

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE**  
**Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação**  
**Mestrado Profissional em Produção e Sanidade Animal**



**Dissertação**

**Enfrentando o frio com a tilápia: suplementação com aditivo alimentar para  
melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nylo, criada a campo, sob baixas  
temperaturas**

**Vitor Mendes Lehmkuhl**

**Araquari, 2023**

**Vitor Mendes Lehmkuhl**

**Enfrentando o frio com a tilápia: suplementação com aditivo alimentar para melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nilo, criada a campo, sob baixas temperaturas**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Produção e Sanidade Animal do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Produção e Sanidade Animal).

**Orientador:** Delano Dias Schleder

**Coorientador (es):** Débora Machado Fracalossi

**Araquari, 2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

L523e Lehmkuhl , Vitor Mendes  
Enfrentando o frio com a tilápia: suplementação com aditivo alimentar para melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nilo, criada a campo, sob baixas temperaturas / Vitor Mendes Lehmkuhl ; orientadora Delano Dias Schleder ; coorientadora Débora Machado Fracalossi. -- Araquari, 2023.  
57 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2023.

Inclui referências.

1. Oreochromis niloticus. 2. aquicultura. 3. dietas de inverno. 4. DHA. 5. rendimento de filé. I. Schleder , Delano Dias, II. Machado Fracalossi, Débora. III. Instituto Federal Catarinense. . IV. Título.

**Vitor Mendes Lehmkuhl**

**Enfrentando o frio com a tilápia: suplementação com aditivo alimentar para melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nilo, criada a campo, sob baixas temperaturas**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

**Data da Defesa: 07/08/2023.**

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Delano Dias Schleder (Orientador)**

**Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina,  
Instituição de vínculo Instituto Federal Catarinense (IFC)**

**Prof. Dr. Camila Fernandes Corrêa**

**Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal de Santa Catarina,  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA)**

**Prof. Dr. Carolina Vasconcelos Tavares de Farias**

**Doutor em Aquicultura pela Universidade Estadual Paulista  
Alltech**



Emitido em 07/08/2023

**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 11/2023 - PGPSA/ARAQ (11.01.02.22)**

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

*(Assinado digitalmente em 20/09/2023 13:05)*

DELANO DIAS SCHLEDER

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

CGET/ARAQ (11.01.02.08)

Matricula: ###133#8

*(Assinado digitalmente em 20/09/2023 19:57)*

IVAN BIANCHI

COORDENADOR DE CURSO

PGPSA/ARAQ (11.01.02.22)

Matricula: ###489#1

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **11**, ano: **2023**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **20/09/2023** e o código de verificação: **f9939e9030**

Dedico este trabalho a minha avó, Dona Ivone Philippi Lehmkuhl

*In Memoriam*

## **Agradecimentos**

À Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais, Paulo e Zélia, por minha formação e toda dedicação a mim e minha irmã.

À minha esposa, Renata Oselame Nobrega, por todo seu incentivo a buscar meu aprimoramento profissional, apoio, dedicação e suporte na realização desse trabalho. Conciliando tudo isto com sua vida profissional e, neste momento, gestando o maior tesouro de nossas vidas, nossa filha Iara, o que me renova e motiva a buscar o meu melhor todos os dias.

Aos meus sogros Mara e Ézio, que por mim demonstram todo amor, carinho e apoio.

Ao Instituto Federal Catarinense *campus* Araquari pela disponibilização do Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal. Ao Laboratório de Aquicultura e equipe, através de meu orientador Prof. Dr. Delano Dias Schleder, por acreditar no meu trabalho, por toda orientação, motivação e amizade ao longo deste período.

À Universidade Federal de Santa Catarina, através do Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI) e equipe, em nome da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Débora Machado Fracalossi, pela orientação, conversas, conselhos e apoio neste trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em nome do gerente regional colega Daniel Uba pelo apoio e suporte em busca do meu aprimoramento profissional. Ao CEDAP (Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca), através do Dr. Bruno da Silva, pelo empréstimo das unidades experimentais, pelo incentivo e conversas ao longo do trabalho e a todos os colegas da extensão pela parceria nas batalhas do dia a dia.

À Alltech por toda parceria com estas instituições de ensino, em prol do desenvolvimento de novas tecnologias para o setor aquícola, e por financiar parcialmente este projeto.

Ao CNPq, também pelo financiamento parcial.

A todos os amigos que contribuíram na implantação, biometrias e análises laboratoriais deste trabalho, em especial, Danilo Sagaz, Rogério Pietrzacka, Andrei Hillesheim,

Beatris Michels, Alex Marquezzi, Sabrina Dolzan, Bruna Cristofollini, Victor Almir Potelicki, Jorge Filipe Banze, Erlon Augusto Gehlen Rocha, Virian Coradini Brutti, Rosana Oliveira Batista, Luis Felipe Mussoi, Bruna Gabrieli Ascoli, Isabella Gonçalves Duarte, Maria Fernanda Oliveira da Silva, Katharinne Ingrid Moraes de Carvalho e Tanisi Xister.

À Família Tureck, por ceder o viveiro, o *deck* e toda disponibilidade ao longo deste período. Em especial ao Sr. Oldemar Tureck, por toda amizade, parceria e dedicação nas alimentações e vigilância do experimento, a sua esposa Dona Adélia por sempre nos receber em sua casa com um café e uma conversa amiga. Aos filhos Euclides e sua e esposa Marlene, bem como ao Gabriel e sua esposa Kátia, meu muito obrigado.

À empresa JS Bombas pelo empréstimo do aerador.



“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”

Ayrton Senna

LEHMKUHL, Vitor Mendes. **Enfrentando o frio com a tilápia: suplementação com aditivo alimentar para melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nilo, criada a campo, sob baixas temperaturas.** 2023. 61. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

### Resumo

Mortalidades ocasionadas pelo inverno causam impactos econômicos substanciais na produção de espécies tropicais, como a tilápia-do-nilo, em regiões subtropicais. A suplementação dietética de ácido graxo poliinsaturado da série n-3 (PUFA n-3) para a tilápia melhorou o desempenho zootécnico, quando criada sob temperatura baixa em condições de laboratório. O objetivo do trabalho foi avaliar uma dieta de inverno suplementada com ALLPRO, aditivo alimentar rico em ácido graxo docosaenoico (22:6n-3, DHA) (126 g kg<sup>-1</sup> de peso seco) e nucleotídeos (5 g kg<sup>-1</sup> de peso seco), para peixes criados a campo, no município de Rio Negrinho, SC, durante o período entre outono e verão (abril a dezembro de 2022). Foram formuladas e extrusadas duas dietas isoenergéticas para atender às exigências nutricionais da tilápia-do-nilo: uma controle sem nenhuma fonte de PUFA n-3, apenas PUFA n-6, e outra suplementada com 1,7 g 100 g<sup>-1</sup> da dieta seca do aditivo, com base em estudos anteriores realizados em condição de laboratório. Juvenis de tilápia, com peso médio de 16,09 ± 0,13 g foram estocados em 12 tanques-rede (1,6 m<sup>3</sup>), dispostos em um viveiro escavado, na densidade de 45 peixes por m<sup>3</sup>. O delineamento usado foi o totalmente casualizado, distribuindo-se os dois tratamentos (allpro e controle) em seis repetições cada. O teste t de *Student* foi utilizado para comparar os dados de desempenho zootécnico e de rendimento de carcaça ao final do experimento, sendo adotado um nível de significância de 5 %. A taxa de alimentação diária foi de 3 a 6 % da biomassa, durante a fase inicial de crescimento, quando a temperatura média diária foi superior a 18 °C. Em temperaturas inferiores, foi realizada a redução gradual da alimentação para 0,75 % da biomassa. A temperatura média da água ficou em 20,0 ± 4,4 °C, sendo que a temperatura mínima da água atingiu 11 °C (maio a junho). Neste período mais frio, os peixes apresentaram comportamento alimentar visando somente sua manutenção, sem ganho de peso. Já nos últimos meses do experimento (outubro a dezembro), diante do aumento nas médias diárias de temperatura, acima de 18 °C, a taxa de alimentação passou para a faixa de 1,3 a 3 %, com conseqüente aumento do crescimento dos animais. Após 245 dias de experimento, os animais alimentados com a dieta contendo ALLPRO apresentaram resultados superiores nos índices peso final, ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, eficiência alimentar, retenção proteica aparente, além de rendimentos de filé, tronco limpo e peixe eviscerado (p < 0,05). Além disso, a concentração de proteína bruta no filé foi maior nos peixes alimentados com a dieta suplementada. A suplementação com aditivo ALLPRO também afetou positivamente na composição em ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 (PUFA n-3) do filé de tilápia, principalmente o DHA. A proporção n3/n6 foi significativamente maior nos peixes alimentados com a dieta suplementada com ALLPRO, ficando dentro dos padrões estabelecidos para o consumo humano. Em conclusão, a suplementação dietética com o aditivo ALLPRO contribuiu de maneira positiva para criação da tilápia-do-nilo sob baixas temperaturas em condição de campo, além de incrementar a qualidade nutricional do filé.

**Palavras-chave:** *Oreochromis niloticus*; aquicultura, dietas de inverno; DHA; rendimento de filé.

**LEHMKUHL, Vitor Mendes. Facing the cold with tilapia: feed additive supplementation to improve growth of Nile tilapia raised in field conditions, at suboptimal temperature. 2023.** 61. Dissertation (Master degree in Science) - Curso de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

### **Abstract**

In subtropical regions, mortality caused by winter, results in a substantial economic impact on the production of tropical species, such as Nile tilapia. Nonetheless, in a trail control low temperature, a dietary supplementation of n-3 series polyunsaturated fatty acid (n-3 PUFA) improved zootechnical performance for Nile tilapia. The aim of this study was to evaluate a winter diet supplemented with ALLPRO, source of n-3 docosahexaenoic fatty acid (22:6n-3, DHA) (126 g kg<sup>-1</sup> dry weight) plus nucleotides (5 g kg<sup>-1</sup> dry weight), for Nile tilapia raised in farm, in the municipality of Rio Negrinho, SC, during the period between autumn and summer (April to December 2022). Attending the nutritional requirements of Nile tilapia, two isoenergetic diets were tested: a control without any source of PUFA n-3, only PUFA n-6, and another supplemented with 1.7 g 100 g<sup>-1</sup> dry diet of the additive, based on previous studies performed in laboratory condition. Tilapia juveniles, with an average weight of 16.09 ± 0.13 g, were stocked in 12 net cages (1.6 m<sup>3</sup>), arranged in an excavated tank, at a density of 45 fish per m<sup>3</sup>. The design used was completely randomized distribution of the two treatments (allpro and control) in six replications each. Student's t test was used to compare data on zootechnical performance and carcass yield at the end of the experiment, adopting a significance level of 5 %. The daily feeding rate was 3 to 6 % of biomass, during the initial growth phase, when the average temperature was above 18 °C. At lower temperatures, a gradual reduction to 0.75 % was performed. The average water temperature was 20.00 ± 4.39 °C, with the minimum water temperature reaching 11 °C (May to June). During this period, the fish showed feeding behavior aimed only at their maintenance, without weight gain. In the last months of the experiment (October to December), given the increase in daily average temperatures, above 18 °C, the feeding rate moved to the range of 1.3 to 3 %, with a consequent increase in animal growth. After 245 days of experiment, the animals fed with the diet containing ALLPRO presented superior results in the indexes final weight, daily weight gain, specific growth rate, feed efficiency, apparent protein retention, in addition to fillet yields, clean trunk and gutted fish (p < 0.05). Furthermore, the crude protein concentration in fillet was higher in fish fed the supplemented diet. Supplementation with ALLPRO additive also positively affected the composition of polyunsaturated fatty acids of the n-3 series (PUFA n-3, mainly DHA) of tilapia fillet. The n3/n6 ratio was significantly higher in fish fed the ALLPRO-supplemented diet, within established standards for human consumption. In conclusion, dietary supplementation with the ALLPRO additive contributed positively to Nile tilapia rearing under low temperatures in field conditions, in addition to increasing the nutritional quality of the fillet.

**Keywords:** *Oreochromis niloticus*; aquaculture, winter diet; DHA; fillet yield.

## Lista de Figuras

- |          |   |    |
|----------|---|----|
| Figura 1 | Médias da temperatura mínima e máxima mensal da água durante o experimento no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, Brasil.  | 36 |
| Figura 2 | Peso de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, em comparação com os valores de mínimo e de máximo da temperatura da água diária durante os 245 dias de experimento.                      | 41 |
| Figura 3 | Taxa do consumo alimentar de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, em comparação com os valores de mínimo e de máximo da temperatura da água diária durante os 245 dias de experimento. | 42 |

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Formulação, composição próxima e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.	28
Tabela 2	Desempenho, sobrevivência e rendimento de carcaça juvenis de tilápia-do-nilo, tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, durante os 245 dias de experimento.	38
Tabela 3	Composição centesimal corporal e do filé de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, durante os 245 dias de experimento.	43
Tabela 4	Perfil de ácidos graxos muscular da tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, durante os 245 dias de experimento.	46

## Lista de Abreviaturas e Siglas

AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
ARA	Ácido graxo araquidônico (20:4n-6)
Cfb	Classificação climática de Köppen-Geiger
DHA	Ácido graxo docosaenoico (22:6n-3)
DPA	Ácido docosapentaenoico (22:5 n-3)
EPA	Ácido graxo eicosapentaenoico (20:5n-3)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of United Nations</i>
GIFT	<i>Genetically Improved Farmed Tilapia</i>
LC-PUFA	Ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa ( $\geq 20$ carbonos) e 4 ou mais ligações duplas.
LOA	Ácido graxo linoleico (18:2n-6)
MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados
n-3, n-6	Série n-3, Série n-6
NRC	National Research Council
PUFA	Ácidos graxos poliinsaturados com duas ou mais ligações duplas.
SFA	Ácidos graxos saturados
$\alpha$ -LNA	Ácido graxo alfa-linolênico (18:3n-3)
$\Delta 4$	Delta 4 dessaturase
$\Delta 6$	Delta 6 dessaturase

## Lista de Símbolos

$\alpha$	Letra grega alfa
$\Delta$	Letra grega delta
$\beta$	Letra grega beta
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
$\pm$	Mais ou menos
$\%$	Porcentagem

## SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	16
1.1. Introdução Geral	16
1.2. Efeito da temperatura no desempenho zootécnico da tilápia-do-nilo	17
1.3. Dietas de inverno	20
1.4. Produção de tilápia-do-nilo a campo e dietas de inverno	22
2. OBJETIVOS	24
2.1. Objetivo Geral	24
2.2. Objetivos Específicos	24
3. ENFRENTANDO O FRIO COM A TILÁPIA: SUPLEMENTAÇÃO COM ADITIVO ALIMENTAR PARA MELHORAR O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE TILÁPIA-DO-NILO, CRIADA A CAMPO, SOB BAIXAS TEMPERATURAS	25
3.1. Introdução	25
3.2. Material e Métodos	27
3.2.1. Desenho e dietas experimentais	27
3.2.2. Peixes e condições experimentais	30
3.2.3. Biometria e coleta amostral	31
3.2.4. Análises químicas	32
3.2.5. Análise estatística	33
3.3. Resultados e discussão	34
3.3.1. Temperatura da água, taxa e frequência alimentar	34
3.3.2. Crescimento, aproveitamento alimentar, sobrevivência, retenção proteica, rendimentos de carcaça e índices corporais	37
3.3.3. Composição centesimal corporal e do filé	43
3.3.4. Perfil de ácidos graxos do filé	45
3.4. Conclusão	48
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5. REFERÊNCIAS DA CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	51
6. REFERÊNCIAS DO ARTIGO	55
7. ANEXOS - Aprovação nos conselhos de ética	60



## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

### 1.1. Introdução Geral

Ao fim de 2022 o Brasil atingiu a marca de 207 milhões habitantes (IBGE, 2022), e, a população mundial, a marca impressionante de 8 bilhões de pessoas (ONU, 2022). Estes índices apontam para a necessidade de uma grande produção e oferta de alimento de qualidade, para atender a alta demanda nacional e internacional. No mundo, a produção de organismos aquáticos representa a maior fonte de proteína animal, com cerca de 176,3 milhões de toneladas (FAO, 2022). Entretanto, a proteína animal de origem aquícola no Brasil, proveniente da pesca e/ou aquicultura, representa uma parcela menor quando comparada a outras cadeias produtivas, como bovinos, suínos e aves, ficando em 1,3 milhões de toneladas. Entretanto, a produção de pescados ganha espaço ano após ano, sendo que a aquicultura representa aproximadamente 46 % do total produzindo, reflexo da evolução das criações comerciais em comparação à queda dos números observados no setor pesqueiro nos últimos anos (FAO, 2021; SOUZA et al., 2022). A tilápia-do-nilo ocupa o terceiro lugar no *ranking* mundial de produção de pescado, representando 7,9 % (4,5 milhões de toneladas). Entre as várias espécies de tilápia, a tilápia-do-nilo é a espécie mais amplamente distribuída e preferida para aquicultura, sendo produzida em todos os continentes (FAO, 2022).

Em 2022, a produção nacional de peixes via aquicultura apresentou um aumento de 2,3 % sobre a produção de 2021 (PEIXE-BR, 2023). Com destaque no cenário nacional, a tilápia-do-nilo atingiu novos índices de produtividade e importância econômica, crescendo 3 % em comparação ao ano anterior, representando um total de 63,93 % do total dentre todas as espécies produzidas no Brasil. O estado de Santa Catarina é o quarto colocado no *ranking* nacional, com uma produção estimada em 42.500 t (PEIXE-BR, 2023), estando na segunda colocação em exportação de tilápia, com valor de US\$ 1,8 milhão (EPAGRI/CEPA, 2022).

Apesar do destaque catarinense no cenário nacional, algumas regiões produtoras do estado possuem condições climáticas desfavoráveis para a produção da

tilápia-do-nilo, devido ao frio intenso, em particular durante o outono e inverno. Santa Catarina apresenta clima subtropical, mas determinadas regiões do estado apresentam altitude elevada, fator que intensifica as baixas temperaturas, limitando o desenvolvimento da atividade, já que a tilápia-do-nilo é uma espécie de origem tropical.

Uma das regiões que apresenta este entrave é o Planalto Norte, situado a uma altitude aproximada de 800 m em relação ao nível do mar e localizado geograficamente na divisa com a região sul do Paraná. Possui clima subtropical, com classificação Cfb na escala de Köppen, metodologia aplicada para caracterização climática de determinada região, levando-se em consideração a ocorrência, frequência e intensidade de fenômenos atmosféricos, como volume anual e distribuição de precipitação pluvial, variação de temperatura, ocorrência e severidade de geadas e neve, dentre outros (WREGE et al., 2012). A Classificação Cfb, apresenta características relacionados ao clima temperado, com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22 °C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente (WREGE et al., 2012).

Piscicultores atendidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), nesta região, relatam dificuldades e necessidade de aprimoramento na tecnologia de produção (SILVA et al., 2019). Segundo dados do Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca (CEDAP) da EPAGRI, este território produziu, em 2020, aproximadamente 645 toneladas de tilápia-do-nilo (CEDAP, 2021), possuindo potencial de crescimento com o enfrentamento desta condição climática desfavorável.

## **1.2. Efeito da temperatura no desempenho zootécnico da tilápia-do-nilo**

Pertencente à família dos ciclídeos, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies de maior importância para aquicultura mundial, devido ao seu rápido

crescimento, relativo baixo custo de produção e tolerância a condições ambientais adversas (ZHOU, 2018).

Muitas regiões produtoras como a Ásia, Oriente Médio, América do Sul, dentre outras, apresentam condição de baixa temperatura, abaixo do conforto térmico para espécie, o que caracteriza um dos maiores empecilhos para o desenvolvimento da atividade, sendo necessária a adoção de instalações e/ou técnicas de manejo e a seleção genética para contornar este problema (VIOLA et al., 1988; ZHOU et al., 2018; NOBREGA et al., 2020; SILVA et al., 2020)

Uma das principais linhagens submetida ao processo de seleção para esta característica ambiental é a *Genetically Improved Farmed Tilapia* (GIFT), inserida no Brasil no ano de 2005, a qual apresenta como temperatura ideal de crescimento a faixa entre 26 °C a 30 °C (NOBREGA et al., 2020). Índices abaixo disso ocasionam redução do ímpeto alimentar e consequente efeito negativo no desempenho zootécnico, tornando o peixe mais susceptível ao desenvolvimento de doenças (SILVA et al., 2020). Estudos com a tilápia-do-nilo da linhagem GIFT, submetidas à temperatura subótima fria de 22 °C, relataram redução de 40 a 50 % no consumo de ração em relação a peixes mantidos em temperatura ótima de 28 °C, consequentemente levando a uma significativa redução no crescimento (CORRÊA et al., 2017). Para a mesma linhagem, as primeiras mortes são relatadas a 10 °C e a 8 °C letalidade total foi relatada, dependendo do tempo de exposição (SILVA et al., 2020).

A mortalidade no inverno representa um grande impacto econômico na produção de tilápia criadas em regiões subtropicais (MA et al., 2015; SHI et al., 2015; NOBREGA et al., 2020). Existem discrepâncias em relação aos efeitos observados da temperatura nos processos fisiológicos para essa espécie. Estudos relatam que a tilápia-do-nilo cessa a alimentação entre as faixas de 16 e 13 °C (ABDEL-GHANY et al., 2019) e 18 e 13 °C (ATWOOD et al., 2003). Outros estudos relatam que a tilápia-do-nilo não sobrevive após poucos dias sob temperaturas de 10 a 12 °C (CHARO-KARISA et al., 2005) ou a 16 °C (ABDEL-GHANY et al., 2019). Em adição, os autores Leonard e Skov (2022)

relataram que a temperatura ótima de crescimento para tilápia-do-nilo é de 26 °C, sendo que a faixa ideal está entre 20 a 31, °C, já a temperatura crítica de produção é inferior a 13 °C. Tais discrepâncias nos efeitos da temperatura são esperadas, pois muitos estudos demonstram que o grau de tolerância térmico da tilápia-do-nilo está relacionado a fatores genéticos, ambientais, nutricionais, além da adoção de boas práticas de manejo (NOBREGA et al., 2020).

A principal proposta para mitigação do problema como o encontrado na região do planalto norte catarinense, é a adoção do manejo adequado e eficiente, com o fornecimento de dieta específica, além do uso de linhagens de tilápia que apresentem maior tolerância ao frio (NOBREGA et al., 2020), oriundas de programas de melhoramento genético para esta condição (SILVA et al., 2020).

Para enfrentar as condições de baixas temperaturas do outono e inverno, os peixes, sendo animais ectotérmicos, possuem como primeiro mecanismo de adaptação o aumento do grau de insaturação dos ácidos graxos dos fosfolípidios presentes na membrana celular, preservando assim a sua fluidez e permeabilidade (WEBER & BOSWORTH, 2005). A manutenção da funcionalidade da membrana plasmática age diretamente nas funções básicas das células, como transporte de nutrientes, produção de energia, além de afetar o sistema imunológico dos animais (NG et al., 2013). Adicionalmente, em decorrência da redução metabólica ocasionada pelo frio, alguns órgãos da tilápia apresentam baixa atividade em suas funções, como o rim. Este é responsável por inúmeras funções, como osmorregulação, excreção de compostos nitrogenados, além de atuar no sistema imunológico, na formação de eritrócitos, leucócitos, monócitos dentre outros (ZHOU et al., 2018).

A nutrição adequada pode incrementar a resistência dos peixes ao estresse pelo frio, além de promover maior desempenho produtivo. Ibrahim et al. (2022) avaliaram a suplementação dietética crescente de ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 (PUFA n-3), especificamente do ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n3) + ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3) para tilápia-do-nilo, quando criadas pelo período de

12 semanas sob condições de estresse ambiental por variação térmica. A temperatura da água variou de 22,5 a 28°C durante o experimento, incluindo, portanto, temperaturas subótimas de crescimento. Ao final, foi relatada redução no acúmulo de gordura e aumento nos mecanismos anti-inflamatórios no fígado dos peixes que receberam suplementação dietética de EPA e DHA, bem como a modulação do sistema imunológico, constatada por maior resistência dos animais frente à infecção por *Aeromonas hydrophilia* (IBRAHIM et al., 2022).

### 1.3. Dietas de inverno

Há evidências substanciais na literatura demonstrando que a modulação da quantidade de ácidos graxos n-3 dietético é um fator chave na resposta fisiológica da tilápia-do-nilo, quando produzidos em temperaturas baixas (CORRÊA et al., 2018; NOBREGA et al., 2019; NOBREGA et al., 2020; IBRAHIM et al., 2022). Embora existam vários estudos sobre as exigências nutricionais para a tilápia-do-nilo, são limitadas as pesquisas focadas em exigências nutricionais para mitigar o estresse por baixa temperatura e/ou variação térmica, principalmente em estudos a campo.

Quando a tilápia-do-nilo foi alimentada com dietas contendo óleo de peixe, rico em LC-PUFA n-3 (PUFA de cadeia longa,  $\geq 20$  carbonos e  $\geq 4$  ligações duplas) a 22 °C (CORRÊA et al., 2018), ou mesmo a 25 °C (ABDEL-GHANY et al., 2019), apresentou melhor desempenho produtivo. O mesmo resultado foi observado em peixes alimentados com farinha de peixe e óleo de linhaça e mantidos a 21,5 °C (El ASELY et al., 2020). Uma fonte alternativa para a suplementação dietética de LC-PUFA n-3 para a tilápia é a farinha de *Aurantiochytrium* sp, rica em DHA; a suplementação dietética deste aditivo promoveu maior crescimento e eficiência alimentar em tilápia-do-nilo produzida a 22 °C (NOBREGA et al., 2019). Já a suplementação dietética de EPA+DHA purificados aumentou o desempenho produtivo, imunidade e resistência à bactéria *Aeromonas hydrophila*, pela tilápia-do-nilo, quando mantida em temperatura ambiente, com variação térmica de 22,5 a 28 °C (IBRAHIM et al., 2022).

Peixes de água doce apresentam baixa eficiência na produção endógena de ácidos graxos essenciais a partir de homólogos de menor tamanho de cadeia. Por este motivo, estes compostos devem ser consumidos diretamente via alimentação, reduzindo assim a demanda energética do animal em seu metabolismo. A suplementação de PUFA n-3 resultou em maior performance zootécnica e melhora nas respostas fisiológicas do bagre de água doce, *Pangasianodon hypophthalmus*, frente ao estresse de arsênico e temperatura elevada (34 °C) (KUMAR et al., 2021). Em tilápia-do-nilo, o fornecimento de dietas enriquecidas com PUFA n-3 resultou na maior concentração destes compostos nos músculos, demonstrando boa retenção e uso durante seu crescimento, além de conferir ao consumidor final, um produto com maior qualidade nutricional (BARRIVIERA et al., 2021).

Os estudos de Corrêa et al. (2017, 2018), Nobrega et al. (2019) e El Asely et al. (2020) mostraram que o incremento de PUFA n-3 na dieta de juvenis de tilápia-do-nilo mantidos em temperatura abaixo do ideal de crescimento melhorou significativamente o seu desempenho zootécnico, sendo uma alternativa para a atividade em regiões subtropicais, possibilitando a criação da tilápia por um período maior que o convencional.

Atualmente, há uma escassez do uso de ingredientes ricos em PUFA n-3, tal como a farinha de peixes marinhos, em rações de espécies onívoras de água-doce, como a tilápia-do-nilo, devido às restrições de custos de produção e baixa disponibilidade de ingredientes que sejam fonte desse nutriente. Entretanto, tal prática deve ser revisada, especialmente para rações que serão ofertadas durante o período de outono-inverno, quando a temperatura da água fica abaixo do ideal de crescimento. Nestas condições, a tilápia-do-nilo apresenta maior exigência dietética em PUFA n-3, e pode ser beneficiada pela suplementação deste na dieta, mesmo com o consumo alimentar reduzido em baixas temperaturas. A adoção desta estratégia pode alavancar a comercialização do filé a indústria a outros patamares comerciais, por aumentar o valor nutricional da carne da tilápia, além da potencializar o desempenho do produto.

Pouco se sabe a respeito dos efeitos da suplementação dietética de nucleotídeos relacionadas a resposta ao estresse térmico pelo frio, entretanto esse aditivo pode contribuir na saúde dos peixes. Essas moléculas são componentes dos ácidos nucléicos, DNA e RNA (HESS & GREENBERG, 2012), e estão envolvidas na codificação e decodificação da informação genética, nos processos de crescimento, reparo celular e na regulação de diversas vias metabólicas (HESS & GREENBERG, 2012). Mesmo que o organismo seja capaz de sintetizar os nucleotídeos, sob condições de estresse celular ou metabólico, a suplementação pode ser necessária (HESS & GREENBERG, 2012). Alguns trabalhos relatam que a suplementação dietética de nucleotídeos melhorou o crescimento, respostas imunes e a resistência ao estresse oxidativo para a garoupa, *Epinephelus malabaricus* (LIN et al., 2009), pargo, *Pagrus major* (HOSSAIN et al., 2016), carpa-capim, *Ctenopharyngodon idella* (TIE et al., 2021), e para a tilápia-do-nilo (BERTO et al., 2015; DE LIMA et al., 2020). Juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dieta contendo o aditivo NuPro® (5 % de nucleotídeos) apresentaram maior consumo alimentar e conseqüentemente aumento no ganho em peso, bem como a dose de 80 g NuPro® kg<sup>-1</sup> do peso seco promoveu uma resposta imune mais eficiente (BERTO et al., 2015). Portanto, são observados vários indícios de que a suplementação dietética com nucleotídeos contribui para melhora do crescimento e saúde dos peixes, podendo colaborar para uma melhor resposta ao estresse térmico.

#### **1.4. Produção de tilápia-do-nilo a campo e dietas de inverno**

A piscicultura no estado de Santa Catarina possui características que a distingue de outros estados, sendo composta principalmente por pequenas propriedades rurais, com média de 2 ha de lâmina da água e mão de obra em regime familiar. As principais produtoras são as regiões dos municípios de Tubarão, Joinville, Rio do Sul e Blumenau. (SILVA et al., 2020). O principal sistema de criação adotado por piscicultores profissionais no estado é o de viveiro escavado em monocultivo arraçoado, com produção média variando de 15 a 50 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com as condições climáticas,

intensidade do sistema produtivo e o uso de alimentação balanceada (SILVA et al., 2020; SOUZA et al., 2022).

Considerando características geográficas e climáticas, o estado de Santa Catarina apresenta um potencial geral de produção de tilápia de apenas 85 %, não atendendo principalmente as condições relacionadas à temperatura. Entretanto, os municípios do estado com maiores produtividades, apresentam potencial de na faixa de 30 a 50%, demonstrando a rusticidade e a versatilidade da tilápia como uma alternativa para criações em condições não ideais (Vianna, 2023).

A região do Planalto Norte catarinense, em particular, apresenta uma condição climática severa nas estações frias, com a temperatura atmosférica média atingindo 10 °C durante o inverno (EPAGRI/CIRAM, 2021). Dificultando as ações a fim de mitigar efeitos climáticos, são escassos os relatos do acompanhamento da temperatura da água em viveiros nesta região durante as estações frias, o que é fundamental para tomadas de decisão. Deste modo, é premente o desenvolvimento de ações e estratégias para o enfrentamento das temperaturas baixas na tilapicultura do Planalto Norte catarinense e demais regiões do estado, em particular no que tange 1) ao monitoramento das condições climáticas, 2) ao desenvolvimento tecnológico dos sistemas de produção, 3) ao fortalecimento dos programas de melhoramento genético, bem como de manejo e nutrição dos animais.

Muitos estudos visando o aprimoramento da nutrição da tilápia em condições de baixas temperaturas têm sido realizados. Entretanto, a maioria destes estudos foram conduzidos em laboratório, sob condições controladas, e temperatura mínima em torno de 20 °C Nobrega et al. (2020). Neste sentido, torna-se fundamental a realização de estudos em condições de campo para que sejam validados os resultados obtidos em laboratório, consolidando assim, novas formulações e aditivos para utilização na indústria de nutrição animal, já que estudos de campo se aproximam mais das condições reais de unidades produtivas, com um número maior de fatores estressantes e desafios aos peixes.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Contribuir para o desenvolvimento de dietas de inverno por meio da avaliação da suplementação dietética de ácido docosaenoico (DHA) e nucleotídeos, na forma do aditivo alimentar ALLPRO, sobre o desempenho produtivo da tilápia-do-nilo durante o outono-inverno-primavera em condições de campo.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar o ganho em peso, a taxa de retenção proteica, a taxa de conversão alimentar, a taxa de crescimento específico e o coeficiente de crescimento térmico de tilápia-do-nilo.
- Analisar a composição centesimal e perfil de ácidos graxos no filé e no corpo;
- Avaliar o rendimento de filé, do tronco limpo e do peixe eviscerado, bem como os índices viscerossomático e hepatossomático em tilápia-do-nilo.

### **3. ENFRENTANDO O FRIO COM A TILÁPIA: SUPLEMENTAÇÃO COM ADITIVO ALIMENTAR PARA MELHORAR O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE TILÁPIA-DO-NILO, CRIADA A CAMPO, SOB BAIXAS TEMPERATURAS**

**Vitor Mendes Lehmkuhl<sup>1</sup>, Renata Oselame Nobrega<sup>2</sup>, Débora Machado Fracalossi<sup>2</sup>,  
Delano Dias Schleder<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari, Araquari, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.

#### **3.1. Introdução**

O Brasil possui uma alta demanda por alimentos de qualidade devido à sua população de 207 milhões de habitantes (IBGE, 2022). A produção de organismos aquáticos, como a tilápia-do-nylo, desempenha um papel importante no suprimento de proteína animal, tanto nacional como internacionalmente. Embora a produção aquícola de tilápia no Brasil ainda seja menor em comparação a outras espécies animais, ela está crescendo a cada ano (FAO, 2021; SOUZA et al., 2022).

O estado de Santa Catarina destaca-se na produção nacional da tilapicultura, ocupando a quarta posição no ranking brasileiro (PEIXE-BR, 2023). Porém, o estado enfrenta desafios climáticos devido ao frio intenso durante o inverno e boa parte da primavera e outono. Em particular, as condições climáticas do planalto norte de Santa Catarina são bastante severas devido à altitude elevada. Os piscicultores dessa região relatam que a baixa temperatura é um dos grandes entraves desse setor, de modo que se faz necessário o desenvolvimento de estratégia e o aprimoramento de tecnologias de produção com intuito de mitigar esta problemática (SILVA et al., 2019; EPAGRI/CEPA, 2022; PEIXE-BR, 2023).

Por ser uma espécie de origem tropical, as baixas temperaturas podem afetar negativamente o apetite e o desempenho da tilápia-do-nylo, além de torná-la mais suscetíveis a doenças. Uma linhagem de tilápia geneticamente melhorada, conhecida como GIFT (do inglês, *Genetically Improved Farmed Tilapia*), foi introduzida no Brasil e vem sendo selecionada geneticamente para maior tolerância ao frio. Alinhar o manejo adequado, incluindo o fornecimento de uma dieta balanceada e o uso de linhagens adaptadas ao frio, é essencial para superar esses desafios (SILVA et al., 2019).

A nutrição desempenha um papel crucial na resistência dos peixes ao estresse causado pelas baixas temperaturas. O fornecimento de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 (PUFAs n-3) tem demonstrado efeitos protetores contra o estresse, e benefícios para o crescimento e a homeostase da tilápia. Além disso, essas dietas melhoram a qualidade nutricional do peixe, tornando-o mais atrativo para o consumidor final (CORRÊA et al., 2017, 2018; IBRAHIM et al., 2022; LIU et al, 2023; NOBREGA et al., 2017, 2019; ZHOU et al., 2018).

Embora tenham sido realizados estudos em laboratório sobre a nutrição da tilápia em condições de frio (CORRÊA et al., 2017,2018; MUFATTO et al., 2019; NOBREGA et al., 2019), é necessário conduzir mais pesquisas em condições de campo para validar esses resultados (NOBREGA et al., 2020). A condição climática encontrada nas propriedades comerciais da região do Planalto Norte catarinense durante o outono e o inverno é severa, com temperaturas médias do ar em 10 °C. Por este motivo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a suplementação dietética com ALLPRO, um aditivo alimentar rico em DHA (126 g kg<sup>-1</sup> de peso seco) e nucleotídeos (5 g kg<sup>-1</sup> de peso seco), com intuito de melhorar a tolerância da tilápia-do-nylo ao frio rigoroso dessa região, conseqüentemente, incrementar a viabilidade da atividade durante o outono e o inverno.

## 3.2. Material e Métodos

### 3.2.1. Desenho e dietas experimentais

ALLPRO (Alltech, Nicholasville, KY, EUA) é um aditivo alimentar, particularmente rico em DHA ( $126 \text{ g kg}^{-1}$  do peso seco), um LC-PUFA n-3, que também contém uma pequena fração de nucleotídeos ( $5 \text{ g kg}^{-1}$  do peso seco), o qual foi aqui testado como aditivo em rações de inverno para tilápia. Foram testadas rações com ou sem aditivo, compondo dois tratamentos experimentais. Foram formuladas dietas experimentais para atender às exigências nutricionais da tilápia-do-nylo (NRC, 2011), com alterações nos níveis proteicos ao longo das fases de desenvolvimento, assim como ocorre em rações comerciais (**Tabela 1**). Em todas as fases, a dieta controle foi formulada sem nenhuma fonte de PUFA n-3; apenas PUFA n-6. A dieta denominada ALLPRO foi suplementada com 1,7 % do aditivo ALLPRO (**Tabela 1**). Este nível de suplementação foi adotado com base em estudo anterior realizado em condição de laboratório (NOBREGA et al., 2019), onde a concentração de  $0,20 \text{ g DHA } 100\text{g}^{-1}$  do peso seco da dieta melhorou significativamente o crescimento de juvenis de tilápia-do nylo, criados a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . As dietas foram distribuídas aleatoriamente nas unidades experimentais, resultando em dois tratamentos dietéticos com seis repetições, em delineamento inteiramente casualizado.

Óleo de milho foi utilizado como fonte de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) n-6, especificamente o ácido linoleico (LOA), para a obtenção de uma proporção semelhante de PUFA total entre as duas dietas experimentais. Também foram mantidas semelhantes as proporções do ácido graxo alfa-linolênico ( $\alpha$ -LNA), dos ácidos graxos saturados (SFA), dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA). A proporção de PUFA n-6 e n-3 variou um pouco entre as dietas devido às características dos ingredientes (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Formulação, composição proximal e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

	38 % Proteína		36 % Proteína		34 % Proteína	
	Controle	Allpro	Controle	Allpro	Controle	Allpro
<i>Ingredientes, g 100 g<sup>-1</sup> da dieta na matéria seca<sup>a</sup></i>						
Farelo de soja	37,25	37,25	32,50	32,50	32,37	32,24
Farinha de vísceras de aves	32,80	32,80	28,75	28,75	23,47	23,70
Milho	28,05	26,85	36,91	35,71	41,80	40,50
Óleo de milho	0,50	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00
BHT	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
ALLPRO	0,00	1,70	0,00	1,70	0,00	1,70
Fosfato bicálcico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60
DL-Metionina	0,40	0,40	0,33	0,33	0,26	0,26
L-Treonina	0,30	0,30	0,26	0,26	0,20	0,20
Cloreto de colina	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,10
Premix vitamínico e micromineral	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
<i>Nutrientes, g 100 g<sup>-1</sup> da dieta na matéria seca</i>						
Energia bruta, kcal kg <sup>-1</sup>	4689,72	4692,72	4546,50	4533,16	4558,63	4555,61
Matéria seca	92,28	91,64	93,86	91,62	90,26	89,36
Proteína bruta	42,20	42,51	39,43	39,96	38,14	37,95
Proteína bruta, matéria natural	38,94	38,96	37,01	36,61	34,43	33,91
Extrato etéreo	8,40	8,25	8,44	8,77	8,02	8,05
Cinzas	9,69	10,60	9,17	10,12	11,54	11,79
16:0 PAL <sup>b</sup>	1,37	1,43	1,42	1,48	1,39	1,50
18:1 n-9 OLA	2,30	2,27	2,53	2,43	2,17	2,16
18:2 n-6 LOA	1,73	1,56	2,00	1,81	2,01	1,89
18:3 n-3 α-LNA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
22:6 n-3 DHA	0,00	0,20	0,00	0,23	0,00	0,24
SFA <sup>c</sup>	1,81	1,88	1,89	1,93	1,97	2,14
MUFA	2,78	2,78	3,01	2,86	2,61	2,64
PUFA	1,86	2,02	2,03	2,24	2,04	2,27
PUFA n-6	1,85	1,77	2,02	1,99	2,03	2,01
LC-PUFA n-6	0,02	0,11	0,02	0,11	0,02	0,12
PUFA n-3	0,01	0,26	0,01	0,26	0,01	0,26
LC-PUFA n-3	0,00	0,25	0,00	0,25	0,00	0,25
n-3/n-6	0,01	0,15	0,00	0,13	0,00	0,13

<sup>a</sup> Farelo de soja e milho adquiridos em Cravil (Palhoça, Santa Catarina, Brasil). Farinha de vísceras de aves produzida pela Fasa América Latina Participações Societárias S/A (Cruzeiro do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil). ALL-PRO produzido pela Alltech Inc. (Nicholasville, Kentucky, USA), importado e fornecido pela Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda (Araucária, Paraná, Brasil). Óleo de milho "Suavit" produzido pela Cocamar Ltda (Maringá, Paraná, Brasil). Premix vitamínico-micromineral produzida por DSM Produtos Nutricionais Brasil As (Jaguarié, São Paulo, Brasil), composição por kg: vitamina (vit.) A 1,429 UI, vit. D3 572 UI, vit. E 21,429 UI, vit. K<sub>3</sub> 14,286 mg, vit. B<sub>1</sub> 3,572 mg, vit. B<sub>2</sub> 3,572 mg, vit. B<sub>6</sub> 3,572 mg, vit. B<sub>12</sub> 4,28 mg, ácido ascórbico 100,000 mg, niacina 14,286 mg, ácido pantotênico

7,143 mg, ácido fólico 858 mg, biotina 143 mg, inositol 57,143 mg, cobre 2,572 mg, ferro 14,286 mg, manganês 4,286 mg, iodo 115 mg, zinco 20,000 mg, selênio 115 mg, cobalto 28,57 mg, triptofano 14,286 mg, propionato de cálcio 143 g.

<sup>b</sup>Ácidos graxos: PAL = ácido palmitoleico, OLA = ácido oleico, LOA = ácido linoleico,  $\alpha$ -LNA = ácido alfa-linolênico, DHA = ácido docosaenoico. Grupos de ácidos graxos: SFA = ácidos graxos saturados, MUFA = ácidos graxos monoinsaturados, PUFA = ácidos graxos poliinsaturados, LC-PUFA = PUFA de cadeia longa (com 20 a 22 carbono).

<sup>c</sup> Ácidos graxos detectados e totalizados, mas não incluídos na tabela: 8: 0, 12: 0, 14: 0, 15: 0, 20: 0, 22: 0, 16: 1n-7, 18: 1n-7, 20: 1n-9, 20: 1n-11, 22: 1n-9, 20: 2n-6, 20: 3n-6.

As dietas foram elaboradas e desenvolvidas em parceria com o grupo de pesquisa do Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas da Universidade Federal de Santa Catarina (LABNUTRI – UFSC). Antes da preparação da dieta, todos os ingredientes foram analisados para determinar sua composição proximal, perfil de ácidos graxos e conteúdo energético. Os perfis de ácidos graxos das dietas experimentais foram determinados no início e no final do experimento para garantir que não houvesse perdas devido à oxidação dos ácidos graxos, durante o período experimental.

Os ingredientes secos foram triturados (tela de 0,6 mm, moinho de martelos), pesados e homogeneizados em um misturador horizontal (Inbramaq, Riberão Preto, Brasil). Inicialmente, foram misturados os macronutrientes e após adicionados os micronutrientes, para total homogeneização. O óleo foi então incorporado e homogeneizado à mistura. A umidade foi acrescentada à mistura até atingir cerca de 23 % pela adição de água destilada e medida em balança de umidade (MB25, OHAUS). A extrusão foi realizada em uma extrusora de parafuso simples Modelo MX40 (Inbramaq, Riberão Preto, SP, Brasil). Os parâmetros de extrusão foram: temperatura 85 °C, vazão a 20 % da capacidade nominal, velocidade do parafuso 220 rpm, relação largura / diâmetro de 2,3 / 1, diâmetro do parafuso 92,5 mm, comprimento do cilindro 210 mm. Após a extrusão, as dietas foram secas em estufa de circulação de ar forçada (50 °C) por 4 h, até atingir umidade abaixo de 10 %. Pellets de 1,5 mm para as dietas 38 e 36 % de proteína e de 3 mm para as dietas 34 % de proteína foram obtidos no final do processo. Depois de secas, as dietas foram embaladas e armazenadas em recipientes hermeticamente fechados, protegidos da luz e mantidos em ambiente seco a 20 °C para evitar a oxidação dos ácidos graxos.

### 3.2.2 Peixes e condições experimentais

O experimento foi conduzido em uma piscicultura comercial situada na coordenada 26°18'13,83"S e 49°35'46,01"W, no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, Brasil. Esta unidade foi selecionada por apresentar um histórico positivo na produção de tilápia-do-nilo e por ser acompanhada pela Empresa de Extensão Agropecuária e Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na região do Planalto Norte catarinense.

Juvenis de tilápia-do-nilo da linhagem GIFT de  $1,70 \pm 0,01$  g foram obtidos em uma parceria com o programa de piscicultura experimental da EPAGRI (Camboriú, SC, Brasil) e transportados ao local do experimento. Inicialmente os peixes foram estocados nas unidades experimentais em uma densidade de 82 peixes por  $m^3$ . Durante o período de aclimatação, os peixes foram alimentados por 40 dias com uma dieta comercial extrusada contendo 42 % de proteína bruta na matéria natural, com granulometria de 1,7 mm.

O experimento foi realizado a campo, em um tanque escavado, com aproximadamente 800  $m^2$  de lâmina de água, e profundidade variável entre 1,60 m e 1,90 m. Foram utilizados no ensaio experimental juvenis de tilápia-do-nilo com peso inicial de  $16,09 \pm 0,13$  g, os quais foram acondicionados em doze tanques redes de 1,6  $m^3$  dispostos na água, na densidade de 45 peixes por  $m^3$ , com o objetivo de aproximar ao máximo o experimento à realidade nas fazendas de criação de tilápia. O manejo dos peixes seguiu o protocolo n° 389/2021, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal Catarinense de Araquari (COECEA, IFC-Araquari).

A dieta oferecida aos peixes na fase inicial do experimento foi de 38% de proteína bruta, até os animais atingirem a média de 30 g, 36% de proteína bruta até os peixes atingirem 45 g, e por último, foi ofertada ração com 34% de proteína bruta até o final do ensaio.

O período experimental total foi de oito meses, de abril a dezembro de 2022, incluindo as estações de outono à primavera, com as condições características da região

do Planalto Norte catarinense. Os peixes foram alimentados por 245 dias, com suas respectivas dietas experimentais duas vezes ao dia (09 h e 16 h), quando a temperatura média do dia anterior foi superior a 18 °C. Em temperatura inferior a 18 °C, a alimentação foi reduzida para uma vez ao dia (13 h). A taxa de arraçoamento e a frequência alimentar foram ajustadas de acordo com as tabelas de alimentação da EPAGRI (SILVA et al., 2020), as quais são ajustadas de acordo com a biomassa e a temperatura da água. Foram registrados diariamente os valores de temperatura mínima e máxima da água dos tanques. A média destas aferições ao longo de todo experimento, foi de  $20,00 \pm 4,39$  °C.

O fluxo de entrada de água no viveiro escavado foi de  $600 \text{ mL s}^{-1}$ . O consumo de ração e a mortalidade foram registradas diariamente, assim como os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido, outros índices foram medidos semanalmente. Os valores médios ( $\pm$  desvio padrão) foram os seguintes: oxigênio dissolvido  $6,92 \pm 1,10 \text{ mg L}^{-1}$ ; pH  $6,80 \pm 0,29$ ; salinidade  $0,01 \pm 0,00 \text{ g L}^{-1}$ ; alcalinidade  $47,68 \pm 10,33 \text{ CaCO}_3 \text{ mg L}^{-1}$ ; amônia total  $0,27 \pm 0,20 \text{ mg L}^{-1}$ ; nitrito  $0,03 \pm 0,02 \text{ mg L}^{-1}$ ; nitrato  $2,06 \pm 0,43 \text{ mg L}^{-1}$ . Os indicadores de qualidade da água estavam dentro dos níveis aceitos para o conforto da tilápia-do-nilo (El-Sayed, 2020), com exceção à temperatura média da água.

### **3.2.3 Biometria e coleta amostral**

Foram realizadas biometrias ao longo do experimento, em intervalos de aproximadamente 40 dias, para registro do crescimento, sendo os animais pesados individualmente em balança de precisão (0,01 g). Antes de cada biometria, os peixes foram submetidos a jejum de 24 h e anestesiados com  $100 \text{ mg L}^{-1}$  Eugenol® (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda, Ibioporã, PR, Brasil).

No início do experimento foram coletados três grupos de 45 peixes para a análise centesimal corporal inicial e outros três grupos de 45 peixes para análise de perfil de ácidos graxos no filé inicial. Ao término, foram coletados oito peixes de cada unidade experimental para análise de composição corporal centesimal; e cinco peixes para análise centesimal e perfil de ácidos graxos do filé, para os cálculos dos índices



viscerossomático, hepatossomático e de rendimento de carcaça. Os peixes encaminhados para as análises centesimais, perfil de ácidos graxos, índices corporais e rendimento de carcaça foram mantidos em jejum por 24 h, sacrificados por overdose (200 mg L<sup>-1</sup>) do anestésico Eugenol®, seguido de corte da coluna vertebral. As amostras coletadas foram liofilizadas, homogeneizadas e armazenadas a -20 °C até as análises.

As seguintes variáveis foram calculadas: ganho em peso (GP, g = peso final - peso inicial), ganho em peso diário (GPD, g dia<sup>-1</sup> = ganho em peso × dia<sup>-1</sup>), taxa de crescimento específica (TCE, % dia<sup>-1</sup> = [(ln peso final - ln peso inicial) × dias<sup>-1</sup>] × 100), coeficiente de crescimento térmico (TGC, % = [(peso final<sup>0,3333</sup> - peso inicial<sup>0,3333</sup>) × media da temperatura diária × dias] × 100), eficiência alimentar (FE = [ganho em peso] × [ingestão total de ração]<sup>-1</sup>), ingestão diária de ração (DFI, % de peso vivo dia<sup>-1</sup> = 100 × [ingestão alimentar × dias<sup>-1</sup>] × [(peso final + peso inicial) × 2<sup>-1</sup>]<sup>-1</sup>), retenção proteica aparente (ANPR, % = 100 × [composição corporal final de proteína - composição corporal inicial de proteína] × [ingestão de proteínas]<sup>-1</sup>), sobrevivência (% = 100 × [número de peixes final / número de peixes inicial]), índice viscerossomático (IVS, % = [peso das vísceras / peso corporal] × 100), índice hepatossomático (IHS, % = [peso do hepatopâncreas / peso corporal] × 100), rendimento de peixe eviscerado (% = [(peso do peixe - peso das vísceras) / peso do peixe] × 100), rendimento de tronco limpo (% = [(peso do peixe - (peso das vísceras + peso da cabeça)) / peso do peixe] × 100) e rendimento de filé (% = [peso do filé / peso do corpo] × 100).

Além dos parâmetros citados, foi feita a predição do crescimento vivo diário (g dias<sup>-1</sup>, = [(peso do peixe dia anterior<sup>0,3333</sup>) + {TGC / 100} × {dia final - dia inicial} × temperatura do dia]<sup>(1/0,3333)</sup>). Esse cálculo foi realizado para o ajuste da alimentação diária dos peixes com o uso das tabelas de alimentação EPAGRI (SILVA et al., 2020).

#### 3.2.4. Análises químicas

As análises da composição centesimal e dos perfis de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI, UFSC). A análise de composição centesimal seguiu procedimentos padronizados pela *Association of*

*Official Analytical Chemists* (AOAC, 1999): umidade (secagem a 105 °C até peso constante, método 950.01), proteína bruta foi determinada pelo equipamento Leco FP-528 LC usando o método Dumas (método 990.03), extrato etéreo (Soxhlet, método 920.39C) e cinzas (incineração a 550 °C, método 942.05). A energia bruta foi determinada em uma bomba calorimétrica (PARR, modelo ASSY 6200), de acordo com as instruções do fabricante.

As análises de ácidos graxos foram realizadas por cromatografia gasosa. Resumidamente, os lipídios das amostras foram extraídos a frio e quantificados pelo método de Bligh & Dryer (1959). Os ácidos graxos foram esterificados usando o método de O'Fallon et al. (2007) e separados por cromatógrafo gasoso (Agilent 7890B, Santa Clara, Califórnia, EUA) com um detector FID, usando uma coluna capilar CP7487 (CP-Sil 88 para FAME - 60 m, 0,25 mm, 0,20 µm, 7-in, *cage*). As condições cromatográficas foram: temperatura do detector 300°C; temperatura do injetor 240 °C; temperatura inicial da coluna 120 °C por 10 min, programada para aumentar a uma taxa de 3 °C min<sup>-1</sup> até 186 °C mantida por 5 min e depois aumentada novamente a 3 °C min<sup>-1</sup> até a temperatura final de 231 °C. O hélio foi o gás portador, com um fluxo de coluna de 2,5 mL min<sup>-1</sup> e a injeção foi realizada no modo *Split* (1:40). Os ácidos graxos foram identificados com base no tempo de retenção de dois padrões, MIX 37 (37 Component FAME Mix e PUFA nº 3) e óleo de menhaden (SUPELCO, Bellefont, Pensilvânia, EUA). As concentrações de ácidos graxos nas amostras foram calculadas de acordo com Joseph e Ackman (1992), utilizando como padrão interno 23:0 (ácido tricosanoico, Sigma, Saint Louis, Missouri, EUA). As concentrações de ácidos graxos também foram corrigidas pelo fator de correção teórico do detector de ionização em chama (FID) (Visentainer & Franco 2006).

### **3.2.5. Análise estatística**

Os tratamentos foram distribuídos nas unidades experimentais em delineamento inteiramente casualizado. As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Levene para verificar a homocedasticidade e, a seguir, pelo teste de Shapiro-

Wilk, para avaliar a normalidade. Os dados dos peixes alimentados com a dieta controle foram comparados pelo teste t de Student com a dieta contendo 1,7 g 100 g<sup>-1</sup> da dieta seca do aditivo alimentar ALLPRO. Em todos os testes foi adotado o nível de significância de 5 %.

### **3.3. Resultados e discussão**

#### **3.3.1. Temperatura da água, taxa e frequência alimentar**

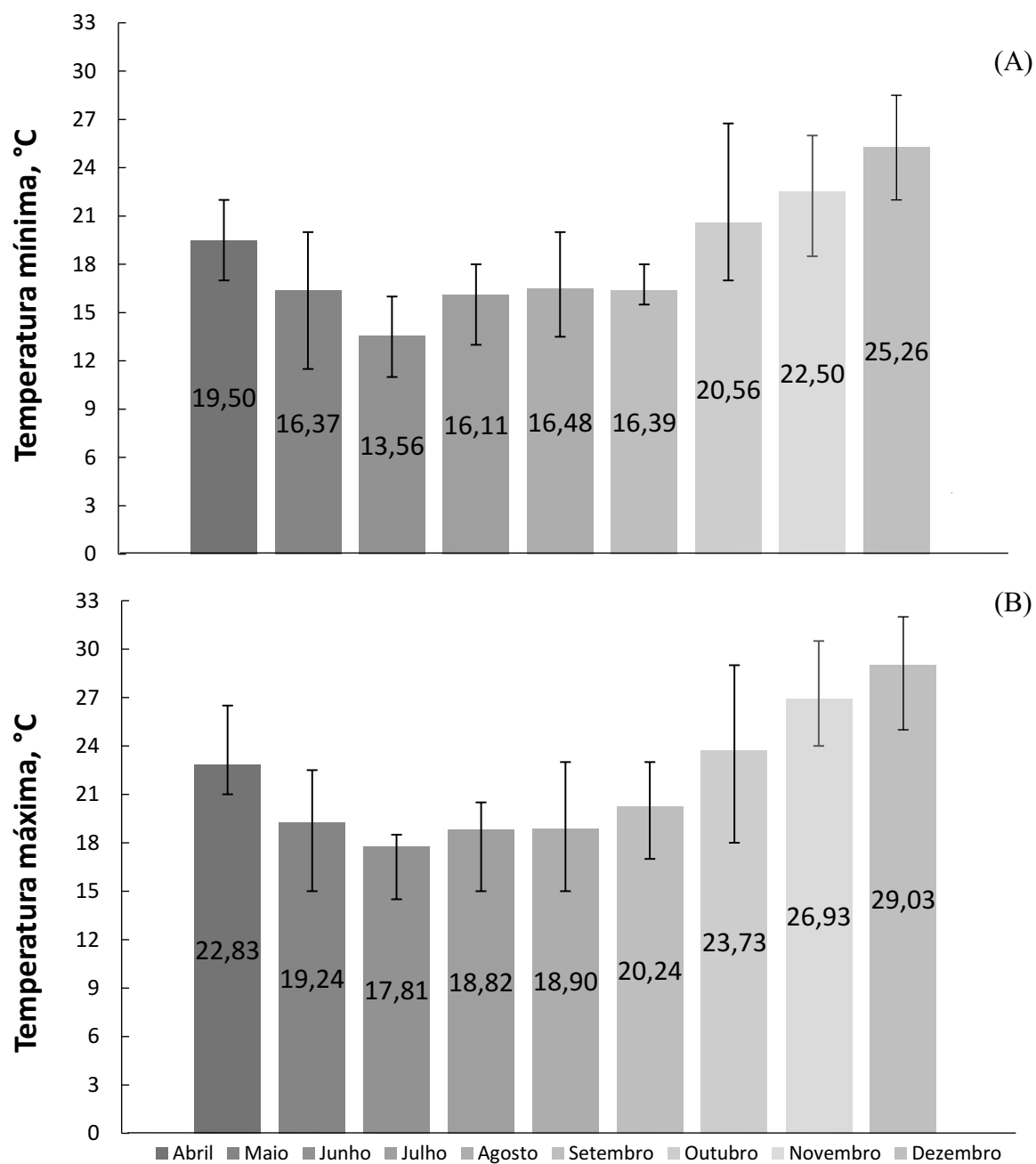
A variação térmica diária é um fator ambiental que pode afetar o metabolismo dos peixes, influenciando diretamente vários mecanismos fisiológicos, dentre eles o ímpeto alimentar. Esta condição de baixo consumo afeta negativamente seu desenvolvimento e ganho em peso ao longo do processo produtivo (AZAZA et al., 2008; MA et al., 2015; CORRÊA et al., 2018; NOBREGA et al., 2020).

Durante a fase inicial do experimento, entre abril e a primeira quinzena de maio, a taxa de arraçoamento diária foi de 3 a 6 % da biomassa, a qual foi dividida em duas alimentações ao dia, quando a temperatura mínima e máxima do dia anterior foi superior a 18 °C (**Figura 1A, 1B e 3**). Já no período entre a segunda quinzena de maio e o fim de setembro, a temperatura da água foi desfavorável para a produção de tilápia, ficando abaixo de 18 °C. Durante o período experimental, em algumas aferições a temperatura mínima da água chegou a 11 °C (maio a junho) (**Figura 2 e 3**), ocasionando grande redução no consumo alimentar dos peixes e refletindo em seu crescimento. Neste período, os peixes foram alimentados uma única vez ao dia, no início da tarde, quando se registravam as maiores temperaturas diárias. Eventualmente, com a ocorrência de ampla oscilação térmica, ou outro fator estressante como ataque de pássaros, os peixes não buscavam alimento por um período de um ou dois dias. Entretanto, estas ocorrências não foram constantes ao longo do experimento. Nos dias de menor temperatura realizou-se de forma gradual a redução da taxa de alimentação diária para 0,75 % da biomassa, quando os peixes apresentaram baixo comportamento alimentar, mantendo somente suas funções fisiológicas, sem apresentar ganho em peso (**Figura 3**).

Os peixes tropicais, como a tilápia-do-nilo, não apresentam comportamento alimentar com alta atividade sob condições de água fria em comparação aos meses mais quentes do ano, pois seu metabolismo como animais ectotérmicos é reduzido à medida que a temperatura da água diminui (NOBREGA et al., 2020). Muitos trabalhos relatam que durante período de frio intenso os peixes são alimentados entre uma à três vezes por semana (NOBREGA et al., 2020), porém no presente trabalho, mesmo com a temperatura máxima diária inferior a 18 °C, os peixes consumiram ração, provavelmente para realizar somente a manutenção basal do seu metabolismo, já que não houve crescimento expressivo nessas condições.

Com o aumento na temperatura mínima e máxima diárias nos últimos meses do experimento (outubro a dezembro), sendo estas superiores a 20 e 23 °C, respectivamente (**Figura 1A e B**), a taxa de alimentação passou para 1,3 a 3 % da biomassa, sendo oferecida duas vezes ao dia, o que proporcionou aumento do crescimento dos animais (**Figura 2**).

Portanto, nas regiões subtropicais, como no estado de Santa Catarina, é crucial compreender a relação entre a redução na temperatura, taxa de arraçoamento e frequência alimentar, para a adoção de estratégias produtivas de maneira a minimizar os efeitos deletérios da baixa temperatura na tilapicultura.



**Figura 1.** Médias da temperatura mínima (A) e máxima (B) mensal da água durante o experimento no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, Brasil.

### **3.3.2. Crescimento, aproveitamento alimentar, sobrevivência, retenção proteica, rendimentos de carcaça e índices corporais**

Muitos autores relataram que dietas contendo PUFA n-3, como o DHA, pode contribuir no aumento da produtividade e melhorar a saúde da tilápia-do-nilo quando mantidas em temperaturas abaixo do ideal de crescimento (ATWOOD et al., 2003; CORRÊA et al., 2018; ABDEL-GHANY et al., 2019; NOBREGA et al., 2019; EL ASELY et al., 2020).

A tilápia-do-nilo alimentada com a dieta contendo o aditivo ALLPRO, rico em DHA, apresentaram desempenho de crescimento, conversão alimentar e retenção proteica aparente significativamente maior do que as alimentadas com a dieta controle (**Tabela 2**), ao longo da criação experimental a campo durante o outono, inverno e primavera. Esse resultado coincide com os estudos conduzidos em laboratório, quando tilápia-do-nilo foi mantida a temperatura subótima constante (CORRÊA et al., 2017, 2018; ABDEL-GHANY et al., 2019; NOBREGA et al., 2019; EL ASELY et al., 2020), mostrando que a suplementação de DHA dietético é importante para um melhor desempenho zootécnico da espécie em temperatura subótima. Já os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram maior ingestão alimentar, em porcentagem do peso vivo diário, provavelmente para compensar a deficiência dietética em PUFA n-3.

Com a chegada da primavera, houve aumento nas médias diárias na temperatura nos últimos meses do experimento (outubro a dezembro), sendo superiores a 22 °C (**Figura 1B**). Nesta ocasião o consumo alimentar e conseqüentemente o ganho em peso foi maior (**Figura 2**). A diferença no crescimento entre os peixes alimentados com a dieta suplementada foi maior durante esses meses, mesmo nos períodos em que a temperatura máxima foi 30 °C. De maneira oposta, quando tilápias-do-nilo foram criadas em condições de laboratório, sob temperatura constante de 28 °C (ótima para seu crescimento), a suplementação dietética de DHA não promoveu um maior crescimento dos animais, (FERNANDES et al., 2018). Porém, cabe ressaltar que a temperatura a campo não é constante, inclusive, em alguns dias durante os meses de

primavera foram detectadas variações térmicas de aproximadamente 10 °C em 24 h. Neste sentido, os resultados expostos acima sugerem que a suplementação com DHA pode também ter contribuído para uma melhor resposta dos animais frente às variações térmicas encontradas a campo, no entanto, novos estudos devem ser realizados para elucidar esta hipótese.

**Tabela 2.** Desempenho, sobrevivência e rendimento de carcaça juvenis de tilápia-do-nilo, tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, em comparação com os valores de mínimo e de máximo da temperatura da água diária durante os 245 dias de experimento <sup>a</sup>.

	Controle	Allpro	Valor de p
Peso final, g	127,34 ± 4,05	140,00 ± 10,20	0,04
Ganho em peso diário, g dia <sup>-1</sup>	0,45 ± 0,02	0,51 ± 0,04	0,04
Taxa de crescimento específico, % dia <sup>-1</sup>	0,78 ± 0,02	0,84 ± 0,05	0,02
Coeficiente de crescimento térmico, %	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,00	<0,01
Conversão alimentar, %	1,35 ± 0,02	1,26 ± 0,08	0,02
Ingestão alimentar, % peso vivo dia <sup>-1</sup>	1,33 ± 0,03	1,22 ± 0,09	0,02
Taxa de Retenção proteica aparente, %	27,24 ± 0,84	32,44 ± 1,97	0,02
Sobrevivência, %	78,11 ± 6,38	81,79 ± 7,11	0,84
Índice viscerossomático, %	11,05 ± 0,26	10,23 ± 0,25	0,02
Índice hepatossomático, %	1,89 ± 0,13	1,98 ± 0,10	0,38
Rendimento de filé, %	27,98 ± 0,70	29,17 ± 0,72	0,02
Rendimento tronco limpo, %	67,57 ± 0,47	69,14 ± 0,63	<0,01
Rendimento peixe eviscerado, %	88,97 ± 0,33	89,69 ± 0,25	<0,01

<sup>a</sup> Os resultados são expressos como a média de cinco repetições (n = 55 peixes por repetição), seguidos do desvio padrão.

No presente estudo, a suplementação de 0,22 g DHA 100 g<sup>-1</sup> do peso da dieta promoveu incremento de 10 % no peso em comparação aos peixes alimentados com uma dieta sem a suplementação, quando alimentados por 245 dias em condições de campo entre o outono à primavera. Esse resultado foi semelhante aos resultados de Corrêa et al. (2018) e Nobrega et al. (2019), onde a suplementação dietética de 0,34 e 0,20 g DHA 100 g<sup>-1</sup> no peso da dieta seca promoveu 18 e 16 %, respectivamente, maior crescimento aos animais em comparação a outros alimentados com dietas sem

suplementação de PUFA. Em ambos os estudos citados, os peixes foram mantidos em temperatura constante de 22 °C e alimentados até saciedade aparente, fatores que influenciam o consumo de ração e conseqüentemente o crescimento dos animais.

Durante os 245 dias de experimento a sobrevivência foi superior a 78 %, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos e sem relação com as baixas temperaturas ao longo de experimento.

Dietas bem formuladas, que atendam todas as exigências nutricionais para a espécie, além de promover ganhos no crescimento e eficiência alimentar, também reduzem custos de produção e afetam positivamente na qualidade do pescado e no rendimento de carcaça (GODOY et al., 2019).

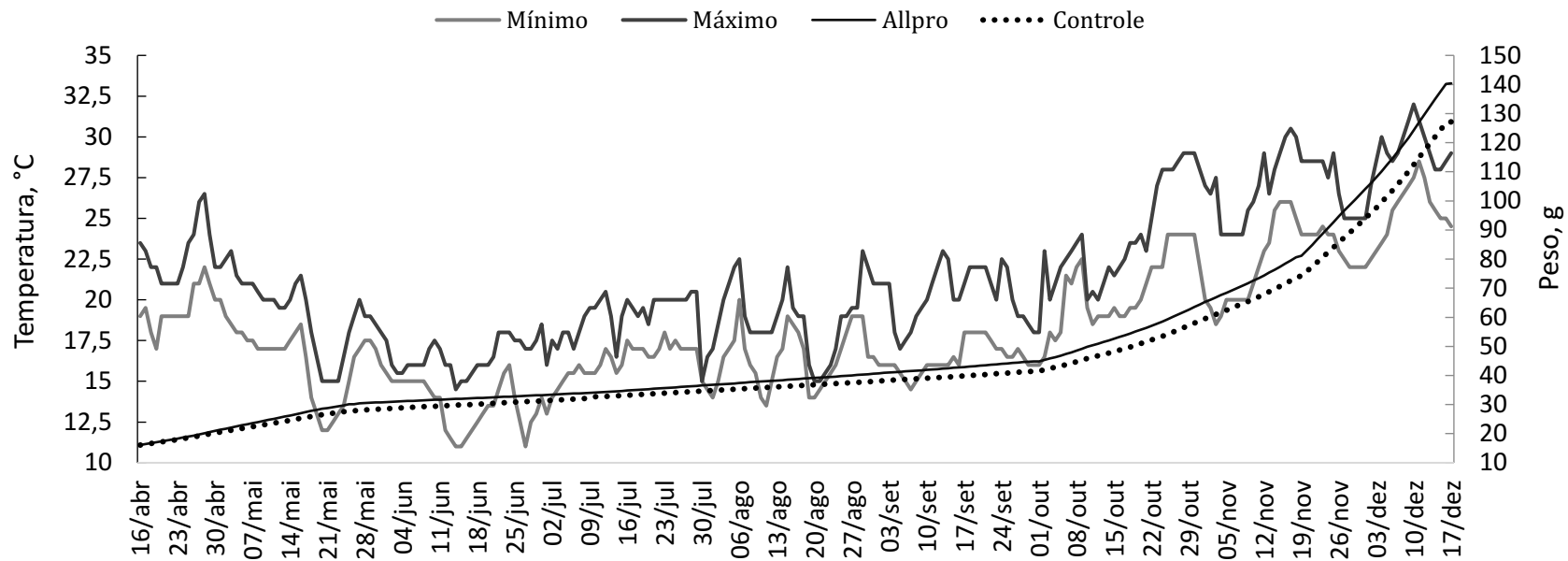
Não foram encontradas diferenças significativas para o índice hepatossomático, entre os peixes alimentados com as dietas suplementadas ou não com o aditivo ALLPRO, fonte de DHA. Entretanto, tilápias alimentadas com a dieta ALLPRO apresentaram maior rendimento de filé, de peixe eviscerado e de tronco limpo (peixe eviscerado sem a cabeça), quando produzidos por 245 dias a campo (**Tabela 2**). Isto pode ser explicado em parte pelo menor índice viscerossomático dos peixes que receberam a dieta ALLPRO em comparação aos peixes da dieta controle sem suplementação.

A diferença no rendimento de carcaça é influenciada por muitos fatores como sistema de criação, sexo, tamanho e nutrição, características que podem divergir entre trabalhos (MOREIRA et al., 2015; GODOY et al., 2019). Alguns estudos relatam que a relação lipídio:carboidrato afeta o rendimento e a qualidade da carcaça do pescado (GODOY et al., 2019), bem como o aumento crescente de PUFA dietético (BOSCOLO et al., 2004; MOREIRA et al., 2015; GODOY et al., 2019).

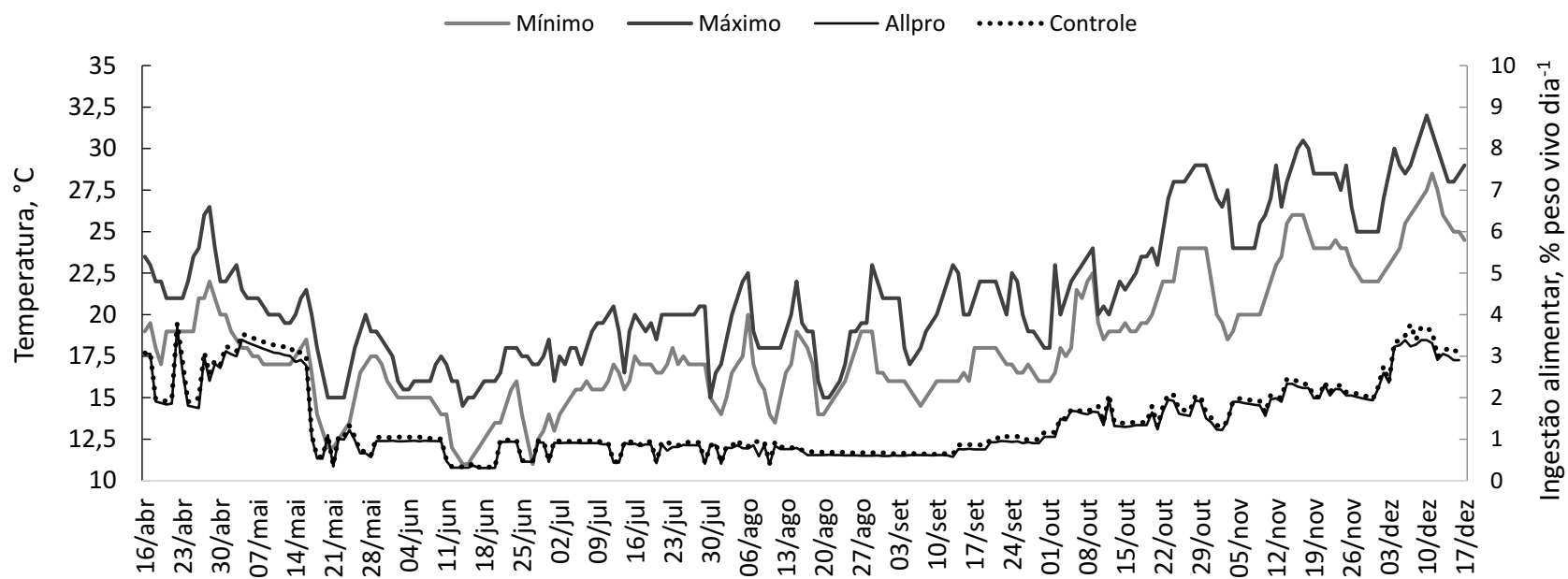
Diferentemente do encontrado pelo presente trabalho, relatos na literatura indicam que a suplementação de óleo de peixe (BAHURMIZ & NG, 2007; NG et al., 2013; DUARTE, et al., 2021) ou farinha de *Schizochytrium* sp. (JORGE et al., 2021), ambos as fontes de DHA, para tilápia-do-nilo não influenciaram os índices viscerossomático e hepatossomático, rendimentos de filé. Entretanto, os trabalhos citados foram realizados



com peixes que se encontravam em fase final de crescimento (380 a 500 g), produzidos em condições laboratoriais de temperatura constante e próxima a do ideal de crescimento. Outro diferencial entre os estudos foi a dieta controle, que apresentava baixa concentração de DHA em sua composição nos trabalhos citados, em contraste com a dieta controle do presente trabalho, que não incluía este ácido graxo.



**Figura 2.** Peso de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, em comparação com os valores de mínimo e de máximo da temperatura da água diária durante os 245 dias de experimento.



**Figura 3.** Taxa do consumo alimentar de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, em comparação com os valores de mínimo e de máximo da temperatura da água diária durante os 245 dias de experimento.

### 3.3.3. Composição centesimal corporal e do filé

Os peixes não apresentaram diferença significativa quanto a composição centesimal corporal (**Tabela 3**), composição da matéria seca e no teor lipídico do filé, entre os tratamentos avaliados.

**Tabela 3.** Composição centesimal corporal e do filé de tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, durante os 245 dias de experimento <sup>a</sup>.

Fração	Peixe Inicial	Dieta controle	Allpro	Valor de p
<i>Composição corporal, g 100 g<sup>-1</sup> peso úmido</i>				
Matéria seca	22,31 ± 0,83	28,88 ± 0,78	28,73 ± 0,71	0,886
Proteína	14,34 ± 0,26	15,17 ± 0,07	15,60 ± 0,18	0,071
Extrato etéreo	3,37 ± 0,34	9,53 ± 0,96	9,23 ± 0,30	0,699
Cinzas	3,50 ± 0,30	3,57 ± 0,24	3,53 ± 0,18	0,815
<i>Composição filé, g 100 g<sup>-1</sup> peso úmido</i>				
Matéria seca	19,99	22,70 ± 0,30	22,19 ± 0,11	0,098
Proteína	17,62	18,52 ± 0,17	19,41 ± 0,10	0,004
Extrato etéreo	0,65	1,67 ± 0,25	1,42 ± 0,18	0,165

<sup>a</sup> Os resultados são expressos com a média de seis repetições (n = 3 peixes para corpo e n = 5 peixes para filé, por repetição), seguidas pelo desvio padrão.

No entanto, a concentração de proteína bruta no filé foi maior nos peixes alimentados com a dieta suplementada com o aditivo ALLPRO. Em adição, as tilápias alimentadas com a dieta suplementada apresentaram maior retenção proteica corporal quando comparadas àquelas alimentadas com a dieta sem a suplementação (**Tabela 2**). Neste sentido, diferentes estudos demonstraram que os PUFA da série n-3 podem influenciar positivamente a síntese proteica (TOCHER, 2003; GLENCROSS, 2009), deste modo, a maior concentração e retenção proteica observada nos peixes alimentados com a dieta contendo ALLPRO podem estar associadas com o incremento dietético de PUFA da série n-3.

Resultados semelhantes foram encontrados em outros trabalhos que avaliaram a suplementação dietética com DHA (CORRÊA et al., 2018; FERNANDES et al., 2018;

NOBREGA et al., 2019) ou  $\alpha$ -LNA (TONIAL et al., 2009; CHEN et al., 2013; NOBREGA et al., 2017) para tilápia-do-nilo, independentemente da temperatura da água.

Os lipídios presentes na dieta desempenham papéis importantes no fornecimento de energia e regulação do metabolismo (TOCHER, 2003). Estudos relatam que os PUFAs da série n-3 na dieta reduzem a porcentagem de gordura no tecido adiposo branco e aumentam a  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos no salmão-do-atlântico, *Salmo salar*, produzido em temperatura ótima de crescimento (TODORČEVIĆ et al., 2009). Entretanto, há evidências de que o aumento dos níveis de lipídios corporais permite que os peixes sobrevivam a temperaturas mais baixas (VIOLA et al., 1988; DAN & LITTLE, 2000). No presente estudo, tilápias alimentadas com dietas suplementadas ou não com fonte de DHA durante 245 dias a campo, não apresentaram diferença significativa em seu teor lipídico corporal ou muscular, mesmo quando mantidas em temperatura baixas (mínima de 11 °C) durante os meses maio a junho. Esse resultado corrobora com os achados dos autores Viola et al. (1988), em tilápia híbrida (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*), produzida a campo sob temperatura média inicial da água de 25 °C e final de 13 °C. Ao final deste experimento, as tilápias alimentadas com óleo de peixe ou a dieta sem fonte de PUFA n-3 não apresentaram diferença significativa no teor lipídico corporal ou muscular. Entretanto, foi observado nos 3,5 meses subsequentes de inverno, que o crescimento cessou e o teor lipídico corporal diminuiu 10 %, independentemente do tratamento dietético (VIOLA et al., 1988). Portanto, no presente estudo, o nível de suplementação dietético de DHA utilizado, combinado com a variação térmica ao longo do experimento, aparentemente não foi suficiente para causar redução significativa nos valores de extrato etéreo do corpo e do filé. Novos estudos podem ser realizados para melhor compreender o metabolismo lipídicos de espécies tropicais, como a tilápia-do-nilo, mantidas sob baixas temperaturas por longos períodos.

### 3.3.4. Perfil de ácidos graxos do filé

A presença de PUFA nas dietas influenciaram diretamente a composição corporal de ácidos graxos em tilápia-do-nilo, mantidas em diferentes temperaturas experimentais (TOCHER, 2003; TURCHINI et al., 2009; NOBREGA et al., 2020). É amplamente relatado que a diferença nas proporções dos ácidos graxos dietéticos influencia diretamente no perfil de ácidos graxos corporal, bem como no filé de tilápia-do-nilo, independentemente da temperatura da água e fase de desenvolvimento (JUSTI et al., 2005; CORRÊA et al., 2017; NG et al., 2013; NOBREGA et al., 2017; FERNANDES et al., 2018; BRIGNOL et al., 2018; MUFATTO et al., 2019; JORGE et al., 2021). Similarmente, neste estudo, após 245 dias de alimentação sob condições de campo do outono a primavera, a suplementação com aditivo ALLPRO afetou a composição do PUFA no filé de tilápia-do-nilo (**Tabela 4**). A concentração de DHA, ácido eicosapentaenoico (20: 5n-3, EPA) e ácido docosapentaenoico (22: 5n-3, DPA), bem como os grupos PUFA da série n-3 e LC-PUFA da série n-3 foram significativamente maiores nos peixes alimentados com a dieta ALLPRO.

A concentração do DHA foi seis vezes maior nos peixes alimentados com a dieta suplementada em comparação com os animais alimentados com a dieta controle. Esse resultado reafirma que a suplementação com biomassa do microrganismo heterotrófico rico em DHA é um excelente aditivo alimentar para incrementar o valor nutricional do filé de tilápia-do-nilo (BRIGNOL et al., 2018; NOBREGA et al., 2019), sem afetar os parâmetros físicos de qualidade (JORGE et al., 2021) ou status oxidativo celular dos peixes (NOBREGA et al., 2022).

O catabolismo do DHA difere de outros ácidos graxos, pois este encontra-se conservado na bicamada lipídica da membrana celular, tendo menor demanda para produção de energia (SARGENT et al., 2002; STUBHAUG et al., 2007; MONROIG et al., 2018). Essa conservação pode ser atribuída à dupla ligação produzida pela  $\Delta 4$  dessaturase ao bioconverter o DPA em DHA que, por sua vez, é relativamente resistente à  $\beta$ -oxidação mitocondrial (MONROIG et al., 2018; OBOH et al., 2017).

**Tabela 4.** Perfil de ácidos graxos muscular da tilápia-do-nilo alimentada com dietas suplementadas com e sem fonte de DHA produzida a campo, durante os 245 dias de experimento <sup>a</sup>.

Ácidos graxos, g 100 g <sup>-1</sup> peso seco <sup>b</sup>	Peixe Inicial	Dieta controle	Allpro	Valor de p
C16:0 PAL <sup>c</sup>	0,12 ± 0,01	1,39 ± 0,09	1,37 ± 0,12	0,813
C18:0	0,05 ± 0,00	0,40 ± 0,04	0,39 ± 0,03	0,650
C18:1n-9 OLA	0,13 ± 0,00	2,01 ± 0,19	1,94 ± 0,13	0,637
C18:2n-6 LOA	0,08 ± 0,00	0,87 ± 0,03	0,82 ± 0,03	0,093
C18:3n-3 α-LNA	0,01 ± 0,00	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,651
C20:4n-6 ARA	0,02 ± 0,00	0,15 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,002
C20:5n-3 EPA	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,002
C22:4n-6	0,02 ± 0,00	0,21 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,001
C22:5n-3 DPA	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,002
C22:6n-3 DHA	0,02 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,38 ± 0,04	<0,001
SFA	0,20 ± 0,00	2,07 ± 0,15	1,20 ± 0,17	0,568
MUFA	0,19 ± 0,00	2,56 ± 0,22	2,48 ± 0,18	0,670
PUFA	0,18 ± 0,01	1,52 ± 0,01	1,73 ± 0,04	0,010
PUFA n-6	0,12 ± 0,00	1,30 ± 0,02	1,16 ± 0,05	0,020
LC-PUFA n-6	0,05 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,34 ± 0,02	0,005
PUFA n-3	0,05 ± 0,00	0,19 ± 0,01	0,55 ± 0,04	0,001
LC-PUFA n-3	0,04 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,43 ± 0,04	0,002
n3/n6	0,44 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,48 ± 0,03	0,004

<sup>a</sup> Os resultados são expressos como a média de cinco repetições (n = 5 peixes por repetição), seguido do desvio padrão.

<sup>b</sup> Ácidos graxos detectados e totalizados, mas não incluídos na tabela: 14: 0, 15: 0, 17: 0; 20: 0, 22: 0, 16: 1n-7, 17: 1n-7; 18: 1n-7, 20: 1 n-9, 22: 1 n-11, 16: 3n-4.

<sup>c</sup> Ácidos graxos: PAL = ácido palmitoleico, OLA = ácido oleico, LOA = ácido linoleico ARA= ácido araquidônico, α-LNA = ácido alfa-linolênico, EPA = ácido eicosapentaenoico, DPA = ácido docosapentaenoico, DHA = ácido docosaenoico. Grupos de ácidos graxos: SFA = ácidos graxos saturados, MUFA = ácidos graxos monoinsaturados, PUFA = ácidos graxos poliinsaturados, LC-PUFA = PUFA de cadeia longa (com 20 a 22 carbono).

Entretanto, a concentração de DHA detectada no filé das tilápias suplementadas no presente trabalho, as quais receberam uma dieta com 0,22 g DHA 100 g<sup>-1</sup> de peso seco sob o regime de alimentação restrita por um período longo (245 dias), foi similar àquela obtida no estudo de Nobrega et al. (2019), com 0,20 g DHA 100 g<sup>-1</sup> de peso seco fornecido por um período mais curto (87 dias), e sob regime de alimentação até saciedade aparente e temperatura constante de 22 °C. Deste modo, não fica claro se as diferentes estratégias de alimentação, condições de cultivo e tempo de alimentação influenciam no acúmulo de DHA na musculatura. No entanto, sabe-se que a dinâmica

deste ácido graxo no organismo é complexa, ele pode ter sido depositado em maior concentração em outros tecidos não avaliados no presente estudo, bem como ter sido destinado para diferentes processos fisiológicos, isto é, pode ter entrado na rota metabólica de  $\beta$ -oxidação (OBOH et al., 2017) ou na formação de compostos bioativos como protectinas, resolvinas e maresinas, que atuam na resolução de processos inflamatórios (SERHAN, 2014), e entre outros. Quanto maior a concentração de um determinado ácido graxo na dieta, menor é a sua retenção muscular (Glencross et al., 2003; Rosenlund et al., 2016). Provavelmente estes ácidos graxos são cada vez mais utilizados para o metabolismo à medida que as suas concentrações na dieta aumentam conforme o tempo de alimentação (Rosenlund et al., 2016). É necessário estabelecer o equilíbrio entre os mecanismos de deposição muscular dos ácidos graxos dietéticos, em relação a metabolização dos mesmos pelo organismo da tilápia.

Quanto ao  $\alpha$ -LNA, embora ele esteja presente na composição muscular em todos os peixes, a concentração deste não foi influenciada pelas diferentes dietas. Isto pode estar relacionado com a bioconversão do  $\alpha$ -LNA dietético em seus derivados da série n-3, como o EPA, DPA e DHA, que por sua vez foram acumulados na musculatura das tilápias alimentadas com a dieta ALLPRO (**Tabela 4**). Nossos resultados corroboram com os achados de Tocher et al. (2002) que demonstraram que a tilápia-do-nilo é capaz de realizar a bioconversão de PUFA da série n-3.

Assim como o  $\alpha$ -LNA, o LOA também não foi influenciado pelas diferentes dietas experimentais, porém o conteúdo muscular LC-PUFA da série n-6, ARA e 22:4 n-6 diminuiu na musculatura das tilápias suplementadas com o aditivo ALLPRO (**Tabela 4**). Resultados semelhantes foram relatados por Tonial et al. (2009), Brignol et al. (2018) e Jorge et al. (2021) quando a tilápia-do-nilo foi mantida a temperatura ótima de crescimento, ou subótima (NOBREGA et al., 2019).

Tocher (2010) relata que existe preferência das enzimas alongases e dessaturases  $\Delta 5$  e  $\Delta 6$  por ácidos graxos da série n-3, o que afeta negativamente a bioconversão do LOA para os ácidos graxos de 20 e 22 carbonos, como o ARA e 22:4 n-6. Segundos os



autores Chen et al. (2018), tilápia-do-nilo mantida em temperatura ótima de crescimento e alimentada com níveis crescentes de  $\alpha$ -LNA apresentaram menor biossíntese de LC-PUFA n-6, devido à competição das enzimas  $\Delta$ -6 dessaturase e elongase pelos substratos dietéticos (LOA e  $\alpha$ -LNA) (CHEN et al., 2018). Portanto, devido a maior concentração de DHA no filé dos peixes, há uma redução na bioconversão dos LOA em LC-PUFAs n-6, provavelmente pela inibição ou redução da atividade enzimática das dessaturases e elongases, devido ao excesso do produto final, que neste caso foi o DHA.

Como consequência, a relação de PUFA n-3:n-6 aumentou significativamente no filé de tilápia-do-nilo alimentadas com o aditivo ALLPRO. A relação ideal de PUFA n-3:n-6 recomendada para o consumo humano é de 0,25 a 1 (SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2010; PATTERSON et al., 2012), sendo essencial para prevenção de doenças crônicas e manter a homeostasia e funcionamento normal do organismo humano (SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2010). A relação 0,48 foi alcançada na musculatura da tilápia-do-nilo mantida a campo e alimentada por 245 dias com dieta ALLPRO, estando dentro da faixa ideal recomendado para consumo humano.

O pescado é uma importante fonte LC-PUFA n-3, como o EPA e o DHA, essenciais para a saúde humana (GLOBAL ORGANIZATION FOR EPA AND DHA OMEGA-3, 2014), sendo o consumo mínimo semanal representado por duas porções de peixe, que devem conter tais ácidos graxos (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). Deste modo, a suplementação dietética do aditivo ALLPRO para a tilápia-do-nilo produzida a campo durante o período de baixa temperaturas médias (do outono à primavera), além de melhorar o desempenho zootécnico, o aditivo ALLPRO, rico em DHA, contribuiu para que a carne da tilápia seja uma excelente fonte de DHA na alimentação humana.

### **3.4. Conclusão**

A adição do aditivo ALLPRO, contendo DHA e nucleotídeos, contribuiu para o melhor desempenho e rendimento de carcaça da tilápia-do-nilo criada a campo sob

baixas temperaturas e, portanto, apresenta grande potencial para ser utilizado no enfrentamento das condições de inverno, típicas da região sul e até sudeste do país. Além disso, a inclusão deste aditivo na alimentação das tilápias, em particular nos períodos de baixas temperaturas, pode agregar valor à carne destes animais, uma vez que resulta em maiores concentrações de ácidos graxos essenciais para a saúde humana.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste ensaio, pôde-se verificar o efeito positivo da adição do aditivo ALLPRO, rico em DHA na ração para juvenis de tilápia-do-nilo, criados a campo em condições de temperaturas subótimas de desenvolvimento. Durante este período foi possível realizar o levantamento de dados referentes ao comportamento da variação térmica ao longo de um ano em viveiro escavado localizado na região do planalto norte catarinense, mostrando o grande desafio que os produtores locais enfrentam na tilapicultura, onde este efeito positivo, observado em ganho de peso, eficiência alimentar, retenção proteica e coeficiente de crescimento térmico, pode representar importantes ganhos econômicos, dentro do sistema de produção praticado no local.

Levando-se em conta o resultado deste trabalho, com outros semelhantes já praticados em condições controladas de temperatura, o setor industrial pode verificar a importância do uso deste aditivo para elaboração de dietas preparatórias específicas para regiões com outono e inverno rigorosos, atendendo um potencial nicho de mercado, elevando a qualidade oferecida aos seus consumidores.

Por conta das condições extremas de temperatura, houve uma considerável redução do consumo alimentar por conta do baixo metabolismo dos animais, o que reflete de maneira geral nas taxas de ganhos de peso diário e outros índices. Por este motivo, apesar da viabilidade da produção de tilápias na região, o planalto norte catarinense não pode ser apontado como um grande produtor potencial da tilápia-do-nilo em Santa Catarina. A realização destes estudos em regiões do estado que ofereçam condições mais favoráveis pode contribuir para ampliar a demonstração do quanto pode ser fundamental a inclusão do DHA em dietas comerciais para a tilápia.

## 5. REFERÊNCIAS DA CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

BARRIVIERA, V.R., TSUJII, K.M., DOS SANTOS, L.D., FURUYA, L.B., PANACZEVICZ, P.A.P., MIRANDA, J.A.G., MARINHO, M.T., FURUYA, W. M. 2021. Substitution of soybean oil with linseed oil on growth performance, fatty acid profile and texture attributes in large Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* reared under cold suboptimal temperature. *Aquaculture Research*. 52, 5136– 5145. <https://doi.org/10.1111/are.15381>.

Berto, R.d.S., Pereira, G.d.V., Mouriño, J.L.P., Martins, M.L., Fracalossi, D.M. 2016. Yeast extract on growth, nutrient utilization and haemato-immunological responses of Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 47: 2650-2660. <https://doi.org/10.1111/are.12715>

CEDAP. Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca – Mapa interativo de produção de peixes. Fonte: EPAGRI – CEDAP. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-animal-2>, acessado em 02 de abril de 2023.

CORRÊA, C.F., NOBREGA, R.O., MATTIONI, B., BLOCK, J.M., FRACALLOSSI, D.M., 2017. Dietary lipid sources affect the performance of Nile tilapia at optimal and cold, suboptimal temperatures. *Aquaculture Nutrition* 23, 1016–1026. <https://doi.org/10.1111/anu.12469>.

DE LIMA, S. A., PEDREIRA, A. C. O., DE FREITAS, J. M. A., DALMASO, A. C. S., CHIELLA, R. J., MEURER, F., ROMÃO, S., BOMBARDELLI, R. A. 2020. Diets containing purified nucleotides reduce oxidative stress, interfere with reproduction, and promote growth in Nile tilapia females. *Aquaculture*, 528: 735509. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735509>.

EL ASELY, A.M., REDA, R.M., SALAH, A.S., MAHMOUD, M.A., DAWOOD, M.A.O., 2020. Overall performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) associated with using vegetable oil sources under suboptimal temperature. *Aquac. Nutr.* 1154–1163. <https://doi.org/10.1111/anu.13072>.

EPAGRI/CIRAM. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Recordes de frio em SC. Fonte: EPAGRI/Ciram. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/recordes-de-frio/>, acessado em 04 de abril de 2023.

FAO. 2021. Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets. Rome, Italy. P 176. <https://doi.org/10.4060/cb4479en> \h.

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). FAO, Rome, Italy. P 266. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

HESS, J. R. & GREENBERG, N. A. 2012. The role of nucleotides in the immune and gastrointestinal systems: potential clinical applications. *Nutrition in Clinical Practice*. 27 (2): 281–294. <https://doi.org/10.1177/0884533611434933>.

HOSSAIN, M.S., KOSHIO, S., ISHIKAWA, M., YOKOYAMA, S., SONY, N.M. 2016. Dietary nucleotide administration influences growth, immune responses and oxidative stress resistance of juvenile red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture* 455, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.01.008>.

IBRAHIM, D., ARISHA, A.H., KHATER, S.I., GAD, W.M., HASSAN, Z., ABOU-KHADRA, S.H., MOHAMED, D.I., AHMED ISMAIL, T., GAD, S.A., EID, S.A.M., ABD EL-WAHAB, R.A., KISHAWY, A.T.Y. 2022 Impact of Omega-3 Fatty Acids Nano-Formulation on Growth, Antioxidant Potential, Fillet Quality, Immunity, Autophagy-Related Genes and *Aeromonas hydrophila* Resistance in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Antioxidants*. 11, 1523. <https://doi.org/10.3390/antiox11081523>.

KUMAR, N., CHANDAN, N. K., GUPTA, S. K., BHUSHAN, S., PATOLE, S. P. 2022. Omega-3 fatty acids effectively modulate growth performance, immune response, and disease resistance in fish against multiple stresses. *Aquaculture*. 547, 737506. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737506>.

LIN, Y., WANG, H., SHIAU, S. 2009. Dietary nucleotide supplementation enhances growth and immune responses of grouper, *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture Nutrition*, 15: 117–122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00561.x>

NG, W., CHONG, C., WANG, Y., ROMANO, N., 2013. Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets. *Aquaculture*. 375, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.030>.

NOBREGA, R.O., BANZE, J.F., BATISTA, R.O., FRACALLOSSI, D.M., 2020. Improving winter production of Nile tilapia: What can be done? *Aquaculture Reports* 18, 100453. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100453>.

NOBREGA, R.O., BATISTA, R.O., CORRÊA, C.F., MATTIONI, B., FILER, K., PETTIGREW, J.E., FRACALLOSSI, D.M., 2019. Dietary supplementation of *Aurantiochytrium* sp. meal, a docosahexaenoic acid source, promotes growth of Nile tilapia at a suboptimal low temperature. *Aquaculture*. 507, 500-509.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.030>.

PEIXE-BR, 2023. Associação Brasileira da Piscicultura. ANUÁRIO Peixe-BR da piscicultura 2023, Brasil, pp. 126.

Rosenlund, G., Torstensen, B. E., Stubhaug, I., Usman, N. & Sissener, N. H. 2016. Atlantic salmon require long-chain n-3 fatty acids for optimal growth throughout the seawater period. *Journal of Nutritional Science*, 5, 19. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.10>

SILVA, B. C., DELLA-GIUSTINA, E. G., MASSAGO, H., MARCHIORI, N. DA C., & GARCIA, S. 2020. Monocultivo de tilápia em viveiros escavados em Santa Catarina. *Sistemas De Produção*, (52), 126. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/SP/article/view/645>.

SILVA, B.C., PEREIRA, A., MARCHIORI, N. DA C., MARIGUELE, K.H., MASSAGO, H., KLABUNDE, G.H.F., 2020. Cold tolerance and performance of selected Nile tilapia for suboptimal temperatures. *Aquaculture Research*. 52, 1071-1077. <https://doi.org/10.1111/are.14962>.

SOUZA, R.V. DE; SILVA, B. C. DA; NOVAES, A.L.T. 2022. A aquicultura de Santa Catarina em números. Florianópolis, SC. 39p. (EPAGRI. Documentos, 354). <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/publicacoes/publicacoes-lista/>.

TIE, H. M., JIANG, W. D., FENG, L., WU, P., LIU, Y., KUANG, S. Y., TANG, L., ZHOU, X. Q. 2021. Dietary nucleotides in the diets of on-growing grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) suppress *Aeromonas hydrophila* induced intestinal inflammation and enhance intestinal disease-resistance via NF-κB and TOR signaling. *Aquaculture*, 533: 736075. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736075>

VIANNA, L. F. 2023. Avaliação do potencial das espécies de peixes mais cultivadas na piscicultura continental do estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 36(1), 37–43. <https://doi.org/10.52945/rac.v36i1.1569>.

VIOLA, S., MOKADY, S., BEHAR, D., COGAN, U., 1988. Effects of polyunsaturated fatty acids in feeds of tilapia and carp: 1. Body composition and fatty acid profiles at different environmental temperatures. *Aquaculture* 75, 127–137. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90027-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90027-0).

WEBER T. E., BOSWORTH B. G. 2005. Effects of 28 day exposure to cold temperature or feed restriction on growth, body composition, and expression of genes related to muscle growth and metabolism in channel catfish. *Aquaculture*. v. 246. p. 483-492.

WREGGE, M. S., STEINMETZ, S., REISSER JUNIOR, C., ALMEIDA, I. R. 2012. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Fonte: Embrapa. Brasília-DF, Brasil. P 333. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>. Acessado em 10 de junho de 2023.

ZHOU, T., GUI, L., LIU, M., LI, W., HU, P., DUARTE, D. F. C., NIU, H., CHEN, L. 2018. Transcriptomic responses to low temperature stress in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fish and Shellfish Immunology. 84, 1145-1156. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.10.023>.

ONU. 2023 ONU NEWS perspectiva global reportagens humanas. Disponível em <https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>. Acessado em 10 de junho de 2023.

## 6. REFERÊNCIAS DO ARTIGO

A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (17<sup>th</sup> ed.). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg. 1999.

Abdel-Ghany, H.M., El-Sayed, A.F.M., Ezzat, A.A., Essa, M.A., Helal, A.M., 2019. Dietary lipid sources affect cold tolerance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. Therm. Biol. 79, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.009>.

Atwood, H.L., Tomasso, J.R., Webb, K., Gatlin, D.M., 2003. Low-temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors. Aquac. Res. 34, 241–251. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00811.x>.

Azaza, M.S., Dhraïef, M.N., Kraïem, M.M., 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. J. Therm. Biol. 33, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>.

Bahurmiz, O. M., & Ng, K. Q. 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. Aquaculture.262, 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.023>.

BLIGH, E.G. and DYER W.J. Um método rápido de extração e purificação de lipídios totais. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37, 911-917, 1959.

Boscolo, W.R., Hayashi, C., Meurer, F., Feiden, A., Wolff, L., 2004. Desempenho e características de carcaça de tilápias do nilo (*oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. Acta Scientiarum. Anim. Sci. 26, 443–447.

Brignol, F.D., Fernandes, V.A.G., Nobrega, R.O., Filler, K., Pettigrew, J., Fracalossi, D.M., 2018. *Aurantiochytrium* sp. meal as DHA source in Nile tilapia diet, part II: body fatty acid retention and muscle fatty acid profile. Aquac. Res. 50, 707–716. <https://doi.org/10.1111/are.13906>.

Chen, C., Guan, W., Xie, Q., Chen, G., He, X., Zhang, H., Guoa, W., Chena, F., Tan, Y., Pan, Q., 2018. N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: bioconverting LNA to DHA is relatively efficient and the LC-PUFA biosynthetic pathway is substrate limited in juvenile fish. Aquaculture 495, 513–522.

Chen, C., Sun, B., Li, X., Li, P., Guan, W., Bi, Y., Pan, Q., 2013. N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Quantification of optimum requirement of dietary



linolenic acid in juvenile fish. *Aquaculture* 416–417, 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.003>.

COMISSÃO EUROPEIA. Diretrizes Dietéticas Baseadas em Alimentos na Europa; Tabela 9: Resumo das recomendações do FBDG para peixes para a UE, Islândia, Noruega, Suíça e Reino Unido. 2020.

Corrêa, C.F., Nobrega, R.O., Block, J.M., Fracalossi, D.M. 2018. Mixes of plant oils as fish oil substitutes for Nile tilapia at optimal and cold suboptimal temperature. *Aquaculture*. 497, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.034>.

Corrêa, C.F., Nobrega, R.O., Mattioni, B., Block, J.M., Fracalossi, D.M., 2017. Dietary lipid sources affect the performance of Nile tilapia at optimal and cold, suboptimal temperatures. *Aquac. Nutr.* 23, 1016–1026.

Dan, N.C., Little, D.C., 2000. Overwintering performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) broodfish and seed at ambient temperatures in northern Vietnam. *Aquacult. Res.* 31, 485–493. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00466.x>.

Duarte, F. O. S., Paula, F. G., Prado, C. S., Santos, R. R., Minafra-Rezende, C. S., Gebara C., Lage, M. E. 2021. Better fatty acids profile in fillets of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) supplemented with fish oil. *Aquaculture*. 534, 736241. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736241>.

EL ASELY, A.M., REDA, R.M., SALAH, A.S., MAHMOUD, M.A., DAWOOD, M.A.O., 2020. Overall performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) associated with using vegetable oil sources under suboptimal temperature. *Aquac. Nutr.* 1154–1163. <https://doi.org/10.1111/anu.13072>.

Fernandes, V. A. G., Brignol, F. D., Filler, K., Pettigrew, J., Fracalossi, D. M. 2019. *Aurantiochytrium* sp. meal as DHA source in Nile tilapia diet, part I: Growth performance and body composition. *Aquac. Res.* 50, 390–399. <https://doi.org/10.1111/are.13887>.

Glencross, B.D., 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev. Aquac.* 1, 71–124.

Glencross, B.D., Hawkins, W.E., Curnow, J.G., 2003. Restoration of the fatty acid composition of red seabream (*Pagrus auratus*) after grow-out on plant oil based diets. *Aquac. Nutr.* 9, 409–418.

Global Organization for EPA and DHA Omega-3. Global Recommendations for EPA and DHA Intake (Rev. 19. November 2014).

Godoy, A. C., Santos, O. O., Oxford, Melo, J. h., I. W. A., Rodrigues, R. B., Neu, D., Nunes, R. V., Boscolo, W. R. 2019. Soybean oil for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in finishing diets: Economic, zootechnical and nutritional meat improvements. *Aquaculture*. 512,734324-734334. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734324>.

Jorge, T. B. F., Moura, G. S., Ribeiro, J.J., Donzele, J. L., Pedreira, M. M., Sousa, T. V., Lanna, E. A. T. 2021. Effects of dietary supplementation time with *Schizochytrium* microalgae meal on growth, meat quality and fatty acid composition of Nile tilapia. *Aquac. Res.* 53, 528-543. <https://doi.org/10.1111/are.15597>.

Joseph, J. D., and Ackman, R. G. 1992. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oils and fish oil ethyl esters: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 75(3), 488– 506. <https://doi.org/10.1093/jaoac/75.3.488>.

Justi, K.C., Padre, R.G., Hayashi, C., Soares, C.M., Visentainer, J.V., Souza, N.E., Matsushita, M., 2005. Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Sci. Anim. Sci.* 27, 529–534.

Leonard, J. N. and Skov, P. V. 2022. Capacity for thermal adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Effects on oxygen uptake and ventilation. *Journal of Thermal Biology*. 105, 103206. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103206>

Ma, X.Y., Qiang, J., He, J., Gabriel, N.N., Xu, P. 2015. Changes in the physiological parameters, fatty acid metabolism, and SCD activity and expression in juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared at three different temperatures. *Fish Physiol. Biochem.* 41, 937–950. <https://doi.org/10.1007/s10695-015-0059-4>.

Monroig, O., Tocher, D.R., Castro, L.F.C., 2018. Polyunsaturated fatty acid biosynthesis and metabolism in fish. In: Graham, C.B. (Ed.), *Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism*. AOCS Press, Elsevier Inc., pp. 31–60.

Moreira, P.O., Rocha, J.D.M., da Silva, T.C., Bittencourt, F., Dacley Hertes, N., Boscolo, W.R., 2015. Óleo de soja utilizado pré e pós-processamento de rações para tilápia do nilo. *Bol. Inst. Pesca. São Paulo* 41, 547–555.

Mufatto, L.M., Nobrega, R.O., Menoyo, D., Fracalossi, D.M., 2019. Dietary ratios of n-3/ n-6 fatty acids do not affect growth of Nile tilapia at optimal temperatures (28 °C) nor at temperatures that simulate the onset of winter (22 °C). *Aquacult. Nutr.* 25, 646–661. <https://doi.org/10.1111/anu.12886>.

Ng, W. Q., Chong, C. Y., Wang, Y., Romano, N. 2013. Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets. *Aquaculture*. 372-375, 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.030>.

NG, W., CHONG, C., WANG, Y., ROMANO, N., 2013. Effects of dietary fish and vegetable oils on the growth, tissue fatty acid composition, oxidative stability and vitamin E content of red hybrid tilapia and efficacy of using fish oil finishing diets. *Aquaculture* 375, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.030>.

NOBREGA, R.O., BANZE, J.F., BATISTA, R.O., FRACALLOSSI, D.M., 2020. Improving winter production of Nile tilapia: What can be done? *Aquac. Reports* 18, 100453. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100453>.

NOBREGA, R.O., BATISTA, R.O., CORRÊA, C.F., MATTIONI, B., FILER, K., PETTIGREW, J.E., FRACALLOSSI, D.M., 2019. Dietary supplementation of *Aurantiochytrium* sp. meal, a docosahexaenoic acid source, promotes growth of Nile tilapia at a suboptimal low temperature. *Aquaculture*. 507, 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.030>.

NOBREGA, R.O., CORRÊA, C.F., MATTIONI, B., FRACALLOSSI, D.M. 2017. Dietary  $\alpha$ -linolenic for juvenile Nile tilapia at cold suboptimal temperature. *Aquaculture*. 471, 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.026>.

NOBREGA, R.O., DAFRE, A., L., CORRÊA, C.F., MATTIONI, B., BATISTA, R.O., PETTIGREW, J.E., FRACALLOSSI, D.M., 2022. Oxidative damage in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, is mainly induced by water temperature variation rather than *Aurantiochytrium* sp. meal dietary supplementation. *Fish Physiol Biochem*. 48, 85-99. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-01025-5>

NRC (National Research Council). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C.: National Academic Press, 2011. 360p.

O'FALLON, J.V., BUSBOOM, J.R., NELSON, M.L., GASKINS, C.T.A. 2007. Direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. *Journal of Animal Science*, 85. 1511-1521.

Oboh, A., Kabeya, N., Carmona-Antoñanzas, G., Castro, L.F.C., Dick, J.R., Tocher, D.R., Monroig, O., 2017. Two alternative pathways for docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n–3) biosynthesis are widespread among teleost fish. *Nature*. 7, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04288-2>.

PATTERSON, E., WALL, R., FITZGERALD, G. F., ROSS, R.P.; STATON, C. 2012. Health Implications of High Dietary Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012:539426. <https://doi.org/10.1155/2012/539426>.

EL-SAYED, A.-F. M. *Intensive culture*. 2nd. ed. London: Academic Press, 2020.

SERHAN, C.N., 2014. Novel pro-resolving lipid mediators in inflammation are leads for resolution physiology. *Nature*, 510(7503), 92–101. <https://doi.org/10.1038/nature13479>.

SIMOPOULOS, A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.* 56, 365–379.

SIMOPOULOS, A.P., 2010. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio: health implications. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 17:5, 267 – 275. <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0325>

SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M., OLIVEIRA, C. C., FRANCO, M. R. B., & VISENTAINER, J. V. (2007). Manipulation of fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets with flaxseed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9), 1677–1681. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2877>.

TOCHER, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 11, 107–184. <https://doi.org/10.1080/713610925>.

TOCHER, D.R., 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquac. Res.* 41, 717–732.

TOCHER, D.R., AGABA, M., HASTINGS, N., BELL, J.G., DICK, J.R., TEALE, A.J., 2002. Nutritional regulation of hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition in zebrafish (*Danio rerio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiol. Biochem.* 24, 309– 320.

TODORČEVIĆ, M., KJÆR, M.A., DJAKOVIĆ, N., VEGUSDAL, A., TORSTENSEN, B.E., RUYTER, B., 2009. N-3 HUFAs affect fat deposition, susceptibility to oxidative stress, and apoptosis in Atlantic salmon visceral adipose tissue. *Comp. Biochem. Physiol. B* 152, 135–143.

Tonial, I.B., Stevanato, F.B., Matsushita, M., De Souza, N.E., Furuya, W.M., Visentainer, J.V., 2009. Optimization of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. *Aquac. Nutr.* 15, 564– 568. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00623.x>.

Turchini, G.M., Torstensen, B.E., Ng, W.-K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Rev. Aquacult.* 1, 10–57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x>.

Visentainer, J.V., Franco, M.R.B., 2006. In: Visentainer, J.V., Franco, M.R.B. (Eds), *Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação*. Varela, São Paulo, Brasil. (120p).

## 7. ANEXOS - Aprovação nos conselhos de ética



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Araquari

### COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE, CÂMPUS ARAQUARI

#### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **“Enfrentando o inverno com a tilápia: suplementação de aditivo alimentar para melhorar o desempenho zootécnico de tilápia-do-nylo criada a campo em temperatura subótima”** de protocolo número **“389/2021”** sob a responsabilidade de **“Delano Dias Schleder”** que envolve a **utilização** de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de **Pesquisa** encontra-se de acordo com os preceitos da Lei no 11.794 de 08 de Outubro de 2008, do Decreto 6.899 de 15 de Julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais IFC-Araquari em reunião de **“26/01/2022”**.

Vigência do projeto:	15/02/2022 a 15/07/2023
Espécie/Linhagem:	Peixes / Tilápia-do-nylo, linhagem GIFT
Nº de Animais:	600 animais
Peso/Idade:	50g / juvenis
Sexo:	600 machos e 0 fêmeas
Origem:	Unidade de Ensino e Aprendizagem de Piscicultura do IFC – câmpus Araquari

#### OBS:

Em caso de não execução do projeto, deve ser solicitada a retirada do mesmo em até 60 dias após a emissão do parecer conforme orientação disponível em <http://araquari.ifc.edu.br/ceua/>

60 dias após a execução do projeto, deve ser submetido relatório final para avaliação do comitê conforme regimento do CEUA Artigo 25 §4:

§ 4º. O proponente de um projeto/protocolo deve, ao final da execução do mesmo, encaminhar à CEUA/IFC o relatório final contendo informações básicas baseando-se nos itens descritos no formulário de submissão. O não envio de relatórios de projetos/protocolos já concluídos implicará na não aprovação de novos projetos/protocolos do mesmo proponente.

Juliano Santos Gueretz  
Prof. EBTT (Siape nº1810731)  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais do IFC - Campus Araquari  
Portaria nº 1565/2021/Reitoria



BR 280, Km 27 – Caixa Postal 21  
Araquari/SC – CEP: 89.245 -000  
(47) 3803-7200 / ifc@ifc-araquari.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE  
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO E  
CONTRATOS

FOLHA DE ASSINATURAS

---

*Emitido em 27/01/2022*

**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 1277/2022 - CGES/ARA (11.01.02.39)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 27/01/2022 08:49 )*

**JULIANO SANTOS GUERETZ**

*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO*

*CGES/ARA (11.01.02.39)*

*Matrícula: 1840731*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número:  
1277, ano: 2022, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: 27/01/2022 e o código de  
verificação: 67dd539394