envolvidas em processos metabólicos fundamentais. Desempenha importante função antioxidante, contribuindo para a proteção contra a peroxidação lipídica das membranas celulares, além de atuar na estabilização estrutural de proteínas e tecidos biológicos (Fracalossi; Cyrino, 2012; NRC, 2011).

Esse mineral está diretamente relacionado ao crescimento dos peixes, uma vez que participa de processos como síntese proteica, divisão celular e metabolismo de ácidos nucleicos. Assim, níveis adequados de zinco são especialmente importantes nas fases iniciais de desenvolvimento, como alevinagem, em que a taxa de crescimento é mais elevada (Fracalossi; Cyrino, 2012).

O zinco também exerce papel fundamental na manutenção da saúde geral dos peixes, atuando no sistema imunológico e no funcionamento enzimático. Sua deficiência pode resultar em redução do apetite, diminuição do crescimento, catarata, erosões de nadadeiras e lesões na pele, além de comprometer o consumo alimentar e, consequentemente, a ingestão de outros nutrientes essenciais (Satoh et al., 1987; Fracalossi, Cyrino, 2012).

Em relação às fontes, o zinco proveniente de ingredientes de origem animal ou inorgânica tende a apresentar maior biodisponibilidade quando comparado ao de origem vegetal, devido à menor presença de fatores antinutricionais, como o ácido fítico, que pode reduzir sua absorção (Fracalossi; Cyrino, 2012; NRC, 2011).

Em sistemas aquícolas, além de sua importância nutricional, o zinco também deve ser considerado quanto à sua presença na água de cultivo, uma vez que se apresenta predominantemente na forma de cátion (Zn^{2+}). A adição de minerais diretamente na água pode alterar o equilíbrio iônico do meio, influenciando parâmetros como condutividade elétrica, toxicidade e interações entre íons. Em concentrações elevadas, o zinco pode apresentar efeito tóxico, interferindo nos processos fisiológicos dos peixes, especialmente nas brânquias, afetando a osmorregulação e a respiração. Dessa forma, seu uso deve ser cuidadosamente controlado para evitar impactos negativos na qualidade da água e no desempenho dos animais (Boyd, 2015; NRC, 2011).

2.4 Influência de vitaminas e minerais na qualidade da água em sistema aquícolas

A qualidade da água é um dos principais fatores que determinam o sucesso dos sistemas aquícolas, sendo diretamente influenciada pelo manejo nutricional e pela dinâmica dos nutrientes no ambiente. Nesse contexto, vitaminas e minerais, embora essenciais para o metabolismo e desenvolvimento dos organismos aquáticos, podem também exercer influência sobre os parâmetros físico-químicos e biológicos da água, especialmente quando fornecidos em excesso ou aplicados diretamente no meio de cultivo (Boyd, 2020; Tacon et al., 2015).

As vitaminas hidrossolúveis, como a vitamina C e as do complexo B, apresentam baixa estabilidade no ambiente aquático, sendo suscetíveis à degradação por fatores como luz, temperatura e oxidação. Esse processo pode contribuir para o aumento da matéria orgânica dissolvida no sistema, influenciando indiretamente parâmetros como a demanda bioquímica de oxigênio em condições de maior carga orgânica (Tacon et al., 2015; Barbosa et al., 2024).

Além disso, evidências experimentais demonstram que a suplementação de vitamina C pode alterar diretamente a composição química da água. Em estudo com tilápias, foram observadas alterações significativas no perfil da água de cultivo, com variações expressivas nos metabólitos presentes entre os tratamentos, evidenciando a interação direta entre o suplemento vitamínico e o ambiente aquático (Villanueva et al., 2022).

Complementarmente, pesquisas recentes em sistemas integrados indicam que a suplementação de vitamina C pode modificar o fluxo e o balanço de nutrientes entre os compartimentos água e organismo, influenciando a ciclagem de elementos no sistema produtivo. Em sistemas de aquaponia, por exemplo, a adição de vitamina C foi associada à otimização da circulação de nutrientes e ao equilíbrio entre os componentes do sistema, demonstrando seu potencial de interferência na dinâmica ambiental (Yan et al., 2026).

Em sistemas intensivos, como o cultivo em bioflocos, a presença de vitaminas também está relacionada à modulação da microbiota aquática, podendo influenciar processos como decomposição da matéria orgânica e transformação de compostos nitrogenados, que são fundamentais para a manutenção da qualidade da água (Devi et al., 2024).

No caso dos minerais, os efeitos sobre a qualidade da água são mais amplamente documentados, especialmente para nutrientes como fósforo e nitrogênio, que desempenham papel central nos processos de eutrofização. O acúmulo desses elementos no ambiente, proveniente da suplementação alimentar ou da excreção dos organismos, pode estimular o crescimento excessivo de fitoplâncton, resultando em flutuações nos níveis de oxigênio dissolvido, pH e transparência da água (Macedo et al., 2013; Boyd, 2020).

Além disso, minerais traço como ferro, cobre e zinco, quando presentes em concentrações elevadas, podem exercer efeitos tóxicos sobre organismos aquáticos e interferir na atividade microbiana responsável pela ciclagem de nutrientes (FAO, 2020). Estudos experimentais também indicam que a interação entre minerais e vitaminas pode

influenciar a dinâmica do sistema aquático, exigindo monitoramento rigoroso dos parâmetros de qualidade da água durante o cultivo, especialmente em sistemas intensivos (Villanueva et al., 2022).

Diante do exposto acima, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da suplementação de vitaminas e minerais na melhoria dos índices zootécnicos de alevinos (ganho de peso e crescimento) além de acompanhar os parâmetros de qualidade da água, observando se houve influência do produto sobre ela, em sistemas de piscicultura.

3 HIPÓTESE

Considerando a importância do manejo nutricional e da qualidade da água no desempenho produtivo e na estabilidade dos sistemas aquícolas, parte-se do pressuposto de que a aplicação de vitaminas e minerais diretamente na água de cultivo pode influenciar não apenas o crescimento e a saúde dos alevinos, mas também a dinâmica dos nutrientes no ambiente aquático. Nesse contexto, admite-se inicialmente a possibilidade de que a adição desses micronutrientes ao meio não promova alterações significativas nos parâmetros zootécnicos nem na qualidade da água, mantendo-se condições semelhantes às observadas em sistemas sem suplementação.

Por outro lado, pressupõe-se que a aplicação controlada de vitaminas e minerais na água possa favorecer o desempenho produtivo e a condição fisiológica dos peixes, seja por absorção direta ou por efeitos indiretos sobre o ambiente, sem comprometer a qualidade da água. Adicionalmente, considera-se a possibilidade de que concentrações inadequadas ou excessivas desses compostos no meio aquático possam alterar a dinâmica de nutrientes no sistema, refletindo em modificações nos parâmetros físico-químicos da água, como pH, oxigênio dissolvido e compostos nitrogenados.

Dessa forma, o estudo é conduzido com base na avaliação das possíveis relações entre a aplicação de vitaminas e minerais na água, o desempenho zootécnico dos alevinos e a qualidade da água, buscando compreender se esses fatores atuam no sistema de cultivo.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da aplicação de vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco diretamente na água de cultivo sobre o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e sobre os parâmetros de qualidade da água em sistema aquícola.

4.2 Objetivo específico

- Avaliar o efeito da aplicação do produto contendo vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco na água sobre o crescimento dos alevinos, por meio de indicadores como ganho de peso, comprimento e taxa de crescimento.
- Determinar a influência da aplicação desses compostos na sobrevivência dos peixes ao longo do período experimental.
- Analisar o impacto da aplicação das vitaminas e minerais na qualidade da água, por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos, como pH, oxigênio dissolvido, temperatura e compostos nitrogenados.
- Comparar os diferentes níveis ou concentrações de aplicação dos compostos quanto à sua eficiência e possíveis efeitos sobre o ambiente de cultivo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização do experimento

Este estudo foi desenvolvido no laboratório de imunologia de organismos aquáticos da Universidade Estadual do Norte do Paraná UENP, campus Luiz Meneghel, na cidade de Bandeirantes, Paraná (Figura 1). O trabalho foi autorizado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, com registro nº 7277.



Figura 1: Laboratório de imunologia de organismos aquáticos no campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

A pesquisa teve início no dia 06 de janeiro de 2026 e foi finalizada em 04 de fevereiro de 2026, sendo que os peixes permaneceram em período de aclimatação desde o dia 17 de dezembro de 2025, com o objetivo de adaptação às condições experimentais. Para a execução do estudo, foram utilizados 171 alevinos de tilápia (Oreochromis niloticus) da linhagem GIFT, obtidos em criadouro no município de Bandeirantes–PR, previamente revertidos sexualmente, com peso médio inicial de 7,0 g. Foi registrada a mortalidade de um indivíduo em cada tratamento após a primeira pesagem e antes da aplicação do produto. Dessa forma, esses indivíduos foram excluídos das análises estatísticas.

Após o período de aclimatação, totalizando 20 dias, os animais foram pesados e distribuídos de forma a garantir biomassa equivalente entre os aquários, assegurando densidade de estocagem semelhante entre os tratamentos. Os peixes foram então alocados aleatoriamente em nove aquários com volume de 0,113 m³ cada, totalizando 57 peixes por tratamento.

O delineamento experimental foi composto por três tratamentos: T1 (controle), sem aplicação do produto; T2, com aplicação da dose total do suplemento vitamínico-mineral uma vez por semana; e T3, com aplicação da mesma dose total, porém fracionada em duas aplicações semanais. Cada tratamento foi constituído por três repetições (aquários), com 19 peixes por unidade experimental, resultando em uma densidade de um peixe a cada 0,0059 m³ (5,04 L).

5.2 Aplicação do produto

Os produtos foram formulados em farmácia de manipulação animal especializada, Biovet Farma. A definição da suplementação e das dosagens foi realizada em conjunto com a equipe técnica da farmácia, visando não causar prejuízos à saúde dos peixes nem à qualidade da água. O produto foi desenvolvido na forma de pó para diluição em água, justificando a utilização de vitaminas hidrossolúveis e minerais.

As concentrações de vitaminas e minerais utilizadas neste estudo foram definidas considerando a biomassa total inicial dos organismos por unidade experimental (≈140 g distribuídos em 19 indivíduos), bem como as diferenças entre a suplementação via dieta e via água. Em sistemas aquícolas, os requerimentos nutricionais são geralmente estabelecidos em função da ingestão alimentar contínua.

Entretanto, quando compostos são administrados diretamente na água, sua absorção ocorre principalmente por meio das brânquias e, em menor escala, pelo tegumento, sendo mais eficiente para íons e substâncias dissolvidas de baixo peso molecular. Dessa forma, a biodisponibilidade desses compostos pode variar conforme sua natureza química e as condições do ambiente aquático (Boyd, 2015; NRC, 2011). Além disso, as brânquias constituem uma importante interface de troca com o meio, desempenhando papel central na osmorregulação e sendo diretamente influenciadas pela disponibilidade de substâncias dissolvidas na água (XU et al., 2016).

Nos tratamentos dois e três, os peixes foram expostos ao produto por meio de sua dissolução direta na água, com período de exposição de 24 horas. No tratamento 2, a aplicação foi realizada uma vez por semana (quartas-feiras), durante quatro semanas, contendo por dose: 11,3 mg de vitamina B1; 6,78 mg de vitamina B6; 0,339 mg de vitamina B12; 11,3 mg de vitamina C; 1,13 mg de sulfato de zinco e 11,3 mg de citrato de potássio. No tratamento 3, a aplicação foi realizada duas vezes por semana (quartas-feiras e domingos), durante quatro semanas, com doses fracionadas contendo: 5,65 mg de vitamina B1; 3,39 mg de vitamina B6; 0,169 mg de vitamina B12; 5,65 mg de vitamina C; 0,565 mg de sulfato de zinco e 5,65 mg de citrato de potássio por aplicação.

O tempo de exposição de 24 horas foi definido considerando a dinâmica de absorção de compostos em sistemas de imersão, nos quais a assimilação ocorre principalmente nas horas iniciais após a aplicação, por meio das brânquias e, em menor escala, pelo tegumento. Após esse período, fatores como degradação dos compostos, diluição no meio e excreção podem reduzir sua disponibilidade na água, justificando a

adoção desse intervalo, compatível com o manejo experimental (Evans et al., 2005; NRC, 2011).

O tempo de exposição de 24 horas foi definido considerando a dinâmica de absorção de compostos em sistemas de imersão, nos quais a assimilação ocorre principalmente nas horas iniciais após a aplicação, por meio das brânquias e, em menor escala, pelo tegumento. Após esse período, fatores como degradação dos compostos, diluição no meio e excreção podem reduzir sua disponibilidade na água, justificando a adoção desse intervalo, compatível com o manejo experimental (Evans et al., 2005; NRC, 2011).

Antes de cada aplicação, os aquários eram submetidos à limpeza por sifonagem com mangueira de sucção, com o objetivo de remover resíduos e padronizar as condições da água. Em seguida, a entrada de água era interrompida e o cano de vazão elevado, evitando a renovação do volume durante o período de exposição e favorecendo maior contato dos peixes com o suplemento. O produto, previamente diluído e fracionado em doses individuais, era então adicionado diretamente aos aquários, garantindo sua homogeneização no meio (Figura 2).

Após 24 horas de exposição, o sistema de renovação de água era restabelecido, com retorno do fluxo e reposicionamento do cano de vazão. Em seguida, realizava-se nova sifonagem, conforme a rotina diária de manejo, para remoção de resíduos. Durante o período experimental, não foram observadas precipitação visível nem decantação do produto na água, indicando adequada dispersão do suplemento no meio.



Figura 2: Doses do produto em sachê, divididos por dia e tratamento, Biovet Farma, Jau, São Paulo, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

5.3 Análise dos parâmetros da água

O monitoramento da qualidade da água foi realizado ao longo de um período de 29 dias, a medição do oxigênio dissolvido e temperatura utilizando um oxímetro profissional pro 20 YSI, duas vezes ao dia, que foi calibrado e avaliado com auxílio da empresa Beraqua (Figura 3). Os outros parâmetros essenciais foram medidos utilizando as práticas recomendadas e os testes Labcon, com a frequência de análise estabelecida para cada um: nitrito e dureza a cada três dias, pH e amônia em dias alternados (Figura 4). Essas variáveis são fundamentais para compreender a interferência da suplementação na qualidade da água.



Figura 3: Oxímetro profissional YSI, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).



Figura 4: Kits de análise de dureza, nitrito, amônia tóxica e pH. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

Durante o experimento foram utilizadas duas bombas por aquário para melhorar a oxigenação, uma com potência 650 l/h e outra com 1000 l/h, além de um termostato de 200W com temperatura calibrada em 28ºC. Durante o experimento a entrada de água

ficou aberta, assim como o cano de escoamento abaixado, para renovação, apenas fechado durante as 24 horas de administração do produto, para melhor absorção (Figura 5).



Figura 5: Aquário contendo duas bombas de oxigênio, termostato, torneira para entrada de água e cano de vasão. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

5.4 Análise dos peixes

No dia 06 de janeiro de 2026 foi realizada a pesagem inicial e medição dos peixes, utilizando uma balança de precisão com avaliação em gramas (Figura 6) e uma régua profissional de precisão com avaliação em cm (Figura 7).

Antes da realização das avaliações os peixes eram deixados em jejum por 12 horas para evitar problemas decorrentes do estresse. Os animais eram removidos do aquário e passados para outro, com realização da aclimatação, após isso eram pesados e medidos e devolvidos para o aquário principal. As avaliações eram realizadas uma vez na semana, totalizando cinco dias, com a última realizada dia 03 de fevereiro de 2026.



Figura 6: Pesagem dos peixes. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).



Figura 7: Medição dos peixes. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

5.5 Cálculo de Ração

Durante o experimento, os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, às 8:00 hs e 17:00 hs, com a ração Guabi Evolution 40% proteína, 2-3mm. A ração foi calculada utilizando 5% da biomassa total, avaliando a quantidade de peixes e fase de criação.

Os peixes foram pesados e avaliados toda semana e com os valores coletados foi possível calcular a quantidade de ração para cada aquário. No total do experimento o consumo de ração foi de 2,025 kg no tratamento 1 (Tabela 2), 2,120 kg no tratamento 2 (Tabela 3) e 2,095 kg no tratamento 3 (Tabela 4).

Tabela 2: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T1) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Dia	Aquário	Biomassa total (g)	Ração (5 %) (g/dia/aquário)
1	A1	143	7,15
1	A4	150	7,50
1	A7	152	7,60
7	A1	239	11,95
7	A4	231	11,55
7	A7	243	12,15
14	A1	383	19,15
14	A4	372	18,60
14	A7	385	19,25
21	A1	515	25,75
21	A4	519	25,95
21	A7	540	27,00
28	A1	637	31,85
28	A4	624	31,20
28	A7	653	32,65

***A1= aquário 1; A4= aquário 4; A7= aquário 7**

Tabela 3: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T2) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Dia	Aquário	Biomassa total (g)	Ração (5 %) (g/dia/aquário)
1	A2	154	7,70
1	A5	151	7,55
1	A8	145	7,25
7	A2	250	12,50
7	A5	236	11,80
7	A8	242	12,10
14	A2	398	19,90
14	A5	382	19,10
14	A8	390	19,50
21	A2	549	27,45
21	A5	541	27,05
21	A8	552	27,60
28	A2	696	34,80
28	A5	663	33,15
28	A8	709	35,45

***A2= aquário 2; A5= aquário 5; A8= aquário 8**

Tabela 4: Alimentação semanal (5% da biomassa) no tratamento controle (T3) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Dia	Aquário	Biomassa total (g)	Ração (5 %) (g/dia/aquário)
1	A3	144	7,20
1	A6	148	7,40
1	A9	155	7,75
7	A3	243	12,15
7	A6	236	11,80
7	A9	238	11,90
14	A3	381	19,05
14	A6	390	19,50
14	A9	385	19,25
21	A3	533	26,65
21	A6	545	27,25
21	A9	550	27,50
28	A3	666	33,30
28	A6	683	34,15
28	A9	690	34,50

***A3= aquário 3; A6= aquário 6; A9= aquário 9**

5.6 Análise dos dados

A análise dos dados consistiu na avaliação do ganho de peso e do crescimento dos peixes submetidos aos diferentes tratamentos, aplicação da dosagem total do produto, dosagem fracionada e grupo controle, bem como na análise dos parâmetros de qualidade da água. As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio (versão 4.4.1; R Core Team, 2024).

Inicialmente, procedeu-se à análise descritiva dos dados. Em seguida, verificou-se o atendimento aos pressupostos da análise de variância (ANOVA) por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e do teste de homogeneidade de variâncias de Levene.

Atendidos os pressupostos, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para identificar possíveis diferenças significativas entre os tratamentos. Quando observadas diferenças estatisticamente significativas, foi realizado o teste de Tukey para comparações múltiplas entre as médias. Em todas as análises, adotou-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

6 Resultados e Discussão

6.1 Análise dos parâmetros da água

As medições de pH foram realizadas em dias intercalados, apresentando valores mínimos de 6,8 e máximos de 7,2 ao longo do período experimental. Conforme apresentado na Tabela 5, não foram observadas diferenças entre os tratamentos, sendo registrada média geral de 7,09 ± 0,13. O pH da água em sistemas aquícolas pode variar entre condições ácidas, neutras ou alcalinas, principalmente em função das substâncias dissolvidas e da atividade biológica presente nos tanques. De maneira geral, valores entre 6,5 e 8,5 são considerados adequados para a produção aquícola, embora possam variar conforme a espécie cultivada (Oliveira, s.d.). Assim, os valores observados neste estudo permaneceram dentro da faixa recomendada para o cultivo de tilápia do Nilo.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade da água nos tratamentos em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Tratamento	pH	Amônia Tóxica	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Nitrito	Dureza
T1	7,09	0,0029 ppm	4,84 mg/L	27,50 ° C	0,025 ppm	Muito branda
T2	7,09	0,0029 ppm	4,83 mg/L	27,60 ºC	0,016 ppm	Muito branda
T3	7,09	0,0029 ppm	4,82 mg/L	27,69 ºC	0,016 ppm	Muito branda

*** T1: controle; T2: dose total 1x/semana; T3: dose total fracionada 2x/semana. ppm: partes por milhão.**

Além dos fatores biológicos, a adição de minerais diretamente na água de cultivo envolve aspectos relacionados ao equilíbrio iônico e químico do meio aquático. No presente estudo, os compostos utilizados apresentam comportamento distinto após sua dissociação: o sulfato de zinco fornece o cátion Zn^{2+}e o ânion sulfato (SO_4^{2-}), enquanto o citrato de potássio disponibiliza o cátion K^+e o ânion citrato, este último com caráter alcalinizante. De modo geral, cátions metálicos podem sofrer reações de hidrólise, liberando prótons (H^+) e contribuindo para uma leve acidificação do meio, enquanto ânions orgânicos podem atuar como agentes tamponantes, influenciando o potencial hidrogeniônico da água (Boyd, 2015; Stumm; Morgan, 1996).

Nesse contexto, a introdução simultânea desses compostos pode gerar efeitos opostos sobre o pH, resultando em maior estabilidade do sistema, desde que respeitada a capacidade de tamponamento do ambiente. Além disso, a concentração e a forma química dos íons adicionados são determinantes para possíveis alterações na condutividade,

dureza e disponibilidade de nutrientes no sistema aquícola (Boyd; Tucker, 2012). Alterações no equilíbrio iônico da água podem ainda influenciar processos osmorregulatórios dos peixes, especialmente em ambientes de baixa dureza, nos quais a disponibilidade de íons é limitada.

No presente estudo, as concentrações empregadas foram relativamente baixas e não promoveram alterações significativas nos valores de pH, que permaneceram dentro da faixa considerada ideal para o cultivo de tilápia do Nilo. Esse resultado indica que o sistema apresentou capacidade de tamponamento suficiente para absorver as variações decorrentes da adição dos sais, mantendo a estabilidade química da água. Assim, embora a adição de íons possa, em maiores concentrações, interferir no equilíbrio hidrolítico e na fisiologia dos organismos aquáticos, os níveis utilizados não foram suficientes para causar impactos detectáveis nos parâmetros avaliados.

As concentrações de amônia total foram avaliadas em dias intercalados, variando de 0 a 0,50 ppm. A partir desses valores, foi estimada a amônia tóxica, com concentrações mínimas de 0,001 ppm e máximas de 0,003 ppm. Conforme demonstrado na Tabela 5, não houve diferença entre os tratamentos, sendo registrada média de 0,0029 ppm, com desvios padrão de 0,003 nos dois primeiros tratamentos e 0,004 no terceiro.

A amônia é um dos principais parâmetros de monitoramento na piscicultura, sendo originada principalmente da excreção dos peixes e da decomposição de ração não consumida. Além disso, aumentos na temperatura e no pH da água podem intensificar sua toxicidade e favorecer a formação de compostos nitrogenados intermediários, como o nitrito (Kubitza, 2011). Os baixos valores observados indicam adequada estabilidade ambiental durante o experimento.

O oxigênio dissolvido (OD) foi monitorado diariamente nos períodos da manhã e da tarde, apresentando valores entre 3,69 e 6,07 mg/L. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5), com médias de 4,84, 4,83 e 4,82 mg/L e desvios padrão de 0,57, 0,49 e 0,52, respectivamente.

O oxigênio dissolvido é um dos fatores mais importantes para o desempenho produtivo dos peixes, uma vez que níveis reduzidos podem causar estresse fisiológico, diminuição do consumo alimentar e, em situações extremas, mortalidade. Para espécies tropicais, valores superiores a 3,0 mg/L são considerados adequados, enquanto concentrações inferiores a 1,0 mg/L podem tornar o ambiente letal após algumas horas de exposição (Moro, 2013). Dessa forma, os valores registrados permaneceram dentro das condições adequadas ao cultivo.

A temperatura da água foi aferida diariamente nos períodos da manhã e da tarde, apresentando valores mínimos de 25,2°C e máximos de 31,7°C. Conforme apresentado na Tabela 6, não houve diferença significativa entre os tratamentos, com médias de 27,59°C, 27,60°C e 27,69°C e desvios padrão de 1,57, 1,52 e 1,57, respectivamente. A temperatura exerce influência direta sobre o metabolismo, crescimento e consumo alimentar dos peixes, sendo que, para espécies tropicais, a faixa considerada ideal situa-se entre 26°C e 30°C (Moro, 2013). Assim, as condições térmicas observadas foram favoráveis ao desenvolvimento dos alevinos.

As concentrações de nitrito foram avaliadas a cada três dias, apresentando valores entre 0,0 e 0,25 ppm, considerados dentro dos limites aceitáveis. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5), com médias de 0,025, 0,016 e 0,016 ppm e desvios padrão de 0,07, 0,06 e 0,07, respectivamente. O nitrito é um composto intermediário do processo de nitrificação da amônia e, em concentrações elevadas, pode converter a hemoglobina em meta-hemoglobina, reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio no sangue dos peixes (Barbuio, 2024). Os baixos níveis registrados indicam adequado funcionamento do ciclo do nitrogênio no sistema experimental.

As análises de dureza da água permaneceram uniformes durante todo o período experimental, sendo classificadas como muito brandas. A dureza corresponde à concentração de íons cálcio e magnésio presentes na água e sua avaliação é importante para determinar a disponibilidade de sais minerais no ambiente aquático (Moro, 2013).

A avaliação dos parâmetros de qualidade da água, embora não constituísse o foco principal do presente estudo, foi realizada com o objetivo de verificar possíveis interferências da suplementação vitamínico-mineral dissolvida na água sobre o ambiente de cultivo. Estudos indicam que intervenções nutricionais podem influenciar indiretamente as características físico-químicas dos sistemas aquícolas por meio de alterações no metabolismo e na interação dos organismos com o ambiente (Dawood et al., 2019; Hoseinifar et al., 2018). Dessa forma, o monitoramento de variáveis como pH, amônia, oxigênio dissolvido, temperatura e nitrito torna-se relevante para assegurar que a suplementação não promova desequilíbrios ambientais.

Vitaminas hidrossolúveis, como as do complexo B e a vitamina C, atuam como cofatores enzimáticos em diversas vias metabólicas relacionadas ao aproveitamento de proteínas e à produção de energia, estando associadas à melhoria da eficiência nutricional e ao desempenho fisiológico dos peixes (Dawood et al., 2019). Nesse contexto, uma maior

eficiência metabólica pode contribuir para uma utilização mais adequada dos aminoácidos, reduzindo sua degradação para fins energéticos e, consequentemente, a formação de compostos nitrogenados, como a amônia. No presente estudo, a estabilidade observada nos níveis de amônia e nitrito sugere que a suplementação não intensificou esses processos.

Além dos efeitos fisiológicos, a nutrição pode influenciar a microbiota associada aos organismos aquáticos e, indiretamente, o ambiente de cultivo. De acordo com Hoseinifar et al. (2018), intervenções nutricionais são capazes de modular a microbiota dos peixes, o que pode refletir na dinâmica de nutrientes e na interação com o meio aquático. Nesse contexto, a ausência de alterações significativas nos parâmetros de qualidade da água observada neste estudo sugere que a suplementação não promoveu desequilíbrios microbiológicos relevantes no sistema experimental.

Adicionalmente, alterações na qualidade da água estão frequentemente relacionadas à interferência de compostos exógenos nos processos microbianos do ciclo do nitrogênio. Wang et al. (2023) demonstraram que substâncias como metais pesados e antibióticos podem alterar a atividade de microrganismos, afetando processos de nitrificação e desnitrificação. No presente estudo, entretanto, a ausência de variações nos níveis de amônia e nitrito levanta a hipótese de que a suplementação utilizada não tenha interferido negativamente nesses processos, favorecendo a estabilidade do ambiente de cultivo.

De modo geral, a manutenção de todos os parâmetros de qualidade da água dentro das faixas recomendadas pela literatura indica que a suplementação hídrica com vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco não comprometeu as condições ambientais do sistema. Contudo, é importante destacar que, principalmente no caso dos minerais, sua adição à água deve ser cuidadosamente controlada, uma vez que são introduzidos na forma de íons (cátions), podendo alterar o equilíbrio iônico, a condutividade e, em concentrações elevadas, até apresentar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos (Boyd, 2015; NRC, 2011).

Nesse sentido, a ausência de alterações nos parâmetros avaliados pode estar relacionada às concentrações utilizadas neste estudo, as quais aparentemente se mantiveram dentro de uma faixa segura. Assim, estudos futuros avaliando diferentes níveis de inclusão podem contribuir para a determinação de limites mais precisos de uso, evitando possíveis impactos negativos ao sistema de cultivo.

6.2 Análise do ganho de peso

No início do período experimental, os peixes apresentaram peso médio de 7,80 g, 7,89 g e 7,84 g nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente. Ao final do experimento, os valores médios observados foram de 33,57 g (T1), 36,28 g (T2) e 35,77 g (T3), indicando aumento substancial da biomassa em todos os tratamentos ao longo do período experimental (Tabela 6).

O ganho de peso médio por indivíduo foi de 26,29 ± 12,27 g, 28,95 ± 15,18 g e 28,48 ± 12,37 g para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, não sendo observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 6: Média de ganho de peso por peixe (g) em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes estratégias de suplementação hídrica.

Tratamento	n	Média±sd
T1	57	26,29±12,27 a
T2	57	28,95±15,18 a
T3	57	28,48±12,37 a

*** Letras iguais indicam ausência de diferença significativa (p > 0,05).**
T1: controle; T2: dose total 1x/semana; T3: dose total fracionada 2x/semana.

A distribuição dos valores médios de ganho de peso entre os tratamentos pode ser observada na Figura 8, evidenciando comportamento semelhante entre os grupos experimentais.

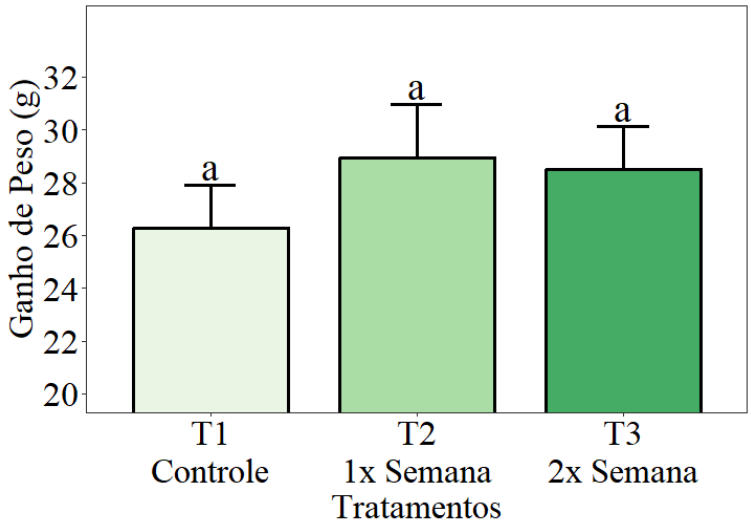


Figura 8: Média de ganho de peso total dos tratamentos, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

Durante todo o período experimental, os parâmetros de qualidade da água foram mantidos dentro das faixas recomendadas para a espécie, assegurando condições

adequadas ao desenvolvimento dos organismos. A literatura destaca que variáveis como temperatura, oxigênio dissolvido e qualidade geral da água são fatores determinantes para o crescimento e eficiência produtiva em sistemas aquícolas, influenciando diretamente o metabolismo e o consumo alimentar dos peixes (Boyd, 2015; FAO, 2022).

Nessas condições, observou-se consumo integral da ração fornecida, sem ocorrência de sobras ao longo do experimento, indicando elevada aceitação alimentar e ausência de limitações nutricionais aparentes. Segundo revisões recentes, o manejo alimentar adequado é um dos principais fatores responsáveis pelo desempenho zootécnico, influenciando diretamente o ganho de peso, a conversão alimentar e a eficiência produtiva em aquicultura (NRC, 2011; FAO, 2022).

De modo geral, os resultados demonstram que todos os tratamentos proporcionaram crescimento satisfatório dos peixes, sem diferenças significativas entre si, sugerindo que a estratégia de suplementação adotada não impactou o ganho de peso nas condições experimentais avaliadas.

6.3 Análise do crescimento

Durante o período experimental, o comprimento dos peixes foi avaliado semanalmente, desde o início até o final do experimento. No início, os indivíduos apresentaram comprimento médio de 7,49 cm, 7,53 cm e 7,32 cm nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente. Ao final do período experimental, os valores médios observados foram de 11,69 cm (T1), 12,24 cm (T2) e 12,11 cm (T3), evidenciando crescimento contínuo em todos os tratamentos (Tabela 7).

O incremento médio em comprimento foi de 4,60 ± 1,65 cm, 4,89 ± 1,91 cm e 4,74 ± 1,57 cm para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, não sendo observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 7: Crescimento médio (cm) por peixe em alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à suplementação hídrica.

Tratamento	n	Média±sd
T1	57	4,60 ±1,65 a
T2	57	4,89 ±1,91 a
T3	57	4,74±1,57 a

Letras iguais indicam ausência de diferença significativa (p > 0,05).
T1: controle; T2: dose total 1x/semana; T3: dose total fracionada 2x/semana.

A distribuição dos valores médios de crescimento em comprimento pode ser visualizada na Figura 9, a qual demonstra comportamento semelhante entre os tratamentos.

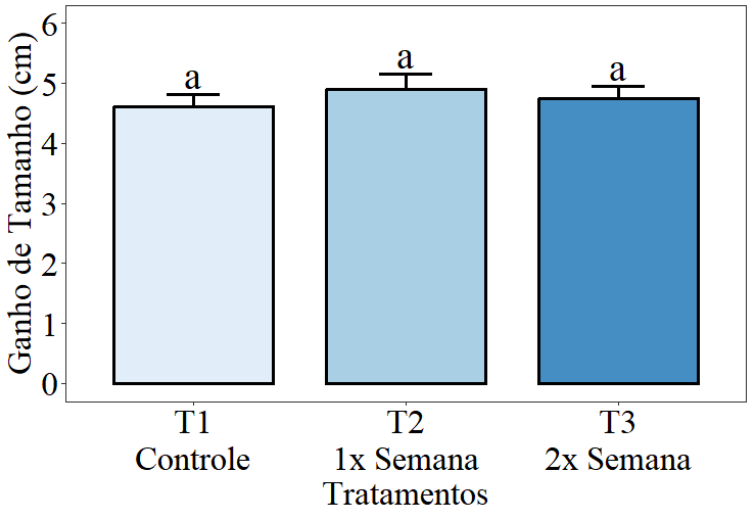


Figura 9: Média de ganho de crescimento total dos tratamentos, Bandeirantes, Paraná, Brasil. Foto: Carezia, J.N.F. (2026).

Apesar das diferenças numéricas observadas, os resultados indicam que a suplementação hídrica não influenciou significativamente o crescimento em comprimento dos peixes nas condições avaliadas. De modo geral, todos os tratamentos apresentaram desenvolvimento adequado ao longo do período experimental.

Ainda que não tenham sido observadas diferenças estatísticas, nota-se tendência de maior crescimento nos tratamentos suplementados (T2 e T3). Sob o ponto de vista produtivo, mesmo pequenas variações no desempenho podem ser relevantes, dependendo das condições de cultivo e da escala de produção.

A diferença numérica de peso observada nos tratamentos suplementados pode estar associada à ação de vitaminas e minerais presentes na formulação, pois desempenham funções essenciais no metabolismo, crescimento e resposta fisiológica dos peixes (Lall et al., 2021; Rahman et al., 2019). Nesse contexto, as vitaminas do complexo B (B1, B6 e B12) exercem papel fundamental no metabolismo energético e proteico, atuando como cofatores em reações metabólicas essenciais, mesmo em baixas concentrações, mas com impacto significativo na eficiência fisiológica dos peixes (Rombenso et al., 2022).

A vitamina C destaca-se por sua ação antioxidante, atuando na neutralização de espécies reativas de oxigênio e contribuindo para a resposta imune, sendo considerada essencial para muitas espécies que não possuem capacidade de síntese endógena (Guo et al., 2024). Além disso, sua rápida degradação no meio aquático reforça a necessidade de estratégias de aplicação em concentrações adequadas e por períodos controlados (Abdul Kari, 2025).

O zinco atua como cofator enzimático e modulador da resposta imune, participando de diversos processos metabólicos e fisiológicos, sendo essencial em pequenas quantidades, porém potencialmente tóxico em concentrações elevadas, o que exige controle rigoroso de sua aplicação (Lall, 2021). O potássio, por sua vez, desempenha papel importante na regulação osmótica e no equilíbrio ácido-base, sendo fundamental para a manutenção da homeostase iônica e para o funcionamento adequado dos processos fisiológicos dos peixes (Boyd, 2015).

A escolha da via de administração diretamente na água baseia-se na capacidade dos peixes de absorver substâncias dissolvidas por meio das brânquias, estruturas altamente vascularizadas e com grande área de contato, o que favorece as trocas com o meio (Cumming; Herbert, 2016). Embora essa via apresente menor eficiência em comparação à ingestão alimentar, ela pode ser vantajosa em situações específicas, como em fases iniciais de desenvolvimento ou sob condições de estresse, além de possibilitar maior uniformidade na exposição dos indivíduos aos compostos.

Além disso, o tempo de exposição de 24 horas adotado neste estudo está de acordo com a dinâmica de absorção de compostos em sistemas de imersão, sendo considerado suficiente para promover efeitos fisiológicos, como respostas antioxidantes e redução de estresse, sem causar danos às brânquias (Fang et al., 2024). A limitação do tempo de exposição também contribui para reduzir a degradação de compostos sensíveis, como a vitamina C, e minimizar o risco de acúmulo de minerais no ambiente aquático, tornando a estratégia mais segura e eficiente (Abdul Kari, 2025; Rombenso et al., 2022).

A aplicação direta na água, aliada à ausência de impactos negativos observados nos parâmetros de qualidade do meio, evidencia uma alternativa potencial para a suplementação nutricional em sistemas aquícolas. Em sistemas convencionais, a suplementação é frequentemente realizada via ração, o que pode resultar em consumo desigual entre os indivíduos devido a diferenças comportamentais e competição alimentar (FAO, 2020). Nesse sentido, a via aquosa pode favorecer maior uniformidade na exposição aos nutrientes, uma vez que os peixes mantêm contato constante com o meio e

realizam trocas de substâncias por meio das brânquias e superfície corporal (Baldisserotto, 2013).

Os resultados obtidos neste estudo estão parcialmente de acordo com a literatura. O estudo de McLaren et al. (1947), um dos pioneiros na área de nutrição de organismos aquáticos, demonstrou que a suplementação vitamínica, incluindo vitaminas do complexo B e ácido ascórbico, promoveu aumento na taxa de crescimento de trutas, enquanto sua ausência resultou em redução no consumo alimentar e comprometimento do desempenho.

Estudos mais recentes também reforçam esses achados. Rahman et al. (2019) observaram que a suplementação de vitamina C está associada à melhora do crescimento e da sobrevivência em tilápias. De forma semelhante, Ibrahim et al. (2020) verificaram aumento no peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, além de maior sobrevivência frente à infecção por *Aeromonas sobria*, evidenciando o papel da vitamina C na modulação do sistema imune e na resposta ao estresse.

No que se refere aos minerais, John et al. (2022) observaram que a suplementação de potássio na água em sistemas de aquaponia não promoveu alterações negativas na qualidade da água nem no desempenho produtivo, além de contribuir para a estabilidade fisiológica dos peixes e aumento da atividade de enzimas antioxidantes. Esses resultados corroboram os achados do presente estudo, no qual não foram observados impactos negativos na qualidade da água decorrentes da suplementação.

Adicionalmente, Mustafa et al. (2024) demonstraram que a suplementação combinada de vitamina C e zinco em tilápias expostas ao estresse por baixa temperatura resultou em melhora da resposta imunológica, regeneração muscular e desempenho de crescimento, evidenciando o efeito sinérgico desses micronutrientes na saúde e resistência ao estresse.

Além dos parâmetros zootécnicos, destaca-se que não foram observadas intercorrências sanitárias ao longo do período experimental, como mortalidade elevada ou manifestações clínicas de enfermidades. Esse resultado sugere que as condições de manejo, associadas à qualidade da água e à estratégia de suplementação adotada, foram adequadas para a manutenção da homeostase e do equilíbrio fisiológico dos peixes.

A literatura indica que micronutrientes, como a vitamina C, vitaminas do complexo B e o zinco, desempenham papel relevante na modulação da resposta imune e na resistência ao estresse em organismos aquáticos, atuando na redução do estresse oxidativo e no fortalecimento das defesas inespecíficas (Lall, 2021; Dawood et al., 2019). A vitamina C, em especial, está associada à melhoria da resposta imunológica e à maior

resistência a patógenos, enquanto o zinco participa da atividade de enzimas antioxidantes e da regulação de processos imunológicos.

Embora não tenham sido realizadas análises específicas de parâmetros imunológicos, a ausência de alterações sanitárias durante o experimento pode estar relacionada, ainda que de forma indireta, aos efeitos benéficos da suplementação desses micronutrientes, contribuindo para a estabilidade fisiológica e sanitária dos organismos cultivados.

Dessa forma, mesmo na ausência de diferenças estatísticas significativas, os resultados sugerem que a suplementação via água pode representar uma estratégia promissora para a melhoria do desempenho zootécnico e da condição fisiológica dos peixes, sem comprometer a qualidade do ambiente aquático.

7 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais do presente estudo, a suplementação hídrica de vitaminas do complexo B, vitamina C, potássio e zinco em alevinos de *Oreochromis niloticus* não resultou em diferenças estatisticamente no ganho de peso ou no crescimento dos peixes em relação ao grupo controle.

Dessa forma, recomenda-se a realização de estudos adicionais, contemplando maior número de repetições, diferentes dosagens, formas de aplicação e condições de cultivo, a fim de aprofundar a compreensão sobre os possíveis efeitos da suplementação hídrica no desempenho de alevinos.

REFERÊNCIAS

ABDUL KARI, Zulhisyam. Imunomodulação nutricional na aquicultura: nutrientes funcionais, resiliência ao estresse e estratégias de saúde sustentáveis. *Aquacult Int* **33**, 441 (2025).

ALI, Bulbul; MISHRA, Abha et al. Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: a review. *International journal of fisheries and aquatic studies*, v. 10, n. 4, p. 113–127, 2022.

BALDISSEROTTO, Bernardo. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: UFSM, 2013.

BARBOSA, Ana Paula Dias et al. From feed to fish—nutrients' fate in aquaculture systems. Applied Sciences, v. 14, n. 14, p. 6056, 2024.

BARBUIO, Karoline Moreira.Azul de Metileno na ração de tilápia-do-Nilo: tratamento inovador para metahemoglobinemia por nitrito. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-05062024-152608/. Acesso em: 08 mar. 2026.

BARTZ, rafael luis; FEIDEN, altemir. Water transparency analysis in fish farming environment through unmanned aerial vehicles. *Journal of applied research and technology*, Cidade do México, v. 21, n. 6, p. 912–920, 2023.

BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S. *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Springer, 2012.

BOYD, Claude E. *Water quality. Cham, Switzerland: Springer International Publishing* AG, 2015.

BOYD, Claude E. *Water quality: an introduction. 3. ed. Cham: Springer*, 2020.

BROLIO, Marina Pandolphi; CAMPOS, Lívia Batista; SOUZA, Samara Silva de; SOTERO, Marcos do Prado; ALE, Vanessa Maria Machado; PEREIRA, Keila Dayane do Espírito Santo (org.). Práticas em Medicina Veterinária. v. 1, 1. ed., 2023.

CUMMING, harry; HERBERT, neil a. The physiological basis of gill function in fish. *Conservation physiology*, Oxford, v. 4, n. 1, p. cow033, 2016.

DAWOOD, Mahmoud A. O.; KOSHIO, Shunsuke; ESTEBAN, Miguel Ángel. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, v. 25, n. 5, p. 950–974, 2019.

DEVI, Ng Chinglembi; WAIKHOM, Gusheinzed; SINGH, Soibam Khogen; DAS, Pronob; DEBBARMA, Sourabh; DEBBARMA, Reshmi; SINGH, Lukram Sushil; MEINAM, Martina; BISWAS, Pradyut; IRUNGBAM, Surajkumar. Effects of vitamin C on growth and non-specific immune response of *Labeo gonius* fry in density-dependent biofloc rearing system. *Aquaculture Reports*, v. 34, p. 101941, 2024.

DEYAB, El Saidy Diab Mohamed Sayed; HUSSEIN, Ebtehal El Sayed Mohamed. Effects of different feeding rates on growth performance and body composition of red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) fry. *International Journal of Aquaculture*, v. 5, n. 12, p. 1–7, 2015.

EL-SAYED, Abdel-Fattah M.; FITZSIMMONS, Kevin. *From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. Reviews in Aquaculture*, v. 15, p. 6–21, 2023.

EVANS, David H.; PIERMARINI, Peter M.; CHOE, Kwang J. *The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste*. *Physiological Reviews*, Bethesda, v. 85, n. 1, p. 97–177, 2005.

FANG, dongmei et al. Effects of vitamin C immersion on physiological responses of fish. *Fish physiology and biochemistry*, Dordrecht, 2024.

FAO. *The state of world fisheries and aquaculture* 2020. Rome: FAO, 2020.

FAO. *The state of world fisheries and aquaculture 2022: towards blue transformation*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.

FRACALOSSI, Débora Machado; CYRINO, José Eurico Possebon. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2012.

FURUYA, Wilson Massamitu (ed.); PEZZATO, Luiz Edivaldo; BARROS, Maria Marlene; BOSCOLO, Wilson Rogério; CYRINO, José Eurico Possebon; FURUYA, Valéria Regina Braga; FEIDEN, Alberto.Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: Gráfica e Editora, 2010.

GARUTTI, Virgílio. Piscicultura ecológica. Unesp, 2003.

GUO, C. Y. et al. Dietary vitamin C improves antioxidant capacity and immunity in fish. *Plos one*, San Francisco, v. 19, n. 2, e0300643, 2024.

HALVER, John E.; HARDY, Ronald W. (ed.). Fish Nutrition. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1989.

HARDER, Avril M. et al. Thiamine deficiency in fishes: causes, consequences, and potential solutions. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, Dordrecht, v. 28, n. 4, p. 865–886, 2018. DOI: 10.1007/s11160-018-9538-x.

HARGREAVES, John A. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 166, n. 3–4, p. 181–212, 1998.

HOSEINIFAR, S. Hossein; DADAR, Morteza; RINGØ, Einar. Probiotics as means of diseases control in aquaculture, a review of current knowledge and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 2429, 2018.

HUGHES, Graham M.; MACDONALD, Douglas S.Nutrition and feeding of fish. 2. ed. Edited by Tom Lovell. Auburn, Alabama: Springer Science+Business Media, LLC, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas nacionais trimestrais: indicadores de volume e valores correntes. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBRAHIM, Rowida E.; et al. Influence of vitamin C feed supplementation on the growth, antioxidant activity, immune status, tissue histomorphology, and disease resistance in Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture Reports, v. 18, p. 100545, 2020.

JOHN, Venisza Cathy; et al.Effect of potassium supplementation on osmoregulatory and stress response of Pangasianodon hypophthalmus (Sauvage, 1878) with Spinacia oleracea L. in aquaponics. Journal of Fish Biology, v. 101, n. 1, p. 249–261, 2022.

KHANJANI, Mohammad Hossein; GHAEDI, Gholamreza; SHARIFINIA, Moslem. The role of vitamins in fish farming: growth performance, immunity, disease resistance, and body composition. Fish Physiology and Biochemistry, v. 51, n. 5, p. 170, 2025.

KUBITZA, Fernando. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. 2. ed. Jundiaí: Acqua Supre, 2011.

LALL, Santosh P.; KAUSHIK, Sadasivam J. *Nutrition and metabolism of minerals in fish. Animals*, v. 11, n. 9, p. 2711, 2021.

LEIRA, Maria Helena; et al.Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. Pubvet, v. 11, n. 1, p. 11–17, 2017.

LOGATO, Priscila Vieira Rosa.Nutrição e alimentação de peixes de água doce. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2015.

LOPES, Jackelline Cristina Ost.Técnico em agropecuária: piscicultura. Floriano: EDUFPI, 2012. 80 p. ISBN 978-85-7463-529-3.

MACEDO, Cláudia Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Luís Henrique. Eutrofização em viveiros de piscicultura. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 39, n. 1, p. 1–14, 2013.

MCLAREN, Barbara A.; et al.A nutrição da truta arco-íris. 1. Estudos sobre os requisitos vitamínicos. 1947.

MORO, Gustavo Vieira; et al.Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. In: Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília: Embrapa, 2013. p. 141–169.

MUSTAFA, Ahmed; BELAVILAS, Maryam; HOSSAIN, Rumman; MISHU, Israt. Immunological effects of vitamin C and zinc on tilapia (Oreochromis niloticus) exposed to cold water stress. PLOS ONE, v. 19, n. 9, e0311078, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311078. Acesso em: 08 fev. 2026.

NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, DC: National Academies Press, 2011.

OLIVEIRA, Léo (adaptação). Manual de qualidade da água para aquicultura. Florianópolis: Alfakit Ltda, [s.d.]. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743436/Manual+Qualidade+%C3%81gua+Aquicultura.pdf/674c0a9a-2844-43e2-9462-04fddd387529?version=1.0. Acesso em: 25 fev. 2026.

PEIXE BR – Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2026. Brasília: Peixe BR, 2026.

RAHMAN, Md. Hamidur; ROHANI, Md. Fazle; HOSSAIN, Md. Sazzad. *Effect of dietary vitamin C on growth and survival of GIFT tilapia)*. Journal of Agriculture and Rural Development, v. 11, n. 2, p. 37–42, 2019.

ROMBENSO, A. et al. *Recent advances in fish nutrition: insights into nutrient requirements and metabolism. Animals, Basel*, v. 12, n. 13, p. 1705, 2022.

ROWLAND, Freya E. et al. Evolutionary and ecological correlates of thiaminase in fishes. *Scientific Reports*, London, v. 13, n. 1, p. 18147, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-44654-x.

SATOH, Shunsuke; TAKEUCHI, Tetsuo; WATANABE, Takashi.Availability to rainbow trout of zinc in white fish meal and various zinc compounds. Nippon Suisan Gakkaishi, v. 53, p. 595–599, 1987.

STUMM, Werner; MORGAN, James J. *Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters*. 3. ed. New York: Wiley, 1996.

TACON, Albert Gerard J.; METIAN, Marc. Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2015.

VILLANUEVA, Moisés et al. Herbal vitamin C prevents DNA oxidation and modifies the metabolomic water profile of tilapia (Oreochromis spp.). Life, v. 12, n. 8, p. 1243, 2022.

WANG, M.; YU, Y.; REN, Y.; WANG, J.; CHEN, H. *Effect of antibiotic and/or heavy metal on nitrogen cycle of sediment-water interface in aquaculture system: implications from sea cucumber culture*. Environmental Pollution, v. 330, p. 121748, 2023.

XIMENES, Luciana Ferreira; VIDAL, Maria do Fátima. Pesca e aquicultura: piscicultura. 2023.

XU, huijun; JIANG, weidong; FENG, liang; LIU, yong; WU, peng; JIANG, jun; KUANG, shiyu; TANG, li; TANG, weining; ZHANG, yong'an; ZHOU, xingquan. Dietary vitamin C deficiency depressed gill physical barriers and immune barriers referring to Nrf2, apoptosis, MLCK, NF-κB and TOR signaling in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) under *Flavobacterium columnare* infection. *Fish & shellfish immunology*, Amsterdam, v. 58, p. 177–192, 2016.

YAN, Jin-Jiang; LUO, Xiao-Long; ABDESSAN, Rauan; ZHANG, Xiao-Xiao; ZHUMANOVA, Meruyert; JI, Hong. Effects of dietary vitamin C supplementation on the homeostasis of aquaponic systems in iron-enriched environment. *Aquaculture*, v. 613, p. 743445, 2026.