

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**RESPOUSO PÓS TRANSPORTE EM DIFERENTES DENSIDADES SO-
BRE A QUALIDADE DA CARNE DATILÁPIA-DO-NILO**

VALFREDO FIGUEIRA DA SILVA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2023

RESPOUZO PÓS TRANSPORTE EM DIFERENTES DENSIDADES SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DATILÁPIA-DO-NILO

VALFREDO FIGUEIRA DA SILVA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elenice Souza dos Reis Goes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências para conclusão do curso de Engenharia de Aquicultura.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586r Silva, Valfredo Figueira Da
Repouso pós transporte em diferentes densidades sobre a qualidade da carne da
tilapia-do-Nilo [recurso eletrônico] / Valfredo Figueira Da Silva. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Elenice Souza dos Reis Goes.
TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2023.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Estresse. 2. Manejo pré-abate. 3. *Oreochromis niloticus*. 4. Repouso pós
transporte. I. Goes, Elenice Souza Dos Reis. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

RESPOUSO PÓS TRANSPORTE EM DIFERENTES DENSIDADES SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DATILÁPIA-DO-NILO

Por

Valfredo Figueira da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de ENGENHEIRO DE AQUICULTURA

Aprovado em: 25 de Agosto de 2023.



Profa. Dra. Elenice Souza dos Reis Goes
Orientador – UFGD/FCA



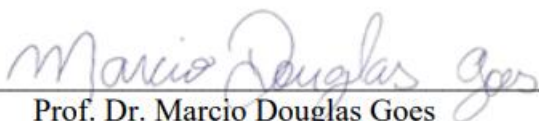
Documento assinado digitalmente

ALEXANDRE RODRIGO MENDES FERNANDES

Data: 06/09/2023 14:34:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Mendes Fernandes
Membro da Banca – UFGD/FCA



Prof. Dr. Marcio Douglas Goes
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora prof^a Dra. Elenice Souza dos Reis Goes por toda a paciência, honestidade e confiança no desenvolvimento desse trabalho. Agradeço também ao apoio do Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli da UNIOESTE e pelo apoio da equipe do LATRACC no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço também aos amigos Milton Teixeira de Moraes Junior, Fernando Pinheiro dos Santos, Marcos Filipe Ferreira de Jesus, Maria Ildilene da Silva e ao Prof. Marcio Goes, a técnica de laboratório Adriana Hirata pela ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
2.1 Panorama atual da produção de tilápias	13
2.2 Estresse em peixes	13
2.3 Manejo pré-abate e qualidade da carne em peixes	14
2.3.1 Efeitos do manejo pré-abate sobre a qualidade da carne da tilápia	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Delineamento experimental e procedimento	17
3.2 Análise do rigor mortis	18
3.3 Rendimento do filé	19
3.4 pH, cor e força de cisalhamento	19
3.5 Teor de umidade e perdas de água dos filés	20
3.6 Análise do perfil de textura	21
3.7 Análise sensorial.....	22
3.8 Análise estatística	22
4 RESULTADOS	23
5 DISCUSSÃO	28
6 CONCLUSÃO.....	31
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Avaliação do índice de <i>rigor mortis</i> em tilápia-do-Nilo.	18
FIGURA 2. Medição do pH em filés de tilápia-do-Nilo	19
FIGURA 3. Análise da perda de peso por cozimento.	20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tempo de pré-rigor mortis (TPR), rendimento do filé (RF), pH, cor e força de cisalhamento (FC) de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.....	24
TABELA 2. Teor de umidade, capacidade de retenção de água (CRA), perda de água por cozimento e <i>drip loss</i> de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.....	25
TABELA 3. Análise do perfil de Textura (TPA) de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.	26
TABELA 4. Análise sensorial de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.....	27

SILVA, Valfredo Figueira da. **Repouso pós transporte em diferentes densidades sobre a qualidade da carne de tilápia do Nilo**. 2023. 37p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O transporte de peixes do local de criação até o abate em altas densidades pode causar estresse, que afeta de forma negativa a qualidade da carne. Buscando reduzir esse impacto, o repouso pós transporte pode ser uma estratégia para buscar o retorno a homeostase inicial dos peixes. O objetivo deste estudo foi avaliar os impactos do transporte em média (250 kg/m³) e alta (500 kg/m³) densidade, combinados com diferentes tempos de repouso pós-transporte, sobre aspectos de qualidade instrumental e sensorial dos filés de tilápia-do-Nilo. Peixes (967,98 ± 13,98 g) foram transportados em duas densidades por uma hora, e após o transporte foram colocados em caixas de água e mantidos por diferentes tempos de repouso (0, 2, 4 e 6 horas). Foram realizadas análises de rendimento do filé, *rigor mortis*, pH, cor, força de cisalhamento, umidade, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, *drip loss*, análise do perfil de textura e sensorial. O maior tempo de pré-*rigor mortis* foi observado em 500 kg/m³ associado com 4 horas de repouso, em 0 e 2 horas de repouso. A densidade 250 kg/m³ associada a 4 horas de repouso proporcionou filés com maiores intensidades de vermelho e de amarelo. A maior perda de peso por cozimento foi verificada em 500 kg/m³ associada a nenhum tempo de repouso pós transporte. De forma geral, a alta densidade de transporte proporcionou filés com maior pH, menores intensidades de vermelho e amarelo, maior perda de peso por cozimento e maior *drip loss*. O repouso por 4 e 6 h proporcionou peixes com maior tempo de pré-*rigor mortis*, menor luminosidade, maior intensidade de vermelho e maior firmeza. Peixes submetidos a seis horas de repouso pós-transporte apresentaram filés com maior capacidade de retenção de água e menor *drip loss*. Os tratamentos não afetaram o rendimento, umidade, perfil de textura e atributos sensoriais dos filés. Conclui-se que a alta densidade de transporte afeta negativamente a qualidade da carne da tilápia-do-Nilo, porém tempos de descanso pós-transporte de 4 a 6 horas podem melhorar a qualidade, reduzindo a palidez, as perdas de água e aumentando a firmeza dos filés.

Palavras chaves: estresse; manejo pré-abate, *Oreochromis niloticus*, repouso pós transporte.

ABSTRACT

Transporting fish from farm to slaughter at high densities can cause stress, which negatively affects meat quality. Seeking to reduce this impact, post-transport rest can be a strategy to return to the initial homeostasis of the fish. The aim of this study was to evaluate the impacts of transport at medium and high density, combined with different post-transport rest times, on aspects of instrumental and sensory quality of Nile tilapia fillets. Fish (average weight $967,975 \pm 13,975$ kg) were transported at two densities (250 and 500 kg/m³) for one hour, and after transport they were placed in water boxes and maintained for different resting times (0, 2, 4 and 6 hours). Fillet yield, rigor mortis, pH, color, shear force, moisture, water holding capacity, weight loss from cooking, drip loss, texture and sensory profile analysis were performed. The longest pre-rigor mortis time was observed at 500 kg/m³ associated with 4 hours of rest, at 0 and 2 hours of rest. The density of 250 kg/m³ associated with 4 hours of rest provided fillets with greater intensities of red and yellow. The highest cooking weight loss was found at 500 kg/m³ associated with no post-transport rest time. In general, the high transport density provided fillets with higher pH, lower red and yellow intensities, greater weight loss by cooking and greater drip loss. Resting for 4 and 6 h provided fish with longer pre-rigor mortis time, lower luminosity, higher red intensity and greater firmness. Fish submitted to six hours of post-transportation rest showed fillets with greater water retention capacity and lower drip loss. The treatments did not affect the yield, moisture, texture profile and sensory attributes of fillets. It is concluded that the high transport density negatively affects the quality of Nile tilapia meat, however post-transport rest times of 4 to 6 hours can improve quality, reducing pallor, water loss and increasing the firmness of the fillets.

Keywords: *stress, pre- slaughter stress, Oreochromis niloticus, post transport rest.*

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial aquícola cresceu 2,7% em 2020 em comparação com 2019, alcançando 87,5 milhões de toneladas (STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE, 2022). No Brasil, a produção de peixes de cultivo alcançou 860.355 toneladas em 2022 e, deste total, a tilápia representou 63,93%, com produção de 550.060 toneladas (ANUÁRIO PEIXE BR, 2023).

Isso se deve às características zootécnicas favoráveis à criação em cativeiro como rusticidade, crescimento rápido, facilidade de reprodução (CASTRO et al., 2017), adaptação a diferentes estruturas de cultivo, escalonamento da produção e popularidade (HOOLEY et al., 2014). Além disso, fatores como ausência de espinhas em “Y”, rendimento de filé em torno de 35% e carne branca de textura firme e sabor suave tornam a tilápia-do-Nilo uma espécie própria para o processamento e com boa aceitação pelo mercado (CASTRO et al., 2017).

Durante o período de criação, os peixes passam por diversas situações de estresse, que podem estar relacionadas à alimentação, qualidade da água, reprodução e manejo (CASTRO et al., 2017). Os peixes podem perceber o estresse causado por manejos pré-abate inadequados, incluindo captura, transporte e abate (ZHANG et al., 2023), os procedimentos envolvidos no manejo pré-abate são reconhecidos como um ponto crítico para o bem-estar dos peixes, tendo efeitos importantes na qualidade da carne (FANTINI et al., 2020).

O estresse pré-abate, causado pela aglomeração e manejo, normalmente leva a uma intensa atividade muscular, que provoca queda no pH muscular (LEFEVRE et al., 2016), resultante da acumulação de ácido lático em função da ativação da glicólise anaeróbica. A acidificação do músculo faz com que os animais que lutam durante o abate entrem em *rigor mortis* muito rapidamente (GOES et al., 2015; LEFEVRE et al., 2016).

As condições estressantes podem acelerar a quebra estrutural/composicional da carne do pescado pela liberação de proteases, contribuindo para o aumento da desnaturação de proteínas, levando a um amolecimento muscular mais rápido, o que é prejudicial para o músculo do peixe (PONGESTKUL et al., 2022). Além disso, a degradação estrutural da proteína muscular pode reduzir a capacidade de retenção de água da carne, impactando em diminuição do peso da carne e perdas nutricionais, uma vez que o exsudato perdido contém quantidades significativas de proteínas sarcoplasmáticas (GOES et al., 2015).

Durante o transporte do peixe vivo para as unidades de abate e processamento, os animais são expostos a diversos estressores, como o aumento da temperatura da água, falta de

oxigênio, aumento na quantidade de compostos nitrogenados, resultando em danos à saúde do pescado e à qualidade da carne (WU et al., 2021). Pesquisas anteriores demonstraram que o estresse pré-abate causado pelo transporte pode impactar negativamente a qualidade dos filés de tilápia-do-Nilo (GOES et al., 2015; GOES et al., 2019; PONGSETKUL et al., 2022). Entretanto, o repouso pós-transporte pode proporcionar o retorno à homeostase do animal. A recuperação do estresse agudo para a maioria das espécies ocorre ao longo de um período cerca de 6 horas, e períodos de recuperação mais longos podem ocorrer conforme as condições do animal (PANKHURST, 2011). Além disso, as densidades de transporte podem impactar de forma diferente o tempo em que o animal leva para se recuperar do estresse provocado pelo transporte.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar os impactos do transporte em média e alta densidade, combinados com diferentes tempos de repouso pós-transporte, sobre aspectos de qualidade instrumental e sensorial dos filés de tilápia-do-Nilo.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Panorama atual da produção de tilápias

A aquicultura tornou-se a indústria de produção que mais cresce no mundo (KLINKHARD, 2011), com um crescimento anual de aproximadamente 8% (LUGERT et al., 2014). No ano de 2022 a produção de aquicultura manteve seu crescimento, atingindo 87,5 milhões de toneladas de animais aquáticos, sendo a maioria destinada à alimentação humana (FAO, 2022).

A aquicultura brasileira também tem acompanhado a tendência de crescimento, sendo o setor que apresentou o maior incremento percentual de produção entre 2004 e 2014, com crescimento anual médio de quase 8%, contra 5,1% para bovinos, 4,1% para frango e 2,9% para suínos (KUBITIZA & CAMPOS, 2015). Em 2022, a produção brasileira na piscicultura foi de 841.005 toneladas de peixe de cultivo (tilápia, peixes nativos e outras espécies) (PEIXE BR, 2023).

A espécie que mais vem sendo cultivada é a tilápia (*Oreochromis niloticus*) representando 63,5% da produção de peixes no Brasil (PEIXE BR, 2022). A tilápia apresenta muitas características favoráveis para piscicultura como rusticidade, facilidade na produção de larvas, crescimento acelerado em criação intensiva e hábito alimentar onívoro (VICENTE et al., 2014). Essa espécie também apresenta características desejadas pelo mercado consumidor, como ausência de espinhos em “Y” na sua musculatura, sendo o filé apropriado para a indústria (VICENTE et al., 2014).

2.2 Estresse em peixes

O estresse dos animais aquáticos ocorre devido a quaisquer distúrbios físicos e fisiológicos no ambiente ou sistema aquático, provocando alterações de fatores físicos e químicos (EISSA & WANG, 2016). Na aquicultura, manejos como despesca, manuseio, classificação, retenção e transporte são práticas rotineiras, que podem provocar estresse e afetar significativamente a fisiologia e a sobrevivência de peixes (WU et al., 2015). O estresse leva a uma gama de alterações, e a resposta ao estresse envolve mecanismos fisiológicos de centros neuroendócrinos e mediação química a uma ampla gama de ajustes metabólicos (EISSA & WANG, 2016).

O estresse pode ser definido como um estado de homeostase ameaçado por um conjunto complexo de respostas adaptativas (BARTON, 2002), o que vai levar a reações generalizadas.

A resposta ao estresse em peixes e outros organismos pode ser dividido em três categorias sequenciais: respostas primária, secundária e terciária (REID et al., 2022).

As respostas primárias incluem a liberação rápida de hormônios do estresse, como catecolaminas e cortisol na circulação sanguínea (WU et al., 2015). A resposta ao estresse é iniciada e controlada por dois sistemas hormonais, aqueles que levam a produção de corticosteroides (principalmente o cortisol) e catecolaminas (como adrenalina e noradrenalina) (WU et al., 2015). Juntos eles regulam os fatores secundários que alteram a distribuição dos recursos necessários para lidar com o estresse, como fontes de energia e oxigênio para áreas vitais do corpo, além de comprometer o equilíbrio hidromineral e o sistema imunológico (SCHRECK et al., 2016).

Como respostas terciárias, a exposição prolongada a um estressor pode levar a uma piora nos resultados da produção, conduzindo inevitavelmente a alterações que se refletem em todo o desempenho animal, perturbações no sistema reprodutivo, imunológico, crescimento e comportamento (MAGALHES et al., 2020). Assim, o estresse tem impacto negativo, pois prejudica os sistemas aquáticos, afetando a saúde dos peixes, a produtividade e a qualidade do produto final (EINA & WANG, 2016).

2.3 Manejo pré-abate e qualidade da carne em peixes

É bem aceito que os parâmetros ambientais, de criação e manejo tem um impacto significativo na fisiologia, desempenho, qualidade e bem estar dos peixes (PAPAHARISIS et al., 2019). Muitos fatores podem influenciar a resposta ao estresse, como a espécie, idade e quantidade de gordura, mas principalmente o manejo pré-abate (POZA et al, 2017).

No período pré-abate os peixes são estocados em altas densidades e as atividades associadas a despesca, aglomeração e transporte para a planta de processamento podem resultar em estresse devido ao aumento da atividade física (FANTINI et al., 2020). Esta intensa atividade muscular acontece em função dos processos de natação, luta e comportamento de fuga. Isso inevitavelmente leva ao esgotamento de uma grande quantidade de reservas de energia nos músculos, provocando mudanças significativas no metabolismo muscular post-mortem (DASKALOVA, 2019).

O principal resultado desta intensa atividade muscular é a queda no pH (LEFEVRE et al., 2016), resultante da acumulação de ácido láctico em função da ativação da glicólise anaeróbica. Além disso, quando os peixes são submetidos ao estresse, normalmente ocorre um au-

mento da glicose plasmática, cortisol, lactato e íons H^+ (PONGSETKUL et al., 2022). A acidificação do musculo devido ao nível de ácido láctico faz com que os animais que lutam no abate entrem em *rigor mortis* muito rapidamente (GOES, et al, 2015, LEFEVRE et al., 2019),

O estresse pré-abate pode levar a uma série de mudanças nos peixes, que podem reduzir o tempo de prateleira do produto (BANHARA et al., 2021). As condições estressantes podem acelerar a quebra estrutural/composicional da carne de peixes pela liberação de proteases, contribuindo para o aumento da desnaturação de proteínas, o que é prejudicial para o músculo dos peixes (PONGSETKUL et al., 2022).

Assim, os efeitos do estresse pré-abate atuam por meio de uma variedade de vias físicas autolíticas e metabólicas interativas, influenciando os parâmetros finais da qualidade da carne como textura, cor, incidência de sangue residual, capacidade de retenção de água e *gapping* (separação indesejada de miótomos musculares) em uma ampla variedade de espécies de peixes (ANDERS et al., 2020).

Entre os manejos pré-abate, o transporte do peixe vivo da fazenda para a unidade de processamento é uma conhecida causa de estresse, que leva a inúmeras alterações fisiológicas (GOES et al, 2018). Fatores externos como o tempo de transporte da fazenda para o abate, a temperatura da água durante o transporte, jejum pré-abate e o tempo de descanso do animal antes do abate influenciam nas alterações post-mortem e os parâmetros final da qualidade da carne, como textura e firmeza da carne (ALMEIDA et al, 2022).

2.3.1 Efeitos do manejo pré-abate sobre a qualidade da carne da tilápia

Após a chegada do peixe vivo a unidade de abate, é comumente realizado o processo de depuração que tem por objetivo a recuperação do estresse do transporte, diminuição da carga microbiana na superfície e no trato digestório, e retirar o excesso de um determinado composto ou contaminante indesejado do organismo do pescado (SANTOS, 2023).

O transporte pré-abate da tilápia em diferentes densidades da tilápia foi estudado por alguns autores. Nas densidades de 60, 180, 300 e 420 kg/m^3 por 4 a 5 h, Pongsetkul et al. (2022) observaram que tilápias (provenientes de viveiros escavados) transportadas em densidades mais altas (300 e 420 kg/m^3) apresentaram níveis mais elevados de cortisol, glicose e lactato, além de uma taxa mais rápida de alterações *post-mortem*, menor capacidade de retenção de água e maior perda de cozimento, além de aceitabilidade sensorial significativamente menor. Por outro lado, em outro estudo avaliando o transporte nas densidades de 100 e 400 kg/m^3 por um período de três horas, com tilápias provenientes de tanques-rede, não foi observado efeito significativo

das densidades sobre pH, cor, capacidade de retenção de água e perda de água por pressão (GOES et al., 2018).

Porém, o tempo de transporte pode impactar a qualidade da carne, conforme observado por Goes et al. (2015), pois em tilápias submetidas ao transporte por 1, 2, 3 e 4 horas observou-se que tempos menores de transporte causam peixes com níveis mais altos de cortisol e filés com menor capacidade de retenção de água, demonstrando uma tendência de assimilação do estresse em transportes mais longos. Este fato foi observado também quando comparando tempos de 60 e 180 minutos de transporte, onde os níveis de cortisol foram maiores em 60 minutos de transporte, bem como filés de tilápia com menor capacidade de retenção de água, e maior perda por cozimento (GOES et al., 2018).

A densidade de depuração também afetou a qualidade da carne, onde 300kg/m³ levou a alterações indesejadas na carne da tilápia peixes sobre esse tratamento exibiram files com uma maior maciez, alta luminosidade, maior maciez e uma menor aceitabilidade sensorial (GOES et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFGD) da Universidade Federal Da Grande Dourados, sob parecer nº 16/2022.

O experimento foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental – In-PAA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Campus Toledo, PR. Os peixes com peso médio de $967,75 \pm 13,98$ g eram provenientes do cultivo em tanques-rede, instalados em viveiros escavados.

3.1 Delineamento experimental e procedimento

O experimento foi conduzido em um esquema fatorial 2x4, sendo duas densidades (250 e 500 kg de peso vivo/ m³) em quatro tempos de depuração (0, 2, 4 e 6 horas), além de um tratamento controle (peixes retirados do tanque e imediatamente eutanasiados), totalizando assim nove tratamentos, com 10 repetições por tratamento (sendo o peixe uma unidade experimental) num total de 100 peixes amostrados. O experimento foi repetido duas vezes.

Para as amostragens do tratamento controle, os peixes foram despescados do tanque rede com auxílio de rede de puça, sendo procedida imediatamente a insensibilização por percussão craniana perfurante, seguida de sangria das brânquias, método que promove a insensibilização e morte mais rápida do animal (BARCELLOS, 2022). Após, os peixes foram colocados em água e gelo, sendo então realizado o processamento.

Os demais peixes foram submetidos ao transporte in vivo. Para tanto, após a despesca, os animais foram pesados em balança portátil e colocados em uma caixa de transporte, na densidade de 250 kg de peixe/m³ e na densidade de 500 kg de peixe/m³. Foi utilizada uma caixa de transporte apropriada para a locomoção de peixes vivos, fabricada em fibra de vidro e com capacidade para 400 litros, equipada com difusor e cilindro de oxigênio. A caixa de transporte foi abastecida com água limpa, proveniente de poço artesiano. Foram adicionados 6 mg/L de cloreto de sódio na água de transporte dos peixes, e a temperatura da água foi abaixada com gelo e mantida em $21 \pm 1^\circ\text{C}$ (KUBITZA, 2009). A temperatura e o oxigênio dissolvido durante o transporte foram monitorados com uso de um medidor portátil. A caixa de transporte, acondicionada em uma camionete, foi transportada por uma hora. Após o transporte, foram amostrados 10 peixes do tratamento 0 h, sendo que os animais restantes foram distribuídos em caixas de 500 litros na densidade padrão de 100 kg/m³. Os peixes permaneceram nessas caixas por diferentes tempos de repouso (2, 4 e 6 horas), sendo em cada tempo efetuadas a amostragem de 10 peixes.

Os animais de cada tratamento foram insensibilizados por percussão craniana perfurante em seguida de sangria das brânquias (BARCELLOS, 2022), sendo os animais colocados em água e gelo. Após parada dos batimentos operculares, os peixes foram pesados e submetidos a descamação, descabeçamento, evisceração, retirada da pele e filetagem manual. Os filés inteiros sem pele foram pesados e lavados em água clorada (2 ppm) e embalados em bandejas de isopor cobertas por sacos de polietileno, sendo então armazenados em caixas térmicas com gelo por 24 horas, até o momento das análises.

Os indicadores avaliados 24 horas após o abate foram: pH, cor, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, medidos em dez filés por tratamento. Outros filés congelados por vinte dias de armazenamento sob congelamento (-18°C), e após o descongelamento, foi determinado o *drip loss* e realizada a análise do perfil de textura (TPA), também em dez peixes por tratamento.

3.2 Análise do *rigor mortis*

Cinco peixes de cada tratamento foram analisados quanto ao tempo de permanência no pré-*rigor mortis*, avaliados desde o abate até a entrada no *rigor mortis*. As avaliações foram realizadas a cada 30 minutos, até o peixe atingir o índice de rigor de 100% (FIGURA 1).

O índice de rigor (IR) foi medido segundo Bito (1983), e calculado de acordo com a equação:

$$IR = \left(\frac{D0 - D}{D0} \right) * 100$$

Onde: D0= Valor da distância que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência, imediatamente após a morte e D= Valor da distância que separa a basa da nadadeira caudal ao ponto de referência nos intervalos de tempo selecionados.

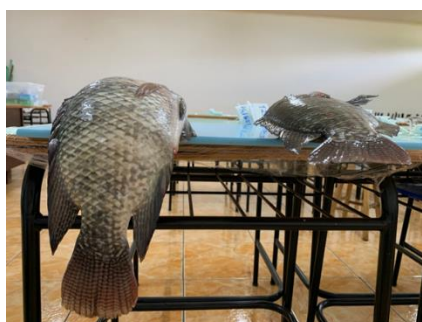


FIGURA 1. Avaliação do índice de rigor mortis em tilápia-do-Nilo.

3.3 Rendimento do filé

Com os dados dos peixes inteiros e dos files, foi determinado o rendimento do filé através da Equação 01.

$$\text{Rendimento do filé} = \frac{\text{Peso do filé}}{\text{Peso do peixe}} \times 100 \quad (1)$$

3.4 pH, cor e força de cisalhamento

O pH foi mensurado em duplicata por filé, utilizando um potenciômetro digital portátil (Testo® modelo 205), com eletrodo de inserção para carnes (FIGURA 2).



FIGURA 2. Medição do pH em filés de tilápia-do-Nilo

As medidas de luminosidade serão realizadas, na face ventral do filé tomando seis pontos diferentes de leitura por amostra. Os valores de luminosidade (L^*) serão avaliados utilizando um colorímetro, sob ângulo de 90° , a temperatura ambiente, em que L^* define a luminosidade ($L^*= 0$ preto e $L^*=100$ branco), croma a^* (componente vermelho-verde) e croma b^* (componente amarelo-azul), conforme o sistema CIELAB.

A força de cisalhamento dos filés foi medida utilizando um texturômetro Bookfield texture analyzer- CT III, equipado com célula de cisalhamento SMS (Stable Micro Systems), Warner Bratzler Blade (USDA), com espessura de 3 mm, comprimento 70 mm e ângulo de 60° . Antes da análise, os filés permaneceram à temperatura ambiente por cerca de uma hora. Os filés foram cortados em cubos (aproximadamente, comprimento x largura x altura= 1,5x1,5x1,1). A

análise foi realizada em triplicata por filé, obtendo o parâmetro de força de quebra (cisalhamento) em grama (g).

3.5 Teor de umidade e perdas de água dos filés

O teor de umidade foi determinado em seis files por tratamento, em duplicata, conforme metodologia da AOAC (2005).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada em triplicata por filé, conforme Barbut (1996). Para tanto, amostras de 0,5 g de carne foram posicionadas entre dois papéis filtros qualitativos circulares de 5,5 cm de diâmetro, espessura de 205 μm e gramatura de 80 g/m^2 , colocadas entre duas placas quadrangulares de vidro com espessura de 8 mm cada uma. Sobre este conjunto foi aplicada uma pressão uniforme, através de um peso de 10 kg por cinco minutos. Após, as amostras foram novamente pesadas e a diferença entre peso final e inicial foi expressa em porcentagem.

A mensuração da perda de água por cozimento ocorreu conforme Cason et al. (1997). Foram pesadas 70,0 g de carne, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao cozimento em banho-maria até a temperatura interna atingir 75 a 80°C, através de monitoramento com termômetro digital. Após, as amostras resfriadas até 30°C, e pesadas novamente. A diferença entre o peso inicial e final foi expressa em porcentagem, correspondendo à perda de água por cozimento (FIGURA 3).



FIGURA 3. Análise da perda de peso por cozimento.

A determinação do *drip loss* foi realizada conforme Kaele et al. (2014). Para tanto, filés congelados individualmente em sacos plásticos foram descongelados a 4 °C por aproximadamente 24 horas, e o líquido remanescente no saco plástico foi pesado. O cálculo do *drip loss* foi baseado no peso inicial após o descongelamento.



FIGURA 4- Files descongelando para análise de drip loss

3.6 Análise do perfil de textura

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada em triplicata por filé utilizando cubos de tamanho padronizado (1,5cm x 1,5cm x 1,5cm) conforme Rodrigues et al. (2017). Foi utilizado um texturômetro TA-XT plus, Stable Micro Systems Ltd (Surrey, Inglaterra), equipado com uma célula de carga de 50 kg e sonda cilíndrica de 36 mm (P/ 36). A TPA foi realizada com dois ciclos de compressão de 60% com intervalo de 5 segundos entre as compressões. As velocidades pré-teste, teste e pós-teste foram 1, 1 e 5 mm/s respectivamente. Os parâmetros de dureza, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência foram calculados usando o pacote de software Exponente, versão 6.1.9.1 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra).

3.7 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com 80 provadores não treinados, recrutados entre acadêmicos, servidores, ou visitantes da UFGD. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UFGD (CEP/UFGD), sob Parecer nº 6.119.837.

Foram escolhidos cinco tratamentos para compor a análise sensorial: controle, 250 kg/m³ + 0 h, 250 kg/m³ + 6 h, 500 kg/m³ + 0 h e 500 kg/m³ + 6 h. Os filés foram mantidos congelados (-18°C) por 45 dias, até a realização da análise sensorial. Antes da análise, os filés foram descongelados em refrigerador ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) por 24 horas.

Filés isentos de aparas da filetagem foram cortados em cubos (± 3 g), acondicionados em papel alumínio e grelhados em grill elétrico, até a temperatura interna da carne atingir 76 °C. Foi oferecido um cubo de filé de cada tratamento por provador, sendo que as diferentes amostras foram identificadas com três números aleatórios, utilizando material descartável, isento de odor estranho. Juntamente a ficha de análise sensorial foi ofertado um copo contendo água e uma bolacha água e sal, os provadores foram orientados a comer um pedaço de bolacha e tomar água antes de avaliar cada amostra, incluindo a primeira amostra.

Foram realizadas oito sessões, cada uma com dez consumidores diferentes. Cada provador avaliou cinco amostras codificadas com um código aleatório de três dígitos por sessão, correspondente aos diferentes tratamentos. As amostras foram servidas de forma randomizada para evitar efeitos de ordem e transposição (MACIFE et al, 1989).

Foi solicitado dos consumidores a provar e avaliar cada amostra sobre a aceitabilidade de quatro atributos (Cor, textura, suculência e aceitabilidade geral) usando uma escala de 9 pontos, variando de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente). Não foi incluindo a escala média, como descrito por Font i Furnoln et al. (2008).

Os consumidores foram convidados a comer biscoito água e sal e enxaguar a boca com água antes de avaliar cada amostra, incluindo a primeira amostra.

3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análise de variância utilizando-se o procedimento Factorial Anova do software STATISTICA 7.1® (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA), a nível de 5% de significância. Em caso de diferenças significativas ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de Tukey para verificar a diferença entre as médias. Todos os dados foram expressos como média $\pm$ erro padrão da média

4 RESULTADOS

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) da interação entre as densidades de transporte e os tempos de repouso para o tempo de pré-rigor mortis, a intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e a perda de peso por cozimento dos filés (TABELAS 1 e 2). O maior tempo de pré-rigor mortis foi observado na densidade 500 kg/m^3 associada com 4 horas de repouso, enquanto os menores tempos foram verificados nesta mesma densidade, nos tempos 0 e 2 horas de repouso. Na coloração dos filés, a densidade de 250 kg/m^3 associada a quatro horas de repouso proporcionou filés com maiores intensidades de vermelho e de amarelo. A maior perda de peso por cozimento foi verificada na densidade de 500 kg/m^3 associada a nenhum tempo de repouso pós transporte.

Avaliando a densidade de transporte de forma individual, pode-se observar que a maior densidade (500 kg/m^3) proporcionou filés com maior pH, menores médias para intensidade de vermelho (a^*) e amarelo (b^*), maior perda de peso por cozimento e maior *drip loss* ($P < 0,05$) (TABELAS 1 e 2).

Quando avaliados os tempos de repouso pós-transporte separadamente, pode-se observar que os tempos de 4 e 6 h de repouso proporcionaram peixes com maior tempo de pré-rigor mortis, menor luminosidade, maior intensidade de vermelho e maior força de cisalhamento. O pH foi menor em peixes que não passaram por repouso pós-transporte, e maior em 4 h de repouso. Peixes submetidos a seis horas de repouso pós-transporte apresentaram filés com maior capacidade de retenção de água e menor *drip loss* ($P < 0,05$) (TABELAS 1 e 2).

Os tratamentos experimentais não afetaram ($P > 0,05$) o rendimento nem a umidade dos filés, bem como não houve efeito sobre o perfil de textura (TABELA 3) e atributos sensoriais (TABELA 4).

TABELA 1. Tempo de pré-rigor mortis (TPR), rendimento do filé (RF), pH, cor e força de cisalhamento (FC) de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.

Densidade de transporte	Tempo de repouso pós-trans- porte	TPR (min)	RF (%)	pH	L*	a*	b*	FC (g)
250	0	312±22 ab	35,53±0,33	6,40±0,04	43,38±0,43	0,12±0,27 b	-4,38±0,20 b	4621,00±198,39
250	2	312±21 ab	35,70±0,63	6,54±0,04	43,47±0,40	0,24±0,17 b	-3,92±0,15 ab	4990,40±288,41
250	4	300±30 ab	35,89±0,46	6,64±0,08	43,51±0,57	1,14±0,26 a	-3,18±0,31 a	5660,00±246,18
250	6	351±28 ab	34,96±0,38	6,57±0,04	42,06±0,35	0,62±0,15 ab	-4,04±0,18 ab	5638,50±286,70
500	0	261±25 b	36,85±0,72	6,63±0,05	43,29±0,66	0,53±0,12 ab	-4,13±0,25 ab	4838,80±201,01
500	2	246±35 b	36,52±0,37	6,70±0,06	42,75±0,37	-0,16±0,21 b	-4,43±0,24 b	4811,50±219,04
500	4	393±30 a	36,02±0,96	6,71±0,05	42,48±0,43	0,03±0,18 b	-4,37±0,28 b	5159,40±226,83
500	6	357±24 ab	35,48±0,60	6,66±0,04	41,74±0,22	0,10±0,11 b	-4,56±0,17 b	5257,10±282,31
Controle		360±46	33,15±0,42	6,48±0,04	43,09±0,24	0,52±0,16	-4,56±0,18	5530,90±279,90
250		319±12	35,52±0,23	6,54±0,03 b	43,11±0,23	0,53±0,12 a	-3,88±0,13 a	5227,44±142,51
500		314±17	36,22±0,34	6,68±0,02 a	42,56±0,23	0,13±0,09 b	-4,37±0,12 b	5016,73±116,79
0H		287±17 b	36,19±0,41	6,51±0,04 b	43,34±0,38 a	0,32±0,15 ab	-4,25±0,16	4729,90±139,70 b
2H		279±21 b	36,11±0,37	6,62±0,04 ab	43,11±0,28 a	0,04±0,14 b	-4,18±0,15	4900,91±177,44 b
4H		347±23 ab	35,95±0,52	6,67±0,05 a	42,99±0,37 ab	0,59±0,20 a	-3,78±0,25	5409,71±172,73 a
6H		354±18 a	35,22±0,35	6,62±0,03 ab	41,90±0,20 b	0,36±0,11 ab	-4,30±0,13	5447,82±200,64 a
Efeitos								
Densidade*tempo		0,023	0,785	<0,001	0,728	0,002	0,026	0,488
Densidade		0,819	0,100	0,021	0,090	0,004	0,003	0,230
Tempo		0,011	0,343	0,385	0,010	0,049	0,100	0,008

Dados expressos em média± erro padrão. Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 2. Teor de umidade, capacidade de retenção de água (CRA), perda de água por cozimento e *drip loss* de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.

Densidade de transporte	Tempo de re-pouso pós-transporte	Umidade (%)	Capacidade de Retenção De água (%)	Perda de peso por Cozimento (%)	Drip loss (%)
250	0	75.3±0.411	60,77±1,90	13,87±0,94 b	3,90±0,15
250	2	75.9±0.551	60,92±1,02	14,81±0,77 b	4,02±0,21
250	4	76.2±0.562	60,33±1,08	17,90±2,09 ab	3,78±0,17
250	6	75.5±0.199	63,53±1,44	13,96±0,64 b	3,04±0,34
500	0	75.7±0.464	57,71±1,18	20,05±0,87 a	4,14±0,05
500	2	76.2±0.455	59,55±1,32	16,68±1,26 ab	5,05±0,50
500	4	75.6±0.233	61,40±0,79	16,33±0,54 ab	3,65±0,10
500	6	75.7±0.472	63,56±0,95	15,90±0,51 ab	4,06±0,60
Controle		75.2±0.377	61,02±1,09	14,26±0,88	3,89±0,59
Densidade de transporte					
250		75,70±0,22	60,98±0,74	15,14±0,66 b	3,68±0,15 b
500		75,80±0,20	60,56±0,62	17,24±0,49 a	4,22±0,22 a
Tempo de repouso pós-transporte					
0H		75.50±0,30	59,24±1,15 b	16,96±0,94	4,02±0,08 a
2H		76.01±0,34	60,24±0,82 b	15,75±0,75	4,53±0,33 a
4H		75.92±0,30	60,06±0,78 ab	17,12±1,06	3,72±0,09 ab
6H		75.63±0,25	63,55±0,84 a	14,93±0,46	3,55±0,38 b
Efeitos					
Densidade*tempo		0,664	0,150	0,007	0,230
Densidade		0,844	0,636	0,007	0,032
Tempo		0,568	0,006	0,139	0,030

Dados expressos em média± erro padrão. Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

TABELA 3. Análise do perfil de Textura (TPA) de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.

Densidade de transporte	Tempo de repouso pós-transporte	Dureza	Fraturabilidade	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade	Resiliencia
250	0	7,85±1,70	622,89±234,21	0,37±0,01	0,25±0,01	110,57±51,02	0,71±0,15	0,067±0,004
250	2	10,07±1,60	757,77±205,45	0,39±0,01	0,25±0,01	167,27±44,76	0,97±0,16	0,072±0,004
250	4	13,82±2,40	823,37±219,72	0,39±0,01	0,24±0,01	201,94±40,32	1,28±0,21	0,071±0,004
250	6	8,69±2,05	626,12±254,38	0,37±0,01	0,26±0,01	143,85±69,67	0,82±0,18	0,072±0,006
500	0	8,15±1,18	944,19±320,83	0,40±0,02	0,27±0,01	204,54±81,41	0,80±0,09	0,077±0,006
500	2	12,01±2,12	648,36±143,62	0,40±0,02	0,27±0,01	198,90±66,29	1,12±0,13	0,079±0,005
500	4	10,00±1,85	686,69±182,42	0,42±0,01	0,27±0,01	192,38±64,12	1,09±0,23	0,078±0,004
500	6	17,38±4,14	662,42±292,45	0,37±0,02	0,26±0,02	199,52±57,39	1,59±0,45	0,077±0,010
Controle		9,22±1,70	342,54±190,80	0,34±0,01	0,25±0,01	131,11±47,93	0,71±0,08	0,069±0,006
Densidade de transporte								
250		9,95±1,01	702,50±108,74	0,38±0,01	0,25±0,01	153,91±25,95	0,93±0,09	0,071±0,002
500		11,88±1,40	735,41±117,52	0,40±0,01	0,27±0,01	198,84±31,66	1,15±0,14	0,078±0,003
Tempo de repouso pós-transporte								
0H		8,00±0,99	783,54±195,46	0,38±0,01	0,26±0,01	157,55±47,94	0,76±0,09	0,072±0,004
2H		11,04±1,30	703,06±120,64	0,39±0,01	0,26±0,01	183,09±38,43	1,05±0,10	0,076±0,003
4H		11,74±1,53	748,82±135,34	0,41±0,01	0,25±0,01	196,73±37,67	1,17±0,15	0,075±0,003
6H		13,03±2,56	644,27±184,86	0,37±0,01	0,26±0,01	171,68±43,84	1,21±0,26	0,074±0,006
Efeitos								
Densidade*tempo		0,070	0,764	0,759	0,815	0,866	0,203	0,976
Densidade		0,279	0,870	0,079	0,082	0,331	0,202	0,091
Tempo		0,161	0,940	0,092	0,829	0,932	0,185	0,943

Dados expressos em média± erro padrão.

TABELA 4. Análise sensorial de filés de tilápia-do-Nilo submetidas ao transporte em diferentes densidades, associado a diferentes tempos de repouso pós-transporte.

Densidade de transporte	Tempo de re-pouso	Cor ¹	Sabor ¹	Suculência ¹	Textura ¹	Aceitabilidade geral ¹	IA (%) ²
250	0	6,70±0,19	7,05±0,18	7,09±0,18	7,13±0,18	7,13±0,16	77,97±1,59
250	6	6,84±0,20	6,86±0,21	6,70±0,20	7,01±0,20	6,95±0,19	76,36±1,87
500	0	6,75±0,20	6,64±0,21	6,78±0,20	7,09±0,19	6,90±0,17	75,89±1,81
500	6	6,99±0,19	7,01±0,22	7,13±0,19	7,39±0,19	7,14±0,20	79,22±1,91
Controle		6,85±0,20	6,31±0,22	6,79±0,18	7,11±0,16	6,74±0,19	75,12±1,71
Densidade							
250		6,77±0,14	6,96±0,14	6,89±0,13	7,07±0,14	7,04±0,12	77,17±1,23
500		6,87±0,14	6,83±0,15	6,95±0,14	7,24±0,13	7,02±0,13	77,56±1,32
Tempo							
0h		6,73±0,14	6,84±0,14	6,93±0,13	7,11±0,13	7,01±0,12	76,93±1,20
6h		6,91±0,14	6,94±0,15	6,91±0,14	7,20±0,14	7,04±0,14	77,79±1,34
Efeitos							
Densidade*Tempo		0,800	0,170	0,059	0,280	0,256	0,171
Densidade		0,612	0,522	0,772	0,377	0,918	0,829
Tempo		0,342	0,647	0,923	0,623	0,863	0,633

Dados expressos em média± erro padrão. ¹Escala hedônica entre 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente). ²Índice de aceitabilidade.

5 DISCUSSÃO

A maior duração do período de pré-*rigor mortis* é essencial no processamento de pescados. Quando o estresse e a atividade muscular antes do abate são minimizados, o processamento do peixe (filetagem, embalagem, etc), podem ser realizados antes do início do *rigor mortis*, o que aumenta o rendimento e reduz danos a carne do peixe (DASKALOVA, 2019). Ademais, a filetagem durante o processo de pré-*rigor* deixa posteriormente, os filés livres para se contraírem durante o processo de *rigor mortis*, evitando assim o aumento de tensão que pode induzir a quebra no mioseptos (BUENO, 2021)

A alta densidade de transporte (500 kg/m^3), aliada aos tempos 0 e 2 horas de repouso pós transporte acelerou o processo de *rigor mortis* nas tilápias-do-Nilo. Isto demonstra que estes tratamentos ocasionaram em consumo mais rápido das reservas energéticas dos animais. De fato, o estresse pré-abate exaure as reservas de glicogênio do músculo e do fígado, acelerando ainda mais o estabelecimento do *rigor mortis* (MENDES et al, 2015). Este alto consumo de glicogênio devido ao estresse e a simultânea retirada do ácido láctico pelo sistema circulatório do animal vivo o deixariam sem reservas de glicogênio (FANTINI et al., 2020). Nesses casos, após a morte, o *rigor mortis* continua sem a produção de ácido láctico (pH permanece alto), resultando em pré-*rigor* rápido e rigor total sem diminuir o pH, denominado rigor mortis alcalino (CONTRERAS-GUZMAN, 1994). Isto é comprovado pelo maior pH muscular observado na densidade 500 kg/m^3 , com impactos negativos na qualidade da carne, representados por alterações na coloração e maiores perda por cozimento e de exsudato (*drip loss*).

Apesar disso, é o menor pH muscular que normalmente está associado a animais que sofreram estresse agudo no pré-abate. Isso porque, quando em situação de estresse, a atividade muscular intensa para fugir da situação de estresse passa a consumir glicogênio na ausência de oxigênio, aumentando a degradação da glicose através da via glicolítica anaeróbica. Esta via gera íons H^+ , devido a um desequilíbrio entre a produção e a degradação de ATP, tendo como produto final o ácido láctico, que diminui o pH da carne (LERFALL et al., 2015).

De fato, quando avaliamos somente os tempos de repouso, pode-se observar menor pH muscular nos menores tempos de repouso (0 e 2 horas), e o maior pH final foi observado em 4 horas de repouso pós transporte. Interessante observar que maiores tempos de repouso pós-transporte (4 e 6 horas) proporcionaram filés com maior qualidade (representados pela menor luminosidade, maior firmeza, maior capacidade de retenção de água e menor *drip loss*).

Assim, é curioso perceber o comportamento do pH muscular neste estudo, pois os dois extremos foram observados (pH elevado em função do *rigor mortis* alcalino, e pH diminuído em função do estresse agudo), ambos com impactos negativos na qualidade dos filés.

A diminuição abrupta do pH muscular geralmente causa a desnaturação das proteínas miofibrilares, danos a textura e diminuição da qualidade da carne (ALMEIDA et al, 2022). Na tilápia-do-Nilo, o declínio do pH pós-morte pode afetar negativamente a textura dos filés, afetando a solubilidade das proteínas, aumentando a proteólise e a taxa de desnaturação (GOES et al, 2019). Durante as práticas de manejo pré-abate e abate estressantes, a queda do pH muscular ocorre de maneira intensa e acelerada, e isto pode levar à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (BUENO, 2021)

A desnaturação proteica tem impactos nas perdas de água da carne, uma vez que, com a desnaturação, há uma diminuição na capacidade de retenção de água do músculo, o que faz aumentar as perdas de exsudato durante o armazenamento e cozimento. A perda de peso por cozimento é um parâmetro que afeta negativamente a qualidade da carne, pois pode alterar significativamente sua cor, textura, além de influenciar no seu valor nutritivo, pois no exsudato eliminado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais (BUENO, 2021).

Além disso, a saída da água dos estoques intracelulares provoca aumento da interação proteína-proteína e ocorre a birrefringência do pigmento heme a alterações químicas, modificando a capacidade da carne absorver os raios de luz incidentes (GARCIA et al., 2017), causando uma redução da percepção do vermelho e consequente palidez da carne. A alta luminosidade é indicadora de estresse agudo no pré-abate não só em peixes (GOES et al., 2019), como também em aves (CARVALHO et al., 2017) e suínos (TREVISAN & BRUM, 2020). Neste estudo, os maiores tempos de repouso pós-transporte ocasionaram em filés com menor luminosidade, demonstrando que de 4 a 6 horas de repouso pós-transporte são eficazes para uma recuperação do estresse provocado pela despesca e transporte.

Esta afirmação é confirmada por outros parâmetros de qualidade da carne: maior firmeza (representada pela maior força de cisalhamento), maior capacidade de retenção de água (CRA) e menor *drip loss* em animais submetidos aos maiores tempos de repouso. As propriedades de retenção de água, incluindo *drip loss* e CRA, são parâmetros importantes na determinação da qualidade do peixe, pois afetam as propriedades funcionais dos músculos, como suculência e textura (CHAN et al., 2022). Pesquisas com consumidores indicaram que, para carnes bovinas e suínas, há uma preferência por maior maciez como fator decisivo para compra, enquanto a qualidade preferida para o peixe é uma textura firme, com uma boa CRA (LISTRAT et al., 2016). A maior CRA reflete diretamente na menor perda de exsudato (*drip loss*), sendo

desejáveis à indústria por proporcionar maior peso líquido e aparência mais aceitável pelos consumidores (CHAN et al., 2022).

Em consonância com os resultados deste estudo, para o surubim (*Pseudoplatystoma* spp), o descanso de 4 a 8 horas antes do abate foi eficaz para restabelecer a homeostase após o transporte, proporcionando filés com maior qualidade e maior duração do período pré-rigor mortis (FANTINI et al., 2020).

Na tilápia-do-Nilo, o estresse causado por altas densidades de transporte ocasionou uma taxa mais rápida de alterações *post-mortem*, menor capacidade de retenção de água e maior perda de cozimento (PONGESTKUL et al., 2022). No presente trabalho, a perda por cozimento e o *drip loss* também foram maiores na densidade mais elevada.

Outros estudos abordando o manejo pré-abate da tilápia-do-Nilo apontaram os efeitos do estresse sobre a qualidade dos filés, com aspectos negativos de qualidade sendo percebidos pelos consumidores em análise sensorial (GOES et al., 2018; 2019; PONGESTKUL et al., 2022; SANTOS, 2023). Porém, a análise dos atributos sensoriais dos filés de tilápia-do-Nilo após o descongelamento não resultou em alterações significativas entre os tratamentos avaliados. Da mesma forma, não foram observadas diferenças entre os tratamentos no perfil de textura dos filés. Como a técnica instrumental de análise de perfil de textura (TPA) pretende imitar as duas primeiras mordidas da mastigação (NISHINARI et al., 2019), a ausência de diferenças nessas análises pode estar relacionada.

6 CONCLUSÃO

A alta densidade de transporte (500 kg/m^3) é prejudicial para a qualidade dos filés, porém o repouso pós-transporte de 4 a 6 horas é eficaz para diminuir a palidez, as perdas de água e aumentar a firmeza dos filés.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. P. O.; FUCHI, R. H. B.; DERVAL, A. A.; MARQUES, L. L. M.; CARDOSO, F. A. R. Study na antemortem stress and seasonal influence to mitigte the incidence of dis-aggregated fillets in fish slaughtering industrie. **Jornal of food processing and preservation**. v 46 , n. 1, p. e16943. 2022

ANDERS, N.; EIDE, I.; LERFALL, J.; ROTH, B.; BREEN, M. . Physiological and flesh quality consequences of pre-mortem crowding stress in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). **PloS one**, v.15, n.2 , p. e0228454. 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023**. São Paulo: Peixe Br, p. 65, 2023.

ASSOCIATIONS OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. ed. 2005.

BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, n.3, p. 455-457, 1996.

BARCELLOS, L. J. G. **Manual de abate humanitário de peixes**. 1ª ed, Brasília: Ministerio da Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA, 2022, 55 p.

BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and comparative biology**, v. 42, n.3, p. 517-525, 2002.

CARVALHO, R. H.; IDA, E. I.; MADRUGA, M. S.; MARTÍNEZ, S. L.; SHIMOKOMAKI, M.; ESTÉVEZ, M. Underlying connections between the redox system imbalance, protein oxidation and impaired quality traits in pale, soft and exudative (PSE) poultry meat. **Food Chemistry**, v. 215, p. 129-137, 2017.

CASTRO, P. L. D.; LEWANDOWSKI, V.; SOUZA, M. L. R. D.; CORADINI, M. F.; ALEXANDRE, A. A. D. C.; SARY, C.; RIBEIRO, R. P. Effect of different periods of pre-slaughter stress on the quality of the Nile tilapia meat. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 52-58. 2016.

CASON, J. A.; LYON, C. E.; PAPA, C. M. Effect of muscle opposition during rigor on development of broiler breast meat tenderness. **Poultry Science**, v.76, n. 5, p. 785-787. 1997

CHAN, S. S.; ROTH, B.; JESSEN, F.; JAKOBSEN, A. N.; LERFALL, J. Water holding properties of Atlantic salmon. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 1, p. 477-498, 2022.

CONTRERAS-GUZMÁN E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

DASKALOVA, A. Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. **International aquatic research**, v.11, n. 2, p. 113-124. 2019.

DAWIT MOGES, F.; HAMDI, H.; AL-BARTY, A.; ZAID, A. A.; SUNDARAY, M.; PARASHAR, S. K. S.; DAS, B. Effects of selenium nanoparticle on the growth performance and nutritional quality in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **PloS one**, v. 17, n. 6, p. e0268348, 2022.

EISSA, N., & WANG, H. P. Transcriptional stress responses to environmental and husbandry stressors in aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v. 8, n. 1, p. 61-88, 2016.

FANTINI, L. E.; RODRIGUES, R. A.; HONORATO, C. A.; GOES, E. S.R.; FERRAZ, A. L.J.; LARA, J. A. F.; CAMPOS, C. M. Resting time before slaughter restores homeostasis, increases rigor mortis time and fillet quality of surubim *Pseudoplatystoma* spp. **Plos one**, v. 15, n. 5, p. e0233636, 2020.

FONT I FURNOLS, M.; GISPERT, M.; GUERRERO, L.; VELARDE, A.; TIBAU, J.; SOLER, J. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. **Meat Science**, v. 80, p.1013–1018, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2022- Towards blue transformation**, 2023, Disponivel em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en> . Acesso em 30/05/2023

GARCIA, R. G.; ROYER, A. F.; NAAS, I. A.; BORILLE, R.; SANTANA, M.; CALDEIRA, F. R. Boiler pre-slaughter water diet with grass lemongrass (*Cymbopogon citratus stapl*). **Brazilian journal of poultry science**. v 19, p. 725-731, 2017.

GOES, E. S. R.; LARA, JORGE A. F.; GASPARINO, E.; GOES, M. D.; FILHO, L A; RIBEIRO, R. P. Pre-slaughter stress affects ryanodine receptor protein gene expression. And the water holding capacity in fillets of the Nile tilapia. **PloSONE**, v. 10, n. 6, p. e0129145, 2015.

GOES, E. S. R.; LARA, J. A. F.; GASPARINO, E.; GOES, M. D.; ZUANAZZI, J. S. G.; LOPERA-BARRERO, N. M.; RODRIGUES, M. P. R.; CASTRO, P. L.; RIBEIRO, R. P. Effects of Transportation stress on quality and sensory profiles of nile tilapia fillets. **Scientia agrícola**. v 75, n. 4, p. 321-328, 2018.

GOES, E. S. R.; GOES, M. D.; CASTRO, P. L.; LARA, J. A. F.; VITAL, A. C. P.; RIBEIRO, R. P. Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subject to pre-slaughter stress. **PlosONE**. v. 14, n. 1, p. e0210742, 2019.

HOOLEY, C. G.; BARROWS, F. T.; PATERSON, JOHN; S.; WENDY M. Examination of the effects of dietary protein and lipid levels on growth and stress tolerance of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of world aquaculture Society**, v. 45, n. 2, p. 115-126, 2014.

KUBITZA, F., & CAMPOS, J. Aquicultura no Brasil. Conquistas e Desafios. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.150, p. 11-13, 2015.

KAALE, L. D.; EIKEVIK, T. M.; RUSTAD, T.; NORDTVEDT, T. S. Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during superchilled storage. **LWT. Food Science and technology**, v. 55, n. 2, p. 528-535. 2014.

LEFEVRE, F.; COS, I.; POTTINGER, T. G.; BUGEON, J. Selection for stress responsiveness and slaughter stress affect flesh quality in pan-size rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 464, n 1, p. 654-664. 2016.

LERFALL, J.; ROTH, B.; SKARE, E. F.; HERRIKSEN, A.; BETTEN, T.; DZIATKOWIAK-STEFANIAK, M. A.; ROTABAKK, B. T. Pre-mortem and the subsequent effect on flesh quality of pre-rigor filleted Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during ice storage. **Food chemistry**. v 175, n 15, p. 157-165, 2015.

LUGERT, V.; THALLER, G.; TETENS, J.; SCHULZ, C.; KRIETER, J. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. **Reviews in Aquaculture**, v. 8, n. 1, p. 30-42.2016

LIU, S.; FAN, W.; ZHONG, S.; MA, C.; LI, P.; ZHOU, K.; ZHU, M. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0 °C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n. 5, p. 692-701, 2010.

LISTRAT, A.; LEBRET, B.; LOUVEAU, I.; ASTRUC, T.; BONNET, M.; LEFAUCHEUR, L.; PICARD, B.; BUGEON, J. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. **The Scientific World Journal**, v. 2016, p. 3182746, 2016.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, p.129–148, 1989.

MENDES, J M; INOVE, L A K A; JESUS, R S. Influencia do estresse causado pelo transporte e metodo de abate sobre o *rigor mortis* do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista brasileira de tecnologia de alimentos**, v. 18, n 2, p 162-169, 2015.

NISHINARI, K.; FANG, Y.; ROSENTHAL, A. Human oral processing and texture profile analysis parameters: Bridging the gap between the sensory evaluation and the instrumental measurements. **Journal of Texture Studies**, v. 50, n. 5, p. 369-380, 2019.

PANKHURST, N. W. The endocrinology of stress in fish: An environmental perspective. **General and Comparative Endocrinology**, v.170, n.2, p.265–275, 2011.

PONGSETKUL, J.; BENJAKUL, S.; TAKEUNGWONGTRAKUL, S.; SAI-UT, S. Impact of stocking density during live transportation on meat quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and their changes during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 5, p. e16523. 2022.

PAPAHARISIS, L.; TSIRONI, T.; DIMITROGLOU, A.; TAOUKIS, P.; PAVLIDIS, M. Stress assessment, quality indicators and shelf life of three aquaculture important marine fish, in relation to harvest practices, water temperature and slaughter method. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 9, p. 2608-2620. 2019.

MAGALHÃES, C. R.; SCHRAMA, D.; FARINHA, A. P.; REVETS, D.; KUEHN, A.; PLANCHON, S.; CERQUEIRA, M. Protein changes as robust signatures of fish chronic stress: a proteomics approach to fish welfare research. **BMC genomics**, v. 21, n. 1, p. 1-16, 2020.

REID, C. H.; PATRICK, P. H.; RYTWINSKI, T.; TAYLOR, J. J.; WILLMORE, W. G.; REESOR, B.; COOKE, S. J. An updated review of cold shock and cold stress in fish. **Journal of Fish Biology**. v. 100, n. 5, p. 1102-1137, 2022.

SANTOS, S. P. **Densidade de estocagem no descanso pré-abate afetam o esforço respiratório e muscular e qualidade do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromus niloticus*)**, 2023. 44p. Dissertação (Mestrado em zootecnia), Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Dourados, 2023.

SCHRECK, C. B., & TORT, L. The concept of stress in fish. In *Fish physiology*. **Academic Press**. v. 35, p 1-34, 2016.

TREVISAN, L.; BRUM, J. S. Incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork meat in reason of extrinsic stress factors. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, p. e20190086, 2020.

VICENTE, I. S.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p.392-398, 2014.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, p. 100611, 2021.

WU, Y; YOU, X; SUN, W.; XIONG, G.; SHI, L.; QIAO, Y.; WU, W.; LI, X.; WANG, J.; DING, A; WANG, L. Insight into acute heat stress on meat qualities of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during short time Transportation. **Aquaculture**. v.543, p. 737013, 2021.

WU, H.; FUJII, Y.; NAKANO, T.; ARIMOTO, T.; MURATA, M.; MATSUMOTO, H.; ENDO, H. Development of a novel enhanced biosensor system for real-time monitoring of fish stress using a self-assembled monolayer. **Sensors**, v.19, n. 7, p 15-18. 2019.

ZHANG, L.; LI, Q.; SØRENSEN, J. S.; LUO, Y.; LAMETSCH, R. Protein phosphorylation profile of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in response to pre-slaughter pumping stress and post-mortem time. **Food Chemistry**, v.402, p.134234. 2023.