

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

**TEMPOS DE DESCANSO PÓS-TRANSPORTE SOBRE A
QUALIDADE DA CARNE DA PATINGA (*Piaractus
mesopotamicus* ♀ x *Piaractus brachypomus* ♂)**

GABRIELA CRISTINA FERREIRA BUENO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

**TEMPOS DE DESCANSO PÓS-TRANSPORTE SOBRE A QUALIDADE
DA CARNE DA PATINGA (*Piaracutus mesopotamicus* ♀ x *Piaractus
brachypomus* ♂)**

GABRIELA CRISTINA FERREIRA BUENO

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
2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, tenho imensa gratidão a Deus por me conceder vida e saúde em um momento tão difícil que estamos vivendo.

Agradeço aos meus pais, Benedita Ferreira e Domingos Batista por sempre terem investido em minha educação e me apoiarem nos meus sonhos, mesmo eles parecendo os mais impossíveis; pois fazer uma graduação em outro estado requer muito amor, compreensão e companheirismo para enfrentar a distância da família.

Agradeço a cidade de Dourados- MS por recepcionar universitários de outras cidades e estados, e pelas pessoas acolhedoras que tive o privilégio de conhecer e que se transformaram minha família.

Não poderia deixar de agradecer a Universidade Federal da Grande Dourados, pela estrutura e profissionais que fomentaram minha formação acadêmica. Um agradecimento especial aos professores da Engenharia de Aquicultura, que levarei para sempre em minha bagagem profissional.

Agradeço a minha orientadora Elenice Souza dos Reis Goes, em que tive o privilégio de ser sua primeira orientada e que possuo imenso orgulho em ter partilhado toda a minha formação acadêmica. Trabalhar com alguém que te inspira como profissional e como pessoa é extremamente gratificante.

Por último, mas não menos importante, agradeço por ter feito parte do corpo discente da Terceira Turma da Engenharia de Aquicultura e aos amigos que o curso me presenteou. Em especial, agradeço minhas amigas de pesquisa Natieli Inácio Fernandes, Amanda Held e Nathalia Azola; e as amigadas de Eloísa Herrig, Heloíse Nantes, Gabriela Pusch, Rafaela Caetano, Tuanny Trindade, Michael Blanck, Danusia Tavares, Igor Ferreira, Arypes e Gustavo Teixeira, que com certeza levarei por toda a vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aquicultura no Brasil.....	3
2.2 Estresse pré-abate em peixes	5
2.3 Transporte de peixes	6
2.4 Influência do estresse pré-abate sobre as alterações <i>post-mortem</i> do pescado	7
2.5 Qualidade da carne do pescado e métodos de avaliação.....	9
2.5.1 pH	9
2.5.2 Cor	10
2.5.3 Textura instrumental.....	11
2.5.4 Capacidade de retenção de água (CRA).....	12
2.5.5 Perda por cozimento (PPC).....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Animais experimentais	14
3.2 Delineamento experimental	14
3.3 Determinação da glicose sanguínea	16
3.4 Parâmetros de qualidade dos filés.....	16
3.5 Análise estatística	19
4 RESULTADOS	21
4.1 Glicose sanguínea	21
4.2 Parâmetros de qualidade dos filés 24 horas após o abate.....	21
4.3 Parâmetros da qualidade dos filés após 45 dias de armazenamento sob congelamento	24
5 DISCUSSÃO	26
5.1 Glicose sanguínea	26
5.2 Qualidade dos filés 24 horas após o abate	27
5.3 Qualidade dos filés após 45 dias de congelamento.....	29
6 CONCLUSÃO	31
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Caixas utilizadas nos tratamentos 2, 4 e 6 horas de repouso pós transporte dos peixes <i>in vivo</i>	15
FIGURA 2. Análise do pH do filé.....	17
FIGURA 3. Medida do parâmetro coloração do filé (cor vermelha, cor amarela e luminosidade).	17
FIGURA 4. (a) pesagem de 0,5 g de amostra do filé (b) peso de 10 kg sobre as amostras em placa de vidro (b) pesagem da amostra após pressão aplicada do peso.	18
FIGURA 5. (a) pesagem de 70g de amostra do filé para análise de PPC; (b) pesagem da amostra do filé após o banho-maria.	19
FIGURA 6. (a) cortes do filé (20x25x20) para análise de textura (b) corte da amostra filé com a guilhotina (c) amostra do filé após o corte.	19
FIGURA 7. Glicose sanguínea de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós-transporte. Barras verticais representam o erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença ($P < 0,0001$) pelo teste de Tukey. *Médias diferem do tratamento controle.	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Parâmetros de qualidade dos filés de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós transporte, 24 horas após o abate.....	23
TABELA 2. Parâmetros de qualidade dos filés de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós transporte, após 45 dias de armazenamento	25

BUENO, Gabriela Cristina Ferreira. **Tempos de descanso pós-transporte sobre a qualidade da carne da patinga** (*Piaracutus mesopotamicus* ♂ x *P. brachypomus* ♀). 2021. 50 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O transporte pré-abate é uma prática estressante para os peixes, fazendo-se necessário que, na unidade de processamento, os animais permaneçam em repouso para retorno a sua homeostase. Este procedimento é importante para minimizar os impactos que o estresse pré-abate causa na qualidade da carne de peixes. Assim, objetivando avaliar o efeito de diferentes tempos de descanso pós-transporte, sobre a glicose sanguínea e características de qualidade da carne no pré e pós *rigor mortis* da patinga, foi conduzido um experimento em esquema fatorial 4x2, sendo quatro tempos de recuperação do transporte (0, 2, 4 e 6 horas) e duas fases de processamento (pré e pós- *rigor mortis*), além de um tratamento controle (peixes retirados do viveiro e imediatamente eutanasiados). Após a despesca, os peixes vivos foram submetidos ao transporte rodoviário em caixa específica por uma hora, sendo então distribuídos em caixas d'água para permanecerem nos diferentes tempos de repouso (0, 2, 4 e 6 horas). Em cada tempo, foi coletado sangue para análise de glicose de 15 peixes, com posterior eutanásia por secção da medula espinhal. Realizou-se o processamento de 10 peixes durante o pré-*rigor mortis* e, 24 horas depois, foram processados mais 5 peixes (fase de pós-*rigor mortis*). Em 24 horas após o abate e em 45 dias de estocagem sob congelamento, os filés foram analisados quanto ao pH, cor, força de cisalhamento, capacidade de retenção de água (CRA) e perda de água por cozimento (PPC). Observou-se uma diminuição da glicose sanguínea conforme o aumento dos tempos de repouso, sendo que após 6 horas, os níveis de glicose voltaram aos basais. Nos filés, após 24 horas, a interação entre tempo de repouso e estado de *rigor mortis* apresentou efeito significativo para cor e textura, onde peixes processados no pré-*rigor* após 6 horas apresentaram filés com maior luminosidade, menor intensidade de vermelho e maior força de cisalhamento. Filés de peixes processados após 4 horas em estado de pré-*rigor mortis* apresentaram maior intensidade de vermelho, já no pós-*rigor* apresentaram maior intensidade de amarelo. Avaliando somente o tempo de repouso, após 6 horas os peixes apresentaram filés com menor PPC e maior CRA. Avaliando o estado de *rigor mortis* isoladamente, filés processados durante o pós-*rigor* apresentaram menor pH, menor PPC, menor luminosidade, menor intensidade de amarelo e maior CRA. Após 45 dias de armazenamento, a interação entre o tempo de repouso pós transporte e o estado de *rigor mortis* proporcionou maior pH em filés do pós-*rigor* com 0 h de repouso, maior luminosidade e menor CRA em estado de pós-*rigor* com 6 horas de repouso, maior intensidade de vermelho no pré-*rigor* com 2 horas de repouso e maior força de cisalhamento em filés com 4 h de recuperação, no pós-*rigor*. Avaliando o tempo de repouso isoladamente, pH e intensidade de amarelo foram maiores nos filés com 4 horas de. A CRA foi menor para em 6 horas de repouso e a intensidade de vermelho foi maior no tratamento de 4 horas de repouso pós transporte. Para o estado de *rigor-mortis* isoladamente, observou-se que os filés sofreram menor PPC e maior CRA quando processados em estado de pós-*rigor*. Conclui-se que o repouso pós-transporte por 6 horas é eficaz para a recuperação do estresse do transporte, impactando positivamente a qualidade dos filés da patinga. Além disso, recomenda-se o processamento dos peixes no período de pós-*rigor mortis*, em função dos filés apresentarem maior firmeza, menores perdas por cozimento, maior capacidade de retenção de água e coloração mais clara.

Palavras-chave: estresse pré-abate; processamento de peixes; tempo de repouso pós transporte.

ABSTRACT

Pre-slaughter transport is a stressful practice for fish, making it necessary for animals to remain at rest in the processing unit to return to their homeostasis. This procedure is important to minimize the impacts that pre-slaughter stress causes on the quality of fish meat. Thus, in order to evaluate the effect of different post-transport rest times on blood glucose and meat quality characteristics in the pre and post *rigor mortis* of the patinga, an experiment was carried out in a 4x2 factorial scheme, with four transport recovery times (0, 2, 4 and 6 hours) and two processing phases (pre- and post-*rigor mortis*), in addition to a control treatment (fish removed from the pond and immediately euthanized). After harvesting, the live fish were transported by road in a specific box for one hour, then distributed in water tanks to remain at different resting times (0, 2, 4 and 6 hours). At each time, blood was collected for glucose analysis from 15 fish, with subsequent euthanasia by spinal cord section. 10 fish were processed during pre-*rigor mortis* and, 24 hours later, another 5 fish were processed (post-*rigor mortis* phase). In 24 hours after slaughter and in 45 days of storage under freezing, the fillets were analyzed for pH, color, shear force, water holding capacity (WHC) and water loss by cooking (WLC). A decrease in blood glucose was observed as the resting times increased, and after 6 hours, glucose levels returned to baseline. In the fillets, after 24 hours, the interaction between resting time and rigor mortis state had a significant effect on color and texture, where fish processed in the pre-rigor after 6 hours showed fillets with greater luminosity, less red intensity and greater strength of shear. Fish fillets processed after 4 hours in a state of pre-rigor mortis showed a higher intensity of red, while in post-rigor they showed a higher intensity of yellow. Evaluating only the resting time, after 6 hours the fish presented fillets with lower WLC and higher WHC. Evaluating the state of rigor mortis in isolation, fillets processed during post-rigor showed lower pH, lower WLC, lower luminosity, lower yellow intensity and higher WHC. After 45 days of storage, the interaction between the post-transport rest time and the rigor mortis state provided a higher pH in post-rigor fillets with 0 hours of rest, greater luminosity and lower WHC in a post-rigor state with 6 hours of rest, greater intensity of red in the pre-rigor with 2 hours of rest and greater shear force in fillets with 4 h of recovery, in the post-rigor. Evaluating the resting time alone, pH and yellow intensity were higher in fillets with 4 hours of rest. The WHC was lower for 6 hours of rest and the intensity of red was greater for the treatment of 4 hours of rest. For the rigor-mortis state alone, it was observed that the fillets underwent lower WLC and higher WHC when processed in the post-rigor state. It is concluded that the post-transport rest for 6 hours is effective for recovering from transport stress, positively impacting the quality of the patinga fillets. In addition, it is recommended to process the fish in the post-*rigor mortis* period, as the fillets present greater firmness, less cooking losses, greater water retention capacity and lighter color.

Keywords: pre-slaughter stress; fish processing; resting time after transport.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura atual coloca grande ênfase em técnicas com o objetivo de aumentar as taxas de crescimento e produção animal com eficiência (RUCINQUE, 2018). No entanto, durante a criação de peixes, podem-se verificar diversas condições estressantes, como elevada densidade de estocagem, dietas não balanceadas, má qualidade de água, manejo, transporte e captura inadequada, desencadeiam uma cascata de alterações adaptativas no animal (KOAKOSKI et al., 2014; VARGAS, 2011). Além desses agentes estressantes serem nocivos à sanidade (RORIZ et al., 2015) e ao bem-estar animal (VENTURINI et al., 2018), o estresse agudo durante o manejo pré-abate pode interferir de maneira significativa na qualidade final do produto cárneo para o consumo.

Sabe-se que o transporte, assim como outras práticas de manejo pré-abate, causa o estresse agudo em peixes e o leva a uma série de respostas fisiológicas, como a liberação de catecolaminas e corticosteróides, bem como o aumento dos níveis de glicose no sangue (PANKHURST, 2011), seguido por hiperlactacemia, depleção das reservas glicogênicas, lipólise e inibição da síntese proteica (ALMEIDA, 2016; OBA et al., 2009). Durante o transporte, os animais ficam em estado de agitação e desequilíbrio, pois geralmente são transportados vivos e em altas densidades de estocagem, existindo também a possibilidade de troca inadequada de água com o esgotamento de oxigênio dissolvido e acumulação de CO₂ e NH₃ (POLI, 2009).

Nesse sentido, o tempo de descanso pós transporte antes do abate, é essencial para equilibrar novamente os processos homeostáticos 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).

Este período de recuperação do estresse pode impactar positivamente na qualidade final dos filés. Isso acontece porque durante o estresse, o peixe passa por diversas adaptações fisiológicas e respostas bioquímicas. Inicialmente, ocorre a redução de suas reservas energéticas (MENDES et al., 2015), que são utilizadas na tentativa de fuga, levando à queda de glicose e de ATP (adenosina trifosfato) (GOLÇALVES, 2018). Se as condições de estresse forem repetidas ou durarem um período mais longo, o ácido lático resultante da glicólise é liberado, esgotando gradualmente as reservas de energia (GONÇALVES, 2018; ROTABAKK et al., 2018). Conseqüentemente, uma rápida queda do pH pode também levar à desnaturação das

proteínas musculares e sarcoplasmáticas (ROTABAKK et al., 2018). Esta diminuição do pH desencadeia alterações na qualidade instrumental da carne, inclusive no desenvolvimento do *rigor mortis*, que pode ser mais rápido em espécies que passaram por estresse pré-abate (MENDES, 2013). Assim, o retardo dos processos *post-mortem* é benéfico para manutenção do frescor do pescado (FONTENELLE et al., 2013, VARGAS, 2011), pois após o *rigor mortis*, ocorrem diversas mudanças nas características organolépticas da carne, como cor, aroma, odor e sabor (BHAT et al., 2017; VARGAS, 2011), além da ação autolítica das enzimas musculares e dos microrganismos (FONTENELLE et al., 2013).

Além do *rigor mortis* apresentar influência sobre a qualidade do pescado, também têm grande importância no processamento do produto (BHAT et al., 2017), sendo ideal para a maioria das espécies de peixes que a filetagem seja realizada durante o estado de *pré-rigor* (BIRKELAND & ASKE, 2010). Quanto mais rápido for o início do *rigor mortis*, mais difícil será processar o peixe durante o período de *pré-rigor*, ocasionando redução do rendimento, aumento da incidência de *gapping* (rasgaduras) e diminuição da capacidade de retenção de água (DASKALOVA, 2019).

Apesar do cultivo de tilápia, em termos de volume produzido, apresentar maior destaque na piscicultura (PEIXE BR, 2021), os peixes redondos, grupo que engloba espécies dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*, entre eles o tambaqui, pacu, pirapitinga e seus híbridos, também contemplam uma representatividade no setor aquícola do país (KUBITZA, 2015).

A produção de peixes nativos em 2020, apresentou um recuo de 3,2% em relação ao ano anterior, causado principalmente pela falta de investimentos nos principais estados produtores, exigências ambientais, dificuldades de logística e problemas de comercialização (PEIXE BR, 2021). Com exceção ao Ceará, todos os estados brasileiros têm produção de peixes nativos, tornando um fator positivo para impulsionar o segmento nos próximos anos (PEIXE BR, 2021). Entre estes, a patinga, híbrido proveniente do cruzamento entre a fêmea de *Piaractus mesopotamicus* e o macho de *Piaractus brachypomus*, tem apresentado grande aceitabilidade dentro do país, devido à sua melhor qualidade de carne em comparação com suas espécies parentais e outros híbridos (HASHIMOTO et al., 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tempos de descanso pós-transporte, sobre parâmetros bioquímicos e características de qualidade da carne no pré e pós *rigor mortis* da patinga (*Piaractus mesopotamicus*♀ x *Piaractus brachypomus*♂).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aquicultura no Brasil

Por definição, a aquicultura é uma atividade multidisciplinar, relacionada ao cultivo de diversos organismos aquáticos, incluídos neste contexto plantas aquáticas, moluscos, crustáceos e peixes, produzidos em qualquer fase de desenvolvimento (OLIVEIRA, 2015). A piscicultura continental, a carcinicultura marinha e a malacocultura, são respectivamente os ramos aquícolas mais desenvolvidos dentro do país, baseados principalmente em espécies exóticas ou não nativas; sendo praticadas em diversos ambientes, modalidades e estratégias de produção (IBGE, 2014; BRABO et al., 2016).

A aquicultura no Brasil apresenta grandes perspectivas de crescimento, com uma estimativa de aumento da produção em 104% até 2025, devido à importantes investimentos realizados na área, visando o desenvolvimento agrário (FAO, 2016). Em 2020, a produção total da piscicultura brasileira foi de 802.930 toneladas, aumento de 5,93% em relação ao ano anterior; o que a fez se sobressair entre as demais proteínas de origem animal, que apresentaram um ano estável e com uma ligeira redução nos números de produção (PEIXE BR, 2021).

A produção total de peixes deve aumentar para 204 milhões de toneladas em 2030, 15% a mais que em 2018, com a participação da aquicultura crescendo dos atuais 46% (FAO, 2020). O Brasil possui características favoráveis ao desenvolvimento das mais diversas modalidades aquícolas, principalmente devido a sua grande biodiversidade hídrica, clima tropical na maior parte do território, com forte mercado doméstico, significativa produção de grãos e uma grande diversidade de espécies com potencial zootécnico e mercadológico (KUBTZA, 2015; BRABO et al., 2016), propagando interesse às indústrias de insumos e aos produtores o investimento em infraestruturas (PEIXE BR, 2020).

Apesar do cultivo de tilápia, em termos de volume produzido, apresentar maior destaque na piscicultura (PEIXE BR, 2021), os peixes redondos, grupo que engloba espécies dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*, entre eles o tambaqui, pacu, pirapitinga e seus híbridos, também contemplam uma representatividade no setor aquícola do país (KUBITZA, 2015), resultado do desenvolvimento de pesquisas que visam o aprimoramento das técnicas de produção de peixes em geral, sobretudo de espécies nativas (FRANCESCHINI, 2012).

A produção de peixes nativos em 2020, apresentou um recuo de 3,2% em relação ao ano anterior, causado principalmente pela falta de investimentos nos principais estados produtores,

exigências ambientais, dificuldades de logística e problemas de comercialização (PEIXE BR, 2021). Com exceção ao Ceará, todos os estados brasileiros têm produção de peixes nativos, tornando um fator positivo para impulsionar o segmento nos próximos anos (PEIXE BR, 2021). Entre estes, a patinga, híbrido proveniente do cruzamento entre a fêmea de *Piaractus mesopotamicus* e o macho de *P. brachypomus*, tem apresentado grande aceitabilidade dentro do país, devido à sua melhor qualidade de carne em comparação com suas espécies parentais e outros híbridos (HASHIMOTO et al., 2012).

Os peixes nativos e seus híbridos representam 34,7% da produção nacional, onde os principais produtores estão localizados no Centro-Oeste e Norte do país, sendo Rondônia (65.500 toneladas) e Mato Grosso (42.000 toneladas) os maiores produtores (KUBTZA, 2015; PEIXE BR, 2021). O Mato Grosso do Sul atualmente está entre os dez estados com representatividade na produção piscícola (32.390 toneladas), em que deste total 3.200 toneladas foram de peixes nativos em 2020 (PEIXE BR, 2021).

O cultivo de híbridos no Brasil, se tornou nas últimas décadas uma forma usual de se obter material genético de eficiência para a produção, pois tem como finalidade encontrar combinações genéticas entre diferentes espécies, que produzam descendentes fenotipicamente superiores aos parentais (HILSDORF & ORFÃO, 2011; FRANSCSCHINI, 2013; PORTALETE, 2015). À medida que as práticas de cultivo se aprimoram, as possibilidades de aumentar a produção através da hibridação apropriada também crescem; e deste modo novos híbridos necessitam serem testados quanto ao seu desempenho, viabilidade, fertilidade, qualidade da carne (BARTLEY et al., 2001; FRANSCSCHINI, 2013) e suas respostas adaptativas em meio ao estresse.

Dentre os híbridos cultivados, destaca-se a patinga, proveniente do cruzamento entre a fêmea *Piaractus mesopotamicus* e o macho *Piaractus brachypomus*. Embora ainda não esteja incluída nas estatísticas de produção, tem apresentado grande aceitabilidade dentro do país, devido à sua melhor qualidade de carne em comparação às suas espécies parentais e outros híbridos (HASHIMOTO et al., 2012). Porém, ainda são necessários estudos sobre suas possíveis vantagens em relação às espécies parentais (HASHIMOTO et al., 2012). Deste modo, é importante ressaltar que o sucesso na atividade aquícola, depende do conhecimento adequado da biologia das espécies utilizadas; onde a fisiologia animal, o funcionamento dos sistemas e as interações e respostas permitam melhores condições de cultivo (RORIZ et al., 2015).

2.2 Estresse pré-abate em peixes

A aquicultura atual coloca grande ênfase em técnicas com o objetivo de aumentar as taxas de crescimento e produção animal com eficiência (RUCINQUE, 2018). No entanto, durante a criação de peixes, podem-se verificar diversas condições estressantes, como elevada densidade de estocagem, dietas não balanceadas, má qualidade de água, práticas de seleção, manejo e captura inadequada, que desencadeiam uma cascata de alterações adaptativas (VARGAS, 2011; KOAKOSKI et al., 2014). Além desses agentes estressantes durante o cultivo, outra preocupação reside no manejo pré-abate, onde os procedimentos incluem uma gama de estressores diferentes, como manuseio, transporte, exposição ao ar, redes, alta densidade e os métodos de abate utilizados (MARTINS et al., 2013).

Em resposta a estímulos nocivos, os peixes exibem reações neuroendócrinas e fisiológicas inconscientes, controladas principalmente pelo tronco cerebral, medula espinhal e outras regiões cerebrais subcorticais (ROTABAKK et al., 2018). Coordenado pelo eixo hipotálamo-hipófise-interrenal, a resposta ao estresse é iniciada por um estímulo externo chamado estressor (KOAKOSKI et al., 2012; BRIJS et al., 2018), fazendo com que o hipotálamo realize a secreção do fator liberador de corticotropina e posteriormente, estimulando a hipófise liberar o hormônio adrenocorticotrópico (KOAKOSKI et al., 2012; BRIJS et al., 2018). Através desses hormônios, se resulta a síntese de secreção das catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), seguida da secreção de corticosteróides, principalmente o cortisol (ZANUZZO et al., 2019). Essas rápidas alterações são denominadas como respostas primária ao estresse (OBA et al., 2009).

Aumentos rápidos em níveis plasmáticos das catecolaminas, adrenalina e noradrenalina ocorrem principalmente durante o estresse agudo, na qual envolve reduções significativas no conteúdo de oxigênio no sangue (PANKHURST, 2011). Nesta fase, a liberação de catecolaminas e de cortisol tem como consequência alterações bioquímicas e fisiológicas conhecidas como respostas secundárias ao estresse; em que os efeitos metabólicos incluem hiperglicemia, hiperlactacemia, depleção das reservas glicogênicas, lipólise e inibição da síntese proteica (OBA et al., 2009; ALMEIDA, 2016). As consequências dessas respostas endócrinas são vistas pelo aumento nos batimentos cardíacos, maior consumo de oxigênio, mobilização de fontes de energia e aumento da glicose no plasma (POLI, 2009). Caso os efeitos do estressor se tornem crônicos, respostas terciárias deletérias podem surgir, como exaustão

física, redução severa do sistema imunológico e inibição da atividade reprodutiva (SANCHES, 2013).

O metabolismo animal com o intuito de adaptação ao estresse, fará a realocação de energia para longe das atividades de alta demanda energética, como crescimento e reprodução; e irá concentrá-la nos processos celulares que requerem intensificação, tais como respiração, locomoção, balanço hidromineral e reparação de tecidos, para restaurar a sua homeostasia (ALMEIDA, 2016).

A recuperação do estresse, em termos do retorno do cortisol plasmático aos níveis de repouso, ocorre após algumas horas, mas a avaliação disso é confundida pelo fato de que a medição geralmente envolve manutenção e subsequente manipulação de peixes em condições que possam ser percebidos como estressante (PANKHURST, 2011). Desta forma, as taxas de declínio podem ser desaceleradas se ainda existirem estressores no ambiente de recuperação (PANKHURST, 2011).

2.3 Transporte de peixes

O crescimento da aquicultura exige uma melhor compreensão do que ocorre fisiologicamente nos animais durante o transporte, aliados às mudanças que ocorrem na água do transporte ao longo do caminho (SAMPAIO et al., 2016). Este processo é inevitável, e expõe os peixes a uma série de estímulos que desencadeiam respostas fisiológicas de adaptação (GONÇALVES et al., 2010).

Sabe-se que o transporte, assim como outras práticas de manejo pré-abate, causa estresse agudo aos peixes e leva a uma série de respostas fisiológicas, como a liberação de catecolaminas e corticosteróides, bem como o aumento dos níveis de glicose no sangue (PANKHURST, 2011). Os animais passam por um estado de agitação e desequilíbrio, pois geralmente são transportados vivos e em altas densidades de estocagem, além da possibilidade de troca inadequada de água com o esgotamento de oxigênio dissolvido e acumulação de CO₂ e NH₃ (POLI, 2009).

Pode se esperar que, quanto maior for o consumo de oxigênio pelo metabolismo aeróbico do peixe, usando o glicogênio armazenado como energia, maior será a liberação de dióxido de carbono durante o transporte, fazendo com que a água se torne mais ácida; e conseqüentemente o plasma do animal apresentando hipercapnia (SAMPAIO et al., 2016). Para diminuir esse acúmulo de gás carbônico e amônia na água, que também está ligado à excreta

dos animais, é importante a realização o jejum no período previamente ao transporte; ademais, peixes em jejum consomem menos oxigênio comparado aos que foram alimentados (FREIRE et al., 2018).

Também, o tempo de descanso pós transporte antes do abate, é essencial para equilibrar novamente os processos homeostáticos 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).

2.4 Influência do estresse pré-abate sobre as alterações *post-mortem* do pescado

Para a transformação do músculo animal em carne, são necessárias transformações bioquímicas, iniciadas pelo processo denominado *rigor mortis* (MOURA et al., 2018), no qual é compreendido por três fases: o período de *pré-rigor*, o *rigor mortis* pleno e o *pós-rigor mortis* (FONTENELLE et al.; 2013).

Imediatamente após a morte do animal, se inicia a fase de *pré-rigor mortis*, onde o músculo ainda é flexível, responde aos estímulos elétricos e devido a perda da oxigenação, ocorre a glicólise anaeróbica, na qual o glicogênio é convertido em ácido lático provocando a queda do pH e a degradação de ATP (adenosina trifosfato) como fonte de energia (TAVARES, 2011; FILHO VEIGA & MESQUITA, 2018). Posteriormente, ocorre um enrijecimento muscular causado pelo esgotamento das reservas energéticas, tornando impossível a dissociação das proteínas contráteis miosina e actina (OETTERER et al., 2014; WANG et al., 2019). Nesta fase, o pH muscular é mínimo, com ausência de reação aos estímulos elétricos pelo tato (TAVARES & GONÇALVES, 2011), conhecido como *rigor mortis* pleno. Após, o músculo torna-se relaxado novamente, iniciando o *pós-rigor mortis* (BHAT et al., 2017). O amolecimento da carne é decorrente da atuação de proteases sobre as proteínas miofibrilares, facilitando a ação da autólise nos tecidos e conseqüentemente a proliferação bacteriana (TAVARES & GONÇALVES, 2011; FREITAS et al., 2015).

Desta forma, os processos bioquímicos musculares *post-mortem* desempenham um papel crucial na qualidade dos filés de peixes, e eles estão estritamente ligados a práticas pré-morte (CONCOLLATO, 2018). Visto que o *rigor-mortis* é consequência direta dos níveis de ATP presentes no organismo (PREZENZA et al., 2020), a velocidade de estabelecimento deste fenômeno é controlada, principalmente, pelas reservas de glicogênio, pH e temperatura do

músculo; sendo válido ressaltar que o grau de atividade muscular anterior ao abate influencia na quantidade de glicogênio muscular (RODRIGUES & SILVA, 2016).

O estresse sofrido pelos peixes durante as práticas de manejo pré-abate e durante o abate reduz as suas reservas energéticas (MENDES et al., 2015), pois irão utilizá-las na tentativa de fuga devido à hormônios estimulados, levando à queda de ATP (GOLÇALVES, 2018). A glicólise anaeróbica, o ATP e a sua taxa de degradação, por exemplo, podem ser muito influenciadas pelo transporte e outros agentes estressantes (CONCOLATTO, 2018), onde o gasto de ATP está ligado à anaerobiose do metabolismo devido à falta de disponibilidade de oxigênio do músculo, passando então para a degradação do glicogênio muscular (PRESENZA et al., 2020). Se as condições de estresse forem repetidas ou durarem um período mais longo, o ácido láctico resultante da glicólise será liberado, enquanto as reservas de energia serão gradualmente esgotadas (ROTABAKK et al., 2017; GONÇALVES, 2018). Consequentemente, uma rápida queda do pH muscular pode também levar à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (ROTABAKK et al., 2017). Este aumento da desnaturação das proteínas pode acarretar diminuição da capacidade de retenção de água da carne (OLSSON et al., 2003), além de levar a um amaciamento muscular mais rápido, o que não é benéfico para o músculo do peixe (HULTMANN et al., 2012).

Nesse sentido, observa-se que boas práticas de manejo durante o pré-abate podem influenciar no retardo dos processos *post-mortem*, tornando-se benéfico para a manutenção do frescor do pescado (VARGAS, 2011; FONTENELLE et al., 2013), pois após essa transformação do músculo, ocorrem diversas mudanças nas características organolépticas na carne, como cor, aroma, odor e sabor (VARGAS, 2011; BHAT et al., 2017), além da ação autolítica das enzimas musculares e dos microrganismos, culminando na total deterioração da qualidade do produto (FONTENELLE et al., 2013).

Além do *rigor mortis* apresentar influência sobre a qualidade do pescado, também têm grande importância no processamento do produto (BHAT et al., 2017), sendo ideal para a maioria das espécies de peixes que a filetagem seja realizada enquanto o músculo ainda esteja em estado de *pré-rigor* (BIRKELAND & ASKE, 2010). A filetagem durante o *pré-rigor* pode melhorar a eficiência na planta de processamento e na qualidade da carne, pois o processamento dos filés é realizado diretamente após o abate, em vez de 3 a 5 dias depois, após a resolução do *rigor mortis* (MOKORE et al., 2010; DIGRE et al., 2013). Ademais, a filetagem durante o *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 quebras nos mioseptos (KRISTOFFERSEN et al., 2006). Quanto mais rápido for o início do *rigor mortis*, mais difícil

será processar o peixe durante o período de *pré-rigor*, ocasionando em redução do rendimento, aumento da incidência de *gapping* (rasgadas) e diminuição da capacidade de retenção de água (DASKALOVA, 2019).

2.5 Qualidade da carne do pescado e métodos de avaliação

O pescado é considerado a fonte de proteína mais perecível, comparada à outras carnes, uma vez que possui alto conteúdo de água em seus tecidos, grande quantidade de nutrientes atrativos aos microrganismos, além do pH próximo à neutralidade, e pouca quantidade de tecido conjuntivo, que deixa vulnerável a musculatura aos ataques das enzimas endógenas e à ação microbiana (YAMADA et al., 2005; SOARES et al., 2012; AMARAL & FREITAS., 2013). Sendo assim, é de suma importância compreender os mecanismos das alterações e utilizar parâmetros de controle de qualidade sobre o frescor do alimento.

O termo qualidade de carne é abrangente e envolve aspectos sensoriais, funcionais e nutricionais (TISUJII, 2018). Sendo que, para avaliar o grau de qualidade e frescor do pescado, podem-se utilizar tanto os métodos sensoriais, quanto os químicos, físico-químicos e microbiológicos (OLIVEIRA et al., 2014).

Embora os parâmetros de análise sensorial se enquadram em avaliações simples como coloração, maciez, sabor, suculência e odor (OLIVEIRA et al., 2014; TISUJII, 2018), são de grande importância e aplicabilidade ao pescado. Já os métodos mais rebuscados como os físicos, são eficientes para relatar as mudanças que ocorrem nas propriedades físicas do músculo, como pH, tensão das fibras musculares, propriedades elétricas, dureza do músculo e viscosidade do suco extraído da carne (BORDIGNON, 2015). Os métodos químicos são utilizados para avaliar as mudanças que são complexas de distinguir, como a atividade microbiana ou enzimática (BORDIGNON, 2015), e os microbiológicos para se conhecer o grau de contaminação do alimento para consumo.

2.5.1 pH

O pH muscular tem grande influência na qualidade do pescado, pois afeta as propriedades de retenção de água e de textura dos produtos, devido sua ação na solubilidade e funcionalidade das proteínas (ZHANG, 2017).

A redução do pH ocorre com a geração de íons H^+ associada à produção de ácido lático,

bem como o colapso das reservas de ATP e glicogênio (SANTOS, 2013). Em condições ideais, quanto maiores forem as reservas energéticas durante os processos *post-mortem*, maior é a acidificação do músculo, gerando elevada proteção contra o ataque bacteriano (MARTINS, 2014). Vale salientar que naturalmente o músculo dos peixes contém menor taxa de glicogênio comparado ao músculo dos mamíferos, o que geralmente leva à produção de menos ácido lático em ação às bacterioses (ZHANG, 2017). O pH do pescado geralmente se encontra entre 5,4 e 6,2, insuficiente para inibir o crescimento de microrganismos, entretanto, ideal para a ativação de enzimas proteolíticas do músculo (FILHO VEIGA & MESQUITA, 2018).

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 (ROTABAKK et al., 2017). Após o esgotamento das reservas energéticas, se tem a resolução completa do *rigor mortis*, seguido do aumento do valor do pH, devido ao acúmulo de substâncias resultantes da degradação de protídeos como amônia e trimetilamina (GONÇALVES, 2018).

Quando o pH aumenta, também há um aumento da carga líquida negativa, pois as proteínas se afastam do seu ponto isoelétrico, e conseqüentemente geram uma maior repulsão eletrostática entre elas, favorecendo a retenção de água no produto (CARNEIRO et al., 2013). O ponto isoelétrico de proteínas miofibrilares (miosina e actina) são aproximadamente 5,0, logo quanto mais as proteínas estão longe deste ponto, maior a capacidade de retenção de água no músculo e menor é o impacto sobre a estrutura dos sarcômeros (ZHANG, 2017).

2.5.2 Cor

A cor da carne é um aspecto importante da qualidade e o primeiro julgamento do consumidor, uma vez que os consumidores compram principalmente o produto pela sua aparência. A cor pode ser definida como a sensação visualizada pelo indivíduo quando a energia da luz correspondente ao espectro visível atinge a retina do olho (RIBEIRO et al., 2007).

Os componentes matiz e croma da cor da carne são dominados pelo pigmento mioglobina, que muda de cor dependendo do seu estado bioquímico, e especialmente pelo seu grau de oxidação ou redução (PURSLOW et al., 2020). Em peixes, apenas o músculo vermelho lateral superficial, que é rico em mioglobina, exhibe cor intensa (geralmente marrom), enquanto o músculo branco é bastante translúcido (LISTRAT et al., 2016).

No sarcoplasma, a mioglobina interage com outras biomoléculas solúveis em água,

onde essas interações são necessárias para cumprir sua função em músculos vivos e modular a funcionalidade da proteína em carnes (SUMAN & POULSON, 2013). Este princípio contribui para certos fenômenos de cor observados nas carnes, pois a oxidação lipídica gera produtos secundários reativos, como aldeídos, que comprometem estabilidade de cor por adução nos resíduos de histidina em mioglobina (SUMAN & POULSON, 2013).

É importante observar que algumas das alterações na coloração relacionadas ao estresse pré-abate pode ser devido à rápida depleção de ATP e também às alterações no pH da carne (DASKALOVA, 2019). Uma vez que, a perda de cor é causada pela insolubilização de proteínas musculares como resultado de baixo pH e subsequente perda de exsudato (*drip loss*) ocorrido durante o *pré-rigor* e desenvolvimento do *rigor mortis* (BORDÉRIAS & ALONSO, 2011), na qual causam mudanças no reflexo da luz da superfície da carne, resultando em palidez (DASKALOVA, 2019). Já a coloração vermelha é resultante de temperaturas ambientais superiores a 32°C e devido ao aumento do pH, proporcionando aparência indesejável aos filés, com coloração avermelhada e/ou escura, além de adquirir textura macia e exsudativa (ZHANG, 2017).

As coordenadas L*, a* e b* do sistema de espaço CIELAB é uma das metodologias mais difundidas para determinar a coloração da carne, onde L* representa a claridade ou luminosidade; a croma a* representa a oposição entre as cores vermelho e verde, sendo os valores positivos correspondentes a cor vermelha e os valores negativos a cor verde; enquanto que a croma b* representa a oposição entre as cores azul e amarelo, sendo os valores positivos ao amarelo e os negativos ao azul (PASSETTI et al., 2016).

2.5.3 Textura instrumental

A textura muscular é uma característica sensorial que está diretamente associada à qualidade da carne do pescado e é o principal fator de exigência pela percepção do consumidor em relação ao produto (VARGHESE et al., 2017; SINGH et al., 2019), pois espera-se que a carne seja firme, mas com certa maciez e permanência agradável ao mastigar (VARGHESE et al., 2017).

O estado das fibras musculares e proteínas do tecido conjuntivo influencia em grande parte a textura da carne, sendo que ambas as proteínas e as fibras musculares estão intimamente ligadas à dureza muscular (SINGH et al., 2019). A deterioração da textura ocorre durante as alterações *post-mortem* e são frequentemente associadas a desnaturação de proteínas

(VARGHESE et al., 2017). O estresse físico das miofibrilas e tecidos conjuntivos como resultado de atividade muscular vigorosa antes do abate, aumenta a ativação das proteases musculares, levando ao amolecimento da carne (HULTMANN et al, 2012; ZHANG, 2017; DASKALOVA, 2019). Pode-se sugerir que o amolecimento relacionado ao estresse está principalmente associado ao aumento da atividade das catepsinas, pois o estresse nos peixes é geralmente manifestado por valores mais baixos de pH, que geralmente estão mais próximos das faixas ideais de pH para essas enzimas (DASKALOVA, 2019).

Problemas relacionados à textura, como amolecimento, tornarão o peixe inadequado para processamento e consumo (VARGHESE et al., 2017). A medição da textura instrumental pode ser realizada por diferentes técnicas desenvolvidas, na qual baseiam-se em princípios reológicos como a compressão, punção ou força de cisalhamento (SANTOS, 2013).

2.5.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

Entre as propriedades físico-químicas fundamentais para a agregação de valor do pescado, está a capacidade da carne em reter água durante sua conservação e processamento (SANTOS, 2013), já que é através desta propriedade que se verifica a intensidade com que a carne consegue armazenar e manter o seu conteúdo aquoso (BORDIGNON, 2015). A perda excessiva de água não é desejável ao consumidor e nem à indústria de processamento, pois provoca perdas nas características sensoriais da carne, como a textura, a maciez, a coloração e a suculência, tornando-a pouco atrativa (ROQUE-SPECHT, 2009).

As proteínas miofibrilares são responsáveis pela retenção de água no músculo, onde aproximadamente 70% da água está retida dentro ou entre as miofibrilas (MELO, 2015). Fatores internos ou externos como alteração do pH ou processos de homogeneização, respectivamente, podem produzir uma alteração na CRA (MELO, 2015).

A diminuição do pH, após finalizados os processos de *rigor mortis*, principalmente em situações de estresse, causa a atividade acelerada de algumas enzimas proteolíticas, reduzindo a capacidade de retenção de água na carne (VARGHESI, et al 2017; DASKALOVA, 2019). Quando o pH aumenta, há um aumento da carga líquida negativa, pois as proteínas se afastam do seu ponto isoelétrico, e conseqüentemente geram uma maior repulsão eletrostática entre elas, favorecendo a retenção de água no produto (CARNEIRO et al., 2013).

2.5.5 Perda por cozimento (PPC)

A suculência do pescado é determinada pelas perdas de líquidos que ocorrem durante o cozimento, caracterizando a intensidade de liberação do suco da carne (BORDIGNON, 2015). Essas perdas por cocção são as que ocorrem durante o processo de preparo da carne para o consumo, calculadas pela diferença entre o peso inicial e final das amostras (SANTOS, 2013). É um parâmetro importante, pois pode afetar a aceitação da carne, já que pode alterar significativamente sua cor, textura, além de influenciar no seu valor nutritivo, pois no suco eliminado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais (COSTA, 2009).

A redução da suculência da carne é causada em grande parte, pela eliminação da água durante o cozimento, sendo proporcionalmente menor à sua capacidade de retenção de água (COSTA, 2009). Segundo Castro (2007), estudos tem demonstrado que a relação entre a rápida queda do pH, o estabelecimento do *rigor mortis* com a temperatura acima do esperado, leva a perdas de água no músculo; na qual se torna um processo pelo qual a carne tem suas características alteradas e que influenciam no rendimento final (FREIRE et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais experimentais

Os peixes amostrados foram provenientes do cultivo em viveiros escavados, em piscicultura comercial localizada no Município de Ponta Porã - MS. Foram utilizados 75 exemplares do peixe híbrido patinga (*Piaracutus mesopotamicus*♀ x *Piaractus brachypomus*♂), com peso médio de $1,81 \pm 0,36$ kg. Antes da despesca, todos os peixes foram mantidos em jejum por 48 horas, para esvaziamento do trato digestório.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, sendo quatro tempos de recuperação do transporte (0, 2, 4 e 6 horas) e duas fases de processamento (pré e pós-*rigor mortis*), além de um tratamento controle (15 peixes retirados do viveiro e imediatamente eutanasiados por secção da medula), em um total de 9 tratamentos. Foram amostrados 15 peixes por tempo de recuperação, totalizando 75 peixes. De cada tempo de recuperação, foi realizado o processamento de 10 peixes durante o período de pré-*rigor mortis* e, 24 horas depois, após a resolução do *rigor mortis*, foram processados mais 5 peixes por tratamento (em fase de pós-*rigor mortis*), totalizando 75 peixes amostrados.

Para as amostragens do tratamento controle, os peixes foram despescados do viveiro com auxílio de rede de arrasto, sendo procedida a coleta de sangue por punção caudal e eutanásia por secção da medula espinhal. Os peixes foram acondicionados em gelo e transportados até a unidade de 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 225 kg de peixe/m³. Foi utilizada uma caixa apropriada para a locomoção de peixes vivos, fabricada em fibra de vidro e com capacidade para 500 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 ± 1 °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, no trajeto entre as unidades de colheita e processamento. Após o transporte, foram amostrados 15 peixes do tratamento 0 h, e os animais restantes foram distribuídos em três em caixas d'água de 2000 litros, sendo que cada caixa correspondia a um tratamento (2, 4 e 6 horas de repouso pós-transporte) (FIGURA 1). Foram colocados 15 peixes em cada tanque, que estavam ligados em um sistema de recirculação de água, disposto no Laboratório de Área Aquícola da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da UFGD.



FIGURA 1. Caixas utilizadas nos tratamentos 2, 4 e 6 horas de repouso pós transporte dos peixes *in vivo*.

Os peixes de cada tratamento (0, 2, 4 e 6 horas de repouso pós-transporte) foram submetidos à coleta de sangue por punção veno-caudal e eutanásia por secção da medula espinhal, sendo acondicionados em gelo e levados até o Laboratório de Tecnologia de Carnes da FCA (UFGD), onde foi realizado o processamento dos animais.

Os peixes do pré-*rigor mortis* (n=10 por tratamento) foram imediatamente processados, enquanto os peixes do pós-*rigor mortis* (n=5 por tratamento), aguardou-se a resolução completa do *rigor mortis* em temperatura ambiente para posteriormente, serem armazenados inteiros em

refrigerador ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) por 24 horas e processados para retirada dos filés.

Para tanto, os peixes foram submetidos à descamação manual, com posterior abertura ventral da cavidade abdominal, desde o orifício urogenital até os ossos da mandíbula, seguido de retirada cuidadosa das vísceras. Os peixes foram decapitados, e submetidos à filetagem manual.

Os filés inteiros com pele foram lavados em água clorada, sendo retirada uma amostra do músculo dorsal branco ($\pm 5\text{ g}$) para análises bioquímicas e histológicas. Por fim, os filés foram embalados individualmente em bandejas de isopor e sacos plásticos identificados, sendo refrigerados ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) até o momento das análises.

As análises dos parâmetros de qualidade da carne realizadas 24 horas após o abate foram realizadas nos filés do lado direito dos peixes. Os filés do lado esquerdo foram submetidos ao armazenamento sob congelamento ($\pm 18^{\circ}\text{C}$), em que se definiu um congelamento por 45 dias, e posteriormente foram repetidas as análises dos parâmetros de qualidade da carne (pH, cor, capacidade de retenção de água, textura e perda por cozimento).

3.3 Determinação da glicose sanguínea

Cada peixe ($n=15$ por tratamento) foi submetido à coleta de 2 mL de sangue por punção caudal, com o auxílio de seringas descartáveis heparinizadas. 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, apresentou a concentração de glicose em g/dl.

3.4 Parâmetros de qualidade dos filés

Foram analisados o pH, cor, capacidade de retenção de água, perda de água por cozimento e força de cisalhamento, em 10 filés processados no *pré-rigor* e 5 filés processados no *pós-rigor mortis*, por tempo de recuperação do transporte. Todas as análises foram realizadas 24 horas *post-mortem*.

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



FIGURA 2. Análise do pH do filé.

As medidas de luminosidade foram realizadas na face ventral do filé tomando seis pontos diferentes de leitura por amostra (FIGURA 3). Os valores de luminosidade (L^*) serão avaliados utilizando um colorímetro (Minolta® modelo CR-10), 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).



FIGURA 3. Medida do parâmetro coloração do filé (cor vermelha, cor amarela e luminosidade).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada em triplicata, conforme Barbut et al. (1996). 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/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 (FIGURA 4).

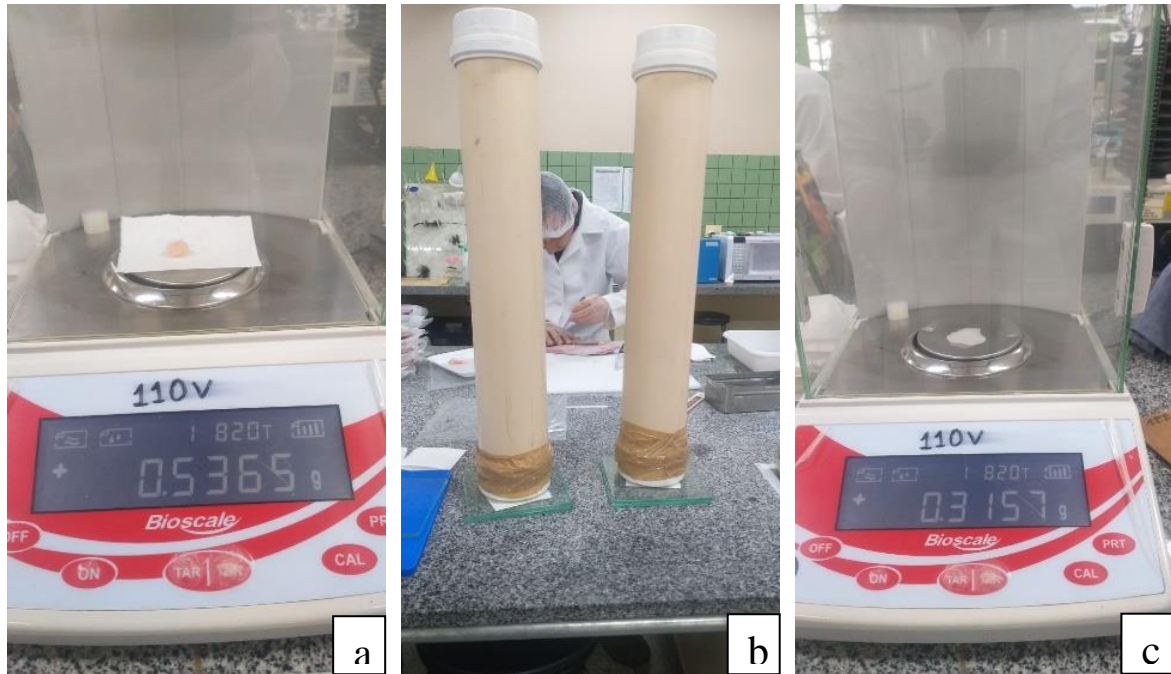


FIGURA 4. (a) pesagem de $\pm 0,5$ g de amostra do filé (b) pressão sobre as amostras em placa de vidro com peso de 10 kg (b) pesagem da amostra após pressão aplicada do peso.

A mensuração da perda de água por cozimento foi realizada 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 (FIGURA 5).

A análise da maciez dos filés foi procedida através da medida da resistência ao corte (força de cisalhamento) (FIGURA 6). 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, os filés 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 triplicata por filé, obtendo o parâmetro de força de cisalhamento em Newton (N).



FIGURA 5. (a) pesagem de 70g de amostra do filé para análise de PPC; (b) pesagem da amostra do filé após o banho-maria.

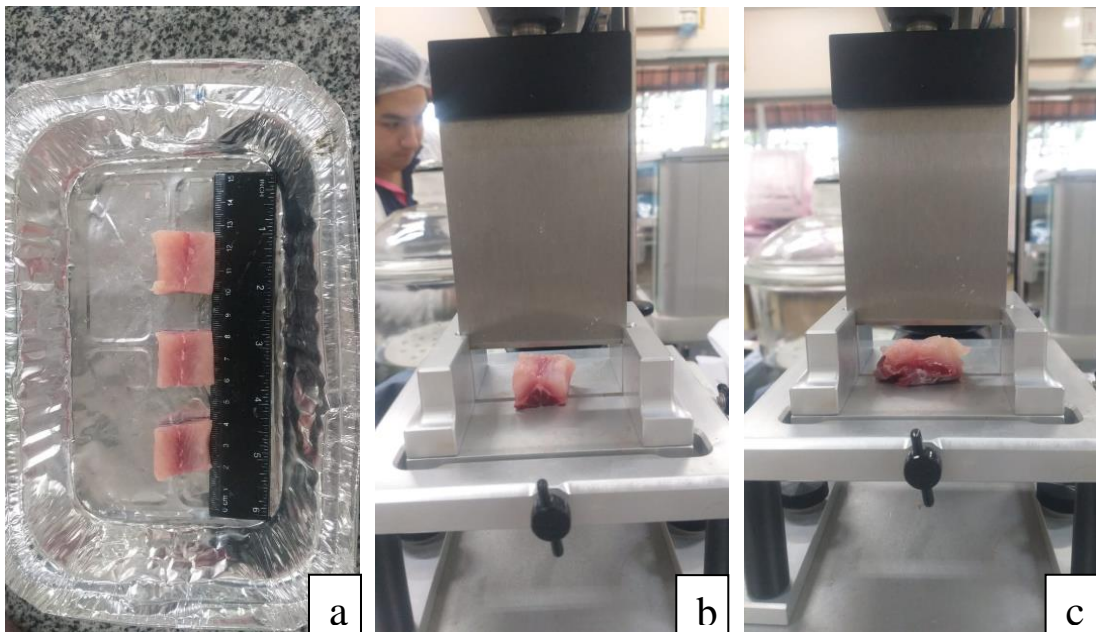


FIGURA 6. (a) cortes do filé (20x25x20) para análise de textura (b) corte da amostra filé com a guilhotina (c) amostra do filé após o corte.

3.5 Análise estatística

Para os resultados de glicose sanguínea, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (0, 2, 4 e 6 horas de repouso pós-transporte), mais um tratamento controle. Estes dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e em caso de diferenças significativas ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de Tukey para observar diferenças entre médias. Os tratamentos foram comparados com a média do controle pelo teste de Dunnett.

Os resultados dos parâmetros de qualidade da carne foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando-se o procedimento Factorial ANOVA - General Linear Models, 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. As médias dos tratamentos do esquema fatorial foram comparadas com as médias do tratamento controle pelo teste de Dunnett, comparando médias do pré-*rigor* e do pós-*rigor mortis*, separadamente. Todos os dados foram expressos como média \pm erro padrão da média. As análises foram realizadas no software STATISTICA 7.1® (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

4 RESULTADOS

4.1 Glicose sanguínea

Para a glicose sanguínea (FIGURA 7), pode-se observar uma diminuição ($P < 0,0001$) deste parâmetro conforme o aumento dos tempos de repouso, sendo as maiores médias de glicose observadas nos tempos 0 e 2 horas de repouso, e a menor média foi verificada após 6 horas de repouso pós-transporte. Ao comparar as médias de glicose sanguínea dos peixes nos diferentes tempos de repouso com o tratamento controle, verificou-se que somente após 6 horas de repouso a média de glicose foi igual à média do tratamento controle, demonstrando que após este período os peixes retornaram aos valores de glicemia iniciais.

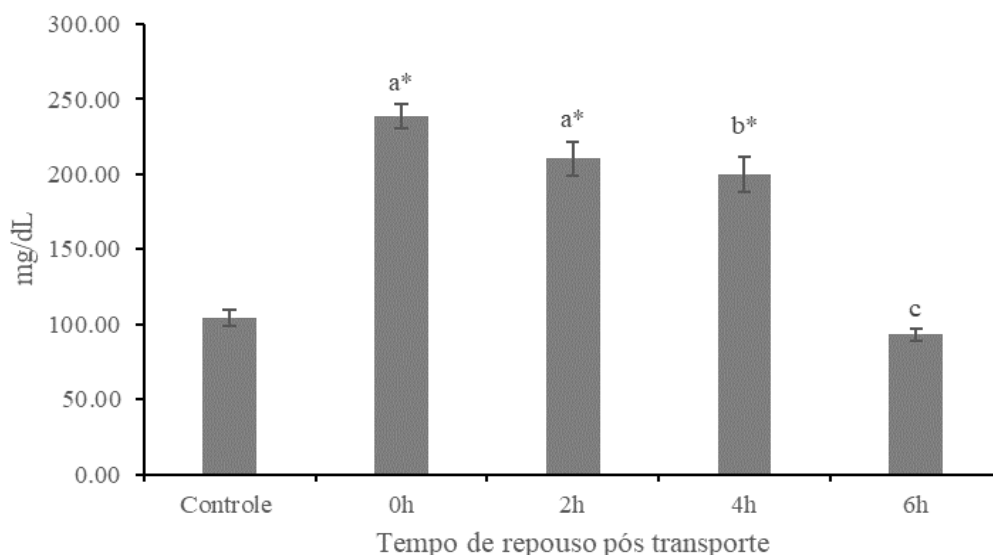


FIGURA 7. Glicose sanguínea de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós-transporte. Barras verticais representam o erro padrão da média. Letras distintas indicam diferença ($P < 0,0001$) pelo teste de Tukey. *Médias diferem do tratamento controle.

4.2 Parâmetros de qualidade dos filés 24 horas após o abate

Para os parâmetros de qualidade dos filés 24 horas após o abate (TABELA 1), a interação entre o tempo de repouso pós transporte e o estado de *rigor mortis* proporcionou efeito significativo ($P < 0,05$) para as análises do tratamento com 6 horas de repouso em estado de *pré-rigor mortis*, que apresentaram filés com maior luminosidade (L^*) e maior força de cisalhamento, quando comparado aos outros tratamentos. Também ocorreu a interação entre o

tempo de repouso e estado de *rigor mortis*, para intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*), onde os filés do tratamento com tempo de 4 horas de repouso em estado de *pré-rigor mortis* tiveram maior intensidade de vermelho, já em estado de *pós-rigor mortis* maior intensidade de amarelo.

Avaliando o fator tempo de repouso pós transporte isoladamente, foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para as intensidades de vermelho, de amarelo e CRA, onde o tratamento com tempo de repouso de 2 horas apresentou filés com maior intensidade de vermelho e menor CRA; e o com o tempo de repouso de 4 horas, filés com maior intensidade de amarelo. Tanto para os tratamentos com tempos de repouso de 2 horas e 4 horas foram verificados filés com maior PPC.

Quando avaliado o estado de *rigor mortis* isoladamente, verificaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) para os parâmetros pH, luminosidade, intensidade de amarelo, PPC e CRA, na qual os filés processados em estado de *pré-rigor* apresentaram maior pH, maior luminosidade, maior intensidade de amarelo, maior PPC e menor CRA.

Comparando as médias do esquema fatorial em estado de *pré-rigor* com o tratamento controle (abate pré-transporte) também em estado de *pré-rigor*, apenas as médias obtidas para PPC nos filés do controle não se diferiram ($P > 0,05$) das demais. Para o pH todas as médias se diferiram e foram superiores ao controle em estado de *pré-rigor mortis*. Para a intensidade de vermelho e CRA, o tratamento em estado de *pré-rigor* com 2 horas de repouso, foi o que se diferiu da média do controle. Para a luminosidade e força de cisalhamento, o tratamento em estado de *pré-rigor* com 6 horas de repouso foi o que apresentou médias diferentes ao controle. Tanto para os tratamentos com 0 horas e 6 horas de repouso, em estado de *pré-rigor*, as médias de intensidade de amarelo foram diferentes ao controle.

Ao se analisar as médias do esquema fatorial e o tratamento controle ambos em estado de *pós-rigor mortis*, a força de cisalhamento foi igual para todos os tratamentos ($P > 0,05$). Já para luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo as médias diferiram do controle em estado de *pós-rigor*, sendo que a luminosidade se apresentou diferente para o tempo de repouso de 4 horas; a intensidade de vermelho para os tempos de 2 horas e 6 horas de repouso; e a intensidade de amarelo para os tempos de 4 e 6 horas de repouso.

TABELA 1. Parâmetros de qualidade dos filés de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós transporte, 24 horas após o abate.

Tempo de repouso	Estado de <i>Rigor mortis</i>	pH	L	a*	b*	Perda por cozimento (%)	Capacidade de retenção de água (%)	Força de cisalhamento (N)
0h	Pré	6.25±0.02*	48.99±0.36 b	0.69±0.41 b	1.17±0.14 b*	10.58±1.05	59.32±0.27	83.00±3.43 b
	Pós	6.16±0.02	49.94±0.32 ab	-0.15±0.02 b	0.05±0.02 c	10.02±0.37	63.66±0.54	103.18±6.95 ab
2h	Pré	6.25±0.04*	49.55±0.63 ab	2.12±0.40 a*	1.76±0.23 ab	13.48±0.63	56.61±0.73*	89.24±2.87 ab
	Pós	6.15±0.08	48.74±1.01 ab	1.87±0.34 a#	0.58±0.24 bc	12.30±0.74	60.30±1.18	80.32±4.90 b
4h	Pré	6.26±0.03*	49.49±0.17 ab	0.97±0.23 ab	2.53±0.16 a	14.31±0.33	59.89±0.56	94.13±4.61 ab
	Pós	6.12±0.07	47.99±0.43 b#	-0.46±0.28 b	1.06±0.06 bc#	10.17±0.23	61.70±1.30	85.50±1.19 ab
6h	Pré	6.25±0.03*	51.11±0.32 a*	0.11±0.22 b	1.21±0.23 b*	11.24±0.68	59.80±0.75	106.95±6.36 a*
	Pós	6.07±0.02	48.84±0.65 b	0.95±0.07 ab#	1.33±0.16 b#	11.09±0.81	62.33±0.55	86.01±3.82 ab
Controle (pré-transporte)	Pré	6.04±0.05	48.83±0.41	1.03±0.25	2.05±0.11	13.20±0.97	60.63±1.60	88.28±4.60
	Pós	6,13±0,03	50,88±0,38	-0,17±0,11	0,19±0,21	10,58±0,73	62,2±0,34	83,53± 9,73
Tempos de repouso								
	0h	6.21±0.02	49.27±0.30	0.38±0.28 b	0.80±0.21 b	10.37±0.65 b	60.90±0.70 a	91.07±4.61
	2h	6.22±0.04	49.35±0.52	2.06±0.30 a	1.37±0.24 b	13.09±0.49 a	57.62±0.78 b	86.26±2.70
	4h	6.22±0.03	49.08±0.26	0.43±0.31 b	2.21±0.25 a	13.07±0.67 a	60.39±0.56 a	91.78±3.52
	6h	6.20±0.03	50.16±0.46	0.42±0.19 b	1.25±0.16 b	11.19±0.50 b	60.49±0.66 a	100.67±5.49
Estado de rigor								
	Pré- <i>rigor mortis</i>	6.25±0.01 a	49.76±0.25 a	1.02±0.22	1.67±0.14 a	12.63±0.43 a	58.89±0.39 b	93.57±2.67
	Pós- <i>rigor mortis</i>	6.12±0.02 b	48.87±0.35 b	0.53±0.26	0.76±0.16 b	11.00±0.39 b	62.12±0.53 a	89.18±3.42
Efeitos								
	Tempo	0,6447	0,1603	0,0001	0,0012	0,0073	0,0028	0,1667
	Estado de Rigor	0,0001	0,0307	0,1179	0,0000	0,0077	0,0000	0,2355
	Tempo*Estado de Rigor	0,6173	0,0470	0,0280	0,0082	0,0542	0,3935	0,0041

*Médias diferem do tratamento controle no pré-*rigor mortis*. #Médias diferem do tratamento controle no pós-*rigor mortis*. Dados expressos em média±erro padrão da média (P<0,05).

4.3 Parâmetros da qualidade dos filés após 45 dias de armazenamento sob congelamento

Avaliando os parâmetros de qualidade dos filés após 45 dias (TABELA 2), a interação entre o tempo de repouso pós transporte e o estado de *rigor mortis* acarretou efeito significativo ($P < 0,05$) para o pH, luminosidade, intensidade de vermelho, CRA e força de cisalhamento. O maior pH foi observado em filés do pós-*rigor mortis* de peixes com 0 h de recuperação. O tratamento em estado de pós-*rigor* com tempo de repouso de 6 horas desencadeou filés com maior luminosidade e menor CRA. No tratamento em estado de pré-*rigor* com 2 horas de tempo de repouso se observou maior intensidade de vermelho. A força de cisalhamento foi maior em filés de peixes submetidos a 4 h de recuperação, no pós-*rigor mortis*.

Quando avaliado o efeito tempo de repouso pós transporte isoladamente, foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para pH, CRA, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. Sendo que o pH e a intensidade de amarelo foram maiores para os filés do tratamento com 4 horas de repouso pós transporte. Já a CRA foi menor para o tratamento com 6 horas de tempo de repouso e a intensidade de vermelho foi maior para o tratamento de 4 horas de repouso pós transporte.

Para o efeito do estado de *rigor-mortis* isoladamente, observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) apenas para os parâmetros PPC e CRA, na qual os filés sofreram menor perda por cozimento e maior capacidade de retenção de água quando processados em estado de pós-*rigor*.

Comparando o esquema fatorial ao controle (abate pré-transporte) ambos em estado de pré-*rigor*, os parâmetros luminosidade, intensidade de amarelo e PPC não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$). Já as demais análises acarretaram médias diferentes ao controle ($P < 0,05$). Sendo que os filés do tratamento 2 horas de repouso pós transporte apresentaram maior intensidade de vermelho, os filés do tratamento 4 horas de repouso menor força de cisalhamento, os filés do tratamento com 0 horas de repouso apresentaram menor pH e os filés do tratamento com 6 horas de repouso menor CRA, em comparação com as médias do controle.

Se tratando da comparação entre o esquema fatorial ao controle quando ambos se comportam em estado de pós-*rigor*, não foram observadas diferenças significativas para as médias ($P > 0,05$) de luminosidade, intensidade de amarelo e PPC. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para a intensidade de vermelho e força de cisalhamento, em que os filés do tratamento com 2 horas de repouso se comportaram com maior intensidade de vermelho e os filés do tratamento com 6 horas de repouso menor força de cisalhamento, em comparação com as médias do controle.

TABELA 2. Parâmetros de qualidade dos filés de patingas submetidas a diferentes tempos de repouso pós transporte, após 45 dias de armazenamento sob congelamento.

Tempo de repouso	Estado de <i>Rigor mortis</i>	pH	L	a*	b*	Perda por cozimento (%)	Capacidade de retenção de água (%)	Força de cisalhamento (N)
0h	Pré	6,14±0,03 b*	47,96±0,63 b	0,58±0,18 bc	2,49±0,31	19,77±0,57	55,00±0,66 ab	30,06±1,68 ab*
	Pós	6,60±0,06 a	48,90±0,77 ab	0,78±0,12 bc	2,59±0,21	16,81±0,79	54,54±1,58 ab	27,91±2,15 ab
2h	Pré	6,26±0,08 b	49,21±0,49 ab	2,08±0,28 a*	3,84±0,29	18,93±0,67	54,38±0,56 ab	33,63±1,58 ab
	Pós	6,10±0,07 b	49,83±0,41 ab	2,20±0,24 ab [#]	4,36±0,44	17,45±1,77	50,49±1,19 bc	28,71±2,75 ab
4h	Pré	6,39±0,05 ab	48,12±0,69 b	1,29±0,34 ab	4,36±0,33	20,10±0,29	52,62±0,79 abc	27,22±1,66 b*
	Pós	6,36±0,13 ab	49,54±1,55 ab	-0,29±0,21 c	4,27±0,93	17,01±0,41	57,65±0,87 a	37,44±0,56 a
6h	Pré	6,21±0,04 b	51,12±0,52 a	0,001±0,19 c	2,98±0,48	19,61±1,04	49,12±1,19 c*	29,10±2,04 ab*
	Pós	6,23±0,13 b	48,15±0,57 ab	0,78±0,15 bc	3,65±0,11	17,80±0,56	56,49±0,33 a	25,72±1,24 b [#]
Controle (pré-transporte)	Pré	6,32±0,03	49,34±0,54	0,51±0,25	3,72±0,31	18,15±0,61	53,52±0,91	36,69±2,12
	Pós	6,34±0,06	48,91±0,24	0,35±0,17	3,18±0,17	17,30±0,40	54,15±1,15	33,88±2,92
Tempos de repouso								
	0h	6,31±0,08 ab	48,24±0,50	0,65±0,12 b	2,52±0,22 c	19,03±0,66	54,85±0,64 a	29,35±1,31
	2h	6,20±0,06 b	49,46±0,34	2,12±0,19 a	4,01±0,24 ab	18,44±0,72	52,97±0,79 ab	32,16±1,49
	4h	6,38±0,05 a	48,63±0,70	0,76±0,35 b	4,33±0,31 a	19,26±0,49	53,88±0,90 a	30,29±1,94
	6h	6,22±0,05 b	50,13±0,62	0,26±0,19 b	3,20±0,33 bc	18,88±0,70	51,13±1,34 b	27,87±1,42
Estado de rigor								
	Pré- <i>rigor mortis</i>	6,24±0,03	49,02±0,38	0,97±0,20	3,47±0,22	19,64±0,32 a	52,73±0,57 b	30,01±0,93
	Pós- <i>rigor mortis</i>	6,32±0,07	49,19±0,48	0,86±0,26	3,76±0,28	17,35±0,45 b	54,47±0,93 a	29,50±1,44
Efeitos								
	Tempo	0,0184	0,3954	0,0000	0,0020	0,9206	0,0343	0,0911
	Estado de Rigor	0,1762	0,9944	0,5197	0,3490	0,0005	0,0123	0,9674
	Tempo*Estado de Rigor	0,0006	0,0421	0,0012	0,8219	0,7116	0,0000	0,0038

Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey. *Médias diferem do tratamento controle no pré-*rigor mortis*. #Médias diferem do tratamento controle no pós-*rigor mortis*. Dados expressos em média±erro padrão da média

5 DISCUSSÃO

5.1 Glicose sanguínea

Um bom parâmetro como indicativo de resposta secundária ao estresse fisiológico é a glicose sanguínea, pois em condições de estresse as catecolaminas estimulam a gliconeogênese, o que resulta na liberação de glicose do fígado para o sangue, levando a uma hiperglicemia do animal (KUBITZA, 1997; CASTRO & FERNANDES, 2009). Além disso, para a sua determinação são usualmente utilizadas metodologias acessíveis ao mercado e de fácil manuseio em meio ao campo (SILVEIRA et al., 2009).

A glicose sanguínea nos peixes do grupo controle, previamente ao transporte, indicou que os animais haviam sofrido o estresse mínimo durante o manejo de despesca, uma vez que apresentaram uma glicemia menor, quando comparados aos tratamentos de 0, 2 e 4 horas de repouso pós-transporte. Estudos relatam que o efeito do estresse é muito mais pronunciado durante a captura, o carregamento e a primeira hora de transporte, do que durante todo o transporte propriamente dito (SILVEIRA, 2009). Durante transportes mais longos, os animais têm mais tempo para se adaptar às condições do meio após o estresse sofrido pelo manejo (ZHU et al., 2014; GOES et al., 2015); ao contrário do que foi vivenciado neste estudo, em que se ocorreu um transporte de curto tempo.

Neste estudo, foi observado que após 4 horas e 6 horas de repouso os animais haviam diminuído gradualmente o estresse. Já quando os tratamentos foram comparados com o controle, foi possível determinar que após 6 horas de repouso pós-transporte os animais haviam se recuperado totalmente do estresse sofrido durante o período de transporte, visto que estes animais apresentaram índices de glicose similares ao controle. De fato, Pankhurst (2011) propõe que 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.

É importante notar que as alterações na glicose circulante provocadas por um agente estressor podem variar dependendo de características como espécie, tamanho, sexo, método e nível de estresse aplicado; assim como, pode variar a capacidade de retorno às condições basais quando cessa o estímulo estressor (TAKAHASHI et al., 2006). O aumento da glicose plasmática também foi indicativo de estresse ao transporte, em que para o tambaqui (*Colossoma macropomum*) os valores aumentaram de 27,0 mg dL⁻¹, na despesca, para 70,8 mg dL⁻¹, após o transporte e retornaram depois de recuperação de 24 horas (31,1 mg dL⁻¹) e 48 horas (28,1

mg dL⁻¹) (MENDES et al., 2015). Em estudos com o pacu, estocados em viveiro de terra durante o repouso pós transporte, houve progressiva diminuição na glicose circulante em relação à concentração registrada imediatamente após o transporte, perfil mais evidente nas amostragens de 24 e 72 horas, onde a concentração de glicose dos peixes caiu significativamente 72 horas após o transporte em comparação à chegada (TAKAHASHI et al., 2006). Isso também foi observado com o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), na qual a glicose se elevou após o transporte, retornando aos valores basais em 72 horas (FAGUNDES, 2009).

5.2 Qualidade dos filés 24 horas após o abate

Na análise dos parâmetros de qualidade em 24 horas após o abate, verificou-se que, de forma geral, os filés apresentaram maior pH durante o estado de *pré-rigor mortis*, em relação ao *pós-rigor*. De fato, sabe-se que no pescado o pH aumenta conforme o avanço da resolução do *rigor mortis* e atinge valores ligeiramente inferiores ao *pré-rigor* (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994), assim como o observado neste estudo.

Em diversas espécies, sabe-se que o pH pode estar relacionado ao estresse do manejo pré-abate (MATOS et al., 2010). Quando as condições de estresse são repetidas ou duram um período mais longo, o ácido láctico resultante da glicólise anaeróbica é liberado, enquanto as reservas de energia são gradualmente esgotadas (ROTABAKK et al., 2017; GONÇALVES, 2018). Conseqüentemente, uma rápida queda do pH muscular pode levar à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (ROTABAKK et al., 2017), e este aumento da desnaturação das proteínas pode acarretar diminuição da capacidade de retenção de água da carne (OLSSON et al., 2003). Porém, neste estudo, não se pode correlacionar os níveis de estresse pré-abate com o pH dos filés medidos após 24h, uma vez que não houve diferenças significativas para os tempos de repouso pós-transporte. Entretanto, os outros parâmetros de qualidade da carne foram afetados, indicando que possivelmente a velocidade de queda do pH pode estar mais relacionada com os efeitos sobre os demais parâmetros de qualidade, do que somente o pH após resolução do *rigor mortis*. De fato, diversos trabalhos apontam que o pH final (após 24 horas) pode não ser afetado por diferentes níveis de estresse pré-abate, apesar deste estresse afetar outras características de qualidade da carne (ZUANAZZI et al., 2019; GOES et al., 2015; GOES et al., 2018). O pH muscular tem grande influência na qualidade do pescado, pois afeta as propriedades de retenção de água e de textura dos produtos, devido sua ação na solubilidade e funcionalidade das proteínas (ZHANG, 2017).

O período de 6 horas de repouso para o abate foi eficaz para o processamento de filés mais claros em estado de *pré-rigor*, o que acarreta uma aparência dentro das exigências do consumidor. Em peixes, apenas o músculo vermelho lateral superficial, que é rico em mioglobina, exibe cor intensa (geralmente marrom), enquanto o músculo branco é bastante translúcido (LISTRAT et al., 2016). Após 6 horas de repouso pós transporte, ao avaliar os parâmetros instrumentais da carne da patinga, é possível inferir que os animais haviam retornados ao seu estado basal. Uma vez que, logo após o abate, o processamento dos peixes em estado de *pré-rigor mortis*, indicaram filés mais firmes. O estado das fibras musculares e proteínas do tecido conjuntivo influencia em grande parte a textura da carne, onde ambas as proteínas e fibras musculares estão intimamente ligadas à dureza muscular (SINGH et al., 2019). O estresse físico das miofibrilas e tecidos conjuntivos como resultado de atividade muscular vigorosa antes do abate, aumenta a ativação das proteases musculares, na qual acarreta o amolecimento da carne (HULTMANN et al., 2012; ZHANG, 2017; DASKALOVA, 2019).

Ao serem evidenciados nos tratamentos 2 e 4 horas, filés com maior perda por cozimento, inevitavelmente esses alimentos são indicativos de alteração na textura, suculência e aparência, devido a contração e enrijecimento da carne (VARGAS, 2015). A suculência do pescado é determinada através das perdas de líquidos que ocorrem durante o cozimento, caracterizando à intensidade de liberação do exsudato da carne (BORDIGNON, 2015). Este fator está diretamente ligado ao estresse pré-abate em conjunto aos acelerados processos *post-mortem*; pois com o avanço do *rigor mortis*, o espaço para a água nas miofibrilas é reduzido, forçando os fluídos para os espaços extra miofibrilares onde é mais facilmente perdido por gotejamento (VARGAS, 2015).

Os filés de peixes que passaram por 2 horas de repouso pós transporte, apresentaram menor capacidade de retenção de água, o que sugere que os animais foram processados sem a total recuperação do estresse.

Ao analisar os filés em estado de *pós-rigor mortis*, ambos os tratamentos entraram em consonância ao controle durante o mesmo estado de *rigor mortis*, onde os filés apresentaram menor perda de água por cozimento e maior capacidade de retenção de água. Segundo Contreras-Guzmán (1994), o músculo do pescado se comporta com um aumento de sua CRA na fase de *pós-rigor*, chegando ser próxima ao seu estado inicial de *pré-rigor*. Bons parâmetros de qualidade da carne durante o processamento no *pós-rigor* também foi avaliado para filés de bagre Tra (*Pangasius hypophthalmus*), no qual indicaram maior rendimento, menor contração do comprimento do filé e menor redução da perda de exsudatos durante o armazenamento refrigerado (LE et al., 2020).

5.3 Qualidade dos filés após 45 dias de congelamento

Após 45 dias de armazenamento dos filés, foram observados efeitos significativos no pH, diferentes dos evidenciados na análise de 24 h após o abate. De forma geral, verificou-se maior pH nos animais abatidos após 4 h de repouso pós-transporte. Este fato pode ter sido causado pelo esgotamento das reservas energéticas, na qual se tem a resolução completa do *rigor mortis* e posteriormente, o aumento do valor do pH, causado pelo acúmulo de substâncias resultantes da degradação de proteínas como amônia e trimetilamina (GONÇALVES, 2018).

Em consonância com os resultados da análise em 24 h pós-abate, a maior luminosidade foi verificada nos filés de 6h de repouso pós-transporte, no *pré-rigor mortis*. Também se observou uma maior intensidade vermelho em filés em estado de *pré-rigor*, em que ainda estavam com indicativos de estresse agudo (tratamento 2 horas). O aumento da coloração vermelha, costuma ter relação do aumento do pH, causando uma aparência indesejável aos filés (ZHANG, 2017); porém neste estudo, o aumento do pH foi visto durante o *pós-rigor*. Logo, este escurecimento pode estar associado ao estresse que esses animais ainda não haviam recuperado.

Com 4 horas de repouso pós transporte em estado de *pós-rigor*, os filés já tiveram evidências de bons parâmetros de qualidade da carne, pois apresentaram no processamento filés mais firmes, mesmo após 45 dias de congelamento, sendo indicativo de um bom produto para o consumidor. Problemas relacionados à textura, como amolecimento, tornarão o peixe inadequado para processamento e consumo (VARGHESE et al., 2017).

Assim como no processamento após 24 horas, bons indicativos de qualidade da carne também foram evidenciados em filés em estado de *pós rigor* após 45 dias congelados; uma vez que os filés sofreram menor perda por cozimento e maior capacidade de retenção de água. Entre as propriedades físico-químicas fundamentais para a agregação de valor do pescado, está a capacidade da carne em reter água durante sua conservação e processamento (SANTOS, 2013), já que é através desta propriedade que se verifica a intensidade com que a carne consegue armazenar e manter o seu conteúdo aquoso (BORDIGNON, 2015). Em consequência, a alta capacidade de retenção de água, proporcionou uma baixa perda de água por cozimento à carne, em seu estado de *pós-rigor mortis*. Sendo que, a suculência do pescado é determinada através das perdas de líquidos que ocorrem durante o cozimento, caracterizando a intensidade de liberação do suco da carne (BORDIGNON, 2015).

Para Kristoffersen (2006), a perda de água em filés de bacalhau processados durante o *pré-rigor* (77,8%) foi significativamente menor do que o músculo do bacalhau processado no *pós-rigor* (79,3%). Bons parâmetros de qualidade da carne durante o processamento no *pós-*

rigor também foi avaliado para filés de bagre Tra (*Pangasius hypophthalmus*), no qual indicaram maior rendimento de massa, menor contração do comprimento do filé e menor redução da perda de exsudação durante o armazenamento refrigerado (LE et al., 2020). Entretanto, filés de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), em estado de *pré-rigor mortis*, não apresentaram perda de água por cozimento significativa após um período de 14 dias de congelamento (ROIHA et al., 2017).

Embora diversos estudos indiquem a filetagem durante o estado de *pré-rigor mortis*, sabe-se que algumas empresas costumam realizar a filetagem após o início do *rigor mortis*, pois, em sua experiência, a retirada das peles de filés macios em estado de *pré-rigor* danifica os filés (KARLSEN et al., 2015).

Os filés em estado de *pós-rigor*, comparados ao controle, também não apresentaram problemas com a luminosidade, intensidade de amarelo e PPC. Já os filés com pouco tempo de repouso pós transporte (2 horas de repouso), indicaram filés com maior intensidade de vermelho, novamente ressaltando a importância de um descanso pré-abate. Os filés em que tiveram 6 horas de repouso pós transporte, embora terem retornado à sua homeostase, quando comparados ao controle, ainda se observa o quanto o manejo pode influenciar na qualidade do produto final. Os métodos de abate, quando realizados de maneira correta, causam menor sofrimento e, melhor qualidade da carne, como por exemplo a insensibilização pela secção da medula (FERREIRA et al., 2018). Desse modo, a qualidade final do produto não depende somente da forma de conservação do pescado quando este já se encontra disponível para o consumo, mas, sim, desde seu manejo até o abate (FERREIRA et al., 2008).

De forma geral, as análises após 45 dias de congelamento demonstraram filés com maior intensidade de vermelho, de amarelo, maiores perdas por cozimento, menor capacidade de retenção de água e menor força de cisalhamento. De fato, sabe-se que a perda de água *post mortem* na carne é inevitável devido à diminuição do pH (mais próximo do pH isoelétrico das proteínas), à perda de adenosina trifosfato e ao encolhimento das miofibrilas como resultado do *rigor mortis* (HUFF-LONERGAN & LONERGAN, 2005).

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o repouso pós-transporte por 6 horas é eficaz para patingas se recuperarem do estresse do transporte, causando impactos positivos na qualidade dos filés. Além disso, recomenda-se o processamento dos peixes no período de pós-*rigor mortis*, em função dos filés apresentarem menores perdas por cozimento, maior capacidade de retenção de água, e melhor coloração.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. M. **Monitoramento das variáveis plasmáticas e sorológicas do sangue de tilápia do Nilo, durante 24 horas.** Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Pesca). Instituto de Pesca, São Paulo, 2016.

AMARAL, G.V.; FREITAS, D.G.C. Método do índice de qualidade na determinação do frescor de peixes. **Ciência Rural**, v.43 n.11, 2013.

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.

BARTLEY, D. M.; RANA, K.; IMMINKY, E. J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, n. 3, p. 325–337, 2001.

BHAT, T.H.; CHOUKSEY, M.K.; BALANGE, A.K; NAYAK, B. B. Effect of Heat Treatment at Different Stages of Rigor on the Quality of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 26, p.770-780, 2017.

BIDINOTTO, P.M., SOUZA, R.H.S., MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico do Cepta**, v. 10, p. 53-60, 1997.

BIRKELAND, S. e AKSE, L.; Study of the Quality Characteristics in Col-smoked Salmon (*Salmon Salar*) Originating from *Pre-or Post-rigor*. **Journal of Food Science**, n. 9, v. 75, 2010.

BORDÉRIAS, A. J. & ALONSO, I. S. First Processing Steps and the Quality of Wild and Farmed Fish. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, 2011.

BORDIGNON, A.C. **Eletronarcose como Método de Insensibilização para a Tilápia do Nilo.** Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Estadual de São Paulo, 2015.

BRABRO, M. F.; PEREIRA, L. F. S.; SANTANA, J. V. M.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Current scenario of fish production in the world, Brazil and Pará State: emphasis on

aquaculture. **Acta Fish**, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2016.

BRIJS, J., SANDBLOM, E., AXELSON, M., SUNDELL, K., SUNDH, H., HUYBEN, D., BROSTOM, R. KIESSLING, A, BERG, C., GRANS, A. The final countdown: Continuous physiological welfare evaluation of farmed fish during common aquaculture practices before and during harvest. **Aquaculture**, 495, 903–911, 2018.

CARNEIRO, S.C.; MARSICO, E.T.; RIBEIRO, R.O.R.; CONTE JÚNIOR, C.A.; ALVARES, T.S.; JESUS, E.F.O. Studies of the effect of sodium tripolyphosphate on frozen shrimp by physicochemical analytical methods and Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p. 401-407, 2013.

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.

CASTRO, D.A. **Perdas de água em file de pescado do Pantanal**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2007.

CASTRO & FERNANDES. Efeito da infestação por parasitos de argulídeos na fisiologia e mecanismos de defesa inata em peixes cultivados. **Manejo e Sanidade Peixes em Cultivo**. Tavares Dias, M. (Organizador). EMBRAPA, 2009.

CONCOLLATO, A.; ZOTE, A.D.; VARGAS, S.C.; CULLERE, M.; SECCI, G.; PARISI, G. Effects of three different stunning/slaughtering methods on physical, chemical and sensory changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2018.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. Fenômenos Bioquímicos no *rigor-mortis*. **Bioquímica de Pescados e Derivados**. Editora Funep- Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. Cap. 10, p.223-223, 1994.

COSTA, R. S. **Caracterização do rigor mortis e da maciez da carne de ovinos (ovis aries) da raça Santa Inês e F1 Santa Inês x Dorper**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2009.

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.

DUBOIE, M.G., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-358, 1960.

FAO, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in action, 2020.

FAO, **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**. El Estado de la Pesca y la Acuicultura, 2016.

FAGUNDES, M. **Estudos Fisiológicos e Metabólicos de Estresse de Manejo do Pintado**. Tese (Doutorado em Aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2009.

FERREIRA, N. A.; ARAÚJO, R. V.; CAMPOS, E. C. Boas práticas no pré-abate e abate do peçado. **PUBVET**, v.12, n.7, a137, p.1-14, 2018.

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

FRANCESCHINI, L. **Infecções parasitárias e microbianas na produção do pacu *Piaractus mesopotamicus* e do híbrido patinga procedentes da região noroeste do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de São Paulo Botucatu, 2012.

FRANCESCHINI, L.; ZAGO, A. C.; SCHALCH, S. H. C.; GARCIA, F.; ROMERA, D. M.; SILVA, R. J. S. Parasitic infections of *Piaractus mesopotamicus* and hybrid (*P. mesopotamicus* x *Piaractus brachypomus*) cultured in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**. v. 22 n. 3, p., 2013.

FREIRE, M.V.C.; JÚNIOR, R.A.S.; COSTA, M.G.A.; FERREIRA, R.L. Transporte de organismos aquáticos: procedimento fundamental para desenvolvimento da aquicultura,

Pubvet, v. 13 n.10 p.176, 2018.

FREITAS, L. G.; BATISTA, G. M.; PACHECO, M. T. B.; HAGUIWARA, M. M. H.; SILVA, V. S. N. Implementação da metodologia para determinação dos produtos da degradação do ATP (adenosina trifosfato) em amostras de pescado por eletroforese capilar de alta eficiência (HPCE). **9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, n. 15240, São Paulo, 2015.

GOES, E.S.R.; LARA, J. A.; 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, 2015.

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.

GÓIS, V.A., BEZERRA, A.C.D.S.; GOMES H.A.N. Qualidade de camarão (*Litopenaeus vannamei*) minimamente processado. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.10, p.10-15, 2016.

GONÇALVES, C.A. **Bem-estar no abate de peixes**. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018.

GONÇALVES, A.F.N. TAKAHASHI, L.S.; URBINATI, E.C.; BILLER, J.D.; FERNANDES, J.B.K. Transporte de juvenis de curimatá *Prochilodus lineatus* em diferentes densidades. **Acta Scientiarum-Animal Sciences**, v. 32, n. 2, p.205-211, 2010.

HARROWER, J.R., BROWN, C.H. Blood lactic acid. A micromethod adaptes to field collection of microliter samples. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, n. 5, p. 224-228, 1972.

HASHIMOTO, D.T.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F.; PORTO FORESTI, F. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aquaculture**, v. 4, n. 2, p.108-118, 2012.

HILSDORF, A. W.; ORFÃO, L. H. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, p.317-324, 2011.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat science**, v.71, n.1, p.194-204. 2005.

HULTMANN, L.; PHU, T.M.; TOBIASSEN, T.; HANSEN-AAS, 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.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção da Pecuária Municipal, Brasil, 2014.

KARLSEN, J. D., KRAG, L. A, ALBERTSEN, C. M; FRADSENF, R. P. From Fishing to Fish Processing: Separation of Fish from Crustaceans in the Norway Lobster-Directed Multispecies Trawl Fishery Improves Seafood Quality. **Plos One**, v. 10, n. 11, 2015.

KOAKOSKI, G.; OLIVEIRA, T.A.; ROSA, J.G.S; FAGUNDES, M.; KREUTZ, L.C.; BARCELLOS, L.J.G. Divergent time course of cortisol response to stress in fish of different ages. **Physiology & Behavior**, v. 106, p.129-132, 2012.

KOAKOSKI, G.; QUEVEDO, R. M.; FERREIRA, D.; OLIVEIRA, T. A.; ROSA, J. G. S.; ABREU, M. S.; GUSSO, D.; MARQUESE, A.; KREUTZ, L. C.; GIACOMINI, A. C. V.; FAGUNDES, M.; BARCELLOS, L. J. G. Agrichemicals chronically inhibit the cortisol response to stress in fish. **Chemosphere**, v. 112, p.85-91, 2014.

KRISTOFFERSEN, S.; TOBIASSEN, T., ESAISASSEM, M., OLSSON, G. B.; GODBIK, L. A.; SEPOLLA, M.A.; OLSEN, R. L; (2006). **Efeitos da filetagem pré-rigor na qualidade do bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua L.*)**. Aquaculture Research, v. 37, n. 15, p. 1556–1564, 2006.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**. v.25, n.150, 2015.

KUBITZA, F. Boas práticas no transporte de peixes vivos. **Panorama da Aquicultura**, v.19, n.114, 2009.

KUBTZA, F. Transporte de Peixes Vivos. **Panorama da Aquicultura**, v. 7, n. 43, 1997.

LE, T. T.; NGUYEN, H. T.; PHAM, M. A. *Rigor mortis* development and effects of filleting conditions on the quality of Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 1320- 1330, 2020.

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

MARTINS, M.A. **Utilização do Método de Índice de Qualidade (MIQ) para determinação do grau de frescor de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) eviscerado e estocado em gelo.** Dissertação (Mestrado Ciência Animal). Universidade Federal de Mato Grosso, 2014.

MARTINS, C.I.M.; SILVA, P.I.M.; COSTAS, B.; LARSEN, B.K.; SANTOS, G.A.; CONCEIÇÃO, L.E.C.; DIAS, J.; OVERLI, O.; HOGLUND, E.; SCHRAMA, J.W. The effect of tryptophan supplemented diets on brain serotonergic activity and plasma cortisol under undisturbed and stressed conditions in grouped-housed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.400–401, p. 129-134, 2013.

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.

MELO, F. V. S. T. **Insensibilização do Bijupirá (*Rachycentron canadum*) com eletronarcose: efeitos sobre a qualidade da carne.** Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

MENDES, J. M. **Influência do estresse pré-abate durante o abate na qualidade do tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2013.

MENDES, J. M.; INOE, L. A. K. A.; JESUS, R. J. Influência do estresse causado pelo transporte e método de abate sobre o rigor mortis do tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Brazilian Journal of Food Technology, v.18, n.2, p. 162-169, 2015.

MOURA, M.L.A.; CUNHA, F.T.; MACEDO, H.J.A.; BATISTA, J.D.O.; REIS, S.M.; OLIVEIRA, S.S.; OTANI, F.S. *Rigor mortis* e aspectos reprodutivos de acaris bodós capturados no rio Tapajós, Pará, Brasil. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 309 – 319, 2018.

OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo. In: TAVARES-DIAS, M. (Organizador). **Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável**. Embrapa Amapá, Macapá, cap. 8, p. 226-247, 2009.

OETTERER, M.; GALVÃO, J. A.; SILVA, L. K. S. **Qualidade do Pescado: Sistemas para Padronização**. Elsevier, Cap. 2, p. 36, 2014.

OLIVEIRA, P. R.; JESUS, R. S.; BATISTA, G. M. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 67-74, 2014.

OLIVEIRA, R. C. O Panorama da Aquicultura no Brasil: A prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 2, n.1, 2015.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C; GIRAO, P.J.M.; GUIMARÃES-LAPA, J.; NATORI, M. Impact of electrical stunning on fish behavior and meat quality of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum Technology**, v. 38, n. 1, p. 81-88, 2016.

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.

PALMA, S. F. **Transformação do músculo em carne, influência na qualidade da carne**. Lição apresentada no âmbito das Provas Públicas de Avaliação de Competência Pedagógica e Técnico-Científica na área disciplinar de Ciência e Tecnologia da Carne, área CNAEF das Indústrias Alimentares, para efeitos de admissão à categoria de Professor Coordenador. Instituto Politécnico de Beja, 2017.

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

PASSETTI, R. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; ORNAGHI, M. G.; MOTTIN, C.; GUERRERO, A. Determinação da coloração e a disposição de compra pelos consumidores da carne bovina. **PUBVET**, v. 10, n. 2, p. 179-1897, 2016.

PEIXEBR, **Associação Brasileira da Piscicultura**. Anuário 2020- Peixe BR da Piscicultura, 136 p, 2020.

PEIXEBR, **Associação Brasileira da Piscicultura**. Anuário 2020- Peixe BR da Piscicultura, 1 p, 2021.

POLI, B. M.; PARISE, G., SCAPPINI, F., ZAMPACAVALLLO, G.; Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, v. 13, p.29-49, 2009.

PORTALETE, J. C.; ONO, E. A.; RAMOS, A. T.; HELAYEL, M. A.; MORON, S. E. Histology of the gonads of the hybrid *Pseudoplatystoma punctifer* X *Leiarius marmoratus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 279–286, 2015.

PRESENZA, L. S.; SANTOS, A. S.; BERNABÉ, C. V.; SILVA, A. C. F.; FERREIRA, J. V. F.; GARCIA, R. C. P. Determinação do índice de rigor mortis do juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) utilizando eugenol. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 5140-5148, 2020.

PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D.; CLARKEK, F. M.; HUGHESD, J. M. Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). **Meat Science**, v. 159, 107941, 2020.

RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. F. A.; PARK, K. J.; ARAUJO, E. A. F.; TOBINAGA, S. Alteração da cor da carne de Mapará (*Hypophthalmus edentatus*) desidratada osmoticamente e seca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.2, p.125-135, 2007.

ROQUE-SPECHT, V. F. R.; SIMONI, V.; PARISE, N.; CARDOSO, P. G. Avaliação da capacidade da retenção de água em peitos de frango do pH final. **Revista Brasileira Agrociência**, v.15, n.1-4, p.77-81, 2009.

RODRIGUES, T. P. e SILVA, T. J. P. Caracterização do processo de rigor mortis e qualidade da carne de animais abatidos no Brasil. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v.1, n.1, p.1 - 20, 2016.

ROIHA, R. S.; JÓNSSON, Á., BACKI, C. J.; LUNESTAD, B. J., KARLSLÓTTIR, M. G. A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish. **Journal of Science Food and Agriculture**. V. 98, p. 400-409, 2017.

RORIZ, B.C.; MARIANO, W. S.; TAKAKO, A. Z.; CASTRO, F. J.; GARCIA, R. G. Efeitos do estresse de exposição ao ar sobre parâmetros sanguíneos de juvenis de Caranha, *Piaractus brachypomus*. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21; p. 2015-223, 2015.

ROTABAKK, B. T.; MELBER, G. L.; LERFALL, J. Effect of Season, Location, Filleting Regime and Storage on Water-Holding Properties of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). **Food Technology e Biotechnology**, v. 56, n. 2, p. 238-246, 2018.

RUCINQUE, D. S.; WATANABE, A. L.; MOLENTO, C. F. M. Electrical stunning in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) using direct current waveform. **Aquaculture**. v. 497, p. 42-48, dezembro, 2018.

SANCHS, F.H.C.; **Reposta de estresse à substância de alarme na tilapia do Nilo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SANTOS, E. C. B. **Métodos de abate e qualidade da tilápia do Nilo**. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2013.

SILVEIRA, S. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E.C. Fatores estressantes em peixes. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 6, n. 4, p. 1001-1017, 2009.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista**

Instituto Adolfo Lutz, v.71, n.1, p.1-10, 2012.

SUMAN, S. P. & POULSON, J. Química da Mioglobina e Cor da Carne. **Revisão Anual de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 4, n. 1, p. 79–99, 2013.

TAKAHASHI, S. L.; ABREU, S. J.; BILLER, J. D.; URBINATI, C.E. 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.

TAVARES, M.; GONÇALVES, A. A. Aspectos Físicos- Químicos do Pescado. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**, ed. Atheneu, cap. 1.2, p. 10-13, 2011.

TISUJII, K.M.; **Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da Tilápia do Nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou linhaça**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2018.

VARGAS, S, C. **Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon Chaphalus*), armazenados em gelo**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2011.

VARGHESE T. & MATHEW, S. Avaliação da variação textural do tecido muscular de *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) armazenado em gelo com ênfase em seu conteúdo de colágeno e proteína miofibrilar. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 8, p. 2512–2518.

VEIGA FILHO, I. L. & MESQUITA, E. F. M. Aminas Biogênicas em pescado: ocorrência, relevância e detecção. **Semioses Inovação Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 12, n. 3, p. 115-141, 2018.

VENTURINI, F. P; BALDI, S. C. V.; PARISI, G.; COSTA, T. D.; RUNCIQUE, 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.

WANG, Y.; WANG, Q.; HIRASAKA, K.; HARA, K.; TANIYAKA, S.; TACHIBANA, K. Relationship between the characteristics of rigor-mortis-related actomyosin and muscle fiber

types in the ordinary muscle of various fishes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, p.6042-6048, 2019.

YAMADA, T. T.; RIBEIRO, L. Avaliação sensorial do pescado pelo método de índice de qualidade. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v., n.25, p., 2005.

ZANUZZO, F.S.; SABIONI, R.E.; MACHADO-MARZOCCHI, C.M.; URBINATI, E.C. Modulation of stress and innate immune response by corticosteroids in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. v. 231, p. 39-48, 2019.

ZHANG, X.; OWENS, C. M.; SSHILLING, M. W. Meat: the edible flesh from mammals only or does it include poultry, fish, and seafood? **Animal Frontiers**, v.7, n.4, p.12–18, 2017.

ZHU, Z.; CHEN, Y.; HUANG, Z. ZHANG, Y. XU, Q.; TONG, Y.; ZHAI, F., CHANG, G.; CHEN, G. Effects of transport stress and rest before slaughter on blood parameters and meat quality of ducks. College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou, 225009 Jiangsu, PR China. **Canadia Journal of Animal, Science**, p. 595-600, 2014.

ZUANAZZI, J.S.G.; GOES, E.S.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**, v.39, n.1, p. 195-202, 2019.