

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**ADENSAMENTO E MÉTODOS DE ABATE SOBRE A QUALI-
DADE E PERFIL SENSORIAL DE FILÉS DE TILÁPIA DO
NILO**

NATHALIA AZOLA DOS SANTOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

ADENSAMENTO E MÉTODOS DE ABATE SOBRE A QUALIDADE E PERFIL SENSORIAL DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO

NATHALIA AZOLA DOS SANTOS

Orientadora: Prof^a. Dra. 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
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237a Santos, Nathalia Azola Dos

Adensamento e métodos de abate sobre a qualidade e perfil sensorial de filés de tilápia do Nilo [recurso eletrônico] / Nathalia Azola Dos Santos. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Elenice Souza dos Reis Goes.

TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. estresse pré-abate. 2. *Oreochromis niloticus*. 3. qualidade da carne. 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.

**ADENSAMENTO E MÉTODOS DE ABATE SOBRE A QUALIDADE E PERFIL
SENSORIAL DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO**

Por

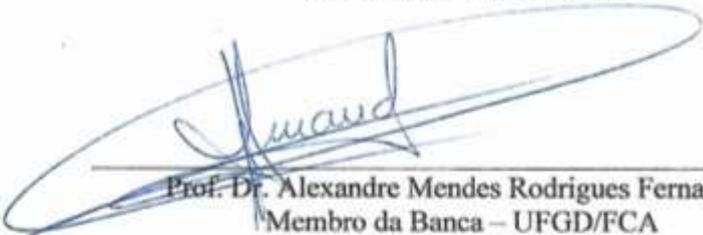
Nathalia Azola dos Santos

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

Aprovado em: 07 de novembro de 2019.



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



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



Prof. Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento
Membro da Banca – UFGD/FCA

Dedico este trabalho ao meu pai, que deixou este mundo tão cedo, mas sei que olha por mim em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me conceder a coragem e a determinação necessárias para não desistir no meio do caminho, e para finalizar todos os meus projetos.

À minha família, por acreditar na minha capacidade de fazer o possível e o impossível para realizar meus sonhos e alcançar meus objetivos, e por me ensinarem o valor do estudo.

À minha orientadora, Dra. Elenice Souza dos Reis Goes, pela paciência, honestidade e confiança depositada em mim em todas as etapas do trabalho.

A todos os amigos e colaboradores, Gabriela Bueno, Amanda Held, Natieli Inácio, Arypes Scuteri, Larissa Dorce, Jéssica Pereira, Luiz Henrique Coronel, David Geovanni de Almeida, Wesley Barbieri, prof^a. Claucia Honorato, técnica Adriana Hirata, Yasmin Casadias, Henrique Ziemniczak, Lucas Lima, prof. Alexandre Fernandes, prof. Márcio Goes, prof^a Danielle Menezes, prof^a Fabiana Cavichiolo, que ajudaram a tornar esse trabalho possível.

A todos que fizeram parte da minha caminhada pela graduação, e aos ensinamentos que me passaram, os quais me tornaram a pessoa que sou hoje.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aquicultura no Brasil e produção de tilápias.....	3
2.2. Manejo pré-abate e estresse em peixes	3
2.2 Alterações <i>post mortem</i> e qualidade da carne de peixes	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Delineamento experimental.....	9
3.2. Determinação da glicose sanguínea	9
3.3. Análise do índice de <i>rigor mortis</i>	10
3.4. Análise do pH.....	10
3.5. Análise da capacidade de retenção de água	10
3.6. Análise da perda de água por cozimento.....	10
3.7. Análise da cor.....	11
3.8. Análise de força de cisalhamento.....	11
3.9. Análise sensorial	11
3.10. Análise estatística.....	12
4. RESULTADOS	13
5. DISCUSSÃO	17
6. CONCLUSÃO	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Glicose sanguínea de tilápias-do-Nilo submetidas à depuração em diferentes densidades (50 e 300 kg/m ³) e métodos de abate (termonarcose e asfixia).....	13

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Parâmetros de qualidade de filés de tilápias-do-Nilo submetidas à depuração em diferentes densidades (50 e 300 kg/m ³) e métodos de abate (termonarcose e asfixia).....	15
TABELA 2. Perfil sensorial de filés de tilápias-do-Nilo submetidas a diferentes densidades (50 e 300 kg/m ³) e métodos de abate (termonarcose e asfixia).....	16

SANTOS, Nathalia Azola dos. **Adensamento e métodos de abate sobre a qualidade e perfil sensorial de filés de tilápia do Nilo**. 2019. 41p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o efeito da densidade pré-abate e de diferentes métodos de abate sobre os níveis de glicose sanguínea, qualidade e perfil sensorial de filés de tilápias. Conduziu-se um experimento em esquema fatorial 2 x 2, sendo duas densidades de repouso por uma hora (50 e 300kg/m³) e dois métodos de abate (termonarcose e asfixia), além de um controle (peixes retirados do viveiro e eutanasiados por secção da medula), com 15 peixes amostrados por tratamento. Realizaram-se análises da glicose sanguínea, tempo de pré-rigor mortis, pH, cor, força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e análise sensorial. A interação entre densidade e método de abate acarretou em efeito significativo somente para a glicose e PPC, sendo que o tratamento 300kg/m³+asfixia levou a maior glicose e filés com maior PPC. Avaliando o fator densidade separadamente, 50kg/m³ proporcionou filés com maiores intensidade de vermelho, FC, tempo de pré-rigor, e menor PPC. Quando o fator método de abate foi analisado isoladamente, observou-se que a asfixia levou ao desenvolvimento de filés com maior luminosidade, menor intensidade de amarelo, menor FC, menor CRA e menor tempo de pré-rigor, além de menor aceitação nos atributos suculência e aceitabilidade. De forma geral, as médias do controle foram similares às médias dos demais tratamentos, exceto para os atributos sensoriais onde o controle obteve menor aceitação sensorial, comparando com a menor densidade e abate por termonarcose. Conclui-se que a alta densidade de depuração no pré-abate provoca maior estresse, menor tempo de pré-rigor e maior PPC, e que a asfixia leva a filés com alterações prejudiciais na coloração, diminuição da CRA, da firmeza dos filés e da aceitação sensorial, além de baixo tempo de pré-rigor. A termonarcose é eficaz para melhorar os atributos sensoriais dos filés de tilápias.

Palavras-chave: estresse pré-abate; *Oreochromis niloticus*; qualidade da carne.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of pre-slaughter density and different slaughter methods on blood glucose levels, quality and sensory profile of tilapia fillets. An experiment was conducted in a 2 x 2 factorial arrangement, two resting densities for one hour (50 and 300 kg/m³) and two slaughter methods (thermonarcosis and asphyxia), as well as a control (fish removed from the pond and euthanized by dissection of the spinal cord), with 15 sampled fish per treatment. Analyzes of blood glucose, pre-rigor mortis time, pH, color, shear force (SF), water holding capacity (WHC), cooking loss (CL) and sensory analysis were performed. The interaction between density and slaughter method had significant effect only for glucose and CL, and the 300 kg/m³ + asphyxia treatment led to higher glucose and fillets with higher CL. Evaluating the density factor separately, 50 kg/m³ provided fillets with higher chroma a*, shear force (SF), pre-rigor time, and lower CL. When the slaughter method factor was analyzed in isolation, it was observed that asphyxia led to the development of luminous fillets, lower yellow intensity, lower HR, lower WHC and shorter pre-rigor time, and less acceptance in the juiciness and acceptability attributes. In general, the control means values were similar to the other treatments, except for the sensory attributes where the control had lower sensory acceptance, compared to the lower density and slaughter by thermonarcosis. It is concluded that the high pre-slaughter clearance density causes higher stress, shorter pre-rigor time and higher CL, and that asphyxia leads to fillets with detrimental changes in color, decreased WHC and fillet firmness, and low pre-rigor time. Thermonarcosis is effective in improving the sensory attributes of tilapia fillets.

Keywords: meat quality; *Oreochromis niloticus*; pre-slaughter stress.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da produção aquícola, tem-se a necessidade de buscar métodos que possam minimizar as situações de estresse aos animais, uma vez que o manejo no momento do abate tem consequências para a qualidade do produto final destinado aos consumidores (VENTURINI et al., 2018), considerando a alta perecibilidade do pescado (JESUS et al., 2015).

O processo de depuração dos peixes, comumente realizado após a chegada do peixe vivo à unidade de abate, tem o objetivo de recuperação do estresse do transporte, diminuição da carga microbiana, bem como retirar o excesso de um determinado composto ou contaminante indesejado do organismo do pescado (FONTENELE et al., 2013). O adensamento durante o período de depuração, que possui tempo variável, pode provocar estresse aos animais.

Outro fator de alto estresse para os peixes é a forma como são abatidos (VIEGAS et al., 2012). Métodos de abate como asfixia e choque térmico em água com gelo são muito comuns no Brasil, ainda que esses métodos provoquem uma morte mais lenta ao animal (PEDRAZZANI et al., 2007).

O estresse *ante-mortem* pode levar a uma situação de pânico, levando os peixes a usarem toda a sua reserva energética, o que acaba diminuindo os teores de glicose e ATP *post mortem* (VIEGAS et al., 2012). A natação vigorosa também aumenta a glicólise anaeróbica e a produção de ácido láctico, diminuindo o pH do músculo (RAHMANIFARAH et al., 2011) e levando à degradação estrutural das proteínas musculares, o que diminui a capacidade de retenção de água da carne (OLSSON et al., 2003). Além disso, o estresse pré-abate pode levar à instalação mais rápida do *rigor mortis* (VIEGAS et al., 2012), fator prejudicial para a indústria uma vez que a filetagem do peixe no estado de rigor pleno leva a uma redução no rendimento de filé, além do frescor começar a diminuir no estágio de pós-rigor (CONCOLLATO et al., 2014). Outras características indesejáveis, como olhos esbranquiçados, alterações na coloração e firmeza do músculo (maciez excessiva) podem surgir devido ao estresse provocado durante o pré-abate (VIEGAS et al., 2012).

Para recuperar o status homeostático, diversos mecanismos fisiológicos são desencadeados em resposta ao estresse, para compensar os desequilíbrios causados pelo estressor (SOUZA et al., 2019). A hiperglicemia dos peixes é uma resposta corporal ao estresse sofrido, pois os glicocorticóides, corticosteróides e catecolaminas fazem elevar o nível de açúcar do sangue (TEJPAL et al., 2009), resposta aliada também à liberação de glicogênio, o principal carboidrato de reserva do peixe (ENES et al., 2009).

Portanto, pesquisas relacionadas ao manejo pré-abate sobre parâmetros fisiológicos e

de qualidade do pescado são fundamentais para a evolução da aquicultura brasileira, possibilitando à indústria métodos mais eficientes de manejo e processamento do pescado. Assim, o estudo de manejos comumente utilizados pela indústria de processamento de tilápias, como densidades de depuração no frigorífico e os métodos de abate, são importantes para entender seus impactos sobre o processamento e a qualidade dos filés.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da densidade pré-abate e de diferentes métodos de abate (secção da medula, termonarcose e asfixia) sobre os níveis de glicose sanguíneos, características de qualidade e perfil sensorial de filés de tilápias do Nilo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aquicultura no Brasil e produção de tilápias

A aquicultura é tida na atualidade como a atividade do setor primário mais promissora a atender a deficiência de nutrição da população global, tendo em vista o crescimento de 223% do setor na última década (EMBRAPA, 2017). Em termos de tamanho e abundância de recursos hídricos, o Brasil é um país privilegiado (ROUBACH et al., 2003). Existe um grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura brasileira, visto que esta é uma prática muito vantajosa, que tem crescido de forma expressiva nos últimos anos (RANGEL et al., 2017). Em 2018, o país atingiu uma produção de 722.560 toneladas, o que representa um aumento de 4,5% em relação a 2017 (PEIXE BR, 2019). No mesmo ano, exportou 32.417 toneladas de peixes congelados, frescos e refrigerados, obtendo um faturamento de US\$ 136 milhões, onde estão incluídos peixes de cultivo e de captura (PEIXE BR, 2019).

O consumo de peixe *per capita* no Brasil, quando comparado a países europeus e norte-americanos, ainda é muito baixo, com uma média de 9,5 quilos/habitante/ano, sendo o ideal 12 quilos/habitante/ano (PEIXE BR, 2019). Entretanto, há uma tendência do aumento desse consumo, principalmente na forma de produtos industrializados ou beneficiados, como filés e empanados.

As tilápias representam o quarto grupo de peixes mais produzido no mundo (FAO, 2018), tendo como principal representante a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). No Brasil, esta é a espécie mais cultivada, com produção de 400.280 toneladas em 2018, representando 55,4% da produção total de peixes de cultivo do país (PEIXE BR, 2019).

Com o expressivo crescimento de sua produção nas últimas três décadas, a tilápia vem sendo considerada a espécie ideal para uso na aquicultura (RAGHIANTE et al., 2017), por possuir grande apelo econômico e cultural devido à sua carne branca de sabor suave, ausência de espinhas em “Y” (KUBITZA et al., 2007) e alta qualidade nutricional (IGARASHI, 2008). Além disso, sua produção é facilitada por características zootécnicas como rusticidade, tolerância a manejos intensivos, fácil adaptação a rações comerciais, entre outras, fazendo com que essa espécie tenha sido inserida em quase todas as regiões do país (EMBRAPA, 2017).

2.2. Manejo pré-abate e estresse em peixes

Nas etapas que antecedem o beneficiamento, os peixes passam por algumas práticas de manejo, que mesmo quando realizadas da maneira mais adequada, causam estresse, podendo influenciar na qualidade da matéria-prima, já que a perecibilidade e a qualidade da carne estão

diretamente ligadas à maneira como o animal foi produzido e abatido (JESUS et al., 2015). Segundo Pedrazzani et al. (2007), a densidade de lotação, o transporte e o abate são alguns dos pontos críticos na produção de peixes, podendo interferir no seu bem-estar. O adensamento é uma das etapas mais agressivas do manejo e se caracteriza pelo caráter agudo, severo e de curta duração (BRANDÃO et al., 2006). A alta densidade pode aumentar a agressividade entre os animais, o que favorece o aparecimento de ferimentos, infecções e deformações (PEDRAZZANI et al., 2007).

A depuração dos peixes é comumente realizada após a chegada do peixe vivo à unidade de abate, e tem por objetivo a recuperação do estresse do transporte, diminuição da carga microbiana na superfície e no trato digestório, retirar o excesso de um determinado composto ou contaminante indesejado do organismo do pescado (FONTENELE et al., 2013), além de combater o *off-flavor*, que ocorre com maior frequência em peixes cultivados intensivamente em viveiros, onde os altos níveis de arraçoamento, e o conseqüente acúmulo de nutrientes, favorece a intensa proliferação de algas cianofíceas e fungos actinomicetos, responsáveis pela produção de geosmina, associada ao gosto ou odor de terra ou barro, e metil-isoborneol, responsável pelo gosto ou odor de mofo em peixes de piscicultura (KUBITZA, 1999).

O processo de abate pode ser dividido em duas etapas, a primeira sendo o atordoamento, que consiste na insensibilização do animal, e a segunda a morte (VARGAS, 2011). A secção da medula é um dos métodos causadores de menor sofrimento, insensibilizando o animal mais rapidamente (PEDRAZZANI et al., 2007). Já os métodos tradicionais, como a termonarçose (choque térmico em água gelada) e a asfixia (retirada do peixe da água) não são considerados humanitários, por provocarem uma morte mais lenta (CONTE, 2004). O método mais amplamente utilizado pela indústria pesqueira no Brasil é a termonarçose, uma vez que é fácil obter os suprimentos necessários (gelo e água) e é possível atordoar grandes quantidades de peixe de uma só vez (OLIVEIRA FILHO et al., 2015).

Segundo Iwama et al. (2004), os peixes, assim como os vertebrados, respondem a um estressor através de uma resposta fisiológica generalizada ao estresse, e a magnitude ou duração da exposição a esse estressor são determinantes quanto à capacidade do animal de compensar as influências negativas do mesmo. Essa exposição pode se dar tanto na natureza quanto em condições artificiais, em laboratório ou na aquicultura (IWAMA et al., 2004).

A resposta fisiológica inicial dos peixes se dá pelo reconhecimento do estressor pelo sistema nervoso central (BARTON, 2002), podendo ser representada pelo aumento dos níveis plasmáticos de glicose no sangue (BARTON & IWAMA, 1991). A concentração de glicose sanguínea expressa o estado geral de saúde do peixe, e por isso é um dos principais indicadores

fisiológicos medidos na maioria das experiências científicas (BARTOŇKOVÁ et al., 2016). Em situação de estresse, a glicose sanguínea é aumentada a fim de fornecer energia ao organismo para enfrentar a situação desfavorável (TAKAHASHI et al., 2006). A hiperglicemia dos peixes é uma resposta corporal ao estresse sofrido, pois os glicocorticóides, corticosteróides e catecolaminas fazem elevar o nível de açúcar do sangue (TEJPAL et al., 2009), resposta aliada também à liberação de glicogênio, o principal carboidrato de reserva do peixe (ENES et al., 2009).

As alterações na glicose circulante provocadas por um agente estressor variam conforme espécie, tamanho, sexo e linhagem, e do estressor provocado, como tipo, severidade e intensidade (TAKAHASHI et al., 2006).

2.2 Alterações *post mortem* e qualidade da carne de peixes

A qualidade do pescado define-se como o conjunto de características mensuráveis que permita avaliá-lo, considerando-o próprio ou impróprio para consumo (SANTOS, 2011).

O pescado é altamente susceptível à deterioração, devido a diversos fatores como elevada atividade de água nos tecidos, altos teores de nutrientes utilizados pelos microrganismos, teor lipídico, rápida ação destrutiva das enzimas presentes nos tecidos, pH próximo da neutralidade e alta atividade metabólica da microbiota (RODRÍGUEZ-JEREZ et al., 1994). A deterioração é um fenômeno variável, determinado pela composição da carne e número relativo de bactérias presentes (TEIXEIRA & GARCIA, 2016).

A resposta ao estresse nos peixes é geralmente caracterizada pelo aumento da atividade muscular (natação, luta livre e comportamento de fuga), e isso leva, inevitavelmente, a um esgotamento de uma grande quantidade de reserva energética nos músculos, além de provocar alterações significativas no curso normal do metabolismo muscular *post mortem* (DASKALOVA, 2019).

O período *post mortem* divide-se em três fases distintas: o período de pré-rigor, que ocorre antes do estabelecimento do *rigor mortis*, é o período em que está ocorrendo o enrijecimento muscular; o rigor pleno, período em que o *rigor mortis* está realmente estabelecido; e o pós-rigor, que é quando ocorre a resolução do *rigor mortis*, caracterizado pela perda da rigidez muscular (FONTENELE et al., 2013). Dentre elas, destaca-se o *rigor mortis* como o processo físico mais importante, o qual é caracterizado pela crítica diminuição dos níveis de adenosina trifosfato (ATP) existente no músculo (VARGAS, 2011).

O estudo de *rigor mortis* geralmente relaciona-se aos efeitos das temperaturas de

estocagem, em especial para peixes de águas tropicais, entretanto, o método utilizado para sacrificar o peixe pode retardar ou acelerar o seu início, visto que o estabelecimento do *rigor mortis* é consequência direta da concentração de ATP do músculo (ALMEIDA et al., 2005). Segundo Goes et al. (2014), a dissociação das proteínas contráteis actina e miosina presentes no músculo do pescado se torna impossível na ausência de ATP, levando à formação de acto-miosina e o conseqüente enrijecimento muscular.

O estresse pré-abate pode levar à instalação mais rápida do *rigor mortis* (VIEGAS et al., 2012), fator prejudicial para a indústria uma vez que a filetagem do peixe no estado de rigor pleno leva a uma redução no rendimento de filé, além do frescor começar a diminuir no estágio de pós-rigor (CONCOLLATO et al., 2014).

As reações *post mortem* também podem promover mudanças indesejáveis nas características sensoriais como cor e textura do pescado, e ainda facilitar o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, diminuindo a vida de prateleira (VIEGAS et al., 2012).

Durante o pré-abate e o período de *rigor mortis*, diversas alterações bioquímicas acontecem no músculo do pescado. Uma delas é o abaixamento do pH da carne, que acontece pelo aumento da glicólise anaeróbica durante a natação vigorosa e a produção de ácido láctico, diminuindo o pH do músculo (RAHMANIFARAH et al., 2011). Em suínos, aves e diversas espécies de peixes, o baixo pH da carne é um indicador de estresse pré-abate (GOES et al., 2014). A diminuição do pH do músculo acaba interferindo em muitas características físicas do tecido (SANTOS, 2008), provocadas pela degradação estrutural das proteínas musculares (OLSSON et al., 2003).

Esta degradação das proteínas musculares leva ao desenvolvimento de alterações na textura da carne e na capacidade de retenção de água (GOES et al., 2015; GOES et al.; 2019). A textura dos alimentos envolve a percepção de características como suculência, dureza, elasticidade, etc. (HONORATO et al., 2014). A força de cisalhamento é utilizada para avaliar a maciez da carne, um dos mais importantes fatores na avaliação da textura, e segundo Roça (2009), uma força maior para o cisalhamento indica maior dureza da carne.

Uma combinação de estresse e atividade física mais intensa no manuseio pré-abate pode aumentar o grau de desnaturação proteica e, assim, aumentar o acesso de enzimas proteolíticas aos substratos de proteínas, levando a um rápido amolecimento muscular, o que não é benéfico para o músculo dos peixes (HULTMANN et al., 2012).

Entende-se por capacidade de retenção de água a propriedade da carne em reter água ou umidade durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento, trituração, prensagem e centrifugação (SÁ, 2004). A capacidade de retenção de água tem relação direta

com o grau de desnaturação proteica presente no pescado. O processo de conversão de músculo em carne promove uma parcial desnaturação de várias proteínas pela queda do pH e em função dos pontos isoelétricos de cada uma delas, a qual também pode influenciar a luminosidade da carne, apesar de não ser o único fator (LARA et al., 2010).

Segundo Goes et al. (2018), tilápias menos estressadas proporcionam filés com maior capacidade de retenção de água e menor perda de água por cozimento. A perda excessiva de água não é desejável nem à indústria nem ao consumidor, já que provoca perdas nas características sensoriais da carne, como a textura, a maciez, a coloração e a suculência, tornando-a pouco atrativa, além de diminuir seu rendimento e valor nutricional (ROQUE-SPECHT et al., 2009). A suculência se caracteriza pela sensação de umidade ao mastigar, e depende diretamente da quantidade de água presente no músculo, podendo ser influenciada pelas perdas dessa água durante processos de cozimento (ROÇA, 2009).

A carne de pescado pode sofrer perdas de água por diversos modos, dentre eles por meio da cocção, no qual o calor provoca na carne a desnaturação das proteínas miofibrilares (actina e miosina), sarcoplasmáticas (mioglobina e hemoglobina) e do tecido conjuntivo (colágeno e elastina) (MORAES & RODRIGUES, 2017). A quebra de interações entre essas moléculas resulta na expulsão de água, reduzindo o rendimento (MORAES & RODRIGUES, 2017).

Outro parâmetro afetado pela degradação do músculo é a coloração, que sofre alterações em função de processos autolíticos e microbiológicas (VARGAS, 2011). Os pigmentos da carne são formados principalmente por proteínas, como a hemoglobina, que é o pigmento sanguíneo, e a mioglobina, pigmento muscular que constitui 80 a 90% do total (ROÇA, 2009).

Alguns dos fatores que podem levar a essas alterações na coloração da carne de pescado são as condições de criação, em caso de animais provenientes de aquicultura (HALLIER et al., 2007), armazenamento, tipo de manuseio (VARGAS, 2011), alterações do pH do músculo, oxidação lipídica, temperatura muscular (ZUANAZZI & PEREIRA, 2016) e estresse pré-abate (GOES et al., 2019). Essas mudanças na cor, quando influenciadas pelo estresse pré-abate, são causadas pela redução de proteínas musculares solúveis na carne de peixes estressados; essas proteínas sofrem desnaturação, tornando-se insolúveis e causando uma perda de água da carne, que resultam em mudanças no reflexo da luz da superfície, provocando então mudanças na luminosidade, croma a (intensidade de vermelho) e croma b (intensidade de amarelo) (ROBB et al., 2000).

As alterações instrumentais na qualidade dos filés de peixes, advindas do manejo pré-abate, frequentemente tem acarretado em alterações sensoriais, percebidas através de análises sensoriais (GOES et al., 2018; GOES et al.; 2019). Filés de peixes que passaram por situações

estressantes antes do abate apresentaram filés com menor suculência e textura menos firme, o que pode estar relacionado à capacidade de retenção de água e perdas de água da carne (GOES et al., 2018). A alta densidade pode também gerar estresse oxidativo, que ocasiona em mudanças negativas aos parâmetros sensoriais (GOES et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Delineamento experimental

Após passar por avaliação e receber autorização do Comitê de Ética para uso de animais em experimentação, o experimento foi conduzido em um esquema fatorial 2 x 2, sendo duas densidades (50 e 300 kg de peso vivo/m³) e dois métodos de abate (termonarcose e asfixia), com um tratamento controle (peixes retirados do viveiro e imediatamente eutanasiados por secção da medula), totalizando assim cinco tratamentos, com 15 repetições por tratamento (sendo o peixe a unidade experimental) num total de 75 peixes amostrados (peso médio 762±105 g).

Inicialmente, os animais foram retirados dos viveiros escavados com auxílio de rede e puçá, e colocados em uma caixa de transporte contendo aeração constante, na densidade de 200 kg/m³. Foram adicionados 6 mg/L de cloreto de sódio na água de transporte, e a temperatura da água foi abaixada com gelo para 21°C. Os peixes foram transportados por uma hora, até chegada no Laboratório de Análise de Produtos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados.

No laboratório, os peixes foram acondicionados em caixas de polietileno com capacidade para 500 litros, abastecidas com sistema de aeração artificial, sendo utilizada uma caixa por densidade (50 e 300 kg de peso vivo/m³). Os peixes permaneceram nestas densidades por uma hora de repouso e, após, foram amostrados 30 peixes por densidade, sendo que 15 peixes foram destinados para o abate por termonarcose em água e gelo (1:1) e 15 peixes foram destinados para o abate por asfixia.

Após o abate, dez peixes por tratamento foram submetidos à abertura ventral da cavidade abdominal, desde o orifício urogenital até os ossos da mandíbula, seguido de retirada cuidadosa das vísceras, para evitar a contaminação dos músculos com o material fecal. Os peixes foram decapitados, com posterior retirada da pele e filetagem manual. Os filés inteiros sem pele foram lavados em água clorada, embalados e acondicionados sob refrigeração (±5°C) até o momento das análises.

3.2. Determinação da glicose sanguínea

De seis peixes por tratamento, foi realizada a coleta de 0,5 mL de sangue por punção caudal, com o auxílio de seringas descartáveis. A concentração de glicose foi determinada com auxílio de medidor eletrônico de glicose sanguínea (Accu-Chek Advantage II / Roche), onde

10 µl de sangue total foram colocados em fitas de leitura do aparelho que, por meio de uma análise eletroquímica da amostra, apresenta a concentração de glicose em ug/dl.

3.3. Análise do índice de *rigor mortis*

Cinco peixes inteiros por tratamento foram analisados quanto ao tempo de pré-*rigor mortis*, avaliados desde o abate até a entrada no *rigor mortis*, com o objetivo de determinar o tempo em que os animais permaneceram no período de pré-*rigor mortis*. As avaliações foram realizadas de 20 em 20 minutos, até o peixe atingir o índice rigor de 100%. O índice de rigor (IR) foi medido segundo Bito (1983), e calculado de acordo com a equação:

$$IR = [(D_o - D)/D_o] \times 100$$

Onde: D_o = 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 base da nadadeira caudal ao ponto de referência nos intervalos de tempos selecionados.

3.4. Análise do pH

O pH foi mensurado em triplicata por filé, em dez peixes por tratamento, 24 horas *post-mortem*, utilizando um phmetro digital portátil (Testo® modelo 205), com eletrodo de inserção para carnes.

3.5. Análise da capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi realizada conforme Barbut (1996), em triplicata, em dez peixes de cada tratamento, 24 horas *post-mortem*. Para tanto, amostras de 0,5 g de carne foram posicionadas entre dois papéis filtros qualitativo circulares de 5,5 cm de diâmetro, espessura de 205 µm e gramatura de 80 g/m², 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.

3.6. Análise da perda de água por cozimento

A mensuração da perda de água por cozimento foi realizada 24 horas *post-mortem*, 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 foram 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.

3.7. Análise da cor

As medidas de cor foram realizadas 24 horas *post-mortem*, na face ventral do filé tomando seis pontos diferentes de leitura por amostra, em dez peixes por tratamento. Os valores de luminosidade (L^*) foram avaliados utilizando um colorímetro (Minolta® modelo CR-400), sob um ângulo de 90°, a temperatura ambiente, obtendo os valores de L^* que define a luminosidade ($L^*= 0$ preto e $L^*=100$ branco), croma a^* (componente vermelho-verde) e croma b^* (componente amarelo-azul).

3.8. Análise de força de cisalhamento

A análise da maciez dos filés foi procedida 24 horas *post-mortem*, através da medida da resistência ao corte (força de cisalhamento). Para tanto, foi utilizado um texturômetro Stable Micro Systems Texture Analyzer (modelo TA-XT Plus), equipado com célula de cisalhamento SMS (Stable Micro Systems), Guillotine Blade (USDA), com espessura de 3 mm, comprimento 70 mm e ângulo de 90°. Antes da análise, as amostras de carne crua permaneceram à temperatura ambiente por cerca de uma hora. Os filés foram cortados em cubos medindo aproximadamente 20x25x20 mm e estes cortados transversalmente à direção das fibras musculares. A análise foi realizada em triplicatas por filé, em dez peixes por tratamento, obtendo o parâmetro de força de quebra (cisalhamento) em kgF .

3.9. Análise sensorial

A análise sensorial dos filés foi conduzida com 100 provadores não treinados, 72 horas após o abate dos peixes. Os filés foram mantidos sob refrigeração ($\pm 5^\circ\text{C}$) durante este período.

Os 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 com a ficha de análise sensorial, foram oferecidos um copo

contendo água e uma bolacha água e sal, e os julgadores foram orientados a comer um pedaço de bolacha e tomar água antes de avaliar cada amostra, incluindo a primeira amostra.

Foram realizadas dez sessões, cada uma com dez consumidores diferentes. Cada consumidor avaliou cinco amostras codificadas com um código aleatório de três dígitos por sessão, correspondente aos diferentes tratamentos. As amostras foram servidas em um delineamento randomizado para evitar efeitos de ordem e transposição (MACFIE et al., 1989). Os consumidores foram solicitados 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 incluído a escala média, tal como descrito por Font i Furnols 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.

3.10. 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), avaliando-se os efeitos de densidade, método de abate e a interação entre os fatores a nível de 5% de significância. Em caso de diferenças significativas ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de Tukey para verificar diferenças entre médias. Todos os dados foram expressos como média \pm erro padrão da média.

4. RESULTADOS

Para a glicose sanguínea (Figura 1), foi observado efeito significativo ($P < 0,01$) para a interação entre os fatores densidade e método de abate, onde o tratamento 300 kg/m^3 + asfixia levou a uma maior glicose sanguínea em relação aos demais. Todas as médias foram superiores ($P < 0,05$) ao controle (abate por secção da medula). Quando o fator método de abate foi analisado isoladamente, houve efeito significativo para a glicose sanguínea ($P < 0,05$), onde o abate por termonarcese levou a uma menor média de glicose ($156,01 \pm 11,35 \text{ ug/dl}$) em relação ao abate por asfixia ($229,89 \pm 17,84 \text{ ug/dl}$). Para a densidade analisada de forma isolada, não houve efeito ($P > 0,05$) para a glicose sanguínea.

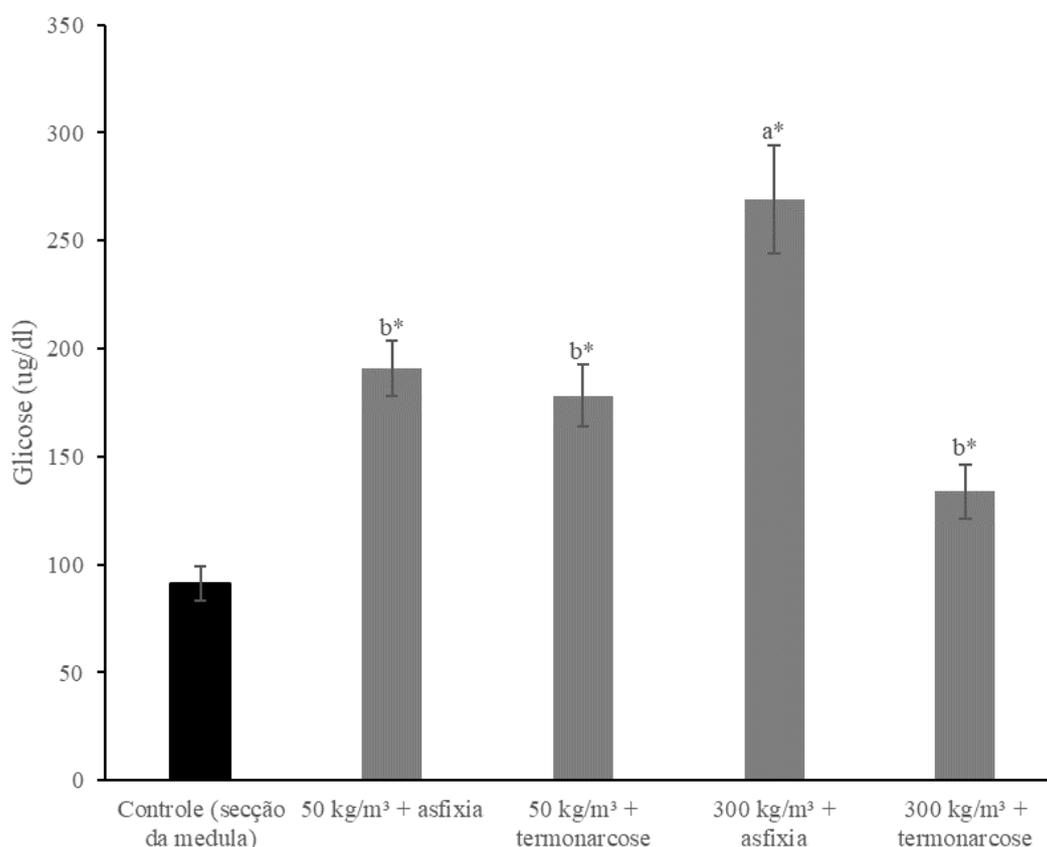


Figura 1. Glicose sanguínea de tilápias-do-Nilo submetidas à depuração em diferentes densidades (50 e 300 kg/m^3) e métodos de abate (termonarcese e asfixia). Letras distintas indicam diferença significativa ($P < 0,01$) pelo teste de Tukey. *Médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$); Barras verticais indicam o erro padrão da média.

Para os parâmetros de qualidade dos filés (Tabela 1), a interação entre densidade e método de abate acarretou em efeito significativo ($P < 0,05$) somente para a perda de

peso por cozimento (PPC), sendo que o tratamento 300 kg/m³+asfixia levou ao desenvolvimento de filés com maior PPC em relação aos demais tratamentos.

Avaliando o fator densidade separadamente, foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) para a intensidade de vermelho (a^*), força de cisalhamento, tempo de pré-rigor *mortis* e PPC, onde a densidade de 50 kg/m³ proporcionou filés com maior intensidade de vermelho, maior força de cisalhamento, maior tempo de pré-rigor, e menor PPC, em relação aos filés de peixes submetidos à densidade de 300 kg/m³.

Quando o fator método de abate foi analisado isoladamente, observaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) para a luminosidade (L^*), intensidade de amarelo (b^*), força de cisalhamento, capacidade de retenção de água (CRA) e tempo de pré-rigor *mortis*. O abate por asfixia levou ao desenvolvimento de filés com maior luminosidade, menor intensidade de amarelo, menor força de cisalhamento, menor CRA e menor tempo de pré-rigor *mortis*, quando comparados ao abate por termonarcose.

Comparando as médias do esquema fatorial com o tratamento controle (abate por secção da medula), as médias obtidas para pH, luminosidade e CRA nos filés do controle não diferiram ($P > 0,05$) das demais. Para a intensidade de vermelho, somente os tratamentos 50 kg/m³+asfixia e 50 kg/m³+termonarcose apresentaram médias diferentes ($P < 0,05$) do controle. Para intensidade de amarelo, somente o tratamento 50 kg/m³+termonarcose apresentou média diferente ($P < 0,05$) do controle. Na força de cisalhamento, somente a média do tratamento 300 kg/m³ + asfixia foi diferente ($P < 0,05$) da média do controle. Para a PPC, somente a média do tratamento 50 kg/m³+asfixia foi inferior ($P < 0,05$) à do controle; e para o tempo de pré-rigor *mortis*, somente as médias dos tratamentos 50 kg/m³ + asfixia e 300 kg/m³ + asfixia foram diferentes ($P < 0,05$) da média do controle.

Ao comparar as médias dos atributos de qualidade dos filés somente nas duas densidades (50 e 300 kg/m³) com as médias do tratamento controle, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$). Comparando as médias do método de abate (asfixia e termonarcose) isoladamente, pode-se observar que somente a asfixia acarretou em menor CRA e menor tempo de pré-rigor *mortis*, em relação ao controle ($P < 0,05$).

Tabela 1. Tempo de pré-rigor mortis e parâmetros de qualidade de filés de tilápias-do-Nilo submetidas à depuração em diferentes densidades (50 e 300 kg/m³) e métodos de abate (termonar cose e asfixia).

Densidade (kg/m ³)	Método de abate	Pré-rigor mortis (min)	pH	L*	a*	b*	Força de cisalhamento (kgF)	CRA (%)	PPC (%)
50	Asfixia	190±20*	6,87±0,04	39,79±0,40	-0,02±0,10*	-2,61±0,21	3,38±0,32	54,17±0,35	4,48±0,20 b*
	Termonar cose	325±25	6,68±0,04	36,92±0,63	0,25±0,18*	-1,70±0,29*	3,93±0,22	56,02±0,67	5,65±0,39 b
300	Asfixia	54±11*	6,86±0,05	39,86±0,41	-0,27±0,10	-2,54±0,23	2,64±0,32*	54,38±0,51	7,19±0,45 a
	Termonar cose	289±56	6,86±0,06	37,83±0,39	-0,18±0,11	-2,41±0,17	3,52±0,29	56,43±0,51	5,52±0,24 b
Controle		438±55	6,77±0,04	38,39±0,57	-0,52±0,10	-2,66±0,15	4,32±0,20	56,13±0,72	6,79±0,39
Densidade (kg/m ³)									
50		250±28 a	6,77±0,04	38,35±0,49	0,11±0,11 a	-2,15±0,20	3,66±0,20 a	55,10±0,47	5,01±0,27 b
300		184±51 b	6,86±0,04	38,90±0,37	-0,23±0,07 b	-2,48±0,14	3,06±0,23 b	55,41±0,48	6,35±0,37 a
Método de abate									
Asfixia		129±27 b*	6,86±0,03	39,83±0,28 a	-0,15±0,07	-2,58±0,15 a	3,01±0,24 b	54,28±0,29 b*	5,71±0,48
Termonar cose		305±32 a	6,76±0,04	37,35±0,38 b	0,05±0,12	-2,03±0,19 b	3,73±0,18 a	56,23±0,40 a	5,58±0,22
Valores de P									
Efeito densidade x método de abate		0,1812	0,052	0,381	0,490	0,104	0,5790	0,8537	0,0004
Efeito densidade		0,0298	0,077	0,303	0,013	0,175	0,0434	0,5597	0,0009
Efeito método de abate		0,0001	0,054	0,000	0,160	0,031	0,0193	0,0018	0,4518

L*: luminosidade (L*= 0 preto e L*=100 branco), croma a* (componente vermelho-verde) e croma b* (componente amarelo-azul). CRA: Capacidade de retenção de água. PPC: Perda de peso por cozimento. Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *Médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet (P<0,05); Dados expressos em média ± erro padrão.

Para os atributos sensoriais analisados, a interação entre os fatores densidade e método de abate não foi significativa ($P>0,05$) (Tabela 2). Entretanto, avaliando o método de abate isoladamente, foram observados valores diferentes para os atributos de suculência ($P<0,01$) e aceitabilidade geral ($P<0,05$), sendo que o abate por termonarcose proporcionou filés com maiores escores nestes atributos. Comparando as médias do esquema fatorial com o tratamento controle, observou-se que os filés de peixes submetidos à densidade de 50 Kg/m^3 com abate por termonarcose apresentaram médias superiores para textura, suculência e aceitabilidade geral.

Ao comparar as médias dos atributos sensoriais somente nas duas densidades (50 e 300 kg/m^3) com as médias do tratamento controle, pode-se observar que para a densidade de 50 kg/m^3 , a qualidade da textura, suculência e aceitabilidade geral foram superiores ($P<0,05$) às médias do controle. Comparando as médias dos métodos de abate (asfixia e termonarcose) com as médias do tratamento controle, observou-se que a termonarcose levou ao desenvolvimento de filés com melhores escores para os atributos qualidade da textura, suculência e aceitabilidade geral, em relação ao controle ($P<0,05$).

Tabela 2. Perfil sensorial de filés de tilápias-do-Nilo submetidas a diferentes densidades (50 e 300 kg/m^3) e métodos de abate (termonarcose e asfixia).

Densidade (kg/m^3)	Método de abate	Qualidade da cor	Qualidade da textura	Qualidade da suculência	Aceitabilidade geral
50	Asfixia	6,88±0,18	7,15±0,18	6,96±0,19	6,93±0,18
	Termonarcose	6,75±0,18	7,48±0,14*	7,46±0,14*	7,27±0,13*
300	Asfixia	6,66±0,18	6,98±0,20	6,67±0,20	6,67±0,19
	Termonarcose	6,99±0,19	7,19±0,20	7,37±0,19*	7,19±0,19
Controle		6,82±0,19	6,80±0,19	6,62±0,20	6,61±0,20
Densidade (kg/m^3)					
50		6,82±0,13	7,32±0,11*	7,21±0,12*	7,10±0,11*
300		6,81±0,13	7,08±0,14	7,00±0,14	6,92±0,14
Método de abate					
Asfixia		6,77±0,13	7,07±0,13	6,81±0,14 b	6,80±0,13 a
Termonarcose		6,86±0,13	7,34±0,12*	7,42±0,12 a*	7,23±0,11 b*
Valores de P					
Efeito densidade x método de abate		0,2068	0,7356	0,5805	0,6032
Efeito densidade		0,9663	0,1980	0,2856	0,3260
Método de abate		0,5803	0,1326	0,0010	0,0143

Escala hedônica entre 1 (desgostei extremamente) e 9 (gostei extremamente). Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey). *Médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet ($P<0,05$). Dados expressos em média ± erro padrão.

5. DISCUSSÃO

O aumento dos níveis de glicose sanguínea numa situação de estresse é a resposta inicial do organismo, tendo como objetivo fornecer energia ao animal para enfrentar a situação desfavorável (TAKAHASHI et al., 2006). Neste estudo, foram observados os maiores níveis de glicose no tratamento de maior densidade (300 kg/m³) associado ao método de asfixia. O aumento da glicemia em uma situação de estresse acontece devido aos glicocorticóides, corticosteróides e catecolaminas elevarem o nível de açúcar do sangue (TEJPAL et al., 2009), resposta aliada também à liberação de glicogênio, o principal carboidrato de reserva do peixe (ENES et al., 2009).

O menor nível de glicose foi verificado no tratamento controle, onde os peixes foram retirados do viveiro e imediatamente eutanasiados por secção da medula, sendo, portanto, considerado como abate com mínimo estresse. Dessa forma, o tempo de repouso após o transporte, aliado ao manejo experimental aplicado (densidades e métodos de abate), não foram eficazes para diminuir a glicose sanguínea dos peixes para o nível inicial. Além disso, as densidades de depuração, sozinhas, não apresentaram efeito significativo para a glicose, sendo o método de abate por asfixia que foi preponderante para a alteração nos níveis de glicose, já que este método levou ao desenvolvimento de hiperglicemia em relação ao abate por termonarcose.

A termonarcose é amplamente utilizada para diversas espécies de peixes, principalmente para peixes tropicais, pois o resfriamento rápido resulta na rápida interrupção da movimentação dos peixes (LINES & SPENCE, 2012). Entretanto, diversos estudos apontam que, embora as reações físicas parem ou desacelerem rapidamente no gelo, a atividade cerebral indica a continuação da consciência por um período substancial (VIS et al. 2003; BAGNI et al. 2007; ROTH et al. 2009). Assim, a rápida diminuição da movimentação em função do choque térmico parece ter levado a uma menor glicose sanguínea, comparado ao abate por asfixia. Isto era esperado, uma vez que a asfixia também provoca uma morte mais lenta ao animal (PEDRAZZANI et al., 2007; LINES & SPENCE, 2012), que passa mais tempo se movimentando em condições anaeróbicas.

Os métodos de abate que envolvem maior atividade física antes da morte, combinado ao estresse pré-abate, levam ao consumo da reserva de energia de glicogênio às custas do ATP, ao mesmo tempo em que a produção de ácido láctico ocorre no músculo (ACERETE et al., 2009). Pelo método da asfixia, o peixe leva muito tempo até que esteja morto, o que provoca movimentos vigorosos e respostas comportamentais de agitação nos animais (RAHMANIFARAH et al., 2011), resultando no maior gasto da reserva energética (ATP) antes da morte e

diminuição do período de permanência no pré-*rigor mortis*. Tal condição foi observada neste estudo, onde a entrada no *rigor mortis* foi mais rápida em peixes submetidos a maior estresse (pela densidade mais alta e pelo abate por asfixia). Porém, os peixes submetidos à termonarcose, independentemente da densidade aplicada, apresentaram tempo de entrada no *rigor mortis* semelhante ao do tratamento controle, e isto parece estar relacionado à rápida diminuição da atividade física em função do choque térmico. Para a indústria, a extensão do período de pré-*rigor mortis* é importante pois esta fase é ideal para o processamento, uma vez que a filetagem do peixe no estado de rigor pleno leva a uma redução no rendimento de filé (CONCOLLATO et al., 2014).

A geração de íons H^+ associados à produção de ácido lático, bem como o colapso das reservas de ATP, resultam na redução do pH muscular (POLI et al., 2005) em diversas espécies de peixe, como salmão (EINEN et al., 2002), enguia (MORZEL & VAN DE VIS, 2003) e pargo (MATOS et al., 2010). No presente estudo, o manejo experimental não afetou o pH após 24 horas dos filés de tilápia do Nilo. De fato, diversos trabalhos apontam que o pH final (após 24 horas) em filés de tilápia não é afetado por diferentes níveis de estresse pré-abate, apesar deste estresse afetar outras características de qualidade da carne (ZUANAZZI et al., 2018; GOES et al., 2015; GOES et al., 2018).

Neste estudo, a coloração instrumental dos filés foi afetada pelo estresse pré-abate, sendo que peixes da densidade mais alta apresentaram carne com menor intensidade de vermelho, e os animais submetidos a asfixia, maior luminosidade e menor intensidade de amarelo. Essas mudanças na cor são causadas pela redução de proteínas musculares solúveis na carne de peixes estressados; essas proteínas sofrem desnaturação, tornando-se insolúveis e causando uma perda de água da carne, que resultam em mudanças no reflexo da luz da superfície, provocando então mudanças na luminosidade, na intensidade de vermelho e de amarelo (ROBB et al., 2000). Para o bacalhau, a cor amarela nos filés de peixes não estressados foi significativamente maior do que nos filés estressados (HULTMANN et al., 2012).

O alto estresse pré-abate, em tilápias submetidas a alta densidade e ao abate por asfixia, também ocasionou o desenvolvimento de filés menos firmes em relação ao de peixes que passaram por menor densidade e pelo abate por termonarcose. Um amolecimento excessivo da carne de peixe geralmente a torna muito frágil para processamento (BAHUAUD et al., 2010a), além de afetar a aceitação por parte dos consumidores (GOES et al., 2019). Para diversas espécies de peixes, o estresse pré-abate ocasiona em filés muito macios, a exemplo do bacalhau (DIGRE et al., 2010; HULTMANN et al., 2012), salmão (BAHUAUD et al., 2010b) e tilápia do Nilo (GOES et al., 2019). Diversos mecanismos têm sido associados ao amolecimento

muscular do pescado em função do estresse agudo no pré-abate, como a diminuição do pH inicial da carne (BAHUAUD et al., 2010b), aumento do grau de desnaturação das proteínas e, assim, aumento do acesso de enzimas proteolíticas a substratos proteicos (HULTMANN et al., 2012), além do estresse oxidativo poder ocasionar em oxidação de proteínas (GOES et al., 2019), sendo este último fator responsável por muitas modificações biológicas, tais como fragmentação ou agregação de proteínas e diminuição da sua solubilidade, o que afeta a qualidade da carne (TEREVINTO et al., 2010).

A capacidade de retenção de água (CRA) é outro parâmetro de qualidade afetado pelo estresse pré-abate. No presente estudo, o abate por asfixia acarretou no desenvolvimento de filés com menor CRA em relação ao abate por termonarrose, bem como por secção da medula (controle). A capacidade de retenção de líquidos é economicamente importante, pois essas perdas causam redução de peso e os exsudatos não são atraentes (KIESSLING et al., 2004). Estudo anterior com tilápias relatou diminuição da CRA conforme o nível de estresse (GOES et al., 2015), e isso pode ser explicado por alterações nas propriedades proteicas importantes tanto para a capacidade de retenção de água quanto para as propriedades texturais no músculo (HULTMANN et al., 2012). A capacidade do músculo em reter água é afetada por vários fatores, como pH, oxidação das proteínas pós-morte, atividade proteolítica das enzimas do amaciamento da carne, e ligação cruzada das proteínas miofibrilares (LUND et al., 2011). A perda excessiva de água não é desejável nem à indústria nem ao consumidor, já que provoca perdas nas características sensoriais da carne, como a textura, a maciez, a coloração e a suculência, tornando-a pouco atrativa, além de diminuir seu rendimento e valor nutritivo (ROQUE-SPECHT et al., 2009).

A perda de peso por cozimento (PPC) dos filés também foi afetada pelo estresse pré-abate, sendo que os peixes submetidos a 300 kg/m³ e abate por asfixia apresentaram as maiores perdas de água após o cozimento. O abate por sangria das brânquias de carpa prateada ocasionou em maior PPC em relação ao abate por percussão craniana e termonarrose (ZHANG et al., 2017), demonstrando que o alto estresse durante o pré-abate e abate pode afetar também as perdas em função do cozimento.

As alterações observadas na qualidade instrumental dos filés acarretaram também em mudanças nos atributos sensoriais, no qual os filés que passaram por asfixia apresentaram resultados inferiores em relação ao abate por termonarrose os atributos suculência e aceitabilidade geral. Em um estudo feito com bacalhau, constatou-se que peixes menos estressados também obtiveram maiores pontuações nesses atributos (SVEINSDOTTIR et al., 2010).

A menor média obtida para o atributo suculência, nos peixes submetidos à asfixia,

pode estar relacionada a menor capacidade de retenção de água destes filés, uma vez que este parâmetro traz a sensação de suculência durante a mastigação (DESMOND, 2006). Além disso, os filés de peixes que passaram por asfixia também possuíam menor firmeza, e sabe-se que filés muito macios são altamente indesejáveis, podendo causar grande impacto na aceitação dos consumidores (HE et al., 2014; GOES et al., 2019).

Neste estudo, somente o método de abate acarretou em diferenças nos atributos sensoriais, onde a termonar cose proporcionou melhores características que os demais, sendo superior, inclusive, aos filés do grupo controle. Esse resultado demonstra que o abate por termonar cose conseguiu manter de forma eficiente a qualidade sensorial de filés de tilápia. Resultados semelhantes foram observados para o matrinxã, onde os peixes abatidos por choque térmico (termonar cose) obtiveram melhores resultados quanto aos parâmetros sensoriais da carne (VARGAS, 2011). O abate por termonar cose é um dos mais utilizados na indústria devido à facilidade de execução e à capacidade de manter razoavelmente as características sensoriais da carne de peixe (LAMBOOIJ et al., 2006; PEDRAZZANI, 2007; MATOS et al., 2010), entretanto, sabe-se que do ponto de vista de bem-estar animal, este não é o método mais recomendado, por causar sofrimento prolongado antes da perda de consciência (VAN DE VIS et al., 2003; CONTE, 2004; ACERETE et al., 2009).

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a alta densidade de depuração (300 kg/m^3), aliada à asfixia no pré-abate acarretam em maior estresse, maior perda de peso por cozimento e textura menos firme. A asfixia provoca filés com menor capacidade de retenção de água, e a baixa densidade de depuração aliada ao abate por termonarcore são eficazes para proporcionar maior período de permanência no pré-*rigor mortis* e filés com melhor perfil sensorial. De modo geral, o abate por termonarcore demonstrou ser o método mais eficiente para manter uma melhor qualidade sensorial de filés de tilápia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERETE, L.; REIG, L.; ALVAREZ, D.; FLOS, R.; TORT, L. Comparison of two stunning/slaughtering methods on stress response and quality indicators of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.287, n.1-2, p.139-144, 2009.

ALMEIDA, N.M.; BATISTA, G.M.; KODAIRA, M.; VAL, A.L.; LESSI, E. Determinação do índice de rigor-mortis e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colosoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.698-704, 2005.

BAGNI, M.; CIVITAREALE, C.; PRIORI, A.; BALLERINI, A.; FINOIA, M.; BRAMBILLA, G.; MARINO, G. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.263, p.52–60, 2007.

BAHUAUD, D.; GAARDER, M.; VEISETH-KENT, E.; THOMASSEN, M. Fillet texture and protease activities in different families of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). **Aquaculture**, v.310, n.1-2, p.213-220, 2010a.

BAHUAUD, D.; MORKORE, T.; OSTBYE, T. K.; VEISETH-KENT, E.; THOMASSEN, M.S.; OFSTAD, R. Muscle structure responses and lysosomal cathepsins B and L in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) pre-and post-rigor fillets exposed to short and long-term crowding stress. **Food Chemistry**, v.118, n.3, p.602-615, 2010b.

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.

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.

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of fish diseases**, v.1,

p.2-26, 1991.

BARTOŇKOVÁ, J.; HYRŠL, P.; VOJTEK, L. Glucose determination in fish plasma by two different moderate methods. **Acta Veterinaria Brno**, v.85, n.4, p.349-353, 2016.

BITO, M. Studies on rigor mortis of fish - I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish. By modified cuttings methods. **Bulletin Tokai Regional Fisheries Research Laboratory**, v.109, p.89-96, 1983.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v36n3/v36n3a10>. Acesso em: 12 ago. 2019.

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, p.725-787, 1997.

CONCOLLATO, A., PARISI, G., OLSEN, R. E., KVAMME, B. O., SLINDE, E., & DALLE ZOTTE, A. Effect of carbon monoxide for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) slaughtering on stress response and fillet shelf life. **Aquaculture**, v.433, p.13-18, 2014.

CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v.86, p.205-223, 2004.

DASKALOVA, A. Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. **International Aquatic Research**, p.1-12, 2019.

DESMOND, E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. **Meat Science**, v.74, p.188-196, 2006.

DIGRE, H; ERIKSON, U; MISIMI, E.; LAMBOOIJ, B.; VAN DE VIS, H. Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L.: A comparison of an industrial and experimental method. **Aquaculture Research**, v.41, p.1190-1202, 2010.

EINEN, O.; GUERIN, T.; FJÆRA, S.O.; SKJERVOLD, P.O. Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. **Aquaculture**, v.212, p.129-140, 2002.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção de tilápia no Brasil cresce 223% em dez anos**. Embrapa Pesca e Aquicultura, Brasília. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez-anos>. Acesso em: 05 set. 2019.

ENES, P., PANSERAT, S., KAUSHIK, S., OLIVA-TELES, A. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.35, p.519–539, 2009.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

FONTENELE, R.M.M.; SANTOS, E.S.D.; MOTA, S. Índice de rigor mortis de Tilápias do Nilo abatidas de diferentes formas após cultivo em esgoto doméstico tratado. **Conexões – Ciência e Tecnologia**, v.7, n.2, p.61-72, 2013.

FONT I FURNOLS, M. F.; GISPERT, M.; GUERRERO, L.; VELARDE, A.; TIBAU, J.; SOLER, J.; HORTÓS, M.; GARCIA-REGUEIRO, J.A.; PÉREZ, J.; SUÁREZ, P.; OLIVER, M.A. Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. **Meat Science**, v.80, n.4, p.1013-1018, 2008.

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 subjected to pre-slaughter stress. **PloS one**, v.14, n.1, e0210742, 2019.

GOES, E.S.R.; LARA, J.A.F.; GASPARINO, E.; DEL VESCO, A.P.; GOES, M.D.; ALEXANDRE FILHO, L.; RIBEIRO, R.P. Pre-slaughter stress affects ryanodine receptor protein gene expression and the water-holding capacity in fillets of the Nile tilapia. **PloS one**, v.10, n.6, e.0129145, 2015.

GOES, E.S.R.; LARA, J.A.F.; GOES, M.D.; RIBEIRO, R.P. Estresse pré-abate e sua relação com a qualidade da carne em peixes. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO, 5.; MOSTRA DOS TRABALHOS CIENTÍFICOS, 5.; SEMANA DA ZOOTECNIA, 29., 2014, Maringá. Anais... Maringá: UEM-DZO, 2014.

GOES, E.S.R.; LARA, J.A.F.; GASPARINO, E.; GOES, M.D.; ZUANAZZI, J.S.G.; LOPERA-BARREIRO, N.M.; RIBEIRO, R.O. Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. **Scientia Agricola**, v.75, n.4, p.321-328, 2018.

HALLIER, A.; CHEVALLIER, S.; SEROT, T.; PROST, C. Influence of farming conditions on colour and texture of European catfish (*Silurus glanis*) fresh, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, n.5, p. 814-823, 2007.

HE, HONG-JU; WU, DI; SUN, DA-WEN. Rapid and non-destructive determination of drip loss and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis-NIR) hyperspectral imaging. **Food chemistry**, v.156, p.394-401, 2014.

HONORATO, C.A.; CANEPPELE, A.; MATOSO, J.C.; PRADO, M.R.; SIQUEIRA, M.S.; SOUZA, L.R.O. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.17, n.4, 2014.

HULTMANN, L.; PHU, T.M.; TOBIASSEN, T.; AAS-HANSEN, O.; RUSTAD, T. Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Food chemistry**, v.134, n.3, p.1399-1408, 2012.

IGARASHI, M.A. Característica do agronegócio da tilápia cultivada no Brasil: uma força ascendente. **PUBvet**, v.2, n.25, 18 p., 2008.

IWAMA, G.K.; AFONSO, L. O.; TODGHAM, A.; ACKERMAN, P.; NAKANO, K. Are hsp90 suitable for indicating stressed states in fish? **Journal of Experimental Biology**, v.207, n.1, p.15-19, 2004.

JESUS, R.S.; MENDES, J.; INOUE, L.A.K.A. Influência do estresse causado pelo transporte

e método de abate sobre o rigor mortis do tambaqui (*Colossoma macropomum*). 2015. Disponível em: <http://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/4702>. Acesso em: 12 out. 2019.

KIESSLING, A.; ESPE, M.; RUOHONEN, K.; MORKORE, T. Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO₂ anaesthesia. **Aquaculture**, v.236, n.1-4, p.645-657, 2004.

KUBITZA, F. Off-flavor, nutrição, manejo alimentar e manuseio pré-abate afetam a qualidade do peixe destinado à mesa. **Panorama da Aquicultura**, v.9, n.54, p.39-49, 1999.

KUBITZA, F.; ONO, E.A.; CAMPOS, J.L. Os caminhos da produção de peixes nativos no Brasil: uma análise da produção e obstáculos da piscicultura. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.17, n.102, p.14-23, 2007.

LAMBOOIJ, E.; KLOOSTERBOER, R. J.; GERRITZEN, M. A.; VAN DE VIS, J. W. Assessment of electrical stunning in fresh water of African Catfish (*Clarias gariepinus*) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility. **Aquaculture**, v.254, n.1-4, p.388-395, 2006.

LARA, J.A.F. GARBELINI, J.S.; DELBEM, A.C.B. Determinação da Capacidade de Retenção de Água em Filés de Pintado Obtidos no Rio Paraguai (Corumbá-MS). In: **Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômico do pantanal**, SIMPAM, v.5, 2010.

LINES, J. A. & SPENCE, J. Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n.1, p.153-162, 2012.

LUND, M.N.; HEINONEN, M.; BARON C.P.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular nutrition & food research**, v.55, p.83-95, 2011.

MATOS, E.; GONÇALVES, A.; NUNES, M.L.; DINIS, M.T.; DIAS, J. Effect of harvesting stress and slaughter conditions on selected flesh quality criteria of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.305, p.66-72, 2010.

MORAES, F. & RODRIGUES, N.S.S. Maximização do rendimento no processamento de carne

bovina (músculo Semitendinosus) pelo sistema sous vide. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e.2016048, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232017000100412&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 12 out. 2019.

MORZEL, M. & VAN DE VIS, H. Effects of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla Anguilla L.*). **Aquaculture Research**, v.34, p.1-11, 2003.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.D.; OLIVEIRA, C.A.F.D.; SOBRAL, P.J.D.A.; BALIEIRO, J.C.D.C.; NATORI, M.M.; VIEGAS, E.M.M. How stunning methods affect the quality of Nile tilapia meat. **CyTA-Journal of Food**, v.13, n.1, p.56-62, 2015.

OLSSON, G.B.; OLSEN, R.L.; OFSTAD, R. Post-mortem structural characteristics and water-holding capacity in Atlantic halibut muscle. **LWT-Food Science and Technology**, v.36, n.1, p.125-133, 2003.

PEDRAZZANI, A. S., O reconhecimento da senciência e proposta de método alternativo de abate. Dissertação de mestrado. 2007. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PEDRAZZANI, A.S.; MOLENTO, C.F.M., CARNEIRO, P. C. F.; CASTILHO, M.D. Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. **Panorama da Aquicultura**, v.102, p.24-29, 2007.

PEIXE BR. Associação Brasileira de Piscicultura. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2019. São Paulo: PEIXE BR, 2019.

POLI, B.M.; PARISI, G.; SCAPPINI, F.; ZAMPACAVALLLO, G. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, v.13, n.1-2, p.29-49, 2005.

RAGHIANTE, F; FERRASSO, M.M.; RODRIGUES, M.V.; BIONDI, G.F.; MARTINS, O.A. *Francisella spp.* em tilápias no Brasil: Uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.11, n.1, p.119-130, 2017.

RAHMANIFARAH, K.; SHABANPOUR, B.; SATTARI, A. Effects of Clove Oil on Behavior and Flesh Quality of Common Carp (*Cyprinus carpio L.*) in Comparison with Pre-slaughter CO₂ Stunning, Chilling and Asphyxia. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.11, n.1, p.139-147, 2011.

RANGEL, F.D.; RODRIGUES, J.A.; TRUGILHO, W.S.; CHRISTO, B.F.; SILVA, E.C.G. Considerações do panorama produtivo da aquicultura no Brasil. **Revista Univap**, v.22, n.40, p.496, 2017.

ROBB, D. H. F.; KESTIN, S. C.; WARRISS, P. D. Muscle activity at slaughter: I. Changes in flesh colour and gaping in rainbow trout. **Aquaculture**, v.182, n.3-4, p.261-269, 2000.

ROÇA, R.O. Propriedades da carne. v.10, n.11, 11p. 2009. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/docentes/roca/carnes/Roca105.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J.; MORA-VENTURA, T.; CIVERA, T. Istamina e prodotti ittici: un problema attuale. I: Fattori implicati. **Industrie alimentari**, v.33, n.324, p.299-307, 1994.

ROTH, B.; IMSLAND, A.K.; FOSS, A. Live chilling of turbot and subsequent effect on behaviour, muscle stiffness, muscle quality, blood gases and chemistry. **Animal Welfare**, v.18, p.33-41, 2009.

ROQUE-SPECHT, V.F.; SIMON, V., PARISE, N.; CARDOSO, P.G. Avaliação da capacidade de retenção de água em peitos de frango em função do pH final. **Current Agricultural Science and Technology**, v.15, n.1-4, p.77-81, 2009.

ROUBACH, R.; CORREIA, E.S.; ZAIDEN, S.; MARTINO, R.C.; CAVALLI, R.O. Aquaculture in Brazil. **World Aquaculture-Baton Rouge**, v.34, n.1, p.28-35, 2003.

SÁ, E.M.F. A influência da água nas propriedades da carne-Parte II. **Revista Nacional da Carne**, n.325, 2004.

SANTOS, A.P.B. Índices químicos, sensoriais e microbiológicos para avaliação do frescor de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) armazenada em gelo. 2011. 95p. Dissertação (Mestrado

em Ciências da Engenharia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, J.M.S. Filetes de pregado (*Psetta maxima*) embalados em atmosfera modificada: avaliação da qualidade física, química e microbiológica. 2008. 170p. Dissertação (Mestrado em Farmácia, Controle de Qualidade) – Universidade do Porto, Porto, 2008.

SOUZA, C.; BALDISSERA, M.; BALDISSEROTTO, B.; HEINZMANN, B.; MARTOS-SITCHA, J.A.; MANCERA, J. M.. Essential Oils As Stress-Reducing Agents For Fish Aquaculture: A Review. **Frontiers in Physiology**, v.10, n.1, p.785, 2019.

SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E.; HYLDIG, G.; SIGURGÍSLADÓTTIR, S. Sensory characteristics of different cod products. **Journal of sensory studies**, v.25, n.2, p.294-314, 2010.

TAKAHASHI, L.S.; ABREU, J.S.; BILLER, J.D.; URBINATI, E.C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, n.4, p.469-475, 2006.

TEIXEIRA, L.C. & GARCIA, P.P.C. Qualidade do pescado: captura, conservação e contaminação. **Acta de Ciências e Saúde**, v.1, n.2, p.1-15, 2016.

TEJPAL, C. S., PAL, A. K., SAHU, N. P., KUMAR, J. A., MUTHAPPA, N. A., VIDYA, S., RAJAN, M. G. Dietary supplementation of L-tryptophan mitigates crowding stress and augments the growth in *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Aquaculture**, v.293, p.272–277, 2009.

TEREVINTO, A.; RAMOS, A.; CASTROMAN, G.; CABRERA, M.C.; SAADOUN, A. Oxidative status, in vitro iron-induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rhea meat. **Meat science**, v.84, n.4, p.706-710, 2010.

VAN DE VIS, H.; KESTIN, S.; ROBB, D.; OEHLENSCHLÄGER, J.; LAMBOOIJ, B.; MÜNKNER, W.; OTTERÅ, H. Is humane slaughter of fish possible for industry? **Aquaculture research**, v.34, n.3, p.211-220, 2003.

VARGAS, S.C. Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon*

cephalus), armazenados em gelo. 2011. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Qualidade e Produtividade Animal) – Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, 2011.

VENTURINI, F.P.; BALDI, S.C.V.; PARISI, G.; COSTA, T.D.; RUCINQUE, D.S.; MELO, M.P.; VIEGAS, E.M.M. Effects of different stunning methods on blood markers and enzymatic activity of stress responses of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Italian Journal of Animal Science**, v.17, n.4, p.1094-1098, 2018.

VIEGAS, E.M.M.; PIMENTA, F.A.; PREVIERO, T.C.; GONÇALVES, L.U.; DURÃES, J.P.; RIBEIRO, M.A.R.; OLIVEIRA, F. Slaughter methods and fish meat quality. **Archivos de Zootecnia**, v.61, p.41-50, 2012.

VIS, J.H.; KESTIN S.C.; ROBB, D.H.F.; OEHLenschLÄGER, J.; LAMBOOIJ, E.; MÜNKNER, W.; KUHLMANN, W.; KLOOSTERBOER, K.; TEJADA, M.; HUIDOBRO, A.; TEJADA, M.; OTTERÅ, H.; ROTH, B.; SORENSEN, N.K.; ASKE, L.; BYRNE, H.; NESVADBA, P. Is humane slaughter of fish possible for industry? **Aquaculture Research**, v.34, p.211–220, 2003.

ZHANG, L.; LI, Q.; LYU, J.; KONG, C.; SONG, S.; LUO, Y. The impact of stunning methods on stress conditions and quality of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 C during 72 h postmortem. **Food chemistry**, v.216, p.130-137, 2017.

ZUANAZZI, J.S.G.; GOES, E.S.D.R.; ALMEIDA, F.L.A.D.; OLIVEIRA, C.A.L.D.; RIBEIRO, R.P. Anoxia stress and effect on flesh quality and gene expression of tilapia. **Food Science and Technology**, n. AHEAD, 2018.

ZUANAZZI, J.S.G. & PEREIRA, Y.C.A. Determinação da capacidade de retenção de água, pH e cor em filés de Barbado (*Pinarampus pirinampu*). In: **Embrapa Pantanal-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA PANTANAL, 4.; SEMANA DA BIOLOGIA, 11., 2016, Corumbá. Resumos... Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016.