

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

SHERON SCHOLZE ROSA

**ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE DE JUNDIÁ TRANSPORTADO
EM ÁGUA COM CLORETO DE SÓDIO**

Stress and quality of meat of silver catfish transported in water with sodium chloride

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2014

SHERON SCHOLZE ROSA

**ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE DE JUNDIÁ TRANSPORTADO
EM ÁGUA COM CLORETO DE SÓDIO**

Stress and quality of meat of silver catfish transported in water with sodium chloride

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração Saúde, Tecnologia e Produção Animal, da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof. Dr^a. Renata Ernlund Freitas de Macedo.

Coorientadora: Prof. Dr^a. Ana Paula Baldan.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2014

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca São José dos Pinhais

R788e 2014	Rosa, Sheron Scholze Estresse e qualidade da carne de jundiá transportado em água com cloreto de sódio / Sheron Scholze Rosa ; orientadora, Renata Emlund Freitas de Macedo, coorientadora, Ana Paula Baldan. – 2014. 76 f. : il. ; 30 cm Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, São José dos Pinhais, 2014 Bibliografia: f. 52-62 1. Jundiá (Peixe). 2. Sal. 3. Carne - Qualidade. I. Macedo, Renata Emlund de Freiras. II. Baldan, Ana Paula. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária. IV. Título I CDD 20. ed. – 636.089
---------------	---



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
Câmpus São José dos Pinhais

**ATA Nº 0050 E PARECER FINAL DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL DA ALUNA SHERON SCHOLZE ROSA**

Aos vinte e oito dias do mês de abril do ano de dois mil e quatorze, às 14:30 horas, realizou-se no anfiteatro do Mestrado em Ciência Animal da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizada na Rodovia 376 – Km 14 – São José dos Pinhais - PR, a sessão pública de defesa da Dissertação da mestranda Sheron Scholze Rosa, intitulada: “O USO DE CLORETO DE SÓDIO NA ÁGUA DE TRANSPORTE DE JUNDIÁS *Rhamdia quelen* E EFEITOS SOBRE O ESTRESSE E NA QUALIDADE DO PESCADO”. A mestranda concluiu os créditos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, segundo os registros constantes na secretaria do Programa. Os trabalhos foram conduzidos pela Professora orientadora e Presidente da banca, Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo (PUCPR), auxiliada pelos Professores Doutores Laura Beatriz Karam (PUCPR) e Paulo César Falanghe Carneiro (Embrapa Tabuleiros Costeiros). Procedeu-se à exposição da Dissertação, seguida de sua arguição pública e defesa. Encerrada a fase, as examinadoras expediram o parecer final sobre a Dissertação, que nos termos do Artigo 53 do Regulamento deste Programa de Pós-Graduação, foi considerada aprovada.

Profa. Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo (Presidente)

Assinatura Renata Macedo

Profa. Dra. Laura Beatriz Karam (PUCPR)

Assinatura Laura B. Karam

Prof. Dr. Paulo César Falanghe Carneiro (Embrapa Tabuleiros Costeiros)

Assinatura Paulo C. Falanghe

Proclamado o resultado, a Presidente da Banca Examinadora encerrou os trabalhos, e para que tudo conste, eu Caroline Nocera Bertton, confiro e assino a presente ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

São José dos Pinhais, 28 de abril de 2014.

Caroline Nocera Bertton

Profa. Dra. Cristina Santos Sotomaior

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Caroline Nocera Bertton

Caroline Nocera Bertton

Secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO GERAL.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE DE JUNDIÁ TRANSPORTADO EM ÁGUA COM CLORETO DE SÓDIO.....	i
FORMATO DA DISSERTAÇÃO.....	viii
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2.....	4
2 REVISÃO DA LITERATURA - CONSEQUÊNCIAS DO ESTRESSE DE MANEJO DE TRANSPORTE SOBRE QUALIDADE DA CARNE DE PESCADO.....	4
2.1 INTRODUÇÃO.....	4
2.2 ESTRESSE E BEM-ESTAR EM PEIXES.....	5
2.3.O TRANSPORTE DE PEIXES VIVOS.....	7
2.4 O USO DE NaCl COMO MITIGADOR DE ESTRESSE EM PEIXES.....	9
2.5 INDICADORES DE QUALIDADE DE CARNE DE PESCADO.....	13
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
CAPÍTULO 3.....	16
ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE DE JUNDIÁ TRANSPORTADO EM ÁGUA COM CLORETO DE SÓDIO.....	16
3.2 Materiais e métodos.....	19
3.2.1 Material Biológico.....	20
3.2.2 Protocolo Experimental.....	20
3.2.2.1 Coletas e preparação de amostras.....	21
3.2.4 Análise fisiológica.....	25
3.2.5 Análise de qualidade da carne.....	25

3.2.5.1 pH muscular.....	25
3.2.5.2 Índice de <i>rigor mortis</i>	25
3.2.5.3 Cor instrumental.....	26
3.2.5.4 Contagem de aeróbios mesófilos	26
3.2.5.5 Análise sensorial.....	27
3.2.6 Análise Estatística.....	28
3.3 Resultados e Discussão	29
3.3.1 Parâmetros Fisiológicos.....	29
3.3.2 Parâmetros de Qualidade de Carne	39
3.4 CONCLUSÃO	50
CAPÍTULO 4.....	51
REFERÊNCIAS	52

Dedico este trabalho a meus pais, Vilmar e Dulsi, pela formação, apoio, incentivo e por serem meu lado mais forte, com quem sempre poderei contar. E ao meu noivo, Francisco, pelo carinho, compreensão e cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof. Dr^a. Renata Ernlund Freitas de Macedo, pela atenção, dedicação e confiança em mim depositada. Agradeço por todos os ensinamentos transmitidos, pelo incentivo constante, pela paciência e compreensão.

A minha coorientadora, Prof. Dr^a. Ana Paula Baldan, pelo apoio, incentivo, sugestões, amizade e grande auxílio em análises de amostras.

Ao Prof. Dr. Fabiano Bendhack, pelas valiosas sugestões, ensinamentos e pela organização para trazer seus alunos para auxiliar nas atividades durante os experimentos.

Ao Prof. Dr. Peter Gaberz Kirschnik, pelas contribuições científicas neste trabalho e pela sua disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

Aos alunos do Prof. Dr. Fabiano e à técnica Waleska, pela boa vontade de viajarem até São José dos Pinhais e pelo auxílio prestado durante a realização dos experimentos.

Às alunas de iniciação científica, Ananda, Aline e Jéssica, pela parceria, amizade, disposição e auxílio na realização das análises.

Aos colaboradores e estagiários do LAPEP, Jorge, Raphael, Bruno, Marcus, Stephane, Roseli e Lucas pela disposição em auxiliar em tudo o que era necessário.

À Caroline Nocera Bertton, secretária do Programa de Mestrado em Ciência Animal da PUCPR, pelo apoio sempre que necessário.

À Fundação Araucária (Protocolo nº 18452 - Convênio nº 461/2010) pelo financiamento do projeto e viabilização deste trabalho.

À CAPES, pelo auxílio concedido na forma de bolsa.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela disponibilidade de sua estrutura física que viabilizou o desenvolvimento deste projeto.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, a minha sincera gratidão e o meu muito obrigada!

FORMATO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por capítulos.

O capítulo 1 apresenta uma introdução geral e os objetivos de estudo desta dissertação.

O capítulo 2 trata-se de revisão de literatura.

O capítulo 3 é um artigo a ser submetido.

O capítulo 4 finaliza esta dissertação com conclusões gerais deste trabalho e com sugestões para estudos futuros.

As referências de todos os capítulos se encontram em lista única ao final da dissertação.

RESUMO GERAL

O jundiá (*Rhamdia quelen*), bagre de origem sul americana, apresenta rápido crescimento, resistência e carne de qualidade. O transporte de peixes vivos é uma rotina crítica, já que pode causar estresse e perda da qualidade do pescado. Buscando mitigar o estresse, o cloreto de sódio (NaCl) tem sido adicionado à água de transporte dos peixes de água doce. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adição de NaCl na água de transporte e seus efeitos no estresse e na qualidade de carne de jundiá. Foram utilizados 380 jundiás cultivados em viveiro escavado, distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos: um tratamento avaliado pós-despesca e três tratamentos avaliados após o transporte por três horas em água contendo 0, 8 e 12 g NaCl L⁻¹. Foram feitas análise de parâmetros fisiológicos indicadores de estresse (cortisol, glicose e íons (sódio, cloretos, potássio e cálcio) circulantes e glicogênio hepático) e análise de qualidade de carne (pH, índice de *rigor mortis*, cor instrumental, contagem de aeróbicos psicrotróficos e análise sensorial), realizada durante 10 dias de estocagem em gelo. Para a análise fisiológica, os animais foram anestesiados em água com benzocaína e para a análise de qualidade de carne, foram abatidos por choque térmico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os níveis de cortisol sanguíneo estiveram acima dos valores basais nos peixes em todos os tratamentos. Os níveis de sódio foram superiores nos tratamentos transportados com sal em comparação ao tratamento sem adição de sal na água de transporte. Os níveis de cálcio foram superiores nos três tratamentos transportados em comparação ao grupo não transportado. Os menores valores de pH muscular coincidiram com os tempos de entrada em rigor pleno nos pescados de todos os tratamentos. Os pescados do grupo pós-despesca e do tratamento 12 g NaCl L⁻¹ apresentaram resolução do *rigor mortis* em menor tempo (12 e 8 horas *postmortem*, respectivamente) do que os demais tratamentos (16 horas *postmortem*). Para as coordenadas de cor a* e C* verificou-se maiores valores nas amostras do grupo pós-despesca e do tratamento 12 g NaCl L⁻¹, as quais apresentaram carne com maior intensidade de cor vermelha. As amostras desses dois tratamentos também apresentaram as maiores contagens de bactérias psicrotróficas em relação aos demais tratamentos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos na avaliação sensorial. Pelo aumento dos níveis de sódio e cálcio nos tratamentos transportados com NaCl, constatou-se desequilíbrio osmótico. O uso de NaCl nas concentrações testadas na água de transporte não mitiga o estresse em jundiás, porém os pescados dos tratamentos contendo 0 e 8 g NaCl L⁻¹ apresentam melhor qualidade de carne. A concentração de 12 g NaCl L⁻¹ mostra-se desfavorável à homeostase e à qualidade da carne do jundiá, o que evidencia que essa espécie é sensível a elevadas concentrações de NaCl na água de transporte. O grupo pós despesca também apresenta alterações fisiológicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais indesejáveis, indicando que o abate de jundiás logo após a despesca também ocasiona estresse aos animais, influenciando negativamente a qualidade de sua carne.

Palavras-chave: *Rhamdia quelen*, NaCl, qualidade de carne.

ABSTRACT

The silver catfish (*Rhamdia quelen*) is from South America, it has fast growth, resistance and meat quality. The transport of live fish is a critical routine, it can cause stress and loss of quality of the fish. Seeking to mitigate stress, sodium chloride (NaCl) has been added to the fresh fish water transport. So, the objective of this study was to evaluate the effect of the addition of sodium chloride in water transport on stress and meat quality of silver catfish. Three hundred and eighty (380) silver catfish, caught from an excavated pond, were randomly distributed into 4 treatments: treatment 1, assessed just after catching (post catch group), treatment 2, 3 and 4 assessed after transport for three hours in water containing 0, 8 and 12 g L⁻¹ NaCl, respectively. Physiological stress indicators analyses were performed (blood cortisol, glucose and ions (sodium, chloride, potassium and calcium) and hepatic glycogen). Meat quality parameters were assessed (pH, *rigor mortis* index, instrumental color, aerobic psychrotrophic bacteria count and sensory evaluation) during 10 days of storage on ice. Prior to the physiological analysis, animals were anaesthetized with benzocaine in water and prior to the meat quality analysis animals were slaughtered by thermal shock. The experimental design was completely randomized and means were compared by Tukey's test (P<0.05). The blood cortisol levels were above baseline levels in fish in all treatments. Sodium levels were higher in fish of treatments transported with salt compared to treatment transported without salt in water transport. Calcium levels were higher in transported fish (treatments 1, 2 and 3) compared to the non transported group (post catch group). Meat pH values achieved the lowest levels at the same time as the highest *rigor mortis* index was detected in fish of all treatments. The post catch group and the group transported with 12 g NaCl L⁻¹ showed resolution of *rigor mortis* in shorter time (12h and 8h *postmortem*, respectively) than the other treatments (16h *postmortem*). Color coordinates a* and C* values were higher values in samples of post catch group and 12 g NaCl L⁻¹ transported group, which showed reddish meat. Samples of those two treatments also showed the highest count of psychrotrophic bacteria in comparison to other treatments. There isn't significative difference between treatments in sensory evaluation. The higher levels of blood sodium and calcium in the treatments transported with NaCl indicates osmotic imbalance in fish of those treatments. The use of NaCl in water transport of silver catfish doesn't mitigate stress. Although, fish of treatments transported with 0 and 8 g NaCl L⁻¹ shows higher meat quality. The concentration of 12 g L⁻¹ NaCl negatively influences homeostasis and meat quality of silver catfish, which indicates that this species is sensitive to high concentrations of NaCl in water transport. The slaughter of catfish just after catching (Treatment 1) also affects physiological parameters and physico-chemical, microbiological and sensory characteristics of meat, indicating that this procedure also causes stress to the animals and negatively influences the quality of meat of silver catfish.

Keywords: *Rhamdia quelen*, NaCl, quality of meat.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Valores médios para contagem de bactérias aeróbias psicrótróficas de jundiás logo após a despesca (não transportados) e transportados com 0, 8,0 e 12,0 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas <i>post mortem</i> de armazenamento em gelo.....	48
Tabela 2. Valores das médias da avaliação sensorial ao longo da estocagem dos jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8 g NaCl L ⁻¹ e com adição de 12 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Manejo de despesca dos jundiás com rede de arrasto, em viveiro escavado no setor de piscicultura da PUCPR (LAPEP).....	21
Figura 2. Caminhonete com as três unidades experimentais e sistema de injeção de oxigênio dissolvido.....	21
Figura 3. Etapas do experimento: 1 = análise de qualidade de água; 2 = peixes anestesiados com benzocaína (n=10); 3 = peixes insensibilizados e abatidos por choque térmico (85); 4 = coleta de amostras para análise de parâmetros fisiológicos; 5 = coleta de amostras e análise de qualidade da carne.....	24
Figura 4. Escala estruturada de cinco pontos para avaliação de frescor de jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>), considerando o aspecto dos olhos, firmeza do corpo e odor.....	27
Figura 5. Escala de frescor de jundiás constatada pelos aspectos dos olhos e as notas correspondentes na escala estruturada. Nota 5= pescado recém abatido, nota 1= pescado armazenado em gelo por 240 horas.....	28
Figura 6. Corpo de jundiá sem firmeza, afundado à pressão dos dedos, sem retorno da pele e músculos à posição original. Pressão realizada próxima à nadadeira dorsal em um jundiá armazenado em gelo por 240 horas.....	28
Figura 7. Valores médios de cortisol sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=7).....	29

Figura 8.	Valores médios de glicose plasmática em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	31
Figura 9.	Valores médios de glicogênio hepático em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	33
Figura 10.	Valores médios de concentração de sódio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	34
Figura 11.	Valores médios de concentração de cloretos sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	35
Figura 12.	Valores médios de concentração de potássio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	36

Figura 13.	Valores médios de concentração de cálcio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L ⁻¹ . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).....	37
Figura 14.	Evolução do pH da musculatura superficial de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L ⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 48, 96, 144, 192 e 240 horas <i>post mortem</i> de armazenamento em gelo.....	40
Figura 15.	Evolução dos índices médios de <i>rigor mortis</i> (I.R.M.) de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L ⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 4, 8, 12, 16, 18, 20, 24 horas <i>post mortem</i> de armazenamento em gelo.....	42
Figura 16.	Evolução das coordenadas de cor L*, a* e C* em músculo de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L ⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas <i>post mortem</i> de armazenamento em gelo.....	45
Figura 17.	Valores médios da coordenada de cor b* em músculo de jundiás no grupo após a despesca (não transportados) e nos grupos transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L ⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L ⁻¹ dissolvidos na água após 10 dias de armazenamento em gelo	46

Figura 18. Valores médios da coordenada de cor h em músculo de jundiás no grupo após a despesca (não transportados) e nos grupos transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água após 10 dias de armazenamento em gelo..... 47

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma alternativa para a produção de proteína para o consumo humano. Nas últimas cinco décadas, a oferta de pescado no mundo ultrapassou o crescimento da população mundial e, atualmente o pescado constitui uma importante fonte de proteína animal. Além disso, o setor proporciona meios de subsistência e de renda, direta e indiretamente, para uma significativa parte da população mundial. Adicionalmente, é atividade que mais cresce dentre os setores de produção de alimentos de origem animal e, na próxima década, o total de produção de pescado tende a ultrapassar ao da carne bovina, suína e de frango (FAO, 2012).

No continente americano, o Brasil fica atrás apenas do Chile e dos Estados Unidos em relação à produção aquícola. Em 2010, a produção nacional foi de 479.399 toneladas de pescado, o que representou 18,61% da produção total da América (FAO, 2012). Em 2011, a produção atingiu 628.704,3 toneladas com incremento de 31,1% na produção em relação ao ano anterior. Sendo que a maior parte foi proveniente da aquicultura continental e representou 86,6% da produção total naquele mesmo ano (MPA, 2011).

Aliado ao grande desenvolvimento da aquicultura nacional, que já se destaca mundialmente, é importante garantir que o pescado produzido origine produtos de qualidade para que o Brasil possa competir com outros países exportadores, frente a um mercado cada vez mais exigente.

O Brasil apresenta enorme potencial para desenvolvimento da aquicultura, já que possui condições favoráveis, tais como, riqueza de espécies, diferentes microclimas, áreas adequadas para a criação de pescados e potencial hídrico, tanto continental, quanto costeiro. Além de ser um país de economia pautada no setor agrícola, que possui uma variedade de produtos e subprodutos para serem utilizados na formulação de rações, item de maior custo na aquicultura (Camargo e Pouey, 2005).

Espécies exóticas de peixes causam grande impacto ambiental já que modificam o *habitat* e competem com as espécies nativas, havendo degradação genética dos

estoques naturais. Paradoxalmente a isso, a aquicultura brasileira está focada amplamente na pesquisa e produção de espécies exóticas, havendo uma pequena atenção dada ao desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de espécies nativas (Lima Junior et al., 2012).

Como a variedade de espécies nativas que o Brasil possui é ainda pouco explorada, o desenvolvimento de tecnologias de produção específicas para essas espécies é de grande importância para a aquicultura nacional, visto que o País detém os bancos genéticos dessas espécies, que estão naturalmente adaptadas às suas características climático-ambientais.

Algumas das espécies nativas, como o jundiá (*Rhamdia quelen*), um bagre de origem sul americana, têm grande importância e destaque por apresentarem boas características zootécnicas, relacionadas à resistência, crescimento, adaptação climática, a variadas dietas e aos sistemas de cultivo, além de apresentarem elevada aceitação pelo mercado consumidor devido às características sensoriais favoráveis de sua carne saborosa, de filé magro, sem espinhos intramusculares e de boa textura (Fracalossi et al., 2004).

Até a chegada ao consumidor, os peixes passam por uma série de etapas, desde o manejo realizado durante o cultivo, a despesca, o carregamento, o transporte e o abate, até o processamento, as quais contribuem na qualidade do pescado produzido.

O transporte de peixes vivos é uma importante etapa de todo o processo de produção em pisciculturas, já que os peixes necessitam estar em boas condições quando chegam aos seus compradores, como estabelecimentos pesqueiros e indústrias processadoras (Gomes et al., 2003). Uma rotina bastante crítica, que representa considerável custo e risco aos piscicultores pois, se realizada de forma inadequada, pode acarretar em estresse para os animais transportados e conseqüentemente, perda da qualidade da carne. Dessa forma, práticas adequadas de pós-captura promovem diminuição na intensidade da atividade física nos peixes e minimizam a resposta ao estresse, atenuando deste modo o grau das alterações nos processos *post mortem*.

Buscando diminuir o estresse ocasionado durante o transporte, o cloreto de sódio (NaCl) tem sido adicionado à água de transporte dos peixes (Carneiro e Urbinati, 2001; Gomes et al., 2003; Urbinati e Carneiro, 2006; Gomes et al., 2006). O NaCl, por ser uma substância mais acessível e de baixo custo, é um dos redutores de estresse mais usados no transporte de peixes de água doce (Hatting et al., 1975; Carmichel et al., 1984; Weirich et al., 1992). Tal substância é adicionada em tanques de transporte de peixes para atuar na regulação dos níveis de sal que saem do organismo dos peixes para a água e vice-versa. Em meio hipertônico, os peixes teleósteos ingerem grandes quantidades de água, a qual é absorvida pelo intestino em função do fluxo de sais presentes e com isso, é formado um gradiente que, osmoticamente, transfere a água do intestino para a corrente sanguínea. Os sais em excesso são eliminados pelos ionócitos presentes nas brânquias (Bendhack, 2008).

Além disso, o NaCl presente na água estimula a secreção de muco sobre o epitélio branquial, diminuindo a perda dos íons através das membranas celulares. Assim, o estresse acarretado pela difícil tentativa de se manter o equilíbrio iônico é atenuado. A elevação da concentração de íons sódio e cloreto na água com a adição de NaCl reduz as perdas de íons dos animais, pois diminui o gradiente osmótico entre o plasma do peixe e a água (McDonald e Milligan, 1997), além de atenuar respostas metabólicas e hormonais (Sumpter, 1997).

Portanto, considerando a importância de se pesquisar as espécies nativas de peixes como jundiá e o transporte de peixes vivos como uma etapa crítica para a qualidade do pescado e para a expansão da atividade aquícola nacional, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de cloreto de sódio na água de transporte de jundiá (*Rhamdia quelen*) sobre o estresse dos animais e a qualidade da carne do pescado.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO DA LITERATURA - CONSEQUÊNCIAS DO ESTRESSE DE MANEJO DE TRANSPORTE SOBRE QUALIDADE DA CARNE DE PESCADO

2.1 INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se firmado como uma atividade fornecedora de proteína animal de alta qualidade, em expansão econômica, além de ser uma alternativa mais viável e sustentável se comparada ao setor pesqueiro (FAO, 2012). Assim, a produção de organismos aquáticos no Brasil encontra-se em um cenário de plena expansão e, a piscicultura continental, em especial, vem gerando grande interesse econômico devido ao aumento da produção nacional.

Para que a produção de pescado seja economicamente satisfatória e produza alimentos de qualidade, é importante que o manejo das espécies seja feito adequadamente, através do monitoramento de variáveis de qualidade da água, densidade, sanidade e alimentação bem como do manejo realizado durante a captura e transporte dos peixes, fatores estes que influenciam o bem-estar dos animais em cultivo. Já que, em condições favoráveis de bem-estar, os animais têm melhor potencial de crescimento e qualidade final (Oliveira e Galhardo, 2007).

Até a chegada ao consumidor, todas as etapas necessárias para a produção do pescado, como o manejo durante o cultivo, despesca, carregamento, transporte, abate e processamento podem alterar consideravelmente, a qualidade do pescado, a qual é de grande importância para pesqueiros, indústrias de processamento e para o consumidor em si.

O transporte dos animais vivos é uma das etapas mais delicadas de todo esse processo de produção, já que pode representar elevados riscos e custos aos piscicultores, quando feito sem planejamento (FAO, 1986). Alguns fatores necessitam de atenção durante tal manejo, como a qualidade da água utilizada e a densidade de animais transportados. Além disso, o transporte causa respostas fisiológicas significativas nos peixes, uma vez que é um procedimento que acarreta em estresse. O

estresse é desencadeado por um conjunto de respostas não específicas do organismo a situações que ameaçam desequilibrar a sua homeostase (Barton, 2002).

As respostas de estresse são denominadas primárias, secundárias e terciárias. As primárias referem-se ao sistema nervoso, acarretando na intensa liberação de adrenalina, noradrenalina e cortisol no plasma. Entre as secundárias, estão os efeitos metabólicos, como alterações nos níveis de glicemia, ácido láctico e glicogênio hepático e muscular além de efeitos hidroeletrólíticos, tais como modificações nas concentrações plasmáticas de íons cloro, sódio e potássio, de proteínas e na osmolaridade (Wendelaar Bonga, 1997). Já as terciárias refletem mudanças comportamentais, reprodutivas, redução do crescimento, e até mesmo torna o animal mais susceptível a doenças (Wedemeyer e McLeay, 1981).

Sendo assim, em decorrência da série de prejuízos que o transporte causa ao organismo do animal, tem-se buscado formas de amenizar essas respostas fisiológicas, por meio de substâncias que atuem como mitigadores, como por exemplo, o cloreto de sódio (NaCl), também conhecido por sal de cozinha. Esta substância estimula a produção de muco, auxiliando na melhoria de ferimentos ocasionados por manejos de despesca, pesagem e carregamento dos peixes. Esta secreção de muco sobre a pele diminui a passagem de íons através das membranas celulares, atuando assim, no equilíbrio osmorregulatório dos animais (FAO, 1986).

Portanto, o objetivo deste capítulo foi revisar os parâmetros de bem-estar em peixes, o transporte de peixes vivos, a ação do NaCl como mitigador de estresse nessa etapa do processo e os indicadores utilizados para avaliar a qualidade do pescado.

2.2 ESTRESSE E BEM-ESTAR EM PEIXES

O bem-estar animal é um tema que vem sendo bastante discutido na atualidade. Em relação aos peixes, o tema passou a ser levantado nos últimos anos, já que a questão da presença de sentiência em peixes até então, era colocada em dúvida (Pedrazzani et al., 2007). Por isso, ainda existem uma série de manejos relacionados à piscicultura que ainda precisam ser adequados ao bem-estar animal. Devem oferecer

conforto por meio de um ambiente com espaço suficiente para expressar seu comportamento natural da espécie e com parâmetros de qualidade de água apropriados, de uma nutrição balanceada, além disso, os peixes devem estar saudáveis, sem ferimentos ou doenças, a despesca deve ser feita de forma cuidadosa e rápida e os animais devem ser insensibilizados para o abate. Essas são algumas das práticas que podem contribuir para melhorar o bem-estar em pisciculturas.

A etologia em peixes se comparada a outras espécies é um tópico praticamente não discutido por consumidores, produtores e pela legislação vigente. Porém, há uma série de evidências comportamentais, fisiológicas, anatômicas, evolutivas e farmacológicas que sugerem que os peixes são animais sencientes, de maneira similar a outros vertebrados, expressando medo, apresentando dor e consciência de sensações e sentimentos. Tal capacidade é determinante para o estudo do bem-estar animal (Pedrazzani et al., 2007).

Assim, deve-se entender como são as sensações de dor, frio, calor, conforto ou desconforto para conseguir diferenciar o que é bom e o que é ruim e a partir disso, estudar o bem-estar em peixes (Volpato et al., 2007).

Alguns comportamentos tais como a disputa por território, o escurecimento do corpo do predador que demonstra estar submisso ao adversário, causando a diminuição da agressividade do oponente sobre o peixe que escureceu seu corpo são indicativos de que os peixes reconhecem os indivíduos dominantes e de que apresentam memórias, sugerindo que estes apresentam consciência (Pedrazzani et al., 2007).

Existem várias atividades humanas que utilizam peixes, com implicações para seu bem-estar, tais como a captura, a produção intensiva, manutenção em aquários, uso em pesquisas científicas e a própria degradação ambiental ocasionada pelo homem (Oliveira e Galhardo, 2007).

As pessoas, de maneira geral, por falta de conhecimento e de informações técnicas, acabam subestimando a capacidade dos peixes apresentarem sensações e assim, muitas vezes não se preocupam com o manejo destes animais, seja em pesque-pagues, feiras onde peixes vivos são carregados em sacos plásticos ou ainda são eviscerados e filetados sem estarem completamente abatidos. E, por não haver o

entendimento de que os peixes também sentem, a população não se incomoda em presenciar e até mesmo realizar tais manejos incorretos, não reivindicando práticas que promovam o conforto destes animais, evitando o estresse (Vargas, 2011).

O estresse pode ser definido como uma condição em que a homeostase, equilíbrio dinâmico do organismo, é ameaçado em consequência da ação de estímulos intrínsecos, os agentes estressores (Wendeelar Bonga, 1997). Tais agentes estressores podem ser de inúmero tipos, os de natureza física, como o ocasionado pelo manejo de transporte, o confinamento, o abate e a despesca, os de natureza química, o estresse causado pela água de má qualidade, como baixos teores de oxigênio e pH reduzido e os causados pela percepção dos animais, como a presença de predadores (Barton, 1997). O estresse ocasionado por tais agentes pode ser de diferentes durações e intensidades, sendo que a exposição moderada muitas vezes pode atuar como resposta adaptativa, restituindo a homeostase ao organismo. Porém, quando a exposição ao agente estressor é de longa duração e intensa, a resposta tende a ter consequências bastante negativas para o estado fisiológico e saúde do animal (Oliveira e Galhardo, 2007).

Quando a resposta é adaptativa, apresenta como objetivo a realocação da energia metabólica de atividades como crescimento, alimentação, reprodução e manutenção para atividade que busca reestabelecer a homeostase, tais como a locomoção, a reparação dos tecidos, regulação osmótica e respiração (Weendelar Bonga, 1997).

Assim, o conhecimento sobre o bem-estar e os agentes estressores no ciclo produtivo de peixes é de fundamental importância para que o mercado consumidor comece a exigir qualidade na produção, que deve se voltar ao conforto animal. Dessa forma, boas práticas de produção poderão ser implantadas nas pisciculturas, normas acerca da forma como os animais devem ser manipulados durante todo o manejo até o abate e industrialização poderão estar na legislação, refletindo na melhora da qualidade da carne que chega ao comércio.

2.3-O TRANSPORTE DE PEIXES VIVOS

O transporte dos peixes vivos é uma etapa no ciclo produtivo da piscicultura, já que os animais são destinados à indústria processadora ou pesque-pagues. Sendo que necessitam chegar em condições adequadas ao destino final para a satisfação do comprador (Wurts, 1995). É uma rotina que representa um considerável risco e custo aos piscicultores, transportadores de peixes e proprietários de pesqueiros. Porém, existem algumas maneiras adequadas de transportar os peixes vivos que permitem diminuir tais riscos e custos (FAO, 1986).

Por ser uma fase delicada, estudos são necessários no sentido de melhorar as técnicas envolvidas antes, durante e após o transporte, tais como o manejo da despesca, o carregamento, a densidade de estocagem, as formas de acondicionamento dos animais enquanto transportados, o uso de substâncias adicionadas à água de transporte, manejos estes que podem ajudar a reduzir o efeito negativo produzido pelo transporte (Duarte, 2009).

Alguns manejos feitos antes e durante o transporte de peixes vivos podem acarretar em menores níveis de estresse para os peixes, com resultados mais satisfatórios, evitando a mortalidade e contribuindo para que os animais cheguem ao destino final saudáveis e em boas condições. Entre estes cuidados então o controle na densidade de lotação de peixes transportados (Urbinati e Carneiro, 2004), a qual varia de acordo com a espécie transportada, o tamanho dos peixes, o volume de água da caixa de transporte e o tempo da viagem, fundo e paredes lisas das caixas de transporte, sem riscos, para evitar que machuquem o ventre de peixes que ficam encostados na superfície interna da caixa, controle dos níveis de qualidade da água de transporte, como oxigênio, pH, amônia e temperatura, além do uso de substâncias dissolvidas na água que atuem como mitigadoras de estresse, na concentração ideal para a espécie que está sendo transportada (FAO, 1986).

O transporte é um procedimento traumático que tende a gerar altos níveis de estresse nos peixes, principalmente por estar aliado à captura, confinamento, carregamento, além dos movimentos irregulares da água e a própria qualidade da mesma que muitas vezes possui concentrações elevadas de amônia e de outras toxinas resultantes do metabolismo (Bendhack, 2004). O que torna o animal susceptível a doenças e parasitas. Além disso, para que o transporte ocorra com

sucesso é necessário que o manejo de despesca e carregamento também sejam realizados adequadamente, o mais rápido possível, de maneira delicada e que os peixes fiquem o menor tempo fora da água (Carneiro, 2001).

Cabe ressaltar que anteriormente à captura e transporte, faz-se necessária a restrição alimentar dos animais, sendo que deve ocorrer por no mínimo um dia antes do manejo de captura. O jejum tem por objetivo esvaziar completamente o trato digestivo e conseqüente redução de material fecal na água de transporte, melhorando a qualidade da mesma, já que as fezes na água elevam a demanda de oxigênio, contribuindo para a concentração de metabólitos tóxicos, tais como a amônia e o dióxido de carbono e organismos patogênicos (FAO, 1986).

O maior efeito negativo acarretado pelo transporte é o desequilíbrio da homeostase ou estresse. Este procedimento traumático pode ocasionar a Síndrome de Adaptação Geral (SAG), que de acordo com Selye (1956), a partir de uma série de reações fisiológicas, ocorre o aumento da adrenalina e do cortisol no sangue. Assim, para se avaliar o quão estressado está o animal, são mensuradas as respostas fisiológicas e a partir destes resultados pode-se determinar o grau de severidade do estresse.

Dessa forma, as reações fisiológicas desencadeadas pelo estresse em peixes acarretam alterações hormonais, hematológicas, metabólicas e desequilíbrio hidroeletrólítico que em conjunto formam as respostas primárias e secundárias do estresse (Barton e Iwana, 1991).

Assim, tem-se buscado formas para minimizar o estresse ocasionado durante o transporte de peixes vivos, como a adição de aditivos na água de transporte. O cloreto de sódio (NaCl) por ser uma substância mais acessível e de baixo custo é um dos redutores de estresse mais utilizados para este fim (Hatting et al., 1975; Carmichel et al., 1984; Weirich et al., 1992).

2.4 O USO DE NaCl COMO MITIGADOR DE ESTRESSE EM PEIXES

Existe uma série de produtos que têm sido adicionados à água de viveiros, tanques de criação e tanques de transporte de peixes vivos buscando atenuar o

estresse provocado por esse manejo. O cloreto de sódio (NaCl) tem se mostrado como a substância mais utilizada, devido à facilidade de sua obtenção, baixo custo, além de ter se mostrado eficaz na profilaxia à doenças, controle osmorregulatório e consequente mitigação de estresse para algumas espécies (McDonald e Milligan 1997; Carneiro e Urbinati, 2001). Além do sal de cozinha, há estudos com a adição de soluções tamponantes (Amend et al., 1982), anestésicos (Wurts, 1995; Sandodden e Iversen, 2001), sais de cálcio (Mazik et al., 1991), probióticos e até mesmo produtos naturais como óleos e extratos de plantas (Cunha, 2007; Carvalho et al., 2009; Oliveira et al., 2009).

Estas substâncias são adicionadas em tanques de transporte de peixes de água doce por atuar principalmente na regulação dos níveis de sal que saem do organismo dos peixes para a água e vice-versa. A adição do sal de cozinha na água de transporte tem como outro efeito, estimular a secreção de muco sobre o epitélio branquial, diminuindo a passagem de íons por meio das membranas celulares. A elevação da concentração de íons sódio e cloreto na água com a adição de NaCl, reduz as perdas de íons dos animais já que diminui o gradiente iônico entre a água e o plasma do peixe (FAO, 1986; McDonald e Milligan, 1997), atenuando respostas metabólicas e hormonais (Sumpter, 1997).

Em relação à produção do muco, ele age protegendo o peixe contra agentes externos, como patógenos do ambiente, já que atua como uma barreira que recobre as possíveis descamações ocasionadas pelo manejo de despesca e carregamento. O manejo de despesca, carregamento e transporte, além da alta densidade de peixes transportados, a qual aumenta o contato físico entre os peixes, promovem a redução desta camada protetora de muco. Se ocorre uma grande perda de sais durante esse momento pode haver uma série de complicações cardíacas e musculares. E se a densidade de transporte for muito alta, aliada à escassez de muco no epitélio, os peixes podem sofrer esfolamento. Por isso é importante que a camada protetora esteja presente no epitélio dos peixes durante o transporte dos mesmos (Urbinati e Carneiro, 2004).

Vale ressaltar que pesquisas feitas sobre a presença de NaCl na água de transporte de diferentes espécies de peixes têm gerado diferentes resultados, alguns

favoráveis, outros não. Assim, são necessários estudos específicos sobre as concentrações ideais de sal a serem utilizadas e o que é mais satisfatório para cada espécie.

Carneiro e Urbinati (2001) avaliaram a adição de sal no transporte de matrinxãs (*Brycon amazonicus*) e constataram que houve alterações nos níveis de cortisol plasmático para os peixes transportados sem adição de sal e com 0,1% de sal na água, já nos peixes transportados com concentrações de 0,3 e 0,6%, não houve alterações nos níveis de cortisol. Em relação à glicemia, somente os peixes transportados com 0,6% de concentração de sal na água que exibiram significativas alterações.

Houve algumas pesquisas relacionadas à sobrevivência de alevinos a diferentes concentrações de NaCl presente na água. Marchioro e Baldisserotto (1999) avaliaram a sobrevivência de alevinos de jundiá (*Rhamdia Quelen*), este experimento teve por objetivo testar a sobrevivência de alevinos de jundiá a diferentes concentrações de salinidade, utilizando sal marinho comum e água do mar. Foram utilizados tanques de 250L, as concentrações testadas foram de 8,0; 9,0; 9,25; 9,5 e 10,0g/L de sal marinho comum e 10,0; 12,0 e 14,0% de água do mar artificial. Para cada grupo de testes houve um grupo controle submetido às mesmas condições, mas com salinidade de 0%, todos foram avaliados por 96 horas. Como resultados, não houve mortalidade e alteração do comportamento nos grupos expostos a 8,0g/L sal marinho comum e a 10% água do mar. O grupo exposto a 9,0g/L sal marinho comum também não apresentou mortalidade, mas houve alteração do comportamento alimentar. O aumento da concentração de sal marinho comum ou da água do mar causou uma elevação da porcentagem de mortalidade e alteração do comportamento alimentar. Como *R. quelen* suportou sal marinho comum até 9,0g/L pelo período de 96h, tal substância pode ser testada na redução de estresse durante o transporte e profilaxia ou tratamentos de doenças nesta espécie.

Carraro et al. (2007), avaliaram diferentes concentrações de NaCl na água dos tanques de criação e na dieta de alevinos de tambaqui (*Collosoma macropomum*). Foram utilizados 18 tanques, e os alevinos foram divididos em dois grupos, um deles com uma dieta em que foram adicionados 8% de sal e outro grupo com dieta sem adição do sal. Na água, as concentrações de sal foram 15, 20 e 25%. Em relação ao

ganho de peso e variabilidade de crescimento não houve diferenças significativas entre as concentrações avaliadas. Um resultado interessante foi que os peixes que foram alimentados com a ração com presença de sal tiveram maior crescimento, o que pressupõe que houve um menor gasto energético para manter o equilíbrio osmorregulatório destes peixes. Ainda sobre o tambaqui, Gomes et al. (2003), avaliaram os efeitos da densidade e da adição de sal no transporte desta espécie amazônica e observaram que a concentração de 8,0g/L de sal de cozinha no transporte diminuiu os níveis de glicose e de cortisol liberados nos tambaquis.

Ainda sobre espécies amazônicas, Urbinati e Carneiro (2006), avaliaram diferentes concentrações de NaCl na água de transporte de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e concluíram que a adição de 6,0g/L de sal na água de transporte diminuiu as alterações fisiológicas de estresse em relação aos peixes transportados sem adição de sal.

Por sua vez, Nikinmaa et al. (1983) avaliaram os efeitos na osmolaridade de truta marrom (*Salmo trutta*) transportada com sal e com água doce. Foi constatado que nos peixes transportados com água doce houve redução das trocas osmóticas no momento do transporte, em decorrência da diminuição da concentração no plasma de Na^+ e Cl^- . Além disso, observaram que nos peixes transportados com 0,6% de sal na água, ocorreu menor uso das reservas energéticas em relação aos peixes que foram transportados em água doce.

Mikos et al. (2011), pesquisaram sobre os efeitos no estresse e na qualidade da carne de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) transportadas com as seguintes concentrações de NaCl, 0, 0,9, 1,2% e um tratamento controle que não foi transportado. Neste estudo foi concluído que o abate logo após a despesca, visualizado no tratamento controle, ocasionou elevado estresse, caracterizando a despesca como um manejo bastante crítico e estressante. E, nos tratamentos que foram transportados com NaCl na água apresentaram menores efeitos de estresse, sendo considerada assim uma boa alternativa, que reflete em melhor qualidade de carne para estes peixes.

2.5 INDICADORES DE QUALIDADE DE CARNE DE PESCADO

Para avaliar a qualidade de carne de pescado existe uma série de atributos que podem contribuir para tal avaliação, tais atributos envolvem características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais (Contreras-Guzmán, 1988). Existe uma série de fatores pré-abate que influenciam a qualidade, como o manejo, a forma de captura, o transporte, que quando feitos de maneira inadequada, acarretam em alterações no pescado que levam a uma deterioração mais rápida e conseqüente diminuição do frescor.

O frescor é um aspecto de suma importância na avaliação da qualidade do pescado, já que é resultante de todas as etapas que tal pescado passou. A velocidade que ocorrem alterações do estado inicial de frescor e de características estruturais da carne (degeneração *post mortem*) é influenciada também pelo manuseio e forma de armazenamento do pescado (Parisi et al., 2002). Tais alterações estão ligadas à rápida resolução de *rigor mortis*, diminuição de retenção de água, queda do pH muscular, oxidação lipídica e desnaturação de proteínas (Tornberg et al., 2000).

O *rigor mortis* é um importante indicador de qualidade de carne do pescado. Durante o desenvolvimento do *rigor mortis* ocorre a diminuição da extensibilidade e da elasticidade dos músculos, em conseqüência da modificação dos ciclos de contração e relaxamento, assim eles ficam em rigidez, podendo durar um dia ou mais, dependendo da espécie, idade e tamanho. Em relação ao pescado, o *rigor mortis* ocorre em três fases distintas, sendo elas, pré *rigor mortis*, *rigor mortis* pleno e pós *rigor mortis* (Contreras-Guzmán, 1994). E, quando chega ao fim, o pescado recupera sua flexibilidade, mas não recupera a elasticidade anteriormente presente em seus músculos (Huss, 1995).

Durante a despesca, os peixes são estressados, devido às tentativas de fuga e movimentação intensa. A partir dessa fase, inicia-se a intensa liberação de ácido láctico no músculo e conseqüente diminuição do pH e elevado consumo de energia (adenosina trifosfato - ATP), o qual depende diretamente da quantidade de glicogênio presente no músculo anteriormente a morte. Tais alterações bioquímicas promovem a

redução da fase de pré *rigor*, e conseqüentemente afeta as duas fases seguintes (Contreras-Gusmán, 1994).

Segundo Contreras-Gusmán (1994), é bastante desejável que a fase de pré *rigor* persista por maior tempo, já que o *rigor* pleno também fica mais prolongado, o pH permanece ácido devido a produção de ácido láctico, a estrutura muscular permanece contraída por maior tempo, o que evita que microorganismos se disseminem, contribuindo para a qualidade microbiológica da carne. Porém, quando a fase de pré *rigor* não persiste por muito tempo, principalmente em casos de elevado nível de estresse, em que os animais gastam muita energia, a fase de *rigor* pleno também fica mais curta, o pH fica alcalino, sendo prejudicial às características de qualidade da carne, tanto microbiológica, quanto de textura.

Dessa forma, o pH também é um parâmetro relevante para se avaliar a qualidade de carne do pescado e, como supracitado, sua diminuição é resultante do nível de ácido láctico liberado no músculo do peixe, em consequência da produção de íons H^+ . Já a elevação do pH acontece em decorrência do acúmulo de bases nitrogenadas produzidas pelos microorganismos nos peixes (Huss, 1995).

Vale ressaltar que o momento em que o pescado é processado, antes, durante ou depois da instalação e resolução do *rigor mortis*, influencia sua qualidade. Se a filetagem é realizada durante a instalação do *rigor mortis*, o processo se torna muito mais complicado e difícil. Se realizada anteriormente, os filés podem encolher até 15% quando o *rigor* se instala. Em relação ao cozimento, o pescado preparado na fase de pré-*rigor* geralmente apresenta uma textura macia e pastosa. Quando preparado durante a instalação do *rigor mortis*, geralmente apresenta uma textura mais consistente e succulenta. Já um filé preparado após a resolução do *rigor* tende a proporcionar uma textura firme e elástica (Huss, 1995).

A cor do pescado é um dos aspectos de maior importância para o consumidor, já que é pela cor e aparência do produto que inicialmente, é feita sua escolha, tendendo a associar tal parâmetro com o frescor do pescado. Assim, a cor muitas vezes é o único aspecto avaliado pelo consumidor no momento da compra. O que promove a alteração da cor são as alterações autolíticas e microbiológicas decorrentes da degradação.

Além disso, o manejo nutricional, a forma de criação do pescado, o manuseamento e armazenamento também contribuem para que haja alteração da cor (Santos, 2008).

Aliado à cor, o odor também é um parâmetro muito importante para o consumidor e está totalmente relacionado à formação dos compostos nitrogenados, os quais se originam a partir da degradação bacteriana e por autólise. Os compostos nitrogenados liberados são a trimetilamina (TMA), a dimetilamina e a monoetilamina, conhecidas no seu conjunto como azoto básico volátil total (ABVT) (Santos, 2008).

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A piscicultura tem crescido intensivamente no Brasil e no mundo, sendo que em nível nacional a produção de pescados tem alcançado índices superiores de crescimento se comparados aos outros tipos de carne.

Dentre a enorme diversidade de espécies, muitas nativas de favoráveis características zootécnicas e boa aceitabilidade pelos consumidores têm apresentado destaque, como é o caso do jundiá (*Rhamdia quelen*) que vem sendo explorado tanto por piscicultores, quanto por pesquisadores.

Mas, para a satisfação do consumidor, é necessário que o pescado comercializado ofereça carne de boa qualidade, a qual está intimamente ligada ao estresse que os peixes sofrem em todas as etapas da criação até o abate. O transporte de peixes vivos, uma dessas etapas, é um procedimento traumático, já que depende de muitas variáveis para que seja feito de maneira satisfatória.

Mais estudos referentes à influência que o transporte de peixes vivos tem sobre o estresse e a qualidade da carne e de que forma pode-se mitigar o estresse neste processo são de grande valia para piscicultores, indústrias, pesque-pagues e consumidores.

CAPÍTULO 3

ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE DE JUNDIÁ TRANSPORTADO EM ÁGUA COM CLORETO DE SÓDIO

Stress and quality of meat of silver catfish transported in water with sodium chloride

S. S. Rosa^{1*}

¹ Graduate Program on Animal Science, School of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), BR 376 km 14, 83010-500 - São José dos Pinhais/PR, Brazil.

RESUMO

O jundiá (*Rhamdia quelen*), bagre de origem sul americana, apresenta rápido crescimento, resistência e carne de qualidade. O transporte de peixes vivos é uma rotina crítica, já que pode causar estresse e perda da qualidade do pescado. Buscando mitigar o estresse, o cloreto de sódio (NaCl) tem sido adicionado à água de transporte dos peixes de água doce. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adição de NaCl na água de transporte e seus efeitos no estresse e na qualidade de carne de jundiá. Foram utilizados 380 jundiás cultivados em viveiro escavado, distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos: um tratamento avaliado pós-despesca e três tratamentos avaliados após o transporte por três horas em água contendo 0, 8 e 12 g NaCl L⁻¹. Foram feitas análise de parâmetros fisiológicos indicadores de estresse (cortisol, glicose e íons (sódio, cloretos, potássio e cálcio) circulantes e glicogênio hepático) e análise de qualidade de carne (pH, índice de *rigor mortis*, cor instrumental, contagem de aeróbicos psicrotróficos e análise sensorial), realizada durante 10 dias de estocagem em gelo. Para a análise fisiológica, os animais foram anestesiados em água com benzocaína e para a análise de qualidade de carne, foram abatidos por choque térmico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os níveis de cortisol sanguíneo estiveram acima dos valores basais nos peixes em todos os tratamentos. Os níveis de sódio foram superiores nos tratamentos transportados com sal em comparação ao tratamento sem adição de sal na água de transporte. Os níveis de cálcio foram superiores nos três tratamentos transportados em comparação ao grupo não transportado. Os menores valores de pH muscular coincidiram com os tempos de entrada em rigor pleno nos pescados de todos os tratamentos. Os pescados do grupo pós-despesca e do tratamento 12 g NaCl L⁻¹ apresentaram resolução do *rigor mortis* em menor tempo (12 e 8 horas *postmortem*, respectivamente) do que os demais tratamentos (16 horas *postmortem*). Para as coordenadas de cor a^* e C^* verificou-se maiores valores nas amostras do grupo pós-despesca e do tratamento 12 g NaCl L⁻¹, as quais apresentaram carne com maior intensidade de cor vermelha. As amostras desses dois tratamentos também apresentaram as maiores contagens de bactérias psicrotróficas em relação aos demais tratamentos. Após 4 dias de estocagem em gelo, os pescados do grupo pós-despesca e do tratamento 12 g NaCl L⁻¹ obtiveram as menores notas na avaliação sensorial. Pelo aumento dos níveis de sódio e cálcio nos tratamentos transportados com NaCl, constatou-se desequilíbrio osmótico. O uso de NaCl nas concentrações testadas na água de transporte não mitiga o estresse em jundiás, porém os pescados dos tratamentos contendo 0 e 8 g NaCl L⁻¹ apresentam melhor qualidade de carne. A concentração de 12 g NaCl L⁻¹ mostra-se desfavorável à homeostase e à qualidade da carne do jundiá, o que evidencia que essa espécie é sensível a elevadas concentrações de NaCl na água de transporte. O grupo pós despesca também apresenta alterações fisiológicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais indesejáveis, indicando que o abate de jundiás logo após a despesca também ocasiona estresse aos animais, influenciando negativamente a qualidade de sua carne.

Palavras-chave: *Rhamdia quelen*, NaCl, qualidade de carne.

3.1 Introdução

No continente americano, o Brasil está entre os três países que mais se destacam em produção aquícola, ficando atrás apenas do Chile e dos Estados Unidos. Em 2010, a produção nacional foi de 479.399 toneladas de pescado, o que representou 18,61% da produção total da América (FAO, 2012). Em 2011, a produção nacional atingiu 628.704,3 toneladas, com incremento de 31,1% em relação ao ano anterior. Sendo que a aquicultura continental representou 86,6% da produção total naquele mesmo ano (MPA, 2011). O crescimento da aquicultura no Brasil está ligado ao potencial que o País possui para desenvolvimento dessa atividade devido à sua riqueza de espécies nativas, diferentes microclimas, topografia, áreas adequadas para a criação de pescados e potencial hídrico, tanto continental, quanto costeiro. E, como sua economia é baseada no setor agrícola, o País produz uma variedade de produtos e subprodutos que podem ser utilizados na formulação de rações, que constituem o item de maior custo na aquicultura (Camargo & Pouey, 2005).

Dentre as espécies, o jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma de destaque no País. É um bagre de origem sul americana, que apresenta boas características zootécnicas relacionadas à resistência, docilidade, crescimento, adaptação climática, a variadas dietas e a diferentes sistemas de cultivo, além de apresentar elevada aceitação pelo mercado consumidor devido às características sensoriais favoráveis de sua carne, que é saborosa, possui filé magro, sem espinhos intramusculares e de boa textura (Fracalossi et al., 2004; Carneiro et al., 2004). É um peixe teleósteo de água doce que se distribui por toda a América do Sul, encontrado em ambientes calmos e profundos, como lagos e fundo de rios de areia ou lama (Gomes et al., 2000). Espécie euritérmica, que suporta altas variações de temperatura, possui hábito alimentar onívoro e que pode ganhar 600 a 800 g de massa corporal em apenas 8 meses quando cultivado em densidade de dois a quatro peixes por m² (Borges, 2005; Montanha et al., 2011).

Desde o cultivo realizado pelo produtor até a chegada ao consumidor, uma série de etapas exercem influência sobre a qualidade do pescado produzido, como o manejo realizado durante toda a criação, a captura, o carregamento, o transporte, o abate e o processamento.

O transporte dos peixes vivos é uma fase bastante problemática do processo de produção já que os peixes devem chegar em condições satisfatórias ao seu destino final, atendendo os critérios exigidos pelos compradores. Durante o transporte, os peixes são estressados, o que pode prejudicar a qualidade do pescado. É uma rotina dentro e fora das fazendas aquícolas e representa um considerável custo e risco aos piscicultores, transportadores de peixes e proprietários de pesqueiros. O uso de estratégias adequadas de transporte permite minimizar tais riscos e custos (FAO, 1986).

Assim, alguns mitigadores de estresse têm sido utilizados pelos aquicultores. O cloreto de sódio, o popular sal de cozinha, vem sendo utilizado como redutor de estresse diluído na água de transporte, pois tal substância reduz perdas de íons por diminuir o gradiente osmótico entre o plasma do peixe e a água, auxiliando no equilíbrio osmorregulatório, atua profilaticamente e estimula o aumento da secreção de muco sobre o epitélio branquial (FAO, 1986; McDonald e Milligan, 1997). O NaCl é amplamente disponível para a compra, de baixo custo e pode ser utilizado nas pisciculturas, atuando no controle de doenças, reduzindo o estresse ocasionado pela despesca, biometria, transferência dos peixes, carregamento, depuração além do transporte de curta e longa duração.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi pesquisar o efeito mitigador de estresse de diferentes concentrações de NaCl, adicionadas na água de transporte de jundiás (*Rhamdia quelen*) e os efeitos na qualidade da carne do pescado.

3.2 Materiais e métodos

Os aspectos éticos e de bio-segurança deste trabalho foram executados em consonância com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa e com a aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da PUCPR, pelo parecer com número de protocolo 719.

O projeto foi desenvolvido por uma equipe formada por alunos e pesquisadores do Laboratório de Pesquisas em Piscicultura (LAPEP) e do Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) em

São José dos Pinhais/PR. As análises laboratoriais foram realizadas no Setor de Piscicultura e nos laboratórios de Microbiologia, Nutrição e de Tecnologia de Produtos Agropecuários, além do Hospital Veterinário do *campus* da PUCPR, em São José dos Pinhais.

3.2.1 Material Biológico

Para o experimento, foram utilizados 380 jundiás adultos, com comprimento padrão médio de $25,9 \pm 2,1$ cm e peso médio de 360 ± 99 g, provenientes de cultivo em viveiro escavado do LAPEP - PUCPR, em São José dos Pinhais - PR.

3.2.2 Protocolo Experimental

Quarenta e oito horas antes do transporte, a alimentação com ração comercial contendo 32% de proteína bruta (Supra, Alisul Alimentos, São Leopoldo - RS) foi suspensa a fim de esvaziar o conteúdo do trato intestinal dos animais e manter a qualidade da água durante o transporte.

Para a despesca, a água do viveiro foi drenada parcialmente (Figura 1), sendo posteriormente capturados 380 jundiás, com auxílio de rede de arrasto, puçás e baldes. Logo após a despesca, os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos, para avaliação do estado fisiológico e da qualidade da carne.

- Grupo pós-despesca, o qual não foi submetido ao transporte e amostrado imediatamente após a despesca.
- Grupo transportado sem adição de NaCl na água.
- Grupo transportado com concentração de $8,0 \text{ g L}^{-1}$ de NaCl dissolvida na água.
- Grupo transportado com concentração de $12,0 \text{ g L}^{-1}$ de NaCl dissolvida na água.

Os grupos transportados foram acondicionados em três unidades de transporte de 250 litros, em densidade de 150 kg/m^3 , que foram acopladas em uma caminhonete (Figura 2). A suplementação de oxigênio foi realizada por meio de um cilindro e mangueiras de difusão reguladas com fluxo de $2 \text{ mg de O}_2/\text{L}/\text{minuto}$. O tempo de transporte foi de três horas em rodovias da região, tendo como local de partida e chegada o Setor de Piscicultura da PUCPR localizado em São José dos Pinhais/ PR.



Figura 1: Manejo de despesca dos jundiás com rede de arrasto em viveiro escavado no setor de piscicultura da PUCPR (LAPEP).



Figura 2: Caminhonete com as três unidades experimentais e sistema de injeção de oxigênio dissolvido.

3.2.2.1 Coletas e preparação de amostras

Foram realizadas análises de qualidade de água do viveiro e das unidades de transporte. Os parâmetros oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), pH e amônia

total (mg/L) foram mensurados antes e após o transporte em todas as unidades de transporte. No momento da despesca, os parâmetros foram medidos apenas uma vez, diretamente no viveiro.

Foram realizadas análises fisiológicas dos jundiás, como cortisol sérico (n=7), glicose plasmática (n=10), glicogênio hepático (n=10) e concentrações sanguíneas de íons sódio, cloretos, potássio e cálcio (n=10). Para as análises fisiológicas, foram coletados dez peixes de cada tratamento (N=40). Os peixes foram anestesiados em água com benzocaína (60 mg/L). Posteriormente à anestesia, iniciaram-se os procedimentos de coleta sanguínea, biometria e coleta de fígado necessários para a realização das análises fisiológicas.

O sangue dos peixes foi retirado por punção da veia caudal. O sangue foi separado em duas alíquotas, armazenadas em tubos de coleta (1,5ml), sendo que na primeira foi utilizado anticoagulante antiglicolítico EDTA fluoretado para extração do plasma e posterior determinação de glicose. O sangue foi imediatamente centrifugado a 5.000 rpm, durante 10 minutos, a 10°C para extração do plasma. Um volume de 200 µL de plasma foi depositado em novos tubos de coleta e armazenado a -18 °C até o procedimento da análise.

O restante do sangue foi armazenado em temperatura ambiente durante 60 minutos para que coagulasse. Posteriormente, foi centrifugado a 5.000 rpm, durante 10 minutos a 10 °C para a extração do soro, o qual foi separado em tubos de coleta no volume de 100 µL e armazenado a -80 °C para posterior determinação de cortisol e íons (cloretos, sódio, potássio e cálcio).

Após a coleta sanguínea, os peixes foram pesados em balança digital modelo Q-510-1500 (Quimis, Diadema, SP, Brasil) e tiveram seu comprimento medido com o auxílio de ictiômetro (Aquatic Eco System, EUA). Em seguida, os animais foram abatidos por secção da medula. Para a coleta do material hepático, os peixes foram abertos ventralmente, com o auxílio de tesoura, pinça e bisturi. Após a abertura do abdômen, os órgãos foram separados e os ligamentos foram rompidos até que o fígado fosse completamente liberado e sem fragmentações. Os fígados retirados foram pesados, embalados em papel alumínio, rapidamente congelados em gelo seco e estocados a -80 °C, onde permaneceram até a data das determinações de glicogênio.

Para a análise de qualidade da carne dos jundiás foram determinados pH muscular (n=3), índice de *rigor mortis* (n=5), cor instrumental (n=3), análise microbiológica (n=3) e análise sensorial. Foram coletados 85 peixes de cada tratamento (N=340). Os peixes foram atordoados e abatidos por choque térmico com água e gelo e armazenados em caixas térmicas contendo gelo, na proporção de 1:1 (peixe e gelo), o qual era repostado constantemente. Os peixes foram estocados por um período de 10 dias para avaliação dos parâmetros de qualidade da carne em intervalos pré determinados conforme descrito a seguir.

-pH muscular, medido em triplicata, nos tempos 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem*.

-Índice de *rigor mortis* nos tempos 0, 4, 8, 12, 16, 18, 20, 24 horas *post mortem*, sendo utilizados os mesmos peixes a cada intervalo de tempo.

-Cor instrumental, medida em triplicata, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem*.

-Análise microbiológica, em triplicata, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas de *post mortem*.

-Análise sensorial, realizada nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem*.

O esquema ilustrativo das etapas e análises realizadas no experimento está apresentado na Figura 3.

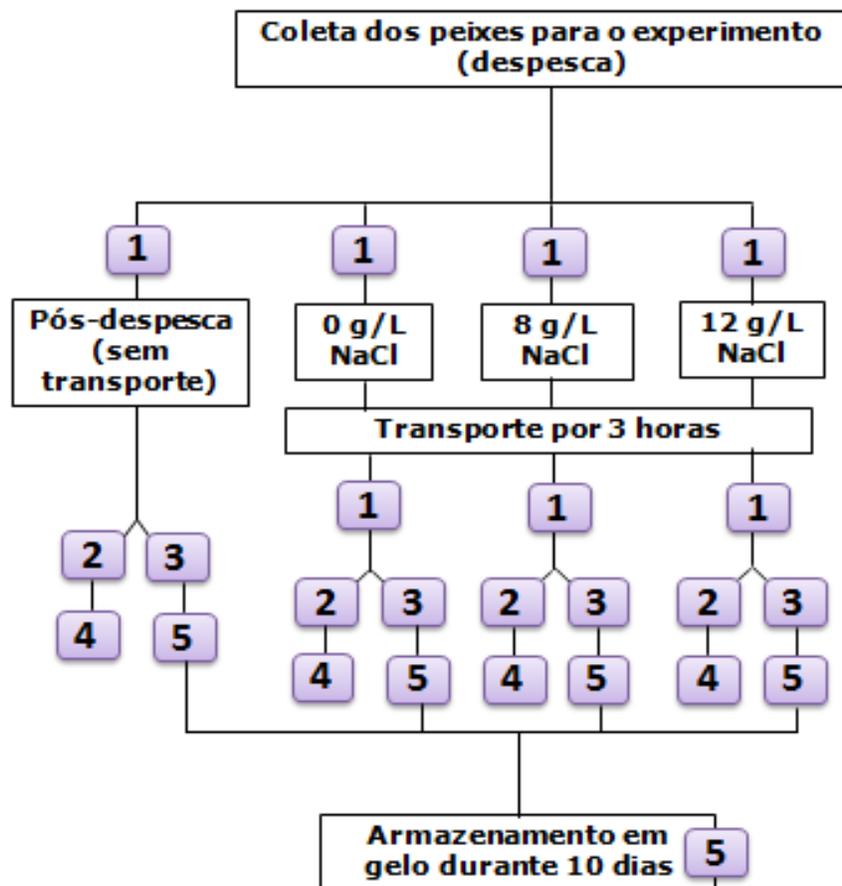


Figura 3: Etapas do experimento: 1 = análise de qualidade de água; 2 = peixes anestesiados com benzocaína (n=10); 3 = peixes insensibilizados e abatidos por choque térmico (85); 4 = coleta de amostras para análise de parâmetros fisiológicos; 5 = coleta de amostras e análise de qualidade da carne.

3.2.3 Análise de qualidade de água

Foram determinados o oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C) com o auxílio de oxímetro portátil (YSI, Yellow Springs, OH, EUA). O pH foi avaliado em pHmetro portátil, modelo pH100 (YSI, Yellow Springs, OH, EUA) e o teor de amônia total na água (mg/L) foi mensurado pelo método de Nessler (Gentzkow, 1942).

3.2.4 Análise fisiológica

Os níveis de cortisol sérico foram determinados em microplacas de imunoenensaio enzimático DRG Cortisol® (ELISA) e posteriormente mensurados em leitora automática de placas ELISA (BioTek®, Vermont, EUA).

A quantificação de glicose plasmática foi realizada pelo método colorimétrico enzimático glicose-oxidase, com *kit* comercial de glicose (Analisa, Lagoa Santa, MG, Brasil) e espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, PR, Brasil).

O nível de glicogênio hepático foi determinado pelo método descrito por Moon et al. (1989).

Os níveis dos íons séricos sódio, potássio e cálcio foram quantificados por meio do eletrodo seletivo de íons (Iselab, Drake, São José do Rio Preto, SP, Brasil). Os níveis de cloretos foram determinados pelo método colorimétrico enzimático com *kit* comercial (Bioclin®, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) e a mensuração em espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, PR, Brasil).

3.2.5 Análise de qualidade da carne

3.2.5.1 pH muscular

Para a determinação do pH muscular foi utilizado pHmetro digital portátil (Homis, Belenzinho, São Paulo, SP), com eletrodo de penetração diretamente na musculatura dos peixes, próximo à nadadeira dorsal.

3.2.5.2 Índice de *rigor mortis*

O índice de *rigor mortis* foi determinado de acordo com o método de Bito et al. (1983). O peixe previamente enumerado foi colocado sobre uma superfície plana,

apoiado até a altura das nadadeiras pélvicas, ficando a parte caudal suspensa. O comprimento da inclinação que se formou com a superfície, foi medido com o auxílio de uma régua e um esquadro. O índice de *rigor mortis* (IRM) foi determinado pela relação: $IRM (\%) = (D_0 - D)/D_0 \times 100$, onde D_0 = valor da distância inicial da base da nadadeira caudal ao ponto de referência, imediatamente após a morte e D = valor da distância que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência, nos tempos determinados.

3.2.5.3 Cor instrumental

A determinação instrumental de cor foi realizada na porção interna dos filés retirados dos jundiás, com colorímetro portátil Minolta, modelo CR 410 (Tóquio, Japão), com fonte de luz C, abertura de célula de 50 mm e ângulo de observação de 2°. Os valores para a cor foram expressos utilizando os padrões de cor do sistema CIE L* a* b*, C* e h (*Comission Internationale de L'Eclairage*), que define a sensação da cor baseando-se em três elementos, a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade (Camargos & Gonzalez, 2001).

3.2.5.4 Contagem de aeróbios mesófilos

Para a contagem de bactérias aeróbias psicrotróficas, utilizou-se o método da American Public Health Association (APHA), descrito por Cousin et al. (2001). Foram coletados assepticamente 10 g de músculo para diluição e homogeneização em 90 mL de água peptonada a 0,1% (HIMEDIA, RM001, Mumbai, Índia) com o auxílio de homogeneizador asséptico (Stomacher (IUL Instruments, Barcelona, Espanha). Posteriormente, procedeu-se a diluição seriada de 1 mL das amostras em 9 mL de água peptonada estéril 0,1% seguida de semeadura em placas com ágar PCA (HIMEDIA, M091, Mumbai, Índia). As placas foram incubadas a 17 °C por 16 horas, seguida de nova incubação a 4 °C por 72 horas para posterior contagem das colônias (BRASIL, 2003; Silva et al., 2010). Os resultados foram expressos em log UFC/ g de amostra.

3.2.5.5 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada por uma equipe composta por 11 avaliadores treinados para uso de escala estruturada de cinco pontos (Figura 4) para os atributos: aspecto dos olhos (Figura 5), firmeza do corpo (Figura 6) e odor. Todos os avaliadores utilizaram luvas para manusear as amostras durante as avaliações sensoriais. Os peixes eram retirados das caixas com gelo, meia hora antes de iniciar a avaliação, uma pessoa responsável, que não fazia parte do grupo de avaliadores, organizava-os, atribuindo 3 códigos aleatórios para cada peixe, e os peixes eram posicionados em bandejas com fundo branco e expostos à luminosidade com lâmpada de luz fluorescente (Philips, modelo TLD 32W) posicionada à distância de 2 metros das amostras.

5	4	3	2	1
<u>Olhos:</u> super salientes, brilhantes, transparentes e pupila negra.	<u>Olhos:</u> salientes, brilhantes, transparentes e pupila negra.	<u>Olhos:</u> perda de brilho dos olhos, ligeiro afundamento, início de opacidade.	<u>Olhos:</u> afundamento moderado, perda de brilho, moderadamente opacos.	<u>Olhos:</u> opacos, de cor leitosa, afundados e pupila pouco visível.
<u>Corpo:</u> elástico à pressão dos dedos.	<u>Corpo:</u> firme.	<u>Corpo:</u> ainda firme à pressão dos dedos.	<u>Corpo:</u> começa a perder firmeza e começa a afundar com a pressão dos dedos, retorno lento da pele.	<u>Corpo:</u> sem firmeza e afunda à pressão dos dedos, sem retorno da pele.
<u>Odor:</u> suave, quase não perceptível de pescado fresco.	<u>Odor:</u> de peixe fresco mais intenso.	<u>Odor:</u> de peixe fresco mais intenso.	<u>Odor:</u> rançoso.	<u>Odor:</u> rançoso intenso

Figura 4: Escala estruturada de cinco pontos para avaliação de frescor de jundiás (*Rhamdia quelen*), considerando o aspecto dos olhos, firmeza do corpo e odor.

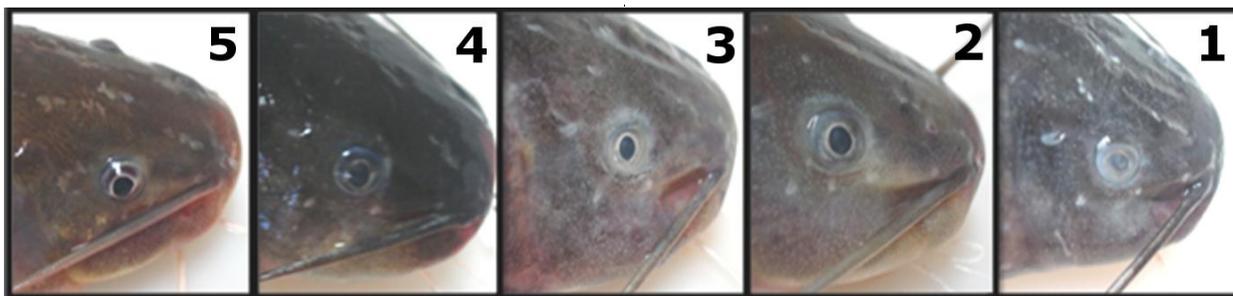


Figura 5: Escala de frescor de jundiás constatada pelos aspectos dos olhos e as notas correspondentes na escala estruturada. Nota 5 = pescado recém abatido, nota 1= pescado armazenado em gelo por 240 horas.

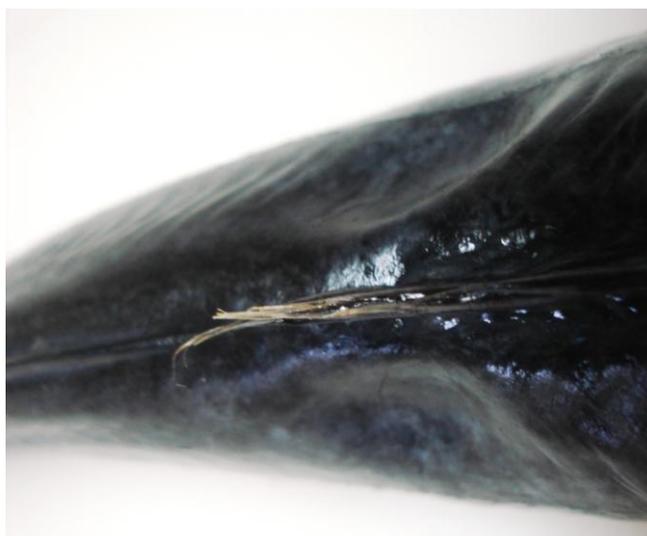


Figura 6: Corpo de jundiá sem firmeza, afundado à pressão dos dedos, sem retorno da pele e músculos à posição original. Pressão realizada próxima à nadadeira dorsal em um jundiá armazenado em gelo por 240 horas.

3.2.6 Análise Estatística

Para a análise dos dados foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos. Os dados foram analisados por ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Em todas as análises foi adotado o nível de significância $p \leq 0,05$ e utilizado o programa estatístico Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.11© .

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Parâmetro Fisiológicos

Para avaliar a qualidade da água coletada antes e após o transporte dos animais verificou-se valores médios de oxigênio dissolvido de $5,4 \pm 1,01 \text{ mg L}^{-1}$, temperatura de $19,7 \pm 0,14 \text{ }^\circ\text{C}$, pH de $8,1 \pm 0,07$ e concentração de amônia total de $1,52 \pm 0,9 \text{ mg L}^{-1}$. Esses valores de qualidade de água são considerados satisfatórios para a espécie jundiá, não sendo observada mortalidade dos peixes durante o período experimental (Lopes, 1998; Gomes et al., 2000; Maffezzoli & Nuñez, 2006).

Para o cortisol sérico (Figura 7), não houve diferença significativa entre os tratamentos. O grupo pós-despesca apresentou média de $175,0 \text{ ng mL}^{-1}$ e os demais tratamentos transportados, sem sal e com adição de 8,0 e 12,0 g NaCl L^{-1} , apresentaram respectivamente, médias de $157,0 \text{ ng mL}^{-1}$, $142,4 \text{ ng mL}^{-1}$ e $179,4 \text{ ng mL}^{-1}$.

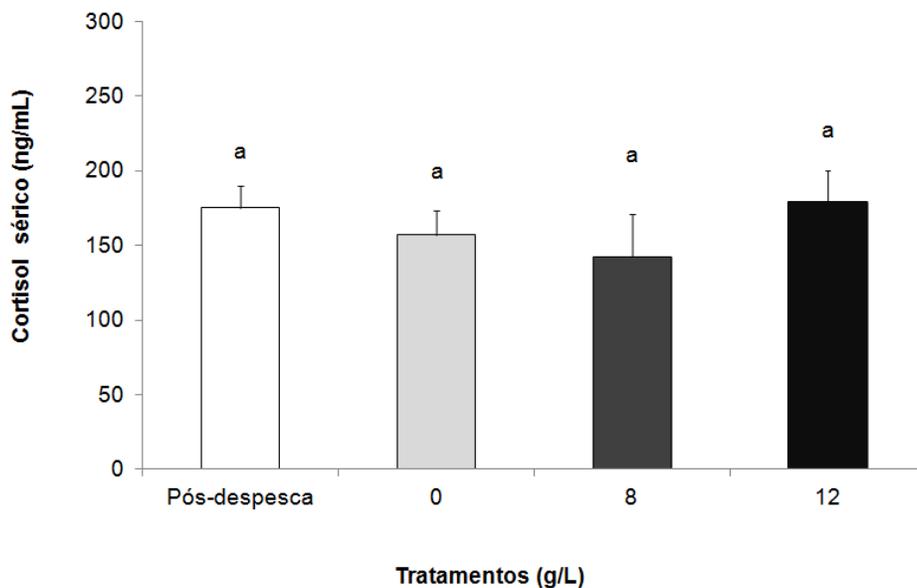


Figura 7: Valores médios de cortisol sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L^{-1} . Barras verticais representam o erro padrão da média (n=7).

Davidson et al. (2000) citam que os níveis de cortisol em trutas não estressadas variam de 5 e 51 ng/mL⁻¹. Cunha et al. (2010) avaliaram o cortisol em jundiás e encontraram valores inferiores a 20 ng/ml como nível basal no grupo controle. A elevação dos níveis de cortisol (hormônio corticosteróide) no sangue é considerada por muitos autores, como a principal resposta ao estresse (Wedemeyer et al., 1990). O alto nível de estresse apresentado nos peixes do grupo pós-despesca, mostra que os peixes entram em estado de estresse ainda no viveiro, com a despesca, antes do transporte. Segundo Barcelos et al. (1997) altos níveis de cortisol sugerem que procedimentos de captura no tanque de origem, acondicionamento e transporte são muito estressantes para os animais. Em todos os tratamentos, os animais apresentaram elevados níveis de cortisol, demonstrando que os peixes ficaram estressados. Urbinati & Carneiro (2006) avaliaram o uso de diferentes concentrações de NaCl (0, 1, 3 e 6 g L⁻¹) na água de transporte de matrinxãs e concluíram que o nível de cortisol plasmático foi mais elevado logo após o transporte quando comparado à condição inicial (pré-transporte), exceto para os peixes transportados com sal nas concentrações 3,0 e 6,0 g L⁻¹. Brandão et al. (2008) e Gomes et al. (2006) avaliaram o transporte de juvenis de pirarucu (*Arpaima gigas*) e em ambos os estudos a presença de NaCl na água de transporte não foi eficaz na redução do estresse ocasionado pelo transporte, sendo que os níveis de cortisol não apresentaram diferença significativa. Dessa forma, nem sempre a adição de NaCl na água de transporte é satisfatória e eficaz na redução dos níveis de cortisol em peixes.

A taxa de glicemia (Figura 8) observada nos peixes logo após a despesca apresentou média de 50,8 mg dL⁻¹. Nos peixes que foram transportados com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ a média de glicose (67,7 mg dL⁻¹) foi maior (p<0,05) que a apresentada pelo grupo pós-despesca (sem transporte), porém, este grupo transportado não apresentou diferença significativa com os demais grupos transportados. Além disso, o grupo transportado sem adição de NaCl obteve média de 55,7 mg dL⁻¹, não apresentando diferença para o grupo pós-despesca ou o grupo transportado com a maior concentração de NaCl (12,0 g L⁻¹), o qual teve média de 64,1 mg dL⁻¹ de glicose plasmática.

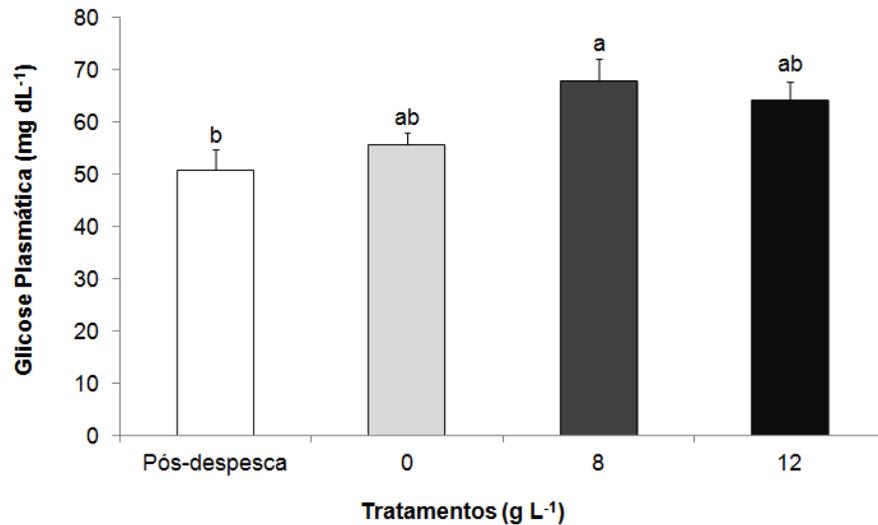


Figura 8: Valores médios de glicose plasmática em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

Neste experimento as taxas de glicose permaneceram baixas em todos os tratamentos, porém o aumento da glicose plasmática está diretamente relacionado com a presença de estresse em peixes, sendo uma resposta secundária a ele. Segundo Brandão et al., (2008) esta elevação imediata da glicose em resposta ao estressor é ocasionada por estímulo das catecolaminas, especialmente a epinefrina, que estimula a glicogenólise, ou seja, a transformação de glicogênio em glicose. Por isso que durante o estresse, ocorre diminuição dos níveis de glicogênio hepático e elevação dos níveis de glicose plasmática. De acordo com Oba et al. (2009), as catecolaminas são a causa inicial da elevação dos níveis plasmáticos de glicose, e os corticosteróides podem contribuir para a manutenção da hiperglicemia.

No processo de estresse, são liberados os hormônios adrenalina e noradrenalina, também conhecidos por hormônios de fuga do indivíduo, esses hormônios estimulam a glicogenólise através da mobilização de reservas glicogênicas do fígado, promovendo hiperglicemia nos animais (Oba et al., 2009). A hiperglicemia proporciona energia para os peixes durante a fuga ou durante alguma outra situação envolvendo estresse (Wendelaar Bonga, 1997).

O fato de ter sido detectada a ocorrência de estresse, pelos altos níveis de cortisol, nos peixes de todos os tratamentos, apesar dos baixos valores de glicose plasmática pode estar relacionado ao tempo necessário para a disponibilização da glicose no sangue mediante glicogenólise. Assim, os baixos níveis de glicose estão relacionados com a baixa presença de glicogênio no fígado, a qual foi constatada no grupo pós-despesca. Neste sentido, os resultados observados indicam que apesar da ocorrência de estresse nos animais, as reservas energéticas estavam muito baixas para responder metabolicamente pela elevação do nível de glicose plasmática.

O aumento de glicose plasmática em peixes transportados com a adição de NaCl na água foi relatado por alguns autores. Carneiro & Urbinati (2001) observaram aumento de glicose plasmática em matrinxãs em estudo sobre o uso de sal como mitigador de estresse durante o transporte desses animais nas concentrações de 0, 1 e 3 g NaCl L⁻¹ na água. Urbinati et al. (2004) e Urbinati & Carneiro (2006) verificaram elevação dos níveis de glicose plasmática em matrinxã transportado com diferentes concentrações de NaCl. Gomes et al. (2006) verificaram que a adição de concentrações de 0, 1, 3, 5 gL⁻¹ de NaCl na água de transporte de juvenis de pirarucus não mostrou efeito de redução dos valores de glicose plasmática.

Em relação aos níveis de glicogênio hepático (Figura 9), não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). A média de glicogênio hepático presente nos peixes foi de 5,41 mmol g⁻¹ no grupo pós-despesca e, nos tratamentos transportados sem NaCl e com 8,0 e 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água foram de 8,44 mmol g⁻¹, 5,92 mmol g⁻¹ e 6,61 mmol g⁻¹, respectivamente.

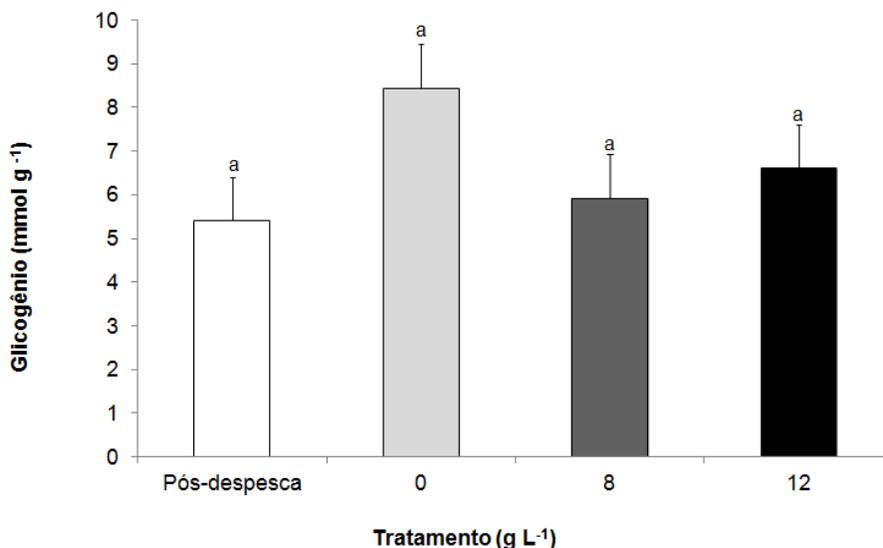


Figura 9: Valores médios de glicogênio hepático em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

Contrariamente à produção de cortisol no sangue que apresenta relação diretamente proporcional ao estresse, os níveis de glicogênio hepático mostram relação inversamente proporcional, na qual a redução dos níveis de glicogênio hepático constitui resposta ao estresse elevado devido à sua quebra em glicose (Mazeaud et al., 1977). Assim, o glicogênio hepático é a forma armazenada da glicose. Quando o teor de glicose plasmática aumenta em decorrência de estresse, as reservas de glicogênio no fígado tornando-se menores. No presente trabalho não foram verificadas alterações nos níveis de glicogênio nos tratamentos estudados e os níveis de glicose permaneceram baixos.

A seguir serão abordados os resultados obtidos na análise dos níveis de íons séricos para posterior discussão.

O sódio sérico (Figura 10) apresentou maiores médias nos peixes dos tratamentos transportados com sal na água e no grupo pós-despesca. O tratamento transportado com 8,0 g NaCl L⁻¹ apresentou valores médios de 141,7 mmol L⁻¹, o tratamento transportado com 12,0 g NaCl L⁻¹ obteve valores médios de 141,6 mmol L⁻¹,

os peixes do grupo pós-despesca, $139,9 \text{ mmol L}^{-1}$ e o tratamento transportado sem adição de NaCl, $139,0 \text{ mmol L}^{-1}$.

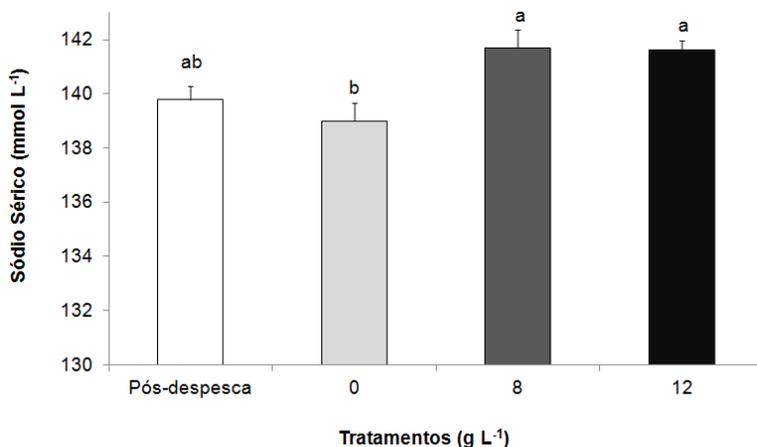


Figura 10: Valores médios de concentração de sódio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

A concentração de cloretos sérico (Figura 11) foi menor nos peixes transportados com 12,0 g NaCl L⁻¹ na água, com valor médio de $106,4 \text{ mmol L}^{-1}$ em relação os peixes do grupo pós-despesca, $114,6 \text{ mmol L}^{-1}$ e aos peixes do tratamento transportado sem adição de sal, $114,7 \text{ mmol L}^{-1}$. Os peixes do tratamento transportado com 8,0 g NaCl L⁻¹, que tiveram valor de $110,8 \text{ mmol L}^{-1}$ para o cloreto sérico, não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) em relação aos demais tratamentos.

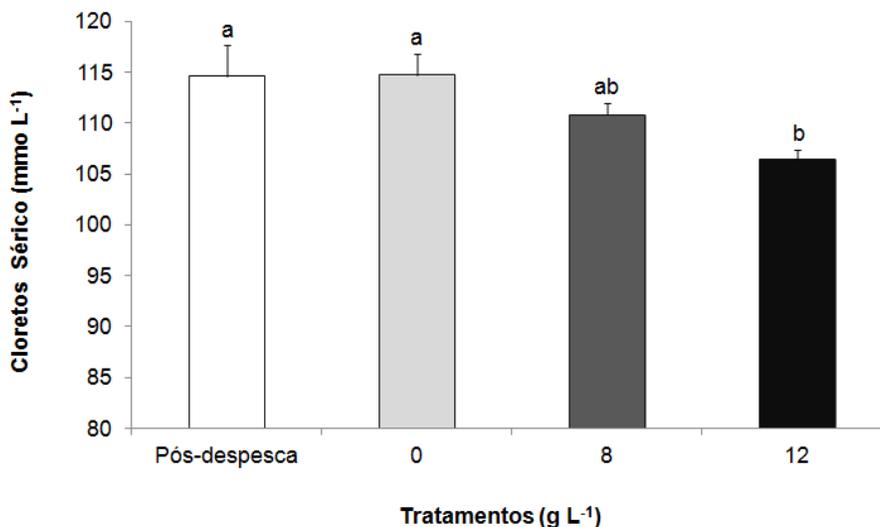


Figura 11: Valores médios de concentração de cloretos sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

O valor médio de potássio sérico (Figura 12) nos peixes do grupo pós-despesca foi de 2,74 mmol L⁻¹. Os peixes do tratamento transportado sem adição de sal apresentaram média de 3,15 mmol L⁻¹. E, para os tratamentos transportados com adição de sal (8,0 e 12,0 g NaCl L⁻¹) os valores de potássio sérico foram de 3,41 mmol L⁻¹ e 3,5 mmol L⁻¹, respectivamente, não havendo diferença significativa (p>0,05) entre os tratamentos avaliados.

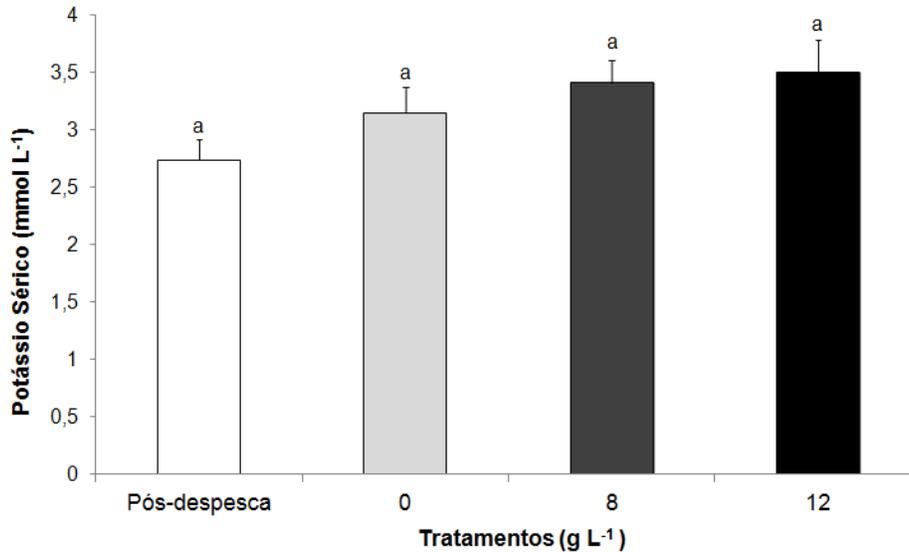


Figura 12: Valores médios de concentração de potássio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

As concentrações de cálcio (Figura 13) sofreram elevações em todos os peixes transportados. Os peixes transportados sem adição de NaCl apresentaram média de 2,03 mmol L⁻¹, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹, média de 2,40 mmol L⁻¹ e os peixes transportados com 12,0 g NaCl L⁻¹, média de 2,16 mmol L⁻¹. Todos os tratamentos transportados apresentaram valores de cálcio superiores aos dos peixes do grupo pós-despesca, com valor médio de 0,38 mmol L⁻¹.

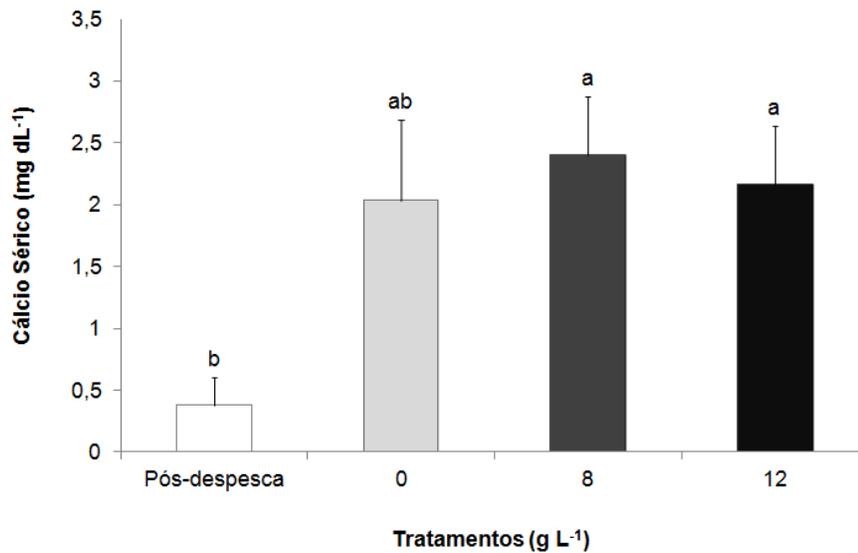


Figura 13: Valores médios de concentração de cálcio sérico em jundiás não transportados (grupo pós-despesca), transportados sem adição de cloreto de sódio (NaCl) na água e jundiás transportados em água com adição de NaCl em concentrações de 8,0 e 12,0 g L⁻¹. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=10).

A mensuração das alterações iônicas séricas são importantes para a avaliação do estresse em peixes, pois durante esse processo a regulação osmótica entre o meio interno do peixe e o meio externo torna-se mais difícil. Tais alterações ocorrem devido a uma maior exposição do epitélio branquial ao gradiente iônico, sendo consideradas como respostas secundárias ao estresse. Os hormônios liberados atuam sobre o epitélio branquial provocando aumento na sua permeabilidade, causando desequilíbrio osmótico nos peixes de água doce (Bendhack, 2004). Distúrbios osmóticos e iônicos podem ocorrer como resultado da diurese e da perda de eletrólitos sanguíneos (Oba et al., 2009).

A presença das concentrações de NaCl dissolvidas na água pode ter ocasionado o desequilíbrio entre o meio interno e externo do animal pela permeabilidade da membrana, facilitando a entrada de NaCl do meio mais concentrado (externo) para o meio menos concentrado (interno), aumentando assim, o nível de sódio sérico presente nos animais transportados com adição de NaCl na água. A elevação dos níveis de sódio sérico nos tratamentos transportados com adição de NaCl

também foi verificada por Gomes et. al (2006) em seu trabalho com pirarucu, sendo observado aumento de sódio sérico em juvenis de pirarucus transportados por 3 horas em concentrações de sal (1, 3 e 5 gL⁻¹). Assim, o uso de sal na água de transporte de pirarucus juvenis fez com que os peixes necessitassem de adaptação rápida osmorregulatória para lidar com um ambiente com salinidade superior (Gomes et al., 2006).

Em condições normais, para manter o equilíbrio osmorregulatório, os peixes buscam diminuir a perda de íons ou obtê-los por meio da água (Baldisserotto et al., 2003). Pelo fato dos jundiás serem peixes de água doce, em que a disponibilidade de Na⁺ é limitada, em condições normais, os peixes reduziriam o influxo desse íon (Gomes et al., 2006). Contudo, como foi detectada a presença de estresse nos animais durante o transporte, houve aumento do influxo de sódio pelos jundiás na tentativa de manter o equilíbrio osmótico.

Gomes et al. (1999) também verificaram elevação nos níveis séricos de Na⁺ em peixes transportados com adição de 6 gL⁻¹ de sal na água, sendo observada mortalidade de animais após 12 horas de transporte nessas condições.

Os níveis de cloreto no sangue tiveram um comportamento inverso aos níveis de sódio, visto que quanto maiores os níveis de sódio, menores foram os níveis de cloreto em todos os tratamentos. Os níveis de cloreto sérico nos peixes diminuíram à medida em que aumentou a concentração de NaCl na água de transporte.

Urbinati et al. (2004) avaliaram o transporte de matrinxãs juvenis por quatro horas nas densidades 83, 125, 166 gL⁻¹ de NaCl, verificaram que o cloreto sérico também diminuiu após o transporte dos animais. Por sua vez, no trabalho de Carneiro et al., (2009) não houve diferença significativa entre os grupos de juvenis de jundiás transportados e o grupo não transportado.

As concentrações do íon potássio não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Tal resultado também ocorreu no trabalho de Carneiro & Urbinati (2001) que não verificaram diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, verificaram aumento do teor de potássio após o transporte em relação à condição inicial dos peixes. Essa elevação foi justificada pelo distúrbio eletrolítico causado pelo estresse nos animais, bem como pelo extravasamento do conteúdo

celular, onde o potássio é o principal cátion, em consequência do aumento da fragilidade das células. Gomes et al (2006) e Carneiro et al (2002) observaram elevação da concentração do íon potássio após o transporte de pirarucu e matrinxã, respectivamente.

Vale ressaltar que de acordo com McDonald & Milligan (1997), a alteração dos níveis séricos de potássio, sódio e cloreto indicam desequilíbrio osmótico pelo estresse ocasionado pelo transporte. Assim, neste experimento, o aumento dos níveis de sódio e a diminuição dos níveis de cloretos nos peixes transportados indicam desequilíbrio de cátions e ânions, respectivamente.

Carneiro & Urbinati (2001), avaliando transporte de matrinxãs, encontraram maiores teores de cálcio sérico nos animais após o transporte, corroborando com o resultado encontrado neste trabalho, em que os grupos transportados apresentaram maiores concentrações de cálcio do que quando o grupo não transportado. De acordo com Wendelaar Bonga (1997) o cálcio ajuda a reduzir a permeabilidade nas membranas das brânquias, diminuindo assim as perdas iônicas induzidas por catecolaminas. Bendhack (2008) obteve os mesmos resultados realizando mudanças de ambientes com diferentes concentrações de sais de cálcio e de sódio em matrinxãs após 3 horas de experimento. Além disso, os elevados valores encontrados para o íon cálcio estão intimamente ligados aos altos níveis de cortisol apresentados por todos os tratamentos, já que o cortisol também influencia na regulação da captação de cálcio, promovendo efeitos de hipercalcemia nos peixes (Flik e Verbost, 1993).

3.3.2 Parâmetros de Qualidade de Carne

Com relação aos parâmetros de qualidade de carne, o pH da musculatura superficial dos jundiás avaliados neste experimento (Figura 14) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos nos diferentes tempos de estocagem.

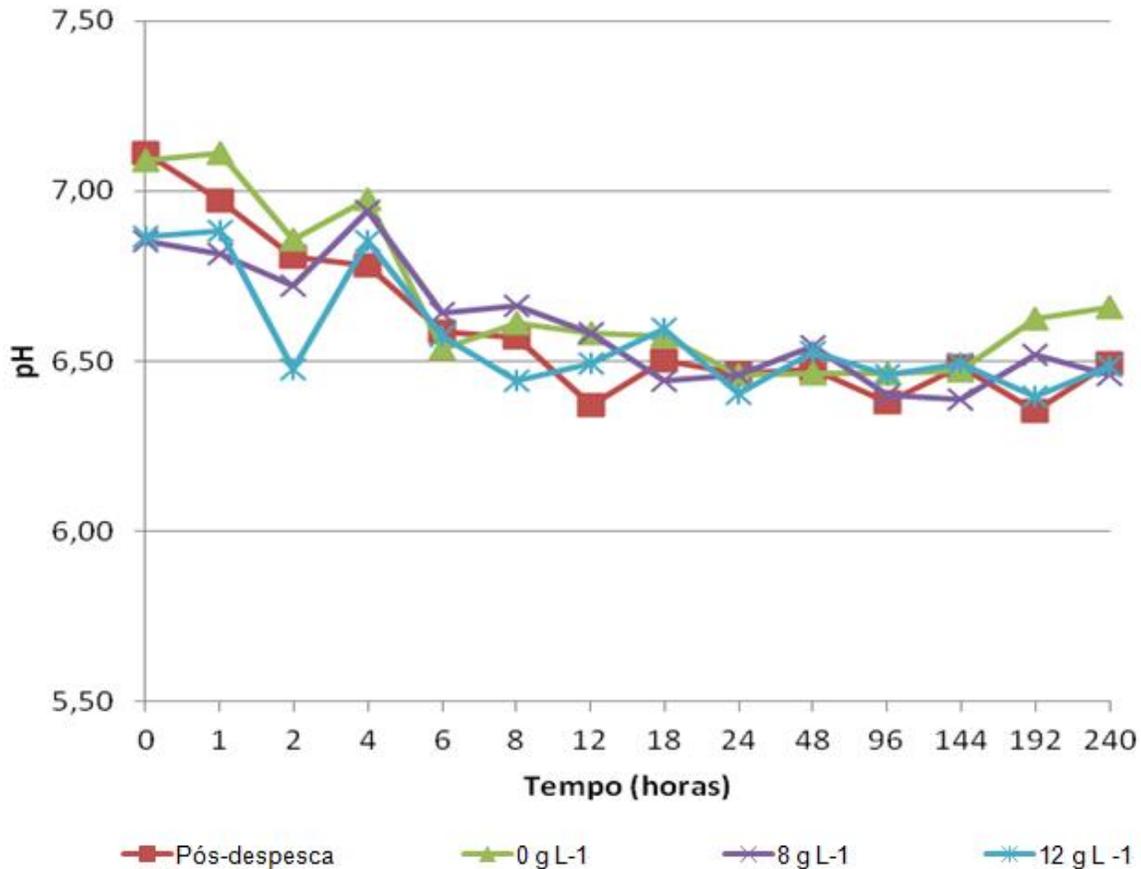


Figura 14: Evolução do pH da musculatura superficial de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem* de armazenamento em gelo.

O pH do músculo do pescado é um importante parâmetro de qualidade. No momento da captura, o pH muscular costuma estar próximo a 7. Logo após, inicia-se a glicólise *post mortem* produzindo ácido láctico que reduz o pH muscular. A quantidade de ácido láctico produzido está diretamente relacionada à reserva de glicogênio muscular (Contreras-Guzmán, 1994). A diminuição no pH *post-mortem* do músculo do pescado modifica suas propriedades físicas, reduzindo a carga elétrica da superfície das proteínas musculares e promovendo assim desnaturação proteica parcial e redução em sua capacidade de retenção de água (Huss, 1995).

Posteriormente, ocorre aumento do pH durante a degradação autolítica e bacteriana do pescado, sendo essa alteração bastante descrita em estudos de monitoramento da qualidade desse alimento. Valores de pH do pescado muito próximos de 7 (neutro) estão normalmente associados à rejeição sensorial do produto (Santos, 2008).

Duran et al. (2008) avaliaram os efeitos de dois diferentes métodos de abate (asfixia e percussão) sobre a qualidade de trutas e carpas e verificaram que os peixes menos estressados durante o abate (por percussão) obtiveram maiores valores de pH iniciais, levando a um retardo na instalação do *rigor mortis* e proporcionando mais tempo para a filetagem dos peixes, antes do início da autólise. Os valores médios de pH após 24 horas do abate variaram entre 6,29 a 6,66 após dez dias de estocagem em gelo. No trabalho de Almeida et al. (2006), foram avaliadas alterações *post mortem* em tambaqui conservado em gelo e os valores médios de pH variaram entre 6,07 e 6,66 durante 49 dias de avaliação, ficando próximos dos encontrados nos jundiás.

No trabalho de Mikos (2011), que avaliou o pH de tilápias transportadas com diferentes concentrações de NaCl, os valores de pH também mostraram a curva de redução e posterior aumento após 10 dias de estocagem.

Segundo o artigo 433.2 do RIISPOA, que determina as características físicas e químicas do pescado fresco, o pH da carne externa do pescado deve ser inferior a 6,8 e da carne interna, inferior a 6,5. Considerando, os valores médios de pH da musculatura superficial, os pescados de todos os tratamentos mantiveram valores dentro do limite de frescor (< 6,8) até 10 dias de armazenamento em gelo.

Em relação aos índices de *rigor mortis* (Figura 15), os peixes do grupo pós-despesca permaneceram em *rigor* pleno até aproximadamente 12 horas. No tratamento transportado sem adição de sal e no transportado com 8,0 g NaCl L⁻¹ os peixes permaneceram em *rigor* pleno até aproximadamente 16 horas. Por sua vez, os peixes transportados com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ permaneceram até aproximadamente 8 horas. Posteriormente a esses tempos verificou-se a resolução do rigor, com pelo retorno da flexibilidade do pescado.

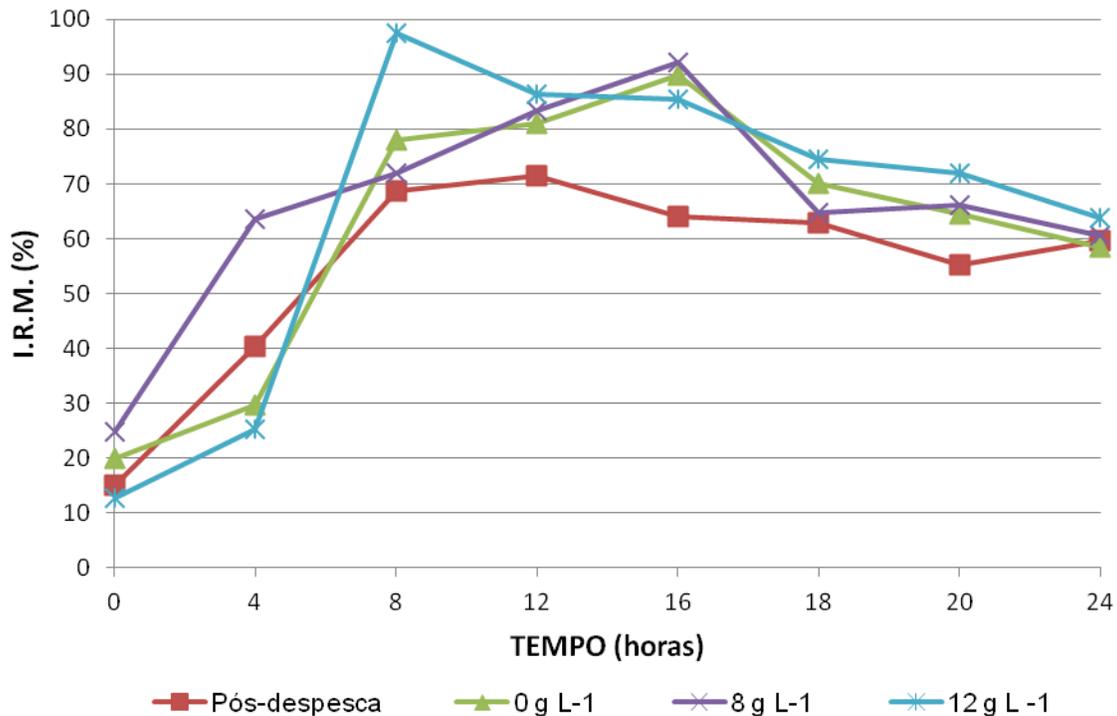


Figura 15. Evolução dos índices médios de *rigor mortis* (I.R.M.) de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 4, 8, 12, 16, 18, 20, 24 horas *post mortem* de armazenamento em gelo.

Amlacher (1961) relatou que a fase de pré *rigor mortis* determina decisivamente a vida de prateleira do peixe fresco. Quando o período dessa fase é prolongado, há atraso no início do rigor pleno, retardando a proliferação bacteriana no peixe. Esse retardamento pode ser influenciado pelo manuseio realizado pré e pós abate, bem como por condições nutricionais e fisiológicas do animal anteriormente ao abate. Vale ressaltar que o menor valor de pH costuma ser atingido quando o animal entra em estado de *rigor* pleno. O pico do índice de *rigor-mortis* do tratamento pós-despesca ocorreu 12 horas *post mortem* e o valor de pH muscular foi de 6,37. Os tratamentos transportados sem adição de sal e com adição de 8 g NaCl L⁻¹, apresentaram os valores de pH de 6,57 e 6,51, respectivamente, em 16 horas *post mortem*. Por sua vez, o tratamento transportado com adição de 12 g NaCl L⁻¹ atingiu seu menor valor de pH, 6,44, após 8 horas do abate.

O maior período de tempo em fase *pré-rigor* e em *rigor* pleno é benéfico para a qualidade do pescado, visto que a rápida resolução do *rigor mortis* está relacionada à diminuição de frescor do pescado e menor vida de prateleira. Assim, a velocidade com que ocorre a instalação do *rigor* pleno está intimamente ligada a vida de prateleira do pescado. Por isso, pode-se verificar que concentrações elevadas de NaCl na água de transporte (12,0 g NaCl L⁻¹) ou o abate dos animais logo após a despesca podem ser prejudiciais ao frescor do jundiá, e que concentrações de sal de 0 e 8,0 g NaCl L⁻¹ na água de transporte podem apresentar melhor efeito na conservação, prolongando seu frescor.

Vargas et al. (2011) não observaram diferença significativa no tempo para atingir *rigor mortis* pleno em matrinxãs abatidos por diferentes métodos. Todos os tratamentos levaram 1,5 horas para a instalação total do *rigor*, permanecendo assim até 96 horas de estocagem, até a resolução do *rigor*. Segundo Mikos et al. (2011), que também avaliou o *rigor mortis* em tilápias transportadas com diferentes concentrações de NaCl na água, houve diferença significativa para o tempo de instalação do *rigor* pleno entre os peixes transportados e os peixes não transportados, os quais atingiram o *rigor mortis* pleno entre 6 e 9 horas pós abate. As tilápias submetidas ao transporte com menores concentrações de NaCl (0 e 0,9%) atingiram o *rigor mortis* pleno entre 12 e 18 horas de armazenamento e as transportadas com a maior concentração de NaCl (1,2%) atingiram o *rigor mortis* pleno entre 18 e 24 horas após o abate.

Para a variável de cor L*, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo foi observado aumento dos valores ao longo do tempo que os peixes ficaram armazenados nas caixas com gelo para todos os tratamentos avaliados (Figura 16), Resultado semelhante foi observado por Vargas (2011), que avaliou diferentes métodos de abate em matrinxãs e por Santos (2013), que avaliou diferentes métodos de abate em tilápias do Nilo. Isso mostra que a carne dos pescados avaliados (jundiás, matrinxãs e tilápias) vai ficando mais pálida e mais luminosa com o passar do tempo de estocagem. A luminosidade da carne está relacionada com a capacidade de retenção de água e com o pH, sendo que a menor capacidade de retenção de água resulta na elevação da luminosidade superficial da carne (Pardi, 2001). A diminuição *post mortem* no pH do músculo do pescado modifica suas propriedades físicas. A redução da carga

elétrica da superfície das proteínas musculares promove desnaturação proteica parcial e redução da capacidade de retenção de água (Huss 1995), que resulta em aumento da luminosidade (L^*). Neste experimento, a redução gradativa de pH muscular *post mortem* foi acompanhada pelo o aumento dos valores de L^* ao longo do período de estocagem.

Em relação à variável a^* (Figura 16), houve diferença significativa entre os tratamentos. O grupo pós-despesca e o tratamento transportado com $12,0 \text{ g NaCl L}^{-1}$ apresentaram valores de a^* mais elevados, 5,58 e 6,13, respectivamente, quando comparados com o tratamento transportado sem adição de NaCl e o transportado com adição de $8,0 \text{ g de NaCl L}^{-1}$, 3,72 e 3,70, respectivamente.

Esse resultado pode indicar maior acúmulo de sangue na carne dos animais transportados com elevada concentração de NaCl ($12,0 \text{ g L}^{-1}$), resultante de estresse. Vale ressaltar que a carne do jundiá é conhecida por sua cor branca. Desta forma, quanto menor a intensidade de a^* (cor vermelha), maior é a percepção de sua qualidade e aceitação pelo consumidor. No trabalho de Vargas (2011), a coordenada a^* foi maior em filés de matrinxãs abatidos por choque elétrico em relação aos abatidos por asfixia, por saturação de CO_2 e aos abatidos com choque térmico, mostrando que o choque elétrico pode ter causado fortes contrações musculares e consequentes hemorragias nos músculos dos matrinxãs.

A coordenada C^* (Figura 16) apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Assim como ocorreu para a variável a^* , os peixes transportados com o maior teor de NaCl ($12,0 \text{ g L}^{-1}$) apresentaram maior valor de C^* em comparação aos demais tratamentos transportados. Porém, não foram diferentes dos valores do grupo pós-despesca. Desta forma, as coordenadas de cor instrumental a^* e C^* apresentaram resultados semelhantes, sendo que para os peixes do tratamento pós-despesca e os peixes do tratamento transportado com $12,0 \text{ g NaCl L}^{-1}$ ambas as variáveis foram maiores quando comparadas aos demais tratamentos.

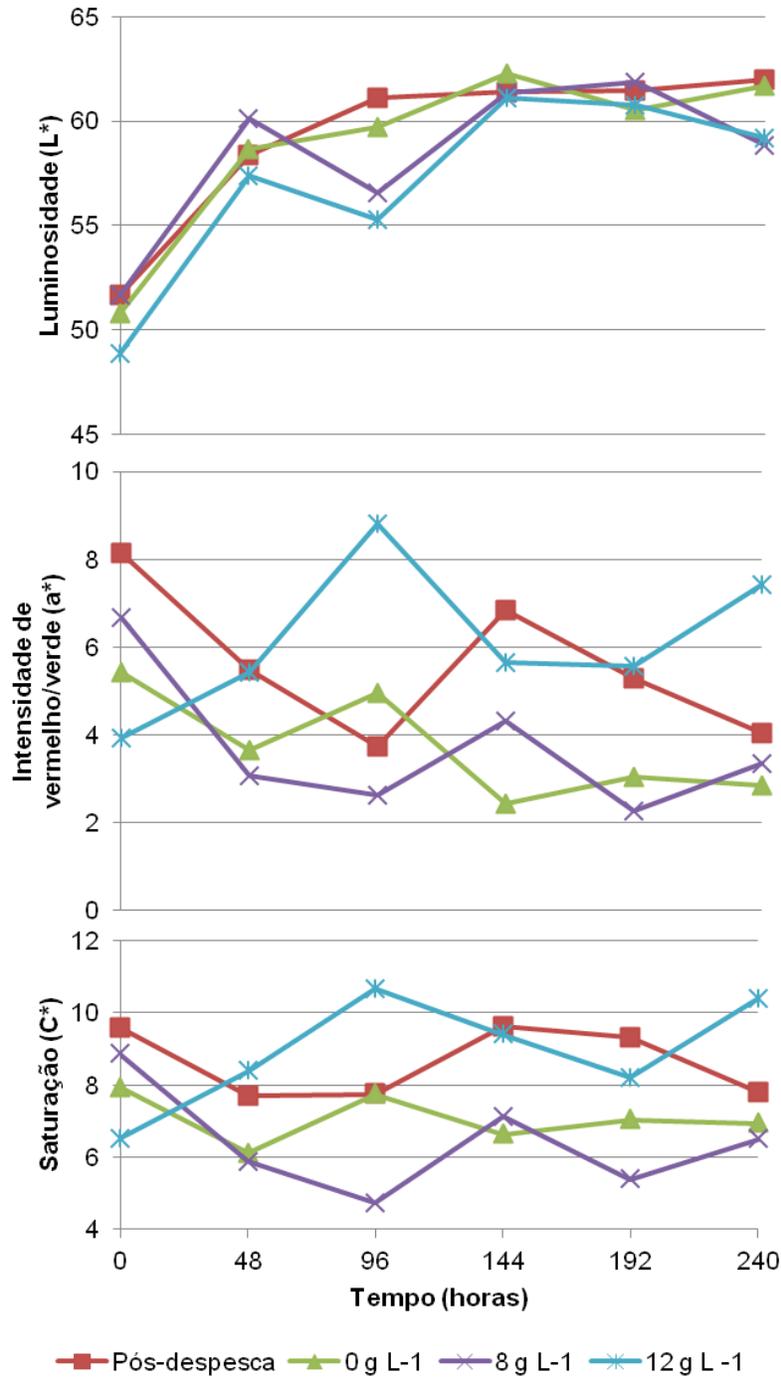


Figura 16. Evolução das coordenadas de cor L*, a* e C* em músculo de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem* de armazenamento em gelo.

A coordenada b^* nos filés de jundiás não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, corroborando com os dados descritos por Santos (2013). No entanto, Vargas (2011) verificou que aumento dos valores de cor amarela (b^*) em filés de matrinxãs ao longo do período de estocagem.

A Figura 17 mostra os valores médios de b^* em filé de jundiá nos diferentes tratamentos.

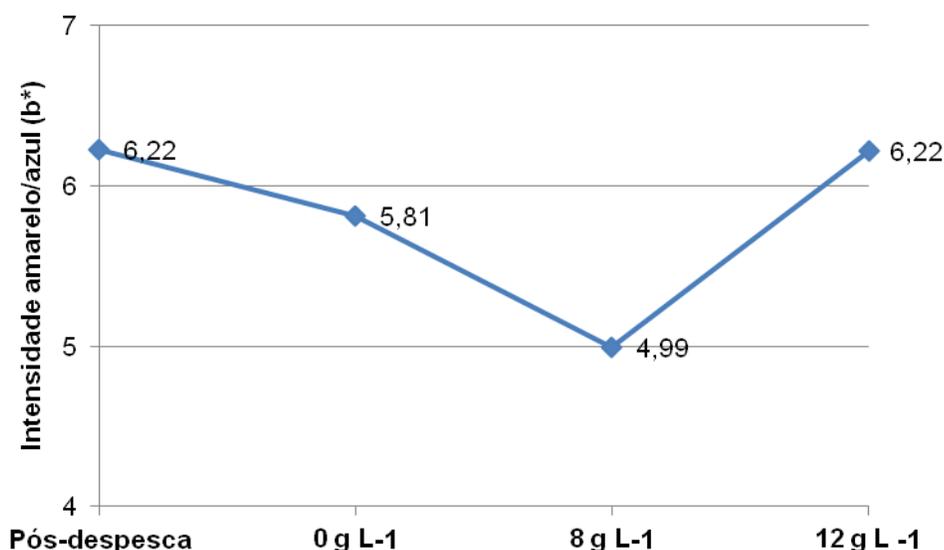


Figura 17. Valores médios da coordenada de cor b^* em músculo de jundiás no grupo após a despesca (não transportados) e nos grupos transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água após 10 dias de armazenamento em gelo.

Também não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a coordenada de cor h , a qual indica maior descoloração da carne quanto mais elevados forem seus valores. A Figura 18 mostra os valores médios de h em filé de jundiá nos diferentes tratamentos.

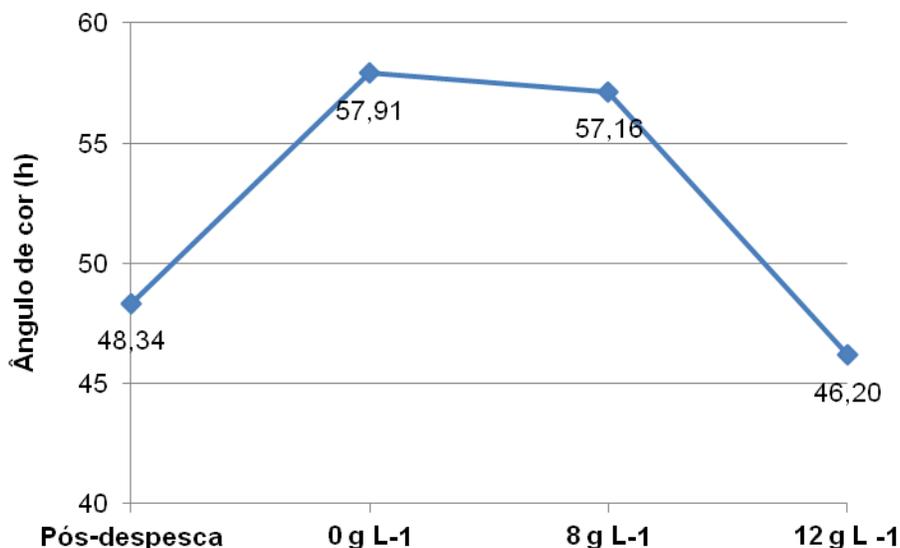


Figura 18. Valores médios da coordenada de cor h em músculo de jundiás no grupo após a despesca (não transportados) e nos grupos transportados sem adição de NaCl, com adição de 8,0 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12,0 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água após 10 dias de armazenamento em gelo.

Em relação à contagem de aeróbios psicrotróficos em filés de jundiá, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nos tempos 48, 192 e 240 horas de estocagem. Nesses períodos de tempo o grupo pós-despesca e o tratamento transportado com 12,0 g NaCl L⁻¹ na água apresentaram maiores contagens de bactérias aeróbias psicrotróficas. Entre os diferentes tempos de estocagem, houve diferença significativa na contagem de psicrotróficos em todos os tratamentos, sendo observado aumento na contagem microbiana ao longo do período de estocagem (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios para contagem de bactérias aeróbias psicrotróficas (log UFC/g) de jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água, nos tempos 0, 48, 96, 144, 192 e 240 horas *post mortem* de armazenamento em gelo.

Tempo (horas)	Pós-despesca	0 g NaCl L ⁻¹	8 g NaCl L ⁻¹	12 g NaCl L ⁻¹
0	2,00 ± 0,00 ^{aD}	2,00 ± 0,00 ^{aB}	2,00 ± 0,00 ^{aD}	2,00 ± 0,00 ^{aE}
48	2,98 ± 0,03 ^{bC}	2,35 ± 0,07 ^{bB}	2,35 ± 0,07 ^{bCD}	4,33 ± 0,30 ^{aD}
96	3,70 ± 0,07 ^{aC}	2,46 ± 0,65 ^{aB}	3,33 ± 0,38 ^{aC}	3,86 ± 0,16 ^{aCD}
144	5,09 ± 0,43 ^{aB}	5,12 ± 0,98 ^{aA}	4,63 ± 0,45 ^{aB}	5,04 ± 0,43 ^{aBC}
192	6,25 ± 0,21 ^{aA}	4,89 ± 0,08 ^{aA}	4,94 ± 0,07 ^{aB}	5,56 ± 0,11 ^{aAB}
240	6,82 ± 0,00 ^{aA}	5,91 ± 0,06 ^{aA}	6,42 ± 0,07 ^{aA}	6,48 ± 0,03 ^{aA}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos em cada período de tempo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tempos no mesmo tratamento ($p < 0,05$).

Huss (1993) explica que a determinação da população de mesófilos e psicrotróficos viáveis é útil para avaliar a eficiência dos procedimentos de preservação do pescado. Esses grupos de bactérias são utilizados para avaliar bacteriologicamente alimentos, com o objetivo de estimar a sua qualidade sanitária e a vida útil do produto.

A população de microrganismos aeróbios em peixe fresco não deve exceder 7,0 log UFC/ g para que ele seja considerado próprio para consumo (ICMSF, 1986; FAO, 1997). Considerando esse valor, a contagem de psicrotróficos no grupo pós-despesca ficou próxima do limite (6,82 log UFC/g) após 10 dias de estocagem em caixas com gelo. Por sua vez, os tratamentos transportados sem adição de sal e com adição de 8,0 e 12,0 g NaCl L⁻¹ apresentaram contagem de 5,91, 6,42 e 6,48 log UFC/g, respectivamente, após 10 dias de estocagem em gelo. Sendo assim, observou-se que a contagem de psicrotróficos nos pescados de todos os tratamentos manteve-se dentro do limite para consumo humano durante todo o período de estocagem.

Considerando os resultados da avaliação sensorial (Tabela 2), houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) apenas no tempo 96 horas (4 dias), sendo que as notas dadas ao tratamento transportado sem adição de NaCl foram superiores aos tratamentos transportados com adição de NaCl, não havendo diferença

significativa do tratamento pós-despesca em relação ao tratamento transportado sem adição de NaCl.

Tabela 2. Valores das médias da avaliação sensorial ao longo da estocagem dos jundiás logo após a despesca (não transportados) e jundiás transportados sem adição de NaCl, com adição de 8 g NaCl L⁻¹ e com adição de 12 g NaCl L⁻¹ dissolvidos na água.

Tempo (horas)	Pós-despesca	0 g NaCl L ⁻¹	8 g NaCl L ⁻¹	12 g NaCl L ⁻¹
0	5,00±0,00 ^{aA}	5,00±0,00 ^{aA}	5,00±0,00 ^{aA}	4,78±0,44 ^{aA}
48	3,29±0,68 ^{aB}	3,56±0,88 ^{aB}	3,56±0,52 ^{aB}	3,78±0,66 ^{aB}
96	3,00±0,00 ^{abBC}	2,91±0,54 ^{aB}	2,09±0,54 ^{bcC}	2,14±0,38 ^{cc}
144	2,25±0,86 ^{aCD}	2,75±0,71 ^{aB}	2,38±0,91 ^{aCD}	2,08±0,79 ^{aC}
192	2,33±0,51 ^{aCD}	1,80±0,79 ^{aC}	2,00±0,66 ^{aCD}	2,00±0,63 ^{aC}
240	1,50 ±0,53 ^{aD}	1,63±0,52 ^{aC}	1,38±0,52 ^{aD}	1,58±0,67 ^{aC}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos em cada período de tempo (P < 0,05). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os tempos no mesmo tratamento (P < 0,05).

Após 10 dias de estocagem, os jundiás de todos os tratamentos receberam pontuação média entre 1 e 2 na escala de frescor. O frescor é uma característica de grande importância na aceitação do pescado pelo consumidor, pois costuma avaliá-lo visualmente e olfativamente. No processo de deterioração ocorrem modificações no pescado, como odor e sabor desagradáveis, formação de muco sobre o epitélio, coloração anômala e alterações na textura. Tais alterações provêm da autólise, da oxidação e da atividade bacteriana, as quais interferem no tempo que o peixe estará fresco e próprio para o consumo (Huss, 1995). As notas recebidas ao final da estocagem demonstram que apesar da contagem de psicotróficos e dos valores de pH terem se mostrado dentro dos valores limite, os jundiás tiveram baixa aceitação pelos consumidores.

Em estudo realizado por Santos (2011) sobre avaliação de qualidade de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) constatou-se que essa espécie manteve-se apta ao consumo até o 8º dia de armazenamento em gelo. Borges et al. (2013) ao avaliarem pacus (*Piaractus mesopotamicus*) concluíram que a espécie apresentou prazo de

validade de 11 dias, quando armazenada em gelo. Por sua vez, Almeida et al. (2006) verificaram que tambaquis (*Colossoma macropomun*) armazenados em gelo por até 43 dias mostraram qualidade sensorial que permitiria sua comercialização.

3.4 CONCLUSÃO

O uso de NaCl nas concentrações testadas na água de transporte não mitiga o estresse em jundiás, porém os pescados do tratamento contendo 8,0 g NaCl L⁻¹, assim como os do tratamento sem adição de NaCl apresentam melhor qualidade de carne.

A concentração de 12,0 g NaCl L⁻¹ mostra-se desfavorável à homeostase e à qualidade da carne do jundiá, o que evidencia que essa espécie é sensível a elevadas concentrações de NaCl na água de transporte.

O grupo pós-despesca também apresenta alterações fisiológicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais indesejáveis, indicando que o abate de jundiás logo após a despesca também ocasiona estresse aos animais, influenciando negativamente a qualidade de sua carne.

CAPÍTULO 4

A adição de cloreto de sódio na água de transporte de jundiás nas concentrações testadas, causa alterações osmorregulatórias e não mitiga o estresse. Pelo aumento dos níveis de sódio e de cálcio nos tratamentos transportados com NaCl e elevação dos níveis de cortisol fica evidente que houve estresse durante o transporte dos peixes. Além disso, a maior concentração de NaCl utilizada na água ($12,0 \text{ g L}^{-1}$) é prejudicial para a qualidade de carne, verificada principalmente pela rápida resolução do *rigor mortis*, pelos maiores valores de coordenada a^* de cor instrumental e pela maior contagem de bactérias psicotróficas, evidenciando que a espécie jundiá é sensível a elevadas concentrações de NaCl na água de transporte.

O abate logo após a despesca dos jundiás também ocasiona estresse aos animais, influenciando negativamente a qualidade da carne.

Por fim, sugere-se a realização de novos experimentos com o uso de menores concentrações de sal na água do transporte de jundiás vivos, no sentido de se estabelecer a concentração mais favorável ao equilíbrio osmótico dos animais e à qualidade de sua carne.

REFERÊNCIAS

Almeida NM De, Batista GM, Kodaira M, Lessi E. Alterações *post mortem* em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo *Post mortem*. *Ciência Rural*. 2006;36(4):1288–93.

Amaral GV do, Freitas DDGC. Método do índice de qualidade na determinação do frescor de peixes. *Ciência Rural*. 2013;43(11):2093–100.

Amend D, Croy T, Goven B, Johnson K, McCarthy D. Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth. *J Artic*. 1982;111(5):603–11.

Amlacher E. *Rigor mortis* in fish. In: Borgstrom G, editor. *Fish as food: 1 Production, biochemistry and microbiology*. XVI. New York: Academic Press; 1961. p. 385–409.

AOAC. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg. 2000: 1 (17).

Barcellos LG, Souza SMG, Lucero LF. Estudo preliminares sobre o cortisol sérico em resposta ao estresse na Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *B Inst Pesca*. 1997;24:239–45.

Barton B. Stress in sunfish: past, present and future – a historical perspective. In: Iwama GK, Pickering AD, Sumper JP, Schreck CB, editors. *Fish Stress and Health in Aquaculture*, Society for Experiment Biology, Seminar Series 62. Cambridge; 1997. p. 1–33.

Barton BA, Iwama GK. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annu Rev Fish Dis*. 1991 Jan;1:3–26.

Barton BA. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr Comp Biol.* 2002 Jul;42(3):517–25.

BRASIL M da AP e do AS de DA. Instrução Normativa no 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Brasil: Diário Oficial da União; 2003 p. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento.

Bendhack F. Respostas fisiológicas do matrinxã *Brycon amazonicus* após mudança de ambientes com diferentes concentrações de sais de cálcio e de sódio. Universidade Estadual Paulista; 2008. p. 97.

Bendhack F. Uso de sulfato de cálcio como redutor de estresse no transporte de Matrinxãs (*Brycon cephalus*). Universidade Estadual Paulista; 2004. p. 46.

Bito M, Yamada K, Mikumo Y, Amano K. Studies on rigor mortis of fish - I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish. By modified cuttings methods. *Bull Tokai Reg Fish Res Lab.* 1983;109:89–96.

Borges A. Valores hematológicos e bioquímicos séricos, efeitos de doses sub-letais da cipermetrina e características físico-químicas do sêmen do Jundiá *Rhamdia quelen*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005.

Borges A, Conte-Junior CA, Franco RM, Freitas MQ. Quality Index Method (QIM) developed for pacu *Piaractus mesopotamicus* and determination of its shelf life. *Food Res Int* [Internet]. The Authors; 2013 Nov [cited 2014 Mar 11];54:311–7.

Brand FR, Gomes C, Cresc R, Carvalho S. Uso de sal durante o transporte de juvenis (1kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*). *ACT Amaz.* 2008;38(4):767–72.

Brandão FR, Gomes LC, Crescencio R, Carvalho ES. Uso de sal durante o transporte de juvenis (1kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*). Acta Amaz [online]. 2008;38:767–71.

Camargo SGO de, Pouey JLOF. Aqüicultura - um mercado em expansão. Rev Bras Agrociência. 2005;11(4):393–6.

Camargos JAA, Gonzalez JC. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. Bras Florest. Brasília; 2001 Sep;71:30–41.

Carmichael GJ, Tomasso JR, Simco BA, Davis KB. Characterization and alleviation of stress associated with hauling largemouth bass. Trans Am Fish Soc. 1984;113:778–85.

Carneiro PCF, Kaiseler PH da S, Swarofsky E de AC, Baldisserotto B. Transport of jundiá *Rhamdia quelen* juveniles at different loading densities: water quality and blood parameters. Neotrop Ichthyol. Sociedade Brasileira de Ictiologia; 2009 Jun;7(2):283–8.

Carneiro PCF, Mikos JD, Bendhack F, Ignácio SA. Processamento do jundiá *Rhamdia quelen*: rendimento de carcaça. Rev Acadêmica - Ciências Agrárias e Ambient. 2004;2(3):11–7.

Carneiro PCF, Urbinati EC. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (*Teleostei: Characidae*) during transport. Aquac Res. 2001;297–304.

Carneiro PCF, Urbinati EC. Transport stress in matrinxã, *Brycon cephalus* (*Teleostei: Characidae*), at different densities. Aquac Int. Kluwer Academic Publishers; 2002 May 1;10(3):221–9.

Carraro FGP, Mendonça ITL, Barbosa JM, Ponzi Júnior M. UEMA X DEPAq/UFRPE. Rev Bras Eng Pesca. 2007;2(2):1–114.

Contreras-Guzmán ES. Bioquímica de pescados e derivados. Jaboticabal: FUNEP; 1994.

Contreras-Guzmán ES. Métodos Químicos para análise de pescado. Seminário sobre Controle de Qualidade na Indústria de Pescado. 1988. p. 196–215.

Cousin MA, Jay JM, Vasavada PC. Psychrotrophic microorganisms. Compendium methods for the microbiological examination of food. 4 ed. Washington, D.C.: APHA; 2001. p. 159–66.

Cunha MA da, Zeppenfeld CC, Garcia L de O, Loro VL, Fonseca MB da, Emanuelli T, et al. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. *Ciência Rural*. Universidade Federal de Santa Maria; 2010 Oct;40(10):2107–14.

Cunha MA da. Anestesia em Jundiás (*Rhamdia quelen*) expostos a substâncias isoladas de plantas. Universidade Federal de Santa Maria; 2007. p. 65.

Davidson GW, Davie PS, Young G, Fowler RT. Physiological Responses of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* to Crowding and Anesthesia with AQUI-SJ World Aquac Soc. 2000 Mar;31(1):105–14.

Duarte E, Silva CL, Costa DC, Pedreira MM. Bem estar de peixe: manejo e qualidade de carne. ZOOTEC. Águas de Lindóia - SP: USP-ABZ; 2009. p. 1–4.

Duran A, Erdemli U, Karakaya M, Yilmaz M. Effects of slaughter methods on physical, biochemical and microbiological quality of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and mirror carp *Cyprinus carpio* filleted in pre-, in- or post-rigor periods. *Fish Sci*. 2008 Oct;74(5):1146–56.

FAO. Aseguramiento de la calidad de los productos pesqueros [Internet]. FAO

Documento Técnico de Pesca nº. 334. 1997 [cited 2013 Jul 25]. p. 174. Available at: <http://www.fao.org/docrep/003/t1768s/t1768s00.htm>

FAO. The State of world fisheries and aquaculture. Choice Reviews Online. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department; 2012.

FAO. The transport of live fish a review. Berka R, editor. Rome: European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC); 1986.

Flik G, Verboost PM. Calcium transport in fish gills and intestine. *J Exp Biol.* 1993;184:17–29.

Fracalossi DM, Meyer G, Santamaria FM, Weingartner, Marcos Zaniboni Filho E. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil. *Acta Sci Anim Sci.* 2004 Apr 8;26(3):345–52.

Galhardo L, Oliveira R. Bem-estar animal: um conceito legítimo para peixes? *Rev Etol. Sociedade Brasileira de Etologia;* 2006;8(1):51–61.

Gentzkow CJ, Masen JM. An accurate method for the determination of blood urea nitrogen by direct nesslerization. *Biol Chem.* 1942;143:531–44.

Golombieski J., Silva LV., Baldisserotto B, da Silva JH. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. *Aquaculture.* 2003 Feb;216(1-4):95–102.

Gomes L de C, Araujo-Lima CARM, Roubach R, Urbinati EC. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. *Pesqui Agropecuária Bras. Brasília;* 2003 Feb 1;38(2):283–90.

Gomes L de C, Golombieski JI, Chippari ARG, Baldisserotto B. *Biologia do Jundiá*

Rhamdia quelen (Teleostei, Pimelodidae). *Ciência Rural*. 2000;30(1):179–85.

Gomes LC, Chagas EC, Brinn RP, Roubach R, Coppati CE, Baldisserotto B. Use of salt during transportation of air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. *Aquaculture*. 2006 Jun;256(1-4):521–8.

Gomes LC, Golombieski JI, Chippari-Gomes AR, Baldisserotto B. Effect of Salt in the Water for Transport on Survival and on Na⁺ and K⁺ Body Levels of Silver Catfish, *Rhamdia quelen*, Fingerlings. *J Appl Aquac*. Taylor & Francis; 1999 Dec;9(4):1–9.

Hattingh J, Fourie FLR, Van Vuren JHJ. The transport of freshwater fish. *J Fish Biol*. 1975;7:447–9.

Huss HH. Assurance of seafood quality. Roma: Food and agriculture organization of the United Nations; 1993.

Huss HH. No Title. Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper 348*; 1995. p. 35–134.

ICMSF. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. *Blackwell Sci Publ*. 1986;2:127–278.

Lima Junior DP, Pelicice FM, Vitule JRS, Agostinho AA. Aquicultura, Política e Meio Ambiente no Brasil: Novas Propostas e Velhos Equívocos. *Nat e Conserv*. 2012;10(July):88–91.

Lopes JM. Influência do pH da água na sobrevivência e crescimento de larvas de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard 1824, Pisces, Pimelodidae) em duas épocas de desovas. *Universidade Federal de Santa Maria*.; 1998. p. 74.

Losekann ME, Neto JR, Emanuelli T, Pedron F de A, Lazzari R, Bergamin GT, et al.

Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural* [Internet]. 2008 [cited 2014 Apr 11];38(1):225–30.

Maffezzolli G, Nuñez AP de O. Crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, *Pimelodidae*), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. *Acta Sci Biol Sci*. 2006;28(1):41–5.

Marchioro MI, Baldisserotto B. Sobrevivência de alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824) à variação de salinidade da água. *Ciência Rural*. Universidade Federal de Santa Maria; 1999 Jun;29(2):315–8.

Mazeaud MM, Mazeaud F, Donaldson EM. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. *Transactions of the American Fisheries Society*. *Trans Am Fish Soc*. 1977;201–2012.

Mazik PM, Simco BA, Parker NC. Influence of water hardness and salts on survival and physiological characteristics of striped bass during and after transport. *Trans Am Fisheries Soc*. 1991;120:121–6.

MCDonald G, Milligan L. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: Iwama GW, Pickering AD, Sumpter JP, Schreck CB, editors. *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge: University Press; 1997. p. 119–44.

Melo JFB, Boijink C de L, Neto JR. Efeito da alimentação na composição química da carcaça do jundiá. *Biodiversidade Pampeana*. 2003;1(1):12–23.

Melo JFB, Neto JR, Silva JHS da, Trombetta CG. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Cienc Rural*. 2002;32(2):323–7.

Mikos JD. Efeito do transporte sobre o estresse e a qualidade da carne de Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*). Pontifícia Universidade Católica do Paraná; 2011. p. 63.

Montanha FP, Nagashima JC, Kirnew MD, Astrauskas JP, Pimpão CT. Características fisiológicas e reprodutivas do *Rhamdia quelen*. Rev científica eletrônica Med Veterinária. 2011;(17):8.

Moon TW, Foster GD, Plisetskaya EM. Changes in peptide hormones and liver enzymes in the rainbow trout deprived of food for 6 weeks. Can J Zool. NRC Research Press Ottawa, Canada; 1989 Sep 14;67(9):2189–93.

MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. 2011th ed. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura; 2011.

Nikinmaa M, Soivio A, Nakari T, Lindgren S. Hauling stress in brown trout (*Salmo trutta*): Physiological responses to transport in fresh water or salt water, and recovery in natural brackish water. Aquaculture. 1983 Jul;34(1-2):93–9.

Oba ET, Mariano W dos S, Santos LRB. Eliane Tie Oba, Wagner dos Santos Mariano & Laila Romagueira Bichara dos Santos. In: Tavares-Dias M, editor. Embrapa Amapá. Macapá; 2009. p. 226–47.

Oliveira JR, Carmo JL do, Oliveira KKC, Soares M do CF. Revista Brasileira de Zootecnia © 2009. Rev Bras Zootec. 2009;38(7):1163–9.

Oliveira RF, Galhardo L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. Rev Bras Zootec. Sociedade Brasileira de Zootecnia; 2007 Jul;36:77–86.

Pardi MC. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia: Universidade Federal de Goiânia; 2001.

Parisi G, Franci O, Poli BM. Application of multivariate analysis to sensorial and instrumental parameters of freshness in refrigerated sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during shelf life. *Aquaculture*. 2002 Nov;214(1-4):153–67.

Pedrazzani AS, Fernandes-de-Castilho M, Carneiro PCF, Molento CFM. Bem-estar de peixes e a questão da senciência. *Arch Vet Sci*. 2007;12(3):60–70.

Sandodden R, Iversen M. Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anaesthesia e recovery. *Aquac Res*. 2001;32:87–90.

Santos ECB. Métodos de abate e qualidade da tilápia do nilo. Universidade Estadual Paulista; 2013. p. 100.

Santos JM da S, Filetes. Filetes de Pregado (*Psetta maxima*) embalados em atmosfera modificada: Avaliação da qualidade física, química e microbiológica. Universidade do Porto; 2008. p. 170.

Selye H. Stress, a tensão da vida. São Paulos: Ibrasa; 1956.

Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. 4a ed. São Paulo: Livraria Varela; 2010.

Silveira US da, Logato PVR, Pontes E da C. Fatores estressantes de peixes. *Rev Eletrônica Nutr*. 2009;6(4):1001–17.

Sumpter JP. The endocrinology of stress. In: Iwama GWG, Pickering AD, Sumpter JP, Schreck CB, editors. *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Cambridge: University Press; 1997. p. 95–118.

Tornberg E, Wahlgren M, Brondum J, Engelsen S. Pre-rigor conditions in beef under varying temperature and pH-falls studied with rigometer, NMR and NIR. *Food Chem.* 2000 Jun;69(4):407–18.

Tyska D, Mallmann CA, Tamiosso CD, Mallmann AO, Radunz Neto J. Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural.* 2013;43(7):1251–7.

Urbinati EC, Carneiro PCF. Sodium chloride added to transport water and physiological responses of Matrinxã *Brycon amazonicus* (Teleost: Characidae). *ACTA Amaz.* 2006;36(4):569–72.

Urbinati EC, Carneiro PCF. Sodium chloride added to transport water and physiological responses of Matrinxã *Brycon amazonicus* (Teleost: Characidae). *ACTA Amaz.* 2006;36(4):569–72.

Urbinati EC, de Abreu JS, da Silva Camargo AC, Landinez Parra MA. Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. *Aquaculture.* 2004 Jan;229(1-4):389–400.

Vargas SC. Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon cephalus*), armazenados em gelo. [Pirassununga]: Universidade de São Paulo; 2011. p. 41–64.

Volpato GL. Considerações metodológicas sobre os testes de preferência na avaliação do bem-estar em peixes. *Rev Bras Zootec. Sociedade Brasileira de Zootecnia;* 2007 Jul;36:53–61.

Wedemeyer GA, Barton BA, McLeay DJ. Stress and acclimatation. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA; 1990.

Wedemeyer GA, McLeay DJ. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. Acad Press. New York; 1981;247–75.

Weirich CR, Tomasso JR, Smith TIJ. Confinement and transport-induced stress in white bass *morone chrysops* striped bass. *Saxatilis Hybrids: Effect of Calcium and Salinity*. J World Aquac Soc. 1992 Mar;23(1):49–57.

Wendelaar Bonga SE. The stress response in fish. *Physiol Rev*. 1997 Jul;77(3):591–625.