

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ CENTRO DE
ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA**

HELLEN KRYSTIANE ALVES FERREIRA

**QUITOSANA NA ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE TILAPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*).**

Toledo

2025

HELLEN KRYSTIANE ALVES FERREIRA

**QUITOSANA NA ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE TILAPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Wilson R. Boscolo

Coorientador: Prof. Dr. Arcangelo Signor

Toledo

2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ferreira, Hellen Krystiane Alves
Quitosana na alimentação de alevinos de Tilápia-do-Nilo
(*Oreochromis niloticus*). / Hellen Krystiane Alves Ferreira;
orientador Wilson Rogerio Boscolo; coorientador Arcangelo
Augusto Signor. -- Toledo, 2025.
39 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de
Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em
Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2025.

1. Nutrição de Peixes. 2. Biopolímero. 3. Aquicultura. 4.
Pesca. I. Boscolo, Wilson Rogerio, orient. II. Signor,
Arcangelo Augusto, coorient. III. Título.

DEDICATÓRIA

A todas as pessoas que de alguma forma me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de incentivo à pesquisa.

A Unioeste – Campus Toledo e ao grupo de pesquisas GEMaQ pelas estruturas fornecidas.

Ao meu orientador, prof. Dr. Wilson Boscolo.

Ao meu coorientador, prof. Dr. Arcangelo Signor.

Ao coordenador do projeto, prof Dr. Fabio Bittencourt.

Ao corpo docente do PREP por todo o conhecimento repassado em cada aula.

Aos amigos que me acompanharam e me apoiaram ao longo desses dois anos, em especial a Elisiane Figueiredo, Alessandra e Karine Nascimento.

A minha família por todo o incentivo.

QUITOSANA NA ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*).

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de quitosana de subprodutos de carapaça de camarão na alimentação de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 300 alevinos de tilápia-do-Nilo (peso médio inicial $2,55 \pm 0,03$ g) distribuídos em 20 caixas de 80L com cinco réplicas por tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e conduzido por 45 dias. Quatro dietas foram avaliadas, sendo uma delas isenta de quitosana (controle) e outras três dietas com inclusão de 0,50%, 0,75%, e 1,0% de quitosana. Os melhores resultados no desempenho zootécnico foram observados nos tratamentos 0,5% e 0,75% de inclusão de quitosana, o ganho de peso médio (GPM) foi de 61,56g e 60,81g respectivamente e a melhor conversão alimentar aparente (CAA) de 0,87 com a dieta de 0,5% de quitosana. A composição centesimal demonstrou um aumento de proteína bruta (PB) e redução do extrato etéreo (EE) na dieta de 1,0% de inclusão. O comprimento intestinal (CI) e o comprimento relativo do intestino (CRI) também foram favorecidos com a dieta de 0,75% de inclusão. Embora a ausência de diferenças significativas em algumas variáveis, a inclusão de 0,5% de quitosana na dieta dos alevinos de tilápia se mostrou eficiente e representa um ponto de equilíbrio entre eficiência alimentar, crescimento e a composição centesimal, indicando aplicabilidade na aquicultura para a obtenção de uma carne de maior valor nutricional.

Palavras-chave: aditivo alimentar, biopolímero, nutrição de peixes.

CHITOSAN IN THE FEEDING OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) FINGERLINGS.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of increasing levels of chitosan derived from shrimp shell by-products in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). A total of 300 fingerlings (initial mean weight $2,55 \pm 0,03$ g) were randomly distributed into 20 tanks (80 L), with five replicates per treatment. The experiment was conducted over 45 days using a completely randomized design. Four diets were tested: a control diet without chitosan and three experimental diets containing 0,50%, 0,75%, and 1,0% chitosan. The best zootechnical performance was observed with 0,5% and 0,75% chitosan inclusion, with average weight gains of 61.56 g and 60.81 g, respectively, and the most efficient apparent feed conversion ratio (0,87) obtained with the 0,5% chitosan diet. Proximate composition analysis showed increased crude protein and reduced ether extract in the 1,0% inclusion diet. Intestinal length and relative intestinal length were also positively influenced by the 0,75% inclusion level. Although some variables did not show significant differences, the inclusion of 0,5% chitosan proved effective, representing a balance between feed efficiency, growth, and carcass composition. These findings indicate its potential applicability in aquaculture to enhance the nutritional value of fish meat.

Keywords: feed additive, biopolymer, fish nutrition.

Dissertação elaborada e formatada
conforme as normas da publicação
científica ABNT – Associação Brasileira
de Normas Técnicas. Disponível em:
<www.abnt.org.br>*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição proximal calculada (%) das dietas contendo diferentes níveis de inclusão quitosana para alevinos de tilápia-do-Nilo.	32
Tabela 2 - Valores de desempenho de Tilápia-do-Nilo (<i>O. niloticus</i>), alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de quitosana, após 45 dias de cultivo.	33
Tabela 3 - Índices viscerossomáticos (média $\pm$ desvio padrão) de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de quitosana, após 45 dias de cultivo.	34
Tabela 4 - Composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) corporal dos peixes com base na matéria seca alimentados com diferentes níveis de inclusão de quitosana, após 45 dias de cultivo.	35
Tabela 5 - Frequência de fibras musculares em classes de diâmetros - <20, 20-30, 30-40 e >40, em alevinos de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentado com dietas com diferentes níveis de inclusão de quitosana.	36
Tabela 6 - Relação do número de hepatócitos das amostras de fígado de alevinos de tilápia alimentados com diferentes níveis de inclusão de quitosana.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos específicos	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Dietas experimentais	16
3.2 Delineamento experimental	16
3.3 Análises de água	17
3.4 Parâmetros de desempenho zootécnico	17
3.5 Análises de composição centesimal corporal	18
3.6 Análises histológicas (musculo e fígado)	19
3.7 Análise estatística	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Desempenho zootécnico	20
4.2 Composição centesimal dos peixes	22
4.3 Morfometria das fibras musculares	24
4.4 Hepatócitos	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se expandido globalmente, atingindo 130,9 milhões de toneladas em 2022, superando a pesca extrativa como principal fonte de pescado (FAO, 2024). Esse avanço decorre da necessidade de suprir a crescente demanda por proteína de origem aquática, minimizando a sobrepesca e garantindo a sustentabilidade da produção. No Brasil, a atividade cresceu mais de 5% ao ano na última década, consolidando-se como um setor estratégico (FAO, 2024). A intensificação dos cultivos exige avanços em nutrição, biossegurança e manejo sanitário, essenciais para manter a produtividade, evitar perdas na produção e reduzir impactos ambientais gerados pela atividade piscícola.

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é responsável por mais de 60% da produção aquícola nacional, destacando-se pela adaptabilidade, rápido crescimento e aceitação no mercado (Garcia et al., 2011). Estados como Paraná, São Paulo e Minas Gerais lideram a produção, beneficiando-se da infraestrutura voltada ao processamento e comercialização. O fortalecimento da cadeia produtiva tem impulsionado a adoção de tecnologias para otimizar a conversão alimentar e melhorar a sanidade dos cultivos (Zadinelo, 2019). No entanto, a intensificação da tilapicultura demanda soluções sustentáveis para reduzir impactos ambientais e sanitários.

A elevação da densidade de estocagem pode comprometer a qualidade da água e favorecer surtos de doenças, como as infecções por *Flavobacterium columnare*, associadas a alta mortalidade e perdas econômicas (Garcia et al., 2011). O aprimoramento de protocolos sanitários e a inclusão de aditivos funcionais nas dietas têm sido investigados como estratégias para mitigar esses impactos e aumentar a resiliência dos peixes aos desafios sanitários. A suplementação com aditivos imunomoduladores e prebióticos tem demonstrado potencial para melhorar a resistência dos peixes e reduzir a necessidade de antimicrobianos, tornando a produção mais eficiente. O uso de probióticos e prébióticos nas dietas de peixes promove o equilíbrio intestinal, melhora a absorção de nutrientes e a digestão, estimula o sistema imunológico aumentando a resistência a doenças (Reis et al., 2024)

Dietas enriquecidas com imunonutrientes podem modular a resposta inflamatória e melhorar a resistência dos peixes. A suplementação com

polissacarídeos bioativos tem demonstrado potencial para fortalecer o sistema imune.

A qualidade da carne da tilápia é determinada por fatores nutricionais, genéticos, ambientais e a dieta influencia diretamente a composição muscular e o teor lipídico do filé, impactando textura e estabilidade oxidativa (Visentainer, 2005). O controle rigoroso da alimentação melhora a qualidade do pescado e sua aceitação no mercado (Zhang et al., 2024).

Ainda de acordo com Zhang et al., (2024) a integridade hepática da tilápia é influenciada pela dieta, qualidade da água e fatores ambientais. O metabolismo lipídico e a atividade enzimática do fígado determinam a capacidade de resposta ao estresse oxidativo. Portanto, estratégias nutricionais focadas na modulação da microbiota intestinal podem reduzir inflamações e otimizar o metabolismo energético. A inclusão de probióticos, prebióticos e antioxidantes na dieta minimiza os danos celulares induzidos pelo estresse e traz um equilíbrio microbiano adequado que reflete na eficiência produtiva e na qualidade do pescado (Oliveira et al., 2022; Costa et al., 2024)

A quitosana é um biopolímero obtido pela desacetilação alcalina da quitina, encontrado principalmente na carapaça de crustáceos, na parede celular de fungos e em exoesqueleto de insetos (Schmitz et al., 2019). Sua estrutura química confere propriedades antimicrobianas e imunomoduladoras ganhando destaque na indústria da aquicultura como aditivo alimentar (Abu-Elala et al., 2024), revestimento para conservação do pescado (Santos, 2015) e agente para o tratamento da água (Zadinelo, 2019). Essas aplicações visam melhorar o desempenho zootécnico dos peixes e reduzir a dependência de antimicrobianos sintéticos. A pesquisa sobre a quitosana tem avançado na formulação de dietas funcionais e no aprimoramento da qualidade da produção aquícola (Santos, 2015)

Para Zadinelo (2019) a suplementação dietética com quitosana tem demonstrado efeitos positivos na conversão alimentar e na modulação da microbiota intestinal dos peixes. Estudos indicam que sua inclusão na dieta melhora a absorção de nutrientes e promove maior resistência a patógenos entéricos (Abu-Elala et al., 2024). A ação prebiótica da quitosana favorece o equilíbrio microbiano no trato digestório, resultando em melhor integridade da mucosa intestinal (Zhou et al., 2022) e sua capacidade de interação com receptores imunológicos potencializa a resposta imune inata (Chen et al., 2021). Esses efeitos contribuem para a redução da mortalidade em sistemas de cultivo intensivo. A utilização de biopolímeros pode

representar uma alternativa viável à substituição de antibióticos profiláticos na aquicultura (Bondad-Reantaso et al., 2023).

Além da aplicação como aditivo alimentar, a quitosana tem sido utilizada no revestimento de filés de pescado para prolongar sua estabilidade pós-abate pois, sua estrutura polimérica forma uma barreira que reduz a presença de bactérias e a perda de umidade durante o armazenamento (Held et al., 2024). A propriedade antimicrobiana desse biopolímero inibe o crescimento de microrganismos deteriorantes que combinado com ácido ascórbico prolonga a vida útil do pescado e tem demonstrado potencial para preservar as características sensoriais do filé (Lee et al., 2019; Ramadhan et al., 2024), fatores que contribuem para minimizar perdas econômicas associadas ao armazenamento e transporte de tilápias após processamento. A aplicação dessa tecnologia pode ser incorporada à indústria pesqueira como estratégia de conservação e segurança alimentar (Santos, 2015).

No manejo da qualidade da água, a quitosana tem sido utilizada como biopolímero floculante para remoção de material particulado em sistemas de cultivo. Sua carga catiônica permite a interação com compostos orgânicos dissolvidos, favorecendo a precipitação de sólidos suspensos (Zadinelo, 2018). Por sua vez, Rashwan et al., (2024) apontam que essa propriedade melhora a transparência da água e reduz a carga microbiana patogênica nos viveiros de tilápia. O tratamento de água com quitosana tem se mostrado eficiente na remoção de amônia e compostos nitrogenados, promovendo um ambiente mais estável para o cultivo intensivo. Estudos demonstram que a quitosana com diferentes graus de desatilação ou em formas modificadas como nano quitosana, possui elevada capacidade de adsorção de compostos orgânicos como amônia, nitrito e nitrato (Chung; Chen; Liu, 2005; Zadinelo et al., 2018; Wang et al., 2021). Essa tecnologia pode ser integrada a sistemas de recirculação para aumentar a sustentabilidade da produção aquícola, visto que reduz a carga de compostos nitrogenados (Wang et al., 2021), e a aplicação contínua da quitosana na qualidade da água otimiza não apenas a estabilidade das variáveis físico-químicas da água, mas também o bem-estar animal ao reduzir a necessidade de trocas frequentes de água. (Bernardi et al., 2017)

Os avanços no uso da quitosana na aquicultura evidenciam seu potencial multifuncional como alternativa sustentável para o setor. Estudos demonstram que esse biopolímero melhora o desempenho zootécnico, reduz a incidência de enfermidades, otimiza a qualidade dos produtos derivados da tilápia e sua ação

imunoestimulante contribui para o fortalecimento do sistema imune dos peixes, reduzindo perdas associadas a infecções bacterianas (Santos, 2015; Abu-Elala et al., 2024; Hossam-Elden et al., 2024.). A pesquisa contínua sobre os mecanismos de ação da quitosana pode ampliar suas aplicações na aquicultura, consolidando sua relevância na melhoria para uma produção sustentável.

Para Wang e Li (2011) a suplementação alimentar com quitosana tem sido estudada como uma estratégia para otimizar o crescimento e a conversão alimentar na tilapicultura. Além disso, sua ação na regulação da microbiota intestinal reduz a produção de metabólitos tóxicos, minimizando o impacto do estresse fisiológico em cultivos intensivos (Zhang et al., 2024). Esses efeitos tornam a quitosana uma alternativa promissora para a maximização do desempenho zootécnico sem comprometer a saúde dos peixes (Zhan et al., 2024).

Segundo Rashwan et al. (2024) a saúde hepática é um fator determinante na homeostase metabólica da tilápia e pode ser influenciada por compostos bioativos presentes na dieta. A quitosana tem demonstrado efeitos protetores sobre o fígado, reduzindo a incidência de esteatose hepática e otimizando a função enzimática envolvida no metabolismo energético (Rashwan et al., 2024). A suplementação com quitosana na tilapicultura emerge como uma abordagem multifuncional para a melhoria do desempenho zootécnico e da resiliência fisiológica dos peixes. A modulação da microbiota intestinal e a influência sobre a homeostase celular reforçam o potencial desse biopolímero como um aditivo nutricional estratégico (Wang; Li, 2011).

Assim sendo, a continuidade das pesquisas sobre os mecanismos de ação da quitosana permitirá o refinamento das formulações dietéticas, ampliando sua aplicação na aquicultura. O aprimoramento de estratégias nutricionais baseadas na quitosana pode contribuir para a sustentabilidade e a eficiência da produção aquícola.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos da inclusão de níveis crescentes de quitosana na alimentação de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.1 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho produtivo e composição centesimal de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados com níveis de inclusão de quitosana.

Verificar alterações histomorfométricas causadas pela inclusão de Quitosana nas dietas sobre o crescimento das fibras musculares e número de hepatócitos no fígado dos animais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por um período de 45 dias no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Toledo, PR, Brasil. Os procedimentos adotados na condução deste trabalho foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais (protocolo nº42-19 CEUAP).

3.1 Dietas experimentais

Foram formuladas quatro dietas experimentais isoproteicas, três contendo níveis crescentes de quitosana (0,5; 0,75; 1%) (Tabela 1) e uma dieta controle sem inclusão de quitosana, de acordo com a NRC (2011).

A quitosana foi obtida através de subprodutos da indústria de cultivo de camarão. Os macronutrientes foram moídos em moinho tipo martelo (Moinhos Vieira, modelo MS 280, Tatuí, SP, Brasil) em peneira 0,6 mm e em seguida em peneira de 0,3 mm de diâmetro para garantir a trituração completa dos ingredientes, posteriormente foram acrescentados os micronutrientes e a quitosana e misturados por dez minutos em misturador manual. A mistura obtida foi hidratada com vinte por cento de água e extrusada (Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, SP, Brazil) em matriz 1 mm na fábrica de ração do GEMAQ. Posteriormente, as rações foram secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 24 horas, embaladas, identificadas e armazenadas em freezer (-18°C).

3.2 Delineamento experimental

Foram utilizados 300 alevinos de tilápia-do-Nilo com peso médio de $2,59 \pm$

0,17g. Os peixes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos com cinco réplicas em 20 caixas de 80L (15 peixes por tanque) em sistema com recirculação de água, aeração e aquecimento constantes, com fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro. Os animais foram alimentados cinco vezes ao dia (8h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 17h00) até a saciedade aparente. A limpeza das caixas e do filtro foi realizado diariamente durante 45 dias e a renovação de água ocorreu todos os dias na proporção de aproximadamente 30%.

Ao final do experimento, os peixes foram submetidos a jejum de 24 horas, para garantir o esvaziamento total do trato intestinal. Em seguida os peixes foram anestesiados em eugenol 75 mg/L⁻¹ (Deriggi et al. 2006) para mensuração de peso e comprimento total. Nove peixes de cada tanque foram eutanasiados em eugenol 300 mg/L⁻¹, sendo que quatro deles foram utilizados para remoção e pesagem das vísceras (intestino, fígado e gordura) e medida do comprimento do intestino e coleta de materiais biológicos (músculo e fígado) para avaliações histológicas. Cinco peixes inteiros foram armazenados em freezer a (-20°) no laboratório de Controle de Qualidade do Grupo de Estudo em Manejo na Aquicultura - GEMAQ para análises de composição centesimal para mensuração de valores de matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo.

3.3 Análises de água

As variáveis de qualidade da água foram aferidas semanalmente para manutenção dos parâmetros normais, como temperatura (°C), pH e oxigênio dissolvido (mg. L⁻¹), utilizando sonda portátil YSI 556®.). Amônia total e nitrito foram analisados em intervalos de 3 dias, durante todo o experimento, através de kits colorimétricos (Labcon Test). Durante todo o período experimental as variáveis se mantiveram dentro dos valores recomendados para a produção de peixes de água doce (Arana, 2004), com médias de temperatura 28,6±1,06°C, oxigênio 4,6±0,23mg/L, pH 6,7±0,30, amônia total 0,3±0,08mg/L e nitrito 0,3±0,16mg/L.

3.4 Parâmetros de desempenho zootécnico

Para a avaliação do desempenho zootécnico os peixes foram pesados individualmente por meio de balança digital (0,01 g) e medidos com ictiômetro digital para determinar o comprimento total (CT) compreendido entre a

extremidade anterior da cabeça e o final da nadadeira caudal;

De acordo com NRC (2011), os seguintes parâmetros zootécnicos e hepatossomáticos foram avaliados;

CFM = Comprimento final médio (cm) (média do comprimento total dos peixes de cada unidade amostral ao final do experimento);

GP = Ganho em peso (g) (peso final médio – peso inicial médio);

GPD = Ganho em peso diário (g) (ganho de peso final/quantidade de dias experimentais)

TCE (%) = Taxa de crescimento específico (% dia⁻¹) [(ln PFM) – (ln PIM)/ Período experimental]*100] (ln =Logaritmo neperiano);

PFM = Peso final médio (g) (Biomassa final/número de peixes ao término do experimento);

CAA = conversão alimentar aparente (CR: consumo de ração / GP: ganho em peso);

IHS (%) = Índice hepatossomático: [peso do fígado (g)*100/peso final (g)];

IGV (%) = Gordura visceral : [peso da gordura visceral (g)*100/peso final (g)];

PRI (%) = Peso relativo do intestino (peso do intestino (g)/ peso do peixe (g) * 100) e

SO (%) = Sobrevivência: [(número de peixes/15) * 100] (%).

3.5 Análises de composição química corporal

As análises de composição química corporal dos peixes foram realizadas com base na matéria seca. Cinco peixes inteiros (peixe inteiro com vísceras) de cada unidade experimental foram submetidos as análises centesimais. As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos (LQA) no GEMaQ e os processos seguiram os métodos estabelecidos por AOAC (2000) e Adolfo Lutz (2004). As análises seguiram com procedimentos para obtenção de proteína, extrato etéreo e matéria mineral.

Para obtenção do material para as análises bromatológicas foi realizada a pré-secagem a 55°C por 72 horas seguida de secagem a 105°C por oito horas, as análises de proteínas foram realizadas pelo método *Kjeldhal*, o extrato etéreo por

Extrator Goldfish com éter como solvente e a matéria mineral através da calcinação das amostras a 550°C por 6 horas.

3.6 Análises histológicas (músculo e fígado)

Quatro peixes de cada unidade amostral foram utilizados para avaliações histológicas do tecido muscular e fígado. As amostras passaram por processamento histológico, fixação, desidratação em série alcoólica crescente e enviados à um laboratório especializado para a confecção das lâminas histológicas. As avaliações das lâminas histológicas foram realizadas através de fotos obtidas em microscópio óptico P1 Olympus BX 50 – Manila, Filipinas) acoplado a uma câmera (Olympus PMC 35 B- Berlim, Alemanha), foram obtidas as imagens através de software cellSens 1,15 e foram analisadas posteriormente.

As avaliações de mensuração das fibras musculares foram realizadas em convergência com Alami-Durante et al. (2010) e Almeida et al. (2010), sendo utilizados de forma aleatória nove indivíduos/lâmina por tratamento, delimitando frequências de tamanho de fibras de músculo branco em classes de diâmetros – ($<20\mu\text{m}$), ($20\text{--}40\mu\text{m}$), e ($>40\mu\text{m}$) para verificação de hiperplasia e hipertrofia muscular, as lâminas foram avaliadas em ocular microscópica de 10x totalizando 200 (fibras) medidas histomorfométricas por amostra tecidual/lâmina.

Foram realizadas análises quantitativas do fígado, realizou-se a seleção aleatória de 6 indivíduo/lâmina de cada tratamento as imagens foram através de microscopia de luz utilizando lente objetiva de 40x.

3.7 Análise Estatística

Após a tabulação dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de homogeneidade de *Levene*, e não atendendo ao pressuposto procedeu-se a análise de *Kruskal-Wallis*. Para médias homogêneas submeteu-se a *one-way* (ANOVA) com posterior teste de *Tukey* para médias com diferenças significativas e variâncias homogêneas ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico computacional *Statistic 7.1* (2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho Zootécnico

Na tabela 2 estão apresentados os valores referentes ao desempenho produtivo dos peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de quitosana, durante 45 dias de cultivo.

Os resultados de desempenho zootécnico deste estudo demonstraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) no ganho em peso diário (GPD), comprimento final médio (CFM) e taxa de crescimento específico (TCE), os tratamentos de 0,5%, 0,75% e 1,0% apresentaram valores superiores aos encontrados para o tratamento controle e não havendo diferença entre eles. O ganho em peso diário foi maior nos peixes alimentados com 0,75% e 1,0% de quitosana na dieta em comparação a dieta controle. No presente estudo os resultados de desempenho zootécnico não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos com inclusão de quitosana e a dieta controle. A inclusão de quitosana pode estar associada a melhorias na digestibilidade ou na eficiência de utilização dos nutrientes. Estudos anteriores relatam que compostos bioativos como a quitosana podem modular a microbiota intestinal e melhorar a absorção de nutrientes. Segundo Zaki et al. (2015), a quitosana possui papel fundamental na melhora da estrutura morfológica do intestino dos animais, consequentemente levando à uma melhor absorção de nutrientes e melhores resultados no desempenho zootécnico.

Estudo conduzido por Hossam-Elden et al. (2024), comparando dieta controle com dietas com inclusão de diferentes níveis de nano partículas de quitosana na alimentação de tilápias no Nilo (*Oreochromis niloticus*), concluíram que houve aumento significativo nos índices de crescimento (ganho em peso, taxa de crescimento específico e ingestão de ração) nas dietas com baixa concentração de nanopartículas de quitosana (1.0g/kg¹ de ração).

O melhor índice de conversão alimentar aparente foi observado nos peixes alimentados com a ração contendo 0,5% de quitosana, indicando uma maior eficiência no aproveitamento do alimento pelos animais, ou seja, os peixes converteram os alimentos ingeridos em biomassa de forma mais eficiente. Em estudo anterior, Abd El-Naby et al. (2018), obtiveram melhores resultados na

conversão alimentar e desempenho zootécnico de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com inclusão de nano partículas de quitosana na dieta conforme aumento do nível de inclusão do ingrediente, obtendo melhores desempenhos também na proporção de 5g/kg de ração (0,5%). Resultados semelhantes foram encontrados por Wang e Li (2011) que obtiveram melhor conversão alimentar em juvenis de tilápia alimentados com dietas contendo 5g/kg-¹ de nanopartículas de quitosana. O efeito benéfico da quitosana no crescimento de determinadas espécies de peixes está relacionado à sua capacidade de estimular a imunidade não específica, atuando como um agente imunoestimulante que reforça os mecanismos de defesa inatos (Wu et al., 2020).

A conversão alimentar dos peixes está diretamente relacionada ao ganho em peso e a capacidade dos animais em absorver os nutrientes da dieta. A melhor conversão alimentar aparente observada neste estudo, nos peixes alimentados com a ração contendo 0,5% de quitosana, reflete uma melhor utilização do alimento para ganho em peso. Essa eficiência é amplamente desejada na aquicultura pois, refletem um melhor aproveitamento da dieta com um menor custo de produção considerando que a alimentação pode representar até 70% dos custos de produção em sistemas intensivos (Fracalossi; Cyrino, 2013).

A avaliação da morfologia do trato digestório é essencial para compreender os efeitos fisiológicos promovidos por aditivos alimentares como a quitosana. Neste estudo, resultados dos índices hepatossomáticos (IHS) e peso relativo do intestino (PRI) não foram influenciados ($P>0,05$) pelos diferentes níveis de adição de quitosana nas dietas dos alevinos de tilápia (tabela 3).

O comprimento do intestino (CI) das tilápias variou de $97,35 \pm 4,36$ cm a $108,85 \pm 4,36$ cm, com o menor valor observado no grupo alimentado com 0,5% não diferindo do tratamento controle. Valor superior do comprimento do intestino (CI) foi alcançado no tratamento de 0,75% ($108,15 \pm 4,92$) de adição de quitosana evidenciando que o produto pode ter causado alterações no comprimento do órgão. Para Zadinelo (2019) a suplementação dietética com quitosana tem demonstrado efeitos na modulação da microbiota intestinal dos peixes. De acordo com Salam et al., (2021) o aumento no comprimento das vilosidades intestinais pode ampliar a área de absorção de nutrientes e melhorar a eficiência alimentar contudo, o mecanismo exato pelo qual a quitosana influencia a resposta intestinal permanece indefinido.

O coeficiente relativo do intestino (CRI) apresentou padrão semelhante ao comprimento do intestino, variando de $7,87 \pm 0,33$ a $8,64 \pm 0,46$, com os menores valores associados à dose de 0,5% de adição de quitosana e com melhores resultados no grupo alimentado com 0,75%, mas, diferindo da dieta controle.

As variáveis de ganho em comprimento total (GCT) e sobrevivência (SO), não apresentaram diferenças estatísticas significativas. A taxa de sobrevivência manteve-se elevada em todos os tratamentos (>94%), sugerindo que os níveis testados de quitosana não foram capaz de promover efeito tóxico ou danoso à saúde dos peixes analisados. O efeito atóxico e ação atenuante do sistema imune da quitosana pode ser evidenciado através de estudos como de Zhang et al., (2024) que avaliaram a resistência de tilápias do Nilo alimentadas com nanopartículas de quitosana, desafiadas a doses de Cádmio na água e concluíram que a quitosana pode mitigar os efeitos adversos do estresse gerado por cádmio impactando na saúde e sobrevivência dos juvenis de tilápia.

4.2 Composição centesimal dos peixes

As avaliações bromatológicas da dieta (Tabela 4), com diferentes níveis de inclusão de quitosana para os alevinos de tilápia alimentados durante 45 dias, não apresentou efeito ($p < 0,05$) na composição química corporal dos peixes, porém quando comparado com a dieta controle os tratamentos com adição de quitosana na dieta obtiveram um aumento gradual na proteína bruta conforme o aumento da dose do aditivo, indicando uma maior eficiência na utilização dos nutrientes da dieta.

Os resultados da composição centesimal indicam que a suplementação com quitosana não influenciou significativamente ($p > 0,05$) na composição corporal dos peixes. Constatou-se que não houve diferença significativa nos valores encontrados para a proteína bruta (PB) na carcaça dos animais. Resultados aproximados no teor de proteína foram encontrados por El-Naby et al. (2018) na utilização de nanopartículas de quitosana na alimentação de alevinos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Estudos de Zaki et al. (2015), com a espécie Robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) demonstraram que a utilização de 1-2g/kg de quitosana promoveu melhora no trato intestinal e digestório e melhorou a superfície para

absorção de nutrientes. Fatores que contribuem para a saúde e integridade dos peixes e estão diretamente relacionados ao aumento da eficiência proteica. No mesmo sentido, Wu (2020) avaliando o desempenho e a composição corporal de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), obteve aumento na deposição de proteína proporcional ao aumento da inclusão do ingrediente sendo o melhor resultado na dieta contendo 8g/kg de quitosana na ração. Os autores obtiveram os valores de 14,75% a 16,46% de proteína bruta. Por outro lado, El-Naby et al. (2019), não encontraram diferenças na matéria seca e proteína em tilápias do Nilo alimentadas com 3 e 5g quitosana por quilo de ração, contudo, os valores de lipídeo bruto aumentaram com a inclusão de 5g/kg na dieta.

Os valores de extrato etéreo (EE) no presente estudo, não apresentaram aumento significativo comparados ao conteúdo de gordura dos animais que consumiram a dieta controle, porém, os peixes alimentados com rações que receberam a dieta com quitosana sofreram uma redução gradual ao aumentar os níveis de inclusão, ficando abaixo da dieta controle nos níveis de 0,75% e 1%. O mesmo ocorreu com os peixes avaliados por Wu (2020) onde os lipídios diminuíram na proporção que o aditivo aumentou na dieta, obtendo valores de 7,13% a 5,48% de lipídeos na carcaça dos animais. Por outro lado, Fadl et al. (2019) em pesquisa com juvenis de tilápias-do-Nilo concluíram que uma dieta com adição de 5g de quitosana/kg dieta aumentou os níveis de matéria seca, proteínas e cinzas porém, em nível de 3g/kg o teor de lipídeo aumentou significativamente em comparação aos outros grupos. Esse comportamento pode ser atribuído à capacidade da quitosana em modular o metabolismo lipídico, promovendo a redução da lipogênese ou aumento da oxidação lipídica (Liu et al., 2021). O metabolismo lipídico da tilápia é diretamente influenciado pela composição da dieta, e a quitosana tem se mostrado eficaz na modulação da deposição de lipídios nos tecidos musculares e hepáticos. Estudos demonstram que sua interação com ácidos graxos no lúmen intestinal reduz a absorção de lipídios, resultando em menor acúmulo de gordura visceral e hepática (Zhang et al., 2024). Esse efeito está associado à capacidade da quitosana de formar complexos insolúveis com lipídios, inibindo sua emulsificação e absorção. Como consequência, há melhora na composição da carne, com maior teor de proteína e menor conteúdo lipídico, atributos desejáveis para o mercado consumidor. A regulação do metabolismo lipídico pela quitosana contribui para a qualidade nutricional do pescado e para a longevidade produtiva dos peixes cultivados (Zhang et al., 2024).

4.3 Morfometria das fibras musculares

A avaliação do diâmetro das fibras musculares é um dos principais indicadores da qualidade do crescimento muscular em peixes. Trata-se de um parâmetro morfométrico diretamente relacionado ao tipo de crescimento muscular, seja hiperplasia (aumento no número de fibras) ou hipertrofia (aumento no tamanho das fibras já existentes), ambas fundamentais para o desempenho zootécnico e a qualidade do filé (Alami-Durante et al., 2010).

No presente estudo, foram analisadas quatro classes de fibras musculares brancas (Tabela 5) classificadas por faixa de diâmetro ($<20\text{ }\mu\text{m}$), $20\text{-}30(\mu\text{m})$, $30\text{-}40\text{ }\mu\text{m}$ e $>40\text{ }\mu\text{m}$), evidenciando variações distintas de acordo com o tratamento. Dentre elas, apenas o diâmetro das fibras do grupo >40 apresentou diferença estatisticamente significativa com destaque para o tratamento que recebeu 1,0% de quitosana, que apresentou a maior média ($47,5\text{ }\mu\text{m}$), estatisticamente superior ao tratamento 0,75% ($39,25\text{ }\mu\text{m}$).

Segundo Righetti et al., (2011), nas fases larval e alevino a hiperplasia é mais acentuada e após essa fase o que predomina é o crescimento hipertrófico das fibras musculares. As fibras musculares de maior diâmetro, como observado no tratamento de 1,0%, são indicativas de hipertrofia muscular bem desenvolvida, geralmente associada a condições nutricionais favoráveis (Valente et al., 2013). Estudos relatam que a presença de fibras com diâmetros acima de $40\mu\text{m}$ estão relacionadas a maior eficiência alimentar, desempenho produtivo e qualidade da carne (Zamora et al., 2010). Portanto, a superioridade do tratamento 1,0% sugere que o nível de quitosana utilizado nesse grupo favoreceu o crescimento por hipertrofia.

Por outro lado, as classes de diâmetro $<20\mu\text{m}$ e de $30\text{-}40\mu\text{m}$ não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($p>0,05$). Segundo Rowleron; Vegetti (2001) fibras com diâmetros menores que $20\mu\text{m}$ estão associadas ao estado de hiperplasia e maiores de $50\mu\text{m}$ estão geralmente associadas a estágios de hipertrofia. Furuya et al., (2005) conduzindo estudo para avaliar a redução dos níveis de proteína em dietas para tilápias, encontraram fibras com diâmetros entre 20 e $40\mu\text{m}$. As fibras com menores diâmetros ($<20\mu\text{m}$), encontradas neste estudo podem indicar estímulo à hiperplasia, o que pode refletir a influência da quitosana na modulação do desenvolvimento muscular, sem efeitos deletérios.

A ação da quitosana como aditivo funcional tem sido reportada em diferentes espécies de peixes, contribuindo para melhoria da saúde intestinal, aumento da eficiência digestiva e, indiretamente, impacto positivo na deposição proteica muscular. Resultados semelhantes foram observados por Wang et al. (2013), que relataram aumento no diâmetro médio das fibras musculares em carpas comuns suplementadas com quitosana, associando o efeito a melhor absorção de nutrientes e menor estresse oxidativo.

O músculo é um importante biomarcador do estado nutricional de peixes, sendo sua morfologia influenciada pela dieta e por fatores genéticos e ambientais (Almeida et al., 2015). Assim, o fato de apenas uma classe de diâmetro (>40) ter respondido significativamente à dieta com quitosana sugere que o aditivo pode atuar principalmente na promoção da hipertrofia.

Portanto, os dados obtidos indicam que a inclusão de quitosana na dieta de tilápias pode favorecer o crescimento muscular por hipertrofia, especialmente em níveis equivalentes ao tratamento com 1% de inclusão. Tal achado é relevante, pois aponta para o potencial uso da quitosana como alternativa funcional para melhorar a qualidade de carne e o rendimento produtivo em cultivos comerciais de *O. niloticus*.

4.4 Avaliação quantitativa de Hepatócitos

A inclusão de diferentes níveis de quitosana na dieta de alevinos de tilápia não proporcionaram efeito significativo ($p>0,05$) no número de hepatócitos nas amostras de fígado dos animais (Tabela 6) apresentando médias entre 265,02 e 277,73 células por campo (40x). Porém, observa-se que houve um aumento no tecido dos animais que consumiram o ingrediente em comparação aqueles que receberam a dieta controle. Estudos anteriores indicam que hepatócitos em maior número quando bem organizados e sem sinais de degeneração são indicativos de aumento na capacidade metabólica do fígado, muitas vezes causados pela presença de aditivos funcionais na dieta. (Figueiredo-Fernandes et al., 2007).

O fígado é um órgão muito importante por ser um indicador de patologias nutricionais e metabolismo de nutrientes da dieta, diferenças ocorridas no formato, tamanho ou disposição dos hepatócitos são associados a patologias e atividade metabólica das células do órgão (Rašković et al. 2011), além de ser um indicador

do estado nutricional dos peixes (Caballero et al., 1999). O número de hepatócitos está diretamente relacionado aos processos metabólicos dos nutrientes que ocorrem no fígado (Randall et al., 2000) e o aumento do número pode estar relacionado ao desempenho do órgão na metabolização dos ingredientes da dieta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos com inclusão de quitosana na dieta não apresentaram diferenças significativas no desempenho zootécnico dos peixes bem como a composição química dos animais avaliados. Houve melhora na conversão alimentar dos animais, demonstrando que a inclusão de 0,5% de quitosana na dieta dos alevinos de tilápia se mostrou eficiente e representa um ponto de equilíbrio entre eficiência alimentar, crescimento e a composição centesimal, indicando aplicabilidade na aquicultura para a obtenção de uma carne de maior valor nutricional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-ELALA, N. M.; HOSSAM-ELDEN, N.; MARZOUK, M. S.; EL BASUINI, M. F. Chitosan for aquaculture: growth promotion, immune modulation, antimicrobial activity, bio-carrier utility, water quality management, and safety considerations. *Annals of Animal Science*, v. 25, n. 2, p. 483–509, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0079>.

AOAC. Métodos oficiais de análise, 14^a ed.; Associação de químicos analíticos oficiais: Washington, DC, EUA, 2000.

ALMEIDA, F. L. A.; PESSOTTI, N. S.; PINHAL, D.; PADOVANI, C. R.; LEITÃO, N. J.; CARVALHO, R. F.; MARTINS, C.; PORTELLA, M. C. PAI-SILVA, M. D. Quantitative expression. Of myogenic regulatory factors MyoD and myogenin in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) skeletal muscle during growth. *Micron*. v. 41, p. 997-1004, 2010.

ALAMI-DURANTE, H.; MÉDALE, F.; CLUZEAUD, M.; KAUSHIK, S. J. Skeletal muscle growth dynamics and expression of related genes in white and red muscle of rainbow trout fed diets with graded levels of a mixture of plant protein sources as substitutes for fishmeal. *Aquaculture*. v. 303, p. 50-58, 2010

ARANA, L. A. V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Editora da UFSC. Florianópolis, 2 ed. 161p. 2004.

BERNARDI, F.; ZADINELO, I. V.; ALVES, H. J.; MEURER, F.; DOS SANTOS, L. D. Chitins and chitosans for the removal of total ammonia of aquaculture effluents. *Aquaculture*, v. 482, p. 36–43, 2017.

Bondad-Reantaso, M. G., Mackinnon, B., Karunasagar, I., Fridman, S., Alday-Sanz, V., Brun, E., Le Groumellec, M., Li, A., Surachetpong, W., Karunasagar, I., Hao, B., Dall'occo, A., Urbani, R., & Caputo, A. (2023). Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*.

CABALLERO, M. J. LÓPEZ-CALERO, G.; SOCORRO, J.; ROO, F. J. IZQUIERDO, M. S.; FÉRNANDEZ, A. J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*. v. 179, p. 227-229, 1999.

CHEN, G., YIN, B., LIU, H., TAN, B., DONG, X., YANG, Q., CHI, S., ZHANG, S., 2021. Supplementing chitosan oligosaccharide positively affects hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) fed dietary fish meal replacement with cottonseed protein concentrate: effects on growth, gut microbiota, antioxidant function and immune response. *Front. Mar. Sci.* 8 (1117), 707627.

DERIGGI, G. F.; INOUE, L. A. K. A.; MORAES, G. Stress responses to handling in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus): Assessment of eugenol as an alternative anesthetic. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, n. 3, p. 269-274, 2006.

EL-NABY, F.S.; MA NAIEL, A.A. AI-SAGHEER, S.S. NEGM. Dietary CS

nanoparticles enhance the growth, production performance, and immunity in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 2019, 501, 82–89.

FADL, S. E., EL-GAMMAL, G. A., ABDO, W. S., BARAKAT, M., SAKR, O. A., NASSEF, E., EL-SHESHTAWY, H. S. (2019). Evaluation of dietary chitosan effects on growth performance, immunity, body composition and histopathology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as well as the resistance to *Streptococcus agalactiae* infection. *Aquaculture Research*. doi:10.1111/are.14458

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). The state of world fisheries and aquaculture. In *Towards Blue Transformation*; Food and Agricultural Organization (FAO): Rome, Italy, 2022; 266p.

GARCIA, F.; PILARSKI, F.; ONO, E. A.; MORAES, F. R.; MARTINS, M. L. Hematologia de tilápias-do-nilo infectadas experimentalmente por *Flavobacterium columnare*. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 1-9, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjm/a/vxPXVY3ff95Lndr8y73vDLs/?lang=enf>.

HELD, A.; BUENO, G. C. F., FERNANDESs, N. I., CHAGAS, R. A. DAS, GOES, M. D., ARAÚJO, R. P. de, VARGASS, F. M. de, OLIVEIRA, K. M. P. de, SILVA, M. I. da, & GOES, E. S. dos R. (2024). The effect of chitosan ice glazing on the quality of frozen tilapia fillets: microbiological, physicochemical, and sensory characteristics. *Food Science and Technology*, 44. <https://doi.org/10.5327/fst.00336>

LEE, J. S., JAHURUL, M. H. A., PUA, V. C., SHAPAWI, R., & CHAN, P. T. (2019). Effects of chitosan and ascorbic acid coating on the chilled tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) fillet. 1358(1), 012009.

LIU, Y.; ZHANG, Y.; ZHOU, X.; LI, X. Supplementing chitosan oligosaccharide positively affects hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) growth, intestinal health, and immune responses. *Frontiers in Marine Science*, v. 8, 2021.

RAMADHAN, W., TIFTAZANI, M. H., SUSENO, S. H., IRAWAN, A. S., ASTRIYANI, A., MAHARDIKA, V., ARMI, F. S., SILABAN, R., GH AISANI, A. D., FIRDAUS, Z., NASUTION, M. I. A., BUTLER, K. D., & OMAR, A. E. (2024). Effectiveness of Low-Deacetylation-Degree Chitosan as an Edible Coating for Apples, Tofu, and Tilapia Fillets. *BIO Web of Conferences*, 147, 01030.

RANDALL, D; BURGGREN, W; FRENCH, K. Fisiologia animal. Guanabara Koogan, 4ed. 729p. 2000.

RAŠKOVIĆ B.S., STANKOVIĆ M.B., MARKOVIĆ Z.Z. & POLEKSIĆ V.D. 2011. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. *J. Agricult. Sci.* 56(1):87-100.

REIS, A. P. A. W. dos; GODOY, A. C.; SILVA, C. A. H. da; SCARDUA, M. P.; FERREIRA, D. D.; OLIVEIRA, D. F. R. de; ZANELLA, J.; NEU, D. H. Aditivos na dieta de peixes com capacidade de modular o sistema digestivo: prebióticos probióticos e ácidos orgânicos - uma revisão. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, [S. l.]*, v. 22, n. 5, p. e4927, 2024.

RODRIGUES, A. R.; SATURNINO, K. C.; FERNANDES, C. E. Liver histology and histomorphometry in hybrid sorubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) reared on intensive fish farming. *Aquaculture Research*. v. 48, p. 5038-5093, 2017.

SCHMITZ C, AUZA LG, KOBERIDZE D, RASCHE S, FISCHER R, BORTESI L. Conversion of Chitin to Defined Chitosan Oligomers: Current Status and Future Prospects. *Mar Drugs*. 2019;17(8):452. Published 2019 Aug 1. doi:10.3390/md17080452

TESSARO, L. Energia Digestível para Reprodutores de jundiá (*Ramdia quelen*). 2011. 77 f. Trabalho de conclusão de curso (dissertação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Centro de Engenharias e Ciências Exatas). Toledo, PR, 2011.

RASHWAN, A. G. et al. Dietary Chitosan Attenuates High-Fat Diet-Induced Oxidative Stress, Apoptosis, and Inflammation in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) through Regulation of Nrf2/Kap1 and Bcl-2/Bax Pathways. *Biology*, v. 13, n. 7, p. 486, 2024.

SANTOS, F. M. da S. *Utilização de quitosana no revestimento de filés de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus)*. 2015. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12122>.

ZADINELO, I. *Avaliação de elemento filtrante à base de quitosana na aquicultura*. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4084>.

ZAKI, M. A.; SHATBY, E.; SHATBY, E. Effect of CS supplemented diet on survival, growth, feed utilization, body composition and histology of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) *World J. Eng. Technol.*, 3 (04) (2015), pp. 38-47, 10.4236/wjet.2015.34c005

ZHANG, Q. et al. Effects of Dietary Supplementation with Chitosan on the Muscle Composition, Digestion, Lipid Metabolism, and Stress Resistance of Juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Cadmium-Induced Stress. *Animals*, v. 14, n. 4, p. 541–541, 6 fev. 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38396509/>.

ZHOU, X.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; LIU, Y.; LI, X. Oral administration of hepcidin and chitosan benefits growth performance, immunity, and gut microbiota of grass carp. *Frontiers in Immunology*, v. 13, 2022.

WANG, Y; LI, J. Effects of chitosan nanoparticles on survival, growth and meat quality of tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, v. 11, n. 2, p. 1-5, 2011.

WU, S. The growth performance, body composition and nonspecific immunity of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) affected by chitosan. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 145, 682–685.

WU Y., RASHIDPOUR A., ALMAJANO M.P., METON I. Chitosan-based drug delivery system: Applications in fish biotechnology. *Polymers*. 2020;12:1177.

Tabela 1 - Composição proximal calculada (%) das dietas contendo diferentes níveis de inclusão quitosana para alevinos de tilápia-do-Nilo.

Ingredientes	Tratamentos			
	Controle	0.5%	0.75%	1%
Milho grão	29,48	28,59	28,14	27,69
F. Visceras de aves	19,81	19,88	19,98	19,95
Farelo de Soja	19,63	19,72	19,76	19,8
Farinha de Penas	8,00	8,00	8,00	8,00
Farinha de peixe (tilápia 55%)	5,00	5,00	5,00	5,00
Farinha de trigo	5,00	5,00	5,00	5,00
óleo de soja	3,01	3,26	3,38	3,50
¹ Premix peixes	0,80	0,80	0,80	0,80
Quitosana	0,00	0,50	0,75	1,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50
Farinha de Sangue	8,00	8,00	8,00	8,00
DL-Metionina	0,29	0,29	0,29	0,29
L-Lisina HCL	0,12	0,11	0,11	0,11
L-Treonina	0,11	0,11	0,10	0,10
Cloreto de Colina	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01
Antifúngico	0,10	0,10	0,10	0,10
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis Nutricionais Calculados				
ED. Tilápia kcal/kg	3,40	3,40	3,40	3,40
Proteína Bruta %	40,00	40,00	40,00	40,00
Amido %	22,30	21,73	21,45	21,17
Arginina Total %	1,90	1,89	1,89	1,89
Cálcio %	1,38	1,38	1,38	1,38
Fenil+Tir. Total %	2,47	2,47	2,47	2,47
Fósforo Total %	0,90	0,90	0,90	0,90
Gordura %	8,02	8,24	8,35	8,46
Histidina Total %	0,85	0,84	0,84	0,84
Isoleucina Total %	1,43	1,43	1,43	1,43
Leucina Total %	2,30	2,29	2,29	2,29
Lisina Total %	2,40	2,40	2,40	2,40
Met.+Cistina Total %	1,63	1,63	1,63	1,63
Metionina Total %	0,90	0,90	0,90	0,90
Sódio %	0,38	0,38	0,38	0,39
Treonina Total %	1,80	1,80	1,80	1,80
Triptofano Total %	0,43	0,43	0,43	0,43
Valina Total %	1,90	1,90	1,90	1,90

¹Níveis de garantia (mínimo): Vitamina A = 1.500.000 UI/kg; Vitamina D3 = 375.000 UI/kg; Vitamina E = 18.750 UI/kg; Vitamina K3 = 3.750 mg/kg; Tiamina = 2.500 mg/kg; Riboflavina = 2.500 mg/kg; Piridoxina = 3.125 mg/kg; Vitamina B12 = 5.000 mcg/kg; Vitamina C = 87.5 g/kg; Niacina = 12.5 mg/kg; Ácido Pantotênico = 6.250 mg/kg; Ácido fólico = 750 mg/kg; Biotina = 125 mg/kg; Inositol = 50 g/kg; Ferro = 10.00 g/kg; Ferro Quelatado = 5000 mg/kg; Cobre = 2.250 mg/kg; Cobre Quelatado = 1.125 mg/kg; Manganês = 6.250 mg/kg; Manganês Quelatado = 3.125 mg/kg; Zinco = 15 g/kg; Zinco Quelatado = 7.500 mg/kg; Cobalto Quelatado = 75 mg/kg; Iodo = 100 mg/kg; Selênio = 62.5 mg/kg e Selênio Orgânico = 31.2 mg/kg.

Tabela 2 - Valores de desempenho de Tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*), alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de quitosana, após 45 dias de cultivo.

Variáveis	Níveis de inclusão de quitosana (%)				p. valor	CV(%)
	Controle	0,5%	0,75%	1%		
PFM (g)	57,84± 3,88	63,61± 2,63	64,29±0,71	62,95±2,35	0,05	5,88
GPM (g)	55,31±3,95	60,81±2,63	61,56±0,85	60,36±2,26	0,06	6,15
GPD (g)	1,23±0,09b	1,40±0,08a	1,42±0,02a	1,40±0,05a	0,01	6,44
TCE (%)	6,96±0,26b	7,20±0,19ab	7,35±0,17ab	7,42±0,06a	0,04	3,45
CFM (cm)	14,26±0,29b	14,50±0,20ab	14,70±0,16ab	14,78±0,10a	0,03	1,85
GCT (cm)	8,66±0,34	8,84±0,03	8,93±0,22	9,13±0,06	0,16	3,57
CAA	0,972±0,07ab	0,870±0,04b	0,998±0,05a	0,964±0,03ab	0,04	7,09
SO (%)	95,99±3,2	94,66±6,4	97,33±3,2	98,66±2,13	0,76	5,15

Peso final médio (PFM), ganho em peso médio (GPM), ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), comprimento final médio (CFM), ganho de comprimento total (GCT) e conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (SO). Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=4). Valor de *p* determinado por Análise de Variância (ANOVA); Coeficiente de variação (CV)

Tabela 3 - Índices viscerossomáticos (média $\pm$ desvio padrão) de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de quitosana, após 45 dias de cultivo.

Variáveis	Níveis de inclusão de quitosana (%)				p. valor	CV(%)
	Controle	0,5%	0,75%	1%		
IHS (%)	1,36 $\pm$ 0,17	1,12 $\pm$ 0,06	1,10 $\pm$ 0,27	1,09 $\pm$ 0,09	0,18	17,8
IGV (%)	1,01 $\pm$ 0,34	1,36 $\pm$ 0,26	1,40 $\pm$ 0,14	1,16 $\pm$ 0,10	0,21	25,86
PRI (%)	3,98 $\pm$ 0,52	3,78 $\pm$ 0,60	3,97 $\pm$ 0,21	3,66 $\pm$ 0,08	0,74	13,73
CI (cm)	100,8 $\pm$ 4,36a	97,35 $\pm$ 5,06a	108,15 $\pm$ 4,92a	99,40 $\pm$ 3,72a	0,1	6,66
CRI (%)	8,34 $\pm$ 0,28a	7,87 $\pm$ 0,33a	8,64 $\pm$ 0,46a	7,98 $\pm$ 0,29a	0,08	5,94

Índice hepatossomático (IHS), índice de gordura visceral (IGV), peso relativo do intestino (PRI) comprimento do intestino (CI), coeficiente relativo do intestino (CRI). Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey. Valor de *p* determinado por Análise de Variância (ANOVA); Coeficiente de variação (CV).

Tabela 4 - Composição centesimal (média $\pm$ desvio padrão) corporal dos peixes com base na matéria seca alimentados com diferentes níveis de inclusão de quitosana, após 45 dias de cultivo.

Variáveis	Tratamentos (%)				P. Valor	CV (%)
	Controle	0.5%	0.75%	1%		
¹ PB (%)	65,94 $\pm$ 3,54	66,11 $\pm$ 1,84	66,45 $\pm$ 1,61	68,85 $\pm$ 2,57	0,49	4,96
² EE (%)	32,55 $\pm$ 0,6	32,94 $\pm$ 0,73	32,31 $\pm$ 1,12	31,7 $\pm$ 0,51	0,29	3,12
³ MM (%)	12,44 $\pm$ 0,38	12,37 $\pm$ 0,37	12,80 $\pm$ 0,32	12,25 $\pm$ 0,31	0,24	3,63

¹Proteína bruta (PB), ²extrato etéreo (EE), ³matéria mineral (MM). Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Frequência de fibras musculares em classes de diâmetros - <20, 20-30, 30-40 e >40, em alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentado com dietas com diferentes níveis de inclusão de quitosana.

Frequências	Tratamentos %				P.Valor	CV(%)
	Controle	0,5%	0,75%	1%		
<20 (µm)	2,25±2,37	2,75±2,78	1,25±3,46	1,50±2,27	0,28	99,38
20-30 (µm)	18,00±4,43	19,12±6,35	25,50±8,47	11,37±6,08	0,22	48,38
30-40 (µm)	36,87±7,21	40,12±9,56	44,00±5,70	30,62±6,61	0,18	21,8
>40 (µm)	42,87±4,74ab	36,62±7,53ab	39,25±4,97b	47,50±8,88a	0,03	28,54

Dieta controle (isenta de quitosana).

Tabela 6 - Relação do número de hepatócitos das amostras de fígado de alevinos de tilápia alimentados com diferentes níveis de inclusão de quitosana.

Variáveis	Tratamentos (%)				P. Valor	CV (%)
	Controle	0.5%	0.75%	1%		
Hepatócitos	265,01±	277,57±	271,29±	275,80±	0,14	3,21

Dieta controle (isenta de quitosana).

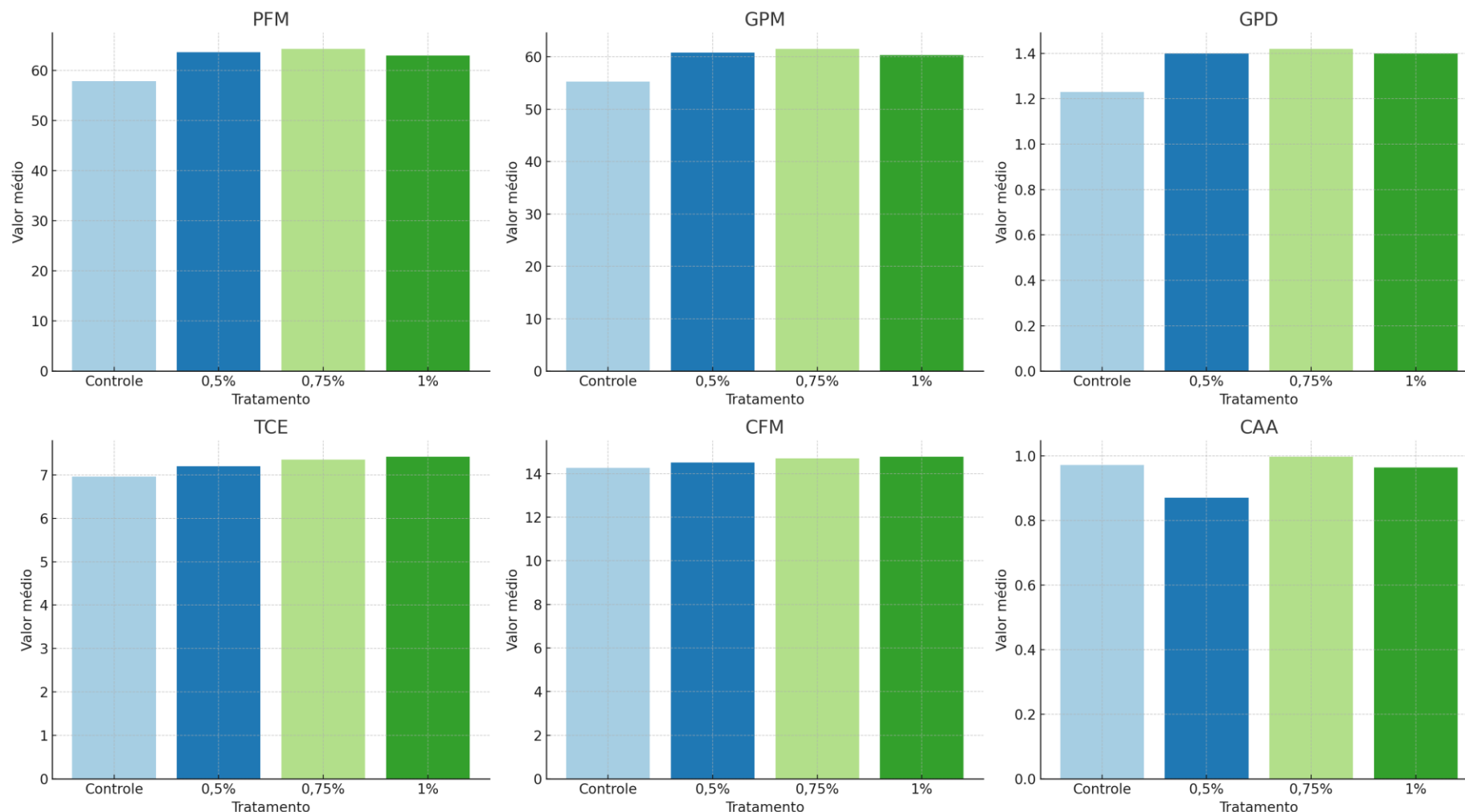


Figura 1 - Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de quitosana (0%, 0,5%, 0,75% e 1%). As variáveis avaliadas foram: peso final médio (PFM), ganho em peso médio (GPM), ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), comprimento final médio (CFM) e conversão alimentar aparente (CAA). Os valores representam médias dos tratamentos (n = 4).

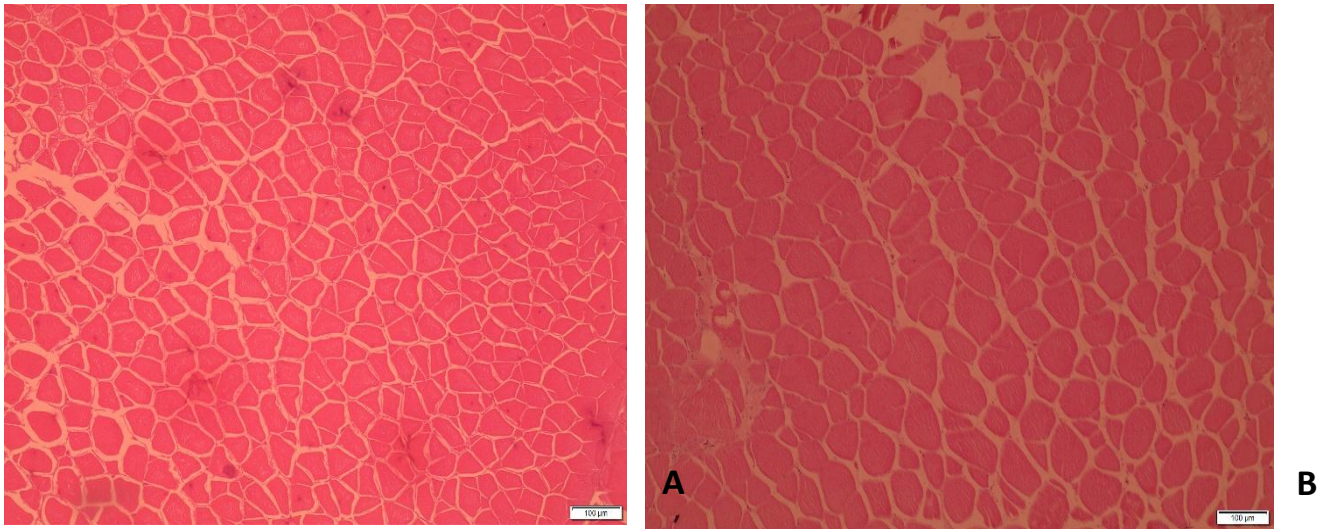


Figura 2 - Fotomicrografia de corte transversal da musculatura de *Oreochromis niloticus* coloração em HE. Aumento de 10x. Foto (A) fibras musculares tratamento controle. Foto (B) fibras musculares tratamento 1%.

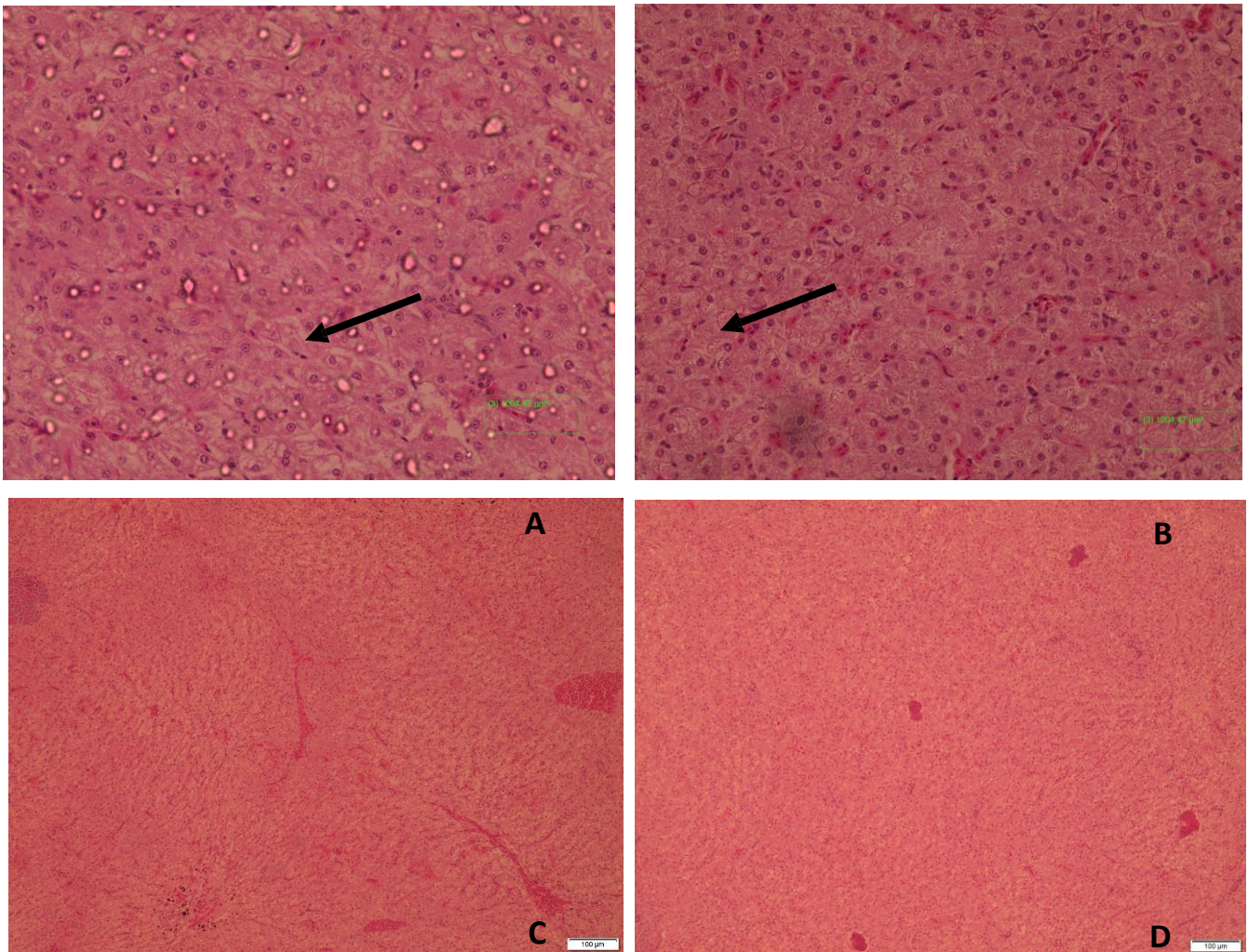


Figura 3 – A e B= Tratamento controle e 1% - Hepatócitos bem localizados e centralizados (seta preta) com núcleos bem definidos, HE aumento 400x escala 20µm. C e D =Tratamento controle e 1% - Fígado normal. Hepatócitos abundantes e coloração homogênea HE 100X escala 100µm.