

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

JORGE DANIEL MIKOS

**EFEITO DO TRANSPORTE SOBRE O ESTRESSE E A QUALIDADE DA CARNE
DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

*(Effect of stress on transportation and meat quality of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*))*

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2011

JORGE DANIEL MIKOS

**EFEITO DO TRANSPORTE SOBRE O ESTRESSE E A QUALIDADE DA CARNE
DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

*(Effect of stress on transportation and meat quality of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*))*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Área de concentração: Tecnologia de Produtos de Origem Animal, do setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof.^o Dr.^o Peter Gaberz Kirschnik
Coorientador. Dr.^o Paulo César Falanghe Carneiro
Coorientador. Prof.^a Dr.^a Ana Paula Baldan

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2011

TERMO DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Aos meus Pais, Clemente Mikos e Zuzana Rendaki Mikos, pela criação, formação de caráter e princípios que me ensinaram a enfrentar a vida com garra e não desistir jamais nos desafios que a vida nos testa.

À minha esposa Giovana Maas, que aguentou o mau humor nos momentos mais crítico dessa jornada, nos estudos, durante toda a fase experimental e apoiando com muito amor e carinho.

Ao Professor Orientador Peter Gaberz Kirschnik, pela orientação, confiança depositada em mim para o desenvolvimento deste trabalho, bem como pela integridade, amizade e conhecimentos dispensados durante este período.

À Coorientadora Ana Paula Baldan pelas valiosas sugestões neste trabalho e o apóio durante a fase final das análises do experimento.

Ao Roberto Ulices Gomes dos Passos pela confiança depositado em mim e simplicidade, quando gestor do LAPEP.

Aos colaboradores do LAPEP, Paulo Popqueviz e Celso dos Santos, pela grande ajuda no experimento cuidando dos peixes, sempre dispostos e animados. Muito obrigado!

Aos companheiros de jornada, Ana Carolina Fredianelli, João Gabriel Phabiano Francisco, Luciana do Amaral Gurgel Galeb João Artur Silveira Veras, Roberta Wagner, Cesar Sari, Luciana Nakaghi Ganeco, Fabiano Bendhack e Bruna Rafaela Dallabona. Dedico a todos vocês que fizeram parte deste trabalho, nos momentos de alegria e agonia, e agradeço do fundo do coração o carinho, o empenho e a paciência.

Ao colega de trabalho Valmir Moro Conque Filho pela oportunidade e confiança quando Gestor do LAPEP.

Ao amigo e coorientador Paulo César Falanghe Carneiro, o qual tenho infinita admiração. Agradeço pelas valiosas sugestões neste trabalho e ensinamentos de piscicultura quando trabalhamos juntos no LAPEP. Obrigado pela confiança, pela oportunidade, amizade, compreensão e paciência!

Agradeço ao CNPq (processo número 477847/2008-0) pelo financiamento e viabilização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Esquema ilustrativo dos efeitos primários, secundários e terciários de estressores ambientais em peixes teleósteos	21
---	----

CAPÍTULO 2

Figura 1 – A) Manejo de despesca; B) Camionete adaptado para transportar peixe vivo.....	42
Figura 2 – A) Choque térmico com gelo e água; B) Caixas térmicas com gelo usa para o armazenamento dos peixes.	43
Figura 3 – Fluxograma de execução do experimento	44
Figura 4 – Determinação do índice de <i>rigor mortis</i> do peixe, segundo BITO et al.....	46
Figura 5 – Valores médios de glicemia em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl.....	56
Figura 6 – Valores médios de cortisol plasmático em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl.....	58
Figura 7 – Valores médios de glicogênio no fígado em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl.....	59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Valores médios para composição centesimal das tilápia do Nilo após transporte em diferentes concentrações de NaCl na água.	48
Tabela 2 - Valores médios durante estocagem para o índice de <i>rigor mortis</i> das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte, ao longo da estocagem.	49
Tabela 3 - Valores Médios para relação ATP/AMP ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte.51	
Tabela 4 - Valores Médios para o pH ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte.	53
Tabela 5 - Valores médios de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), bases nitrogenadas voláteis totais (BNV) ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte	55

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	09
ABSTRACT GENERAL	11
CAPITULO -1 EFEITO DO TRANSPORTE SOBRE O ESTRESSE E A QUALIDADE DA CARNE DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) - REVISÃO	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO	18
2.1 MANEJO DE CAPTURA E TRANSPORTE DE PEIXES.....	18
2.2 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS CAUSADAS PELO ESTRESSE.....	20
2.3 INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE.....	22
2.4 ESTRESSE EM TILÁPIA.....	23
2.5 ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA CARNE DE PESCADO.....	24
2.6 REDUTORES DE ESTRESSE UTILIZADO NO TRANSPORTE DE PEIXES..	26
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
4 REFERÊNCIAS	30
CAPITULO 2 - EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CLORETO DE SÓDIO NA ÁGUA DE TRANSPORTE DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) NA QUALIDADE DA CARNE	35
RESUMO	36
ABSTRACT	38
1 INTRODUÇÃO	40
2 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 MATERIAL BIOLÓGICO.....	41
2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	42
2.3 CONDIÇÃO DE DESPESCA E TRANSPORTE.....	42
2.4 ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE O TRANSPORTE.....	44
2.5 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS.....	44
2.6 ANÁLISES DA QUALIDADE DA CARNE.....	45
2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46

3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	46
3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	47
3.3 <i>RIGOR MORTIS</i>	48
3.4 RELAÇÃO ATP/IMP.....	50
3.5 pH MUSCULAR.....	52
3.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICAS (TBARS)	54
3.7 BASE NITROGENADAS VOLÁTEIS (BNV)	54
3.8 GLICOSE PLASMÁTICA.....	55
3.9 CORTISOL	56
3.10 GLICOGÊNIO HEPÁTICO	58
4 CONCLUSÃO	59
5 REFERÊNCIAS	60

RESUMO GERAL

Na criação de peixes, o manejo de captura e transporte é um dos momentos que promovem o estresse, sendo um procedimento traumático que se dá numa sucessão de estímulos adversos no qual, quando mal conduzido, causa perda da qualidade final dos pescados, tanto para indústrias processadoras quanto para atividades de pesca esportivas. Embora o manejo de captura e transporte seja um procedimento importante da piscicultura, pouca atenção tem sido dada ao assunto no Brasil. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes concentrações de cloreto de sódio durante o transporte de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre a qualidade da carne. Foram capturadas tilápias (472 ± 52 g) com rede de arrasto e distribuídas em três unidades de transporte (250 litros) com densidade de 150 kg de peixes m^{-3} . Os tratamentos utilizados foram 0,0; 0,9 e 1,2% de cloreto de sódio dissolvidos na água e o transporte foi realizado em três horas em rodovia da região. No grupo controle os peixes foram sacrificados antes do transporte. Após o transporte, os peixes foram abatidos e armazenados em gelo por um período de dez dias, para avaliação fisiológica e controle de qualidade da carne. A fase de pré *rigor mortis* foi mais curta ($p < 0,05$) nos peixes abatidos antes do transporte (controle), atingindo o *rigor mortis* pleno entre 6 e 9 horas após o abate. Os peixes abatidos antes do transporte também apresentaram menores valores iniciais de pH ($p > 0,05$) e menor relação ATP/IMP ($p < 0,05$) quando comparados com os peixes transportados. Os valores de determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúico (TBARS) iniciais observados nos peixes durante o período avaliado apresentaram-se próximos a 0,06 mg de malonaldeído/kg, atingindo valores próximos a 0,12 mg de malonaldeído/kg ao final de 240 horas de estocagem. Os teores de determinação Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV) encontrados nos peixes apresentaram o mesmo comportamento independentemente dos tratamentos utilizados, permanecendo constantes durante o período do experimento. Houve aumento significativo ($p < 0,05$) nos níveis de glicose nos peixes após o transporte. Os níveis de glicemias ao final do transporte aumentaram ($p < 0,05$), porém não se diferenciaram entre os tratamentos. Após o transporte, houve diminuição dos níveis de cortisol plasmático, sendo significativa ($p < 0,05$) nos peixes transportados com 1,2% de sal na água de transporte. A concentração de glicogênio no fígado diminuiu após o transporte nos

peixes transportado sem adição de sal, entretanto os peixes transportados com adição sal não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Assim, pode-se concluir que os resultados desta pesquisa indicaram que o abate logo após a despesca ocasionou nos peixes uma condição maior de estresse e perda de qualidade da carne sugerindo que a despesca é um ponto crítico importante. E ainda que o uso de cloreto de sódio adicionado a água de transporte, minimiza os efeitos traumáticos do manejo e pode ser considerada uma boa prática nesta etapa, refletindo positivamente na qualidade da carne do pescado.

Palavras-chave: Manejo de captura e transporte. Estresse. Qualidade da carne.

ABSTRACT GENERAL

In fish breeding management of capture and transport is one of the moments that promote stress, is a traumatic procedure that takes place in a succession of adverse stimulus, in which, if poorly conducted, cause loss of the final quality of fish, both processing industries and for sport fishing activities. Although the management of capture and transport is the most important of the pisciculture, little attention has been paid to the subject in Brazil. The aim was to study the effects of different concentrations of sodium chloride during the transport of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on meat quality. Were caught tilapias (472 ± 52 g) with trawl and distributed in three transport units (250 liters) with a density of 150 pounds of m-3 fish. The treatments were 0,0; 0,9 and 1,2% of sodium chloride dissolved in water and the transport was carried out in three hours in the highway of the region. In the control group fish were sacrificed before the transport. After the transport, fish were killed and stored on ice for a period of ten days, to evaluate physiological and meat quality control. The pre-rigor mortis was shorter ($p < 0,05$) in fish slaughtered before transporting (control), reaching the full rigor mortis between 6 and 9 hours after slaughter. The fish slaughtered transportation also had lower initial values of ph ($p > 0,05$) and lower relative atp/imp ($p < 0,05$) when compared with the fish transported. The determination values of thiobarbitutico acid reactive substances (tbars) in fish observed early during the study period hat close to 0,06 mg of malonaldehyde/pounds, reaching values close to 0.12 mg malonaldehyde/pounds at the end of 240 hours of storage. Determining the level of valatie base nitrogen (nvs) found in fish showed the same behavior regardless of the treatments used, remain constant during the experiment. There was a significant increase ($p < 0,05$) glucose levels in fish after the transport. The glucose levels at the end of the transport increased ($p < 0,05$) but did not differ between treatments. After the transport, there was a decreased of plasma cortisol levels being significant ($p < 0,05$) in fish transported with 1,2% of salt in water transport. The concentration of glycogen in the liver decreased after transport in fish transported without added salt, however, the fish transported with added salt showed no significant differences. ($p > 0,05$).then, it can be concluded that the results of this survey indicated that the slaughter soon after the capture caused more stress and loss of meat quality suggesting that the capture is a major critical

point. And also that the use of sodium chloride added to transport water, minimizing the traumatic effects of the management and can be considered a good practice at this stage, reflecting positively on fish meat quality.

Key Words: handling of capture and transport. stress. quality of the meat.

CAPÍTULO 1
EFEITO DO ESTRESSE SOBRE QUALIDADE DA CARNE DE PEIXES – REVISÃO

(Effect of stress on the quality of meat fish review)

EFEITO DO ESTRESSE SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DE PEIXES REVISÃO

Jorge Daniel Mikos¹; Peter Gaberz Kirschnik²

¹ Mestrando em Ciência Animal – PUCPR; Engenheiro Agrônomo;
jorge.mikos@pucpr.br

² Mestrado em Ciência Animal – PUCPR; Zootecnista; petergk76@yahoo.com.br

RESUMO: A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), uma espécie exótica introduzida em nosso país e vem ganhando cada vez mais espaço na aquicultura, atendendo as necessidades dos consumidores, por meio de seu desempenho zootécnico favorável e afinidade para o processamento principalmente na forma de filés. Uma das etapas que pode determinar a qualidade do pescado é o manejo de captura e transporte de peixes vivos. Nestas etapas algumas medidas como jejum antes da captura e uso de aditivos na água de transporte são adotadas na tentativa de suprimir reações fisiológicas causadas pelos agentes estressores nos peixes. O entendimento das reações bioquímicas e os indicadores fisiológicos de estresse (cortisol, glicose e glicogênio) que podem interagir com os parâmetros de qualidade de carne do pescado (*rigor mortis* e pH e degradação de ATP) são de extrema importância. O desafio destas etapas de produção de peixes (manejo de captura e transporte vivo de peixes) é conhecer e adotar técnicas que minimize as causas dos agentes estressores e suas influencias na qualidade da carne. A definição de protocolos para estas etapas da produção podem aumentar a qualidade do produto final, elevar o bem estar animal e trazer maior valor agregado do mesmo, tornando cada vez mais profissional a atividade e possibilitando abertura de novos mercados. Esta revisão apresenta a interação entre o processo de captura e transporte com a qualidade da carne de pescado, relacionando os efeitos estressores e algumas práticas que podem minimizá-los.

Palavras-chave: Tilápia do Nilo. Manejo de captura e transporte. Estresse. Qualidade do pescado.

EFFECT OF STRESS ON THE QUALITY OF MEAT FISH REVIEW

Jorge Daniel Mikos¹; Peter Gaberz Kirschnik²

¹ Masters in Animal Science – PUCPR; Agronomist; jorge.mikos@pucpr.br

² Masters in Animal Science – PUCPR; Zootechnist; petergk76@yahoo.com.br

ABSTRACT: The Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), an exotic species introduced into our country and is obtaining more space in aquaculture for all needs of consumers, through its favorable productive performance and affinity for processing mainly in the form of fillets. One of the steps that can determine the quality of fish is the management of captures and transport of live fish. In these steps some measures such as fasting before the capture and use of additives in the water transport is adopted in an attempt to suppress physiological responses caused by stressors in fish. The understanding of the biochemical reactions and physiological indicators of stress (cortisol, glucose and glycogen) can interact with the quality parameters of meat of fish (rigor mortis and ATP degradation and pH) are extremely important. The challenge of these stages of fish production (capture handling and transportation of live fish) is to learn and adopt techniques that minimize the causes of the stressors and their influence on meat quality. The definition of protocols for these steps can increase the production of final product quality, improve animal welfare and bring more value from it, becoming more professional activity and allowing new markets. This review presents the interaction between the process of capture and transporting the meat quality of fish, the effects related stressors and some practices that can minimize them.

.

Keywords: Nile Tilapia. Management of capture and transport. Meat quality.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura continental no Brasil vive um momento inquestionável de expansão, transformação e consolidação, tornando-se, em algumas regiões do país, a atividade de pequenos, médios e até grandes produtores rurais.

O Brasil possui inúmeras espécies nativas para exploração pela aquicultura. No entanto, a grande maioria delas necessita ainda de uma série de aportes científicos e tecnológicos para colocá-las em um patamar de plena viabilidade zootécnica e econômica. Enquanto isso não acontece, a aquicultura brasileira é amplamente dominada pelas espécies exóticas (MACHADO, 2009).

Dentre as espécies exóticas mais cultivadas, a tilápia do Nilo se destaca, em virtude de suas características zootécnicas e de processamento, além de ser amplamente conhecida e apreciada no mundo. Entre os anos 2003 a 2009 a produção de tilápias no Brasil cresceu 105%, de 64.857,5 toneladas passando para 132.957,8 toneladas. A produção de tilápias representa 39% do total da produção de pescado proveniente da piscicultura continental, sendo a principal espécie cultivada e processada na forma de filé no país (BRASIL, 2010). O mercado brasileiro da tilápia ainda apresenta grande capacidade para expansão (SUSSEL, 2007). Além disso, a demanda mundial é grande e, para que o Brasil possa concorrer em igualdade com outros países exportadores é necessário produzir produtos de primeira qualidade que atendam as exigências do mercado externo (KUBITZA, 2011).

Entre o cultivo realizado pelo produtor e a distribuição ao consumidor final, ocorrem diversas etapas que podem modificar a qualidade do pescado produzido, tais como a captura, transporte e processamento. Sem dúvida, uma das fases mais críticas do processo de produção é o transporte de peixe vivo, pois os peixes devem chegar com boas condições ao seu destino final para satisfazer os critérios exigidos pelos compradores, tanto para a indústria de processamento quanto para pesque pagues. O transporte envolve uma movimentação elevada de biomassa de peixe em um pequeno volume de água, ou seja, quanto maior for a densidade estocagem no transporte, melhor será o lucro para o transportador. Por outro lado a intensidade das alterações fisiológicas causadas por essa prática pode ocasionar prejuízo ao comprador se a qualidade da carne do pescado for comprometida (URBINATI & CARNEIRO, 2004).

O manejo de captura e transporte são procedimentos traumáticos que causam consideráveis reações fisiológicas nos peixes. A principal delas é a liberação de adrenalina e cortisol, seguido por alterações secundárias, tais como o aumento da atividade muscular, a mobilização dos estoques energéticos no músculo e fígado e as alterações no balanço ácido-base. Também pode ser observado um aumento da concentração de íons no plasma e redução do conteúdo de água no tecido (WOOD, 1991; MAZEAUD et al., 1977; MAZEAUD; MAZEAUD, 1981). As alterações bioquímicas do músculo estão diretamente relacionadas à qualidade do produto (EHIRA & UCHIYAMA, 1986; POLI et al., 2005) tornando essencial o entendimento da relação os eventos *pré* e *post mortem*.

Sendo assim, considerando o aumento significativo da produção de tilápias no Brasil e a excelente expansão da atividade aquícola continental, é necessário conhecer mais profundamente a relação do estresse no manejo de captura e transporte e a qualidade da carne, a fim de se obter um produto final de elevada qualidade. O objetivo desse capítulo foi revisar as práticas de manejo pré-abate e suas conseqüências fisiológicas ao peixe que podem influenciar a qualidade final do pescado.

2 REVISÃO

2.1- O MANEJO DE CAPTURA E TRANSPORTE DE PEIXES

A entrega de peixes vivos na indústria processadora, que compreende no sistema de captura (despesca) e o transporte, é uma das etapas mais importantes do ciclo de produção, sendo que o resultado do processo pode ser prejudicado se for mal planejado e realizado. A alta densidade utilizada no transporte é importante para minimizar os custos envolvidos, contudo, é de grande interesse que os animais cheguem com uma boa condição fisiológica para garantir a qualidade do produto final ao consumidor (CARNEIRO et al., 2009).

O jejum é considerado uma etapa importante que antecede o manejo de captura e transporte, sendo recomendado interromper a alimentação dos peixes no mínimo um dia antes do manejo. Para alevinos, o período de jejum deve ser de um a dois dias, já nos peixes maiores, o período de jejum pode variar de um a quatro dias. Essa privação tem como objetivo esvaziar o trato digestivo impedindo que as fezes deteriore a qualidade da água durante o transporte. O material fecal pode causar o aumento na demanda de oxigênio para os peixes, favorece o acúmulo de metabólitos tóxicos e aumenta carga de organismos patogênicos na água de transporte (GOLOMBIESKI, 2004). Além disso, os peixes submetidos ao jejum se recuperam mais rapidamente do estresse da despesca, carregamento e transporte (KUBITZA, 1997). Durante o período de jejum, as reservas energéticas dos peixes, como o glicogênio armazenado no fígado, são mobilizadas para suprir a demanda energética gerada por um estímulo estressor (HSIEH & SHUAY, 2000 *apud* OLIVEIRA et al., 2010).

O manejo de captura e transporte são procedimentos traumáticos e podem causar consideráveis reações fisiológicas nos peixes, desencadeando a Síndrome de Adaptação Geral (SAG) (SELYE, 1956), que causa o aumento da adrenalina e cortisol no sangue. O estresse propriamente dito não pode ser mensurado, apenas as respostas aos estímulos podem ser quantitativamente determinadas para refletir seu grau de severidade. No período de jejum, que antecede o transporte, os animais precisam disponibilizar energia extra-alimentar para manutenção. Na captura ocorre gasto excessivo de energia decorrente da perseguição e fuga. Outros fatores como o acondicionamento em altas densidades, movimento irregular das embalagens e

água do transporte com elevada concentração de amônia e outras toxinas resultantes do metabolismo, atuam como estressores.

A captura de peixes é um procedimento que ocorre em determinadas situações do cultivo intensivo como inspeção de rotina, biometrias, seleção de matrizes ou classificação e principalmente o transporte, nas quais uma série de agentes estressores é imposta aos animais. Na tentativa de fuga é inevitável a abrasão do corpo do animal com outros peixes ou contras redes ou poças e exposição ao ar, desencadeando mudanças fisiológicas e comportamentais que são caracterizados pelo redirecionamento do aporte energético do corpo para os órgãos vitais (coração, músculo, cérebro), permitindo ao animal evitar ou superar a ameaça imediata. Nesta etapa, devem ser tomados cuidados para que haja o menor manuseio possível, além de se procurar evitar procedimentos que causem lesões e perda do muco e escamas. O muco atua como uma barreira de proteção contra agentes externos, patógenos do ambiente, e garante a relação de simbiose entre o peixe e microorganismos (URBINATI & CARNEIRO, 2004).

O transporte, como manejo em piscicultura intensiva, pode ter duração variada dependendo da finalidade. Durante o transporte, os peixes passam por diversas alterações hormonais, metabólicas, hematológicas, de desequilíbrio hidroeletrólítico e de suscetibilidade a patogênicos, que caracterizam respostas primárias e secundárias após ação deste agente estressor (BARTON & IWANA, 1991; URBINATI & CARNEIRO, 2004; GOMES et al., 2003, BRANDÃO et al., 2006 e OLIVEIRA et al. 2010). Uma maneira comumente usado para minimizar efeito do agente estressor durante os manejo de captura e transporte é uso de aditivos na água de transporte, sendo o cloreto de sódio (NaCl) muito utilizado (CARNEIRO & URBINATI, 2001; GOMES et al., 2003; GOMES et al., 2006; URBINATI & CARNEIRO, 2006).

2.2. ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS CAUSADAS PELO ESTRESSE

Estímulos adversos influenciam o estado fisiológico normal dos peixes e geram respostas que dependendo do tipo, duração e severidade podem ocorrer em três fases. As respostas primárias (agudas) são as hormonais, as secundárias (crônicas) são mudanças nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos e as terciárias (crônicas prolongadas) são o comprometimento no desempenho, mudanças no comportamento e aumento da suscetibilidade a doenças (BRANDÃO et al., 2006).

A primeira fase é caracterizada pela reação de alarme, percepção da situação e início das manifestações orgânicas; a segunda é o estágio de adaptação e resistência aos efeitos negativos dos estímulos. Durante a segunda fase, o organismo tende a compensar as condições adversas, aumentando a utilização de reservas energéticas. Quando a capacidade de regular os mecanismos homeostáticos se esgota pela duração e intensidade dos estímulos, a saúde dos peixes pode estar comprometida (EDDY, 1981).

Segundo Urbinati & Carneiro (2004), nos peixes, as respostas de estresse agudas e crônicas envolvem respostas comportamentais e fisiológicas controladas por um complexo sistema neuro-endócrino, com dois componentes principais: o sistema simpático-cromafim e o eixo hipotálamo-pituitária-interrenal (Figura 1).

Na resposta primária, segundos após o estímulo, o sistema nervoso simpático estimula diretamente as células cromafins que liberam catecolaminas (especialmente adrenalina) com função de aumentar os batimentos operculares, estimular o fluxo de sangue nas brânquias e aumentar a capacidade de transporte de oxigênio (FABBRI et al., 1998) além de disponibilizar glicose rapidamente. Ao mesmo tempo, a hipófise estimulada pela secreção de CRH (hormônio liberador de corticotrofina) do hipotálamo, libera ACTH (hormônio adrenocorticotrófico) na corrente sanguínea que por sua vez, provoca a liberação de cortisol nas células secretoras do rim cefálico (BARTON; IWAMA, 1991). Nessas condições, a hiperglicemia, induzida inicialmente pelas catecolaminas, é resultante de glicogenólise hepática. Sua manutenção ocorre graças a mecanismos gliconeogênicos resultantes do aumento da concentração plasmática de cortisol, sendo esta uma importante resposta secundária ao estresse (MOMMSEN et al., 1999). A hiperglicemia tem o papel de proporcionar energia para os peixes na fuga ou enfrentamento da situação adversa (WENDELAAR BONGA, 1997).

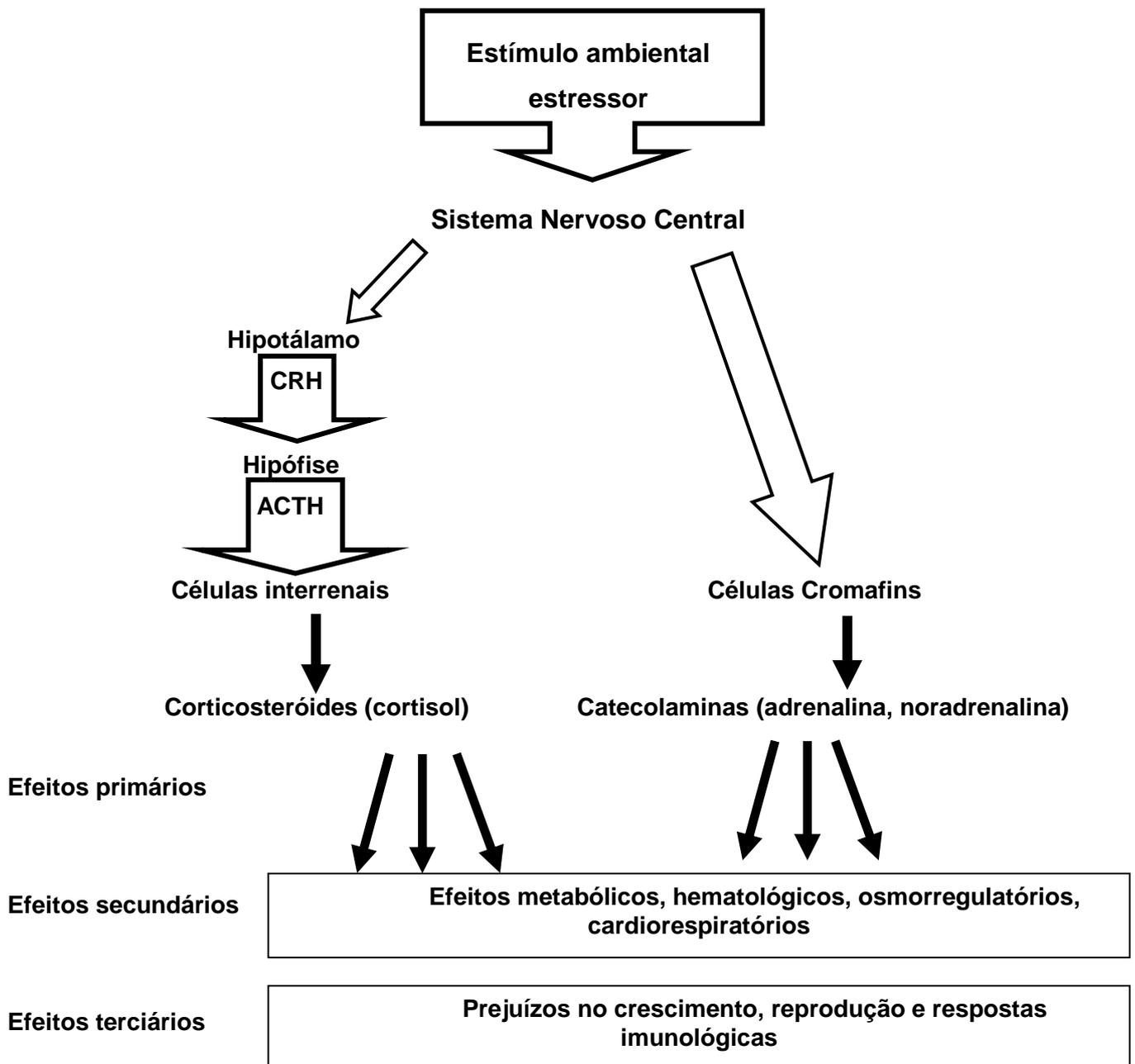


Figura 1. Esquema ilustrativo dos efeitos primários, secundários e terciários de estressores ambientais em peixes teleósteos (Adaptado de URBINAT I& CARNEIRO in CYRINO et al., 2004).

Outro subsídio para tais respostas é a captação de maior quantidade de oxigênio, através do aumento dos batimentos cardíacos e operculares. Ao mesmo tempo em que ocorre maior ventilação, os hormônios liberados atuam sobre o epitélio branquial provocando aumento na sua permeabilidade, causando desequilíbrio osmótico nos peixes de água doce. Dentre as estratégias

hematológicas para aumentar o fornecimento de O_2 para o organismo, está o estímulo à troca Na^+/H^+ e a inibição da Cl^-/HCO_3^- através da membrana de eritrócitos. Isto resulta na diminuição do pH plasmático e alcalinização do citoplasma, aumentando a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio (efeito Root). Outra forma de aumentar o carreamento de oxigênio é o recrutamento de novos eritrócitos através da contração do baço por efeito adrenérgico (GILMOUR, 1997).

2.3 INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE

Os indicadores mais utilizados na avaliação do estresse em peixes e que normalmente apresentam boa resposta são o cortisol plasmático e a glicose (GOMES et al., 2003). O cortisol, principal corticosteróide em peixes, é considerado um bom indicador para avaliação do estresse primário e seus resultados podem ser facilmente comparados com outras espécies. As principais ações do cortisol sobre o metabolismo são a estimulação das enzimas transaminases envolvidas na gliconeogênese hepática, o bloqueio da assimilação da glicose pela musculatura lisa e tecido adiposo, a diminuição da síntese protéica e o aumento da proteólise (BARTON & IWANA, 1991). O cortisol é um hormônio corticosteróide cujas concentração aumentam após a exposição aguda ou crônica do peixe a um agente estressor, podendo desencadear atividade gliconeogênica e estímulo da mobilização de aminoácidos e lipídios que serão utilizados com substratos enérgicos.

A glicemia é um bom indicador para resposta secundária do estresse, pois esta avaliação pode ser realizada na criação, com medidores simples e facilmente encontrado no mercado (BRANDÃO et al., 2006). Segundo os autores Wendellaar Bonga (1997) e Oliveira et al. (2010), a glicose é o principal monossacarídeo circulante que atua como substrato energético, armazenado como glicogênio hepático e muscular (por meio da glicogênese), mobilizado para proporcionar suporte energético aos peixes. A hiperglicemia relacionada ao estresse é relatada para várias espécies de peixes é também mediada principalmente pelos efeitos das catecolinas, levando à liberação de glicose hepática, sendo o principal carboidrato de reserva do peixe, embora não seja o principal substrato de reserva (lipídios) (LIMA et al., 2006).

O glicogênio é uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida através dos alimentos pelos peixes. O glicogênio é encontrado em grande quantidade no fígado e no músculo dos peixes (MARTINS, 2010). O metabolismo do glicogênio nos peixes difere dos demais vertebrados, pois, as necessidades de glicose são atendidas principalmente por meio da gliconeogênese através de substratos como lactato, piruvato e aminoácidos, e não pela glicogenólise. As maiores reservas são mobilizadas para atender necessidades energéticas, que aumentam principalmente sob condições de estresse, como manejo de captura e transporte. As quantidades de glicogênio armazenadas no fígado e a capacidade de mobilização desta reservas energética, variam entre as espécies de peixes, quando submetidos a períodos de jejum (BARTON & IWANA, 1991; ENES et al. 2009; OLIVEIRA et al. 2010).

2.4 ESTRESSE EM TILÁPIA

Vijayan et al. (1997) observaram que tilápias *Oreochromis mossambicus* estressadas durante duas ou 24 horas apresentaram maior concentração de cortisol e glicose no plasma, comparativamente a peixes não estressados. Neste os autores sugerem que a disponibilidade imediata de glicose após o estresse pode surgir da glicogenólise, enquanto que sua manutenção por períodos de tempo mais longos sejam resultantes da gliconeogênese de substratos, incluindo o lactato e aminoácidos.

Simões & Gomes (2009) testaram a eficiência do mentol como anestésico para tilápia do Nilo, por meio da avaliação de eventos comportamentais, da verificação da margem de segurança do anestésico e das respostas de estresse. Concluíram que o uso de mentol mesmo nas concentrações adequadas, induziu ao aumento na glicose sanguínea, caracterizando estresse nos peixes.

Martins et al. (2004) avaliaram os efeitos de duas intensidades de estresse de captura por 30 segundos de emersão sobre a hematologia e inflamação na bexiga natatória da tilápia do Nilo. Observaram que não houve alteração na concentração de cortisol plasmático após estímulo único, estímulos consecutivos e o controle (sem estresse), sugerindo que os peixes estavam na fase de resistência. Por outro lado houve um aumento significativo na taxa de glicose nos tratamentos com estímulos consecutivos, concluindo que o cortisol é importante na ativação do

sistema nervoso central aumentando, a taxa de glicose, porém neste estudo não ficou bem clara.

Brandão et al. (2006) avaliaram as respostas ao estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) submetido a práticas comuns em sistemas de criação (transporte, adensamento e exposição à amônia). Os autores observaram que o cortisol plasmático apresentou um aumento significativo durante o transporte, quando comparado ao controle. Nos peixes submetidos ao adensamento, as respostas ao estresse foram mais agudas que as do transporte, enquanto que nos peixes expostos a diferentes concentrações de amônia, os valores de cortisol não apresentaram diferenças significativas quando comparada ao controle. A glicose sanguínea apresentou diferença significativa nos momentos mais intensos do manejo do tratamento de transporte, apresentando aumento imediato da glicose em resposta ao estressor. Segundo os autores esta elevação ocorreu devido ao estímulo das catecolaminas, especialmente a adrenalina, que estimulou a glicogenólise, ou seja, a transformação de glicogênio em glicose.

Nas avaliações das características hematológicas da tilápias provenientes de viveiro de pesque-pague e de viveiros de piscicultura consorciada com suínos em Santa Catarina, Brasil. A concentração de glicose plasmática não diferenciou significativamente entre os dois tipos de exploração (AZEVEDO et al. 2006). Os autores também observaram que os peixes criados em consorciação com suínos, apresentaram taxas de glicose ligeiramente mais elevadas, segundo os mesmos este fato pode representar uma resposta ao estresse por parte dos peixes vivendo em ambiente mais eutrofizado, decorrente da presença de fezes de suínos.

2.5 ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA CARNE DE PESCADO

Como qualquer outro animal, ao morrer, os peixes passam por profundas alterações químicas, físicas e microbiológicas, que os conduzem à sua completa deterioração. Uma das principais alterações que ocorrem em um animal após a morte é a instalação do *rigor mortis*. Segundo Contreras-Gusmán (1994), o estado de *rigor mortis* é definido como a perda de plasticidade e extensibilidade dos músculos como resultado da alteração dos ciclos de contração e relaxamento. No pescado, identificam-se 3 fases: pré *rigor mortis*, *rigor mortis* pleno e pós *rigor mortis*.

A duração da primeira fase depende das reservas de ATP e glicogênio no momento da morte. O aumento da atividade muscular, estresse do abate e respostas endócrinas influenciam o processo bioquímico *post mortem*, diminuindo o período de pré *rigor*, o que afetará proporcionalmente o período de *rigor mortis* pleno. Uma fase de pré *rigor* dilatada corresponderá a um *rigor* pleno prolongado, o que é muito conveniente para a conservação do pescado. Nesta fase, os animais têm suas defesas naturais ainda intactas e apresentam um pH ligeiramente ácido, inibitório para muitos microorganismos e enzimas endógenas e, o que é mais importante, tem uma estrutura muscular fechada (contraída) que impede a disseminação de enzimas e microorganismos.

Desta forma, um período maior de rigidez é desejável sob o ponto de vista de qualidade microbiológica (CONTRERAS-GUSMÁN, 1994). A diminuição do pH do músculo, após o abate do pescado, ocorre a partir do acúmulo de ácido láctico, devido a degradação do glicogênio muscular em condições anaeróbicas. Durante a captura, algumas espécies sofrem um grande desgaste de energia que pode exaurir o glicogênio completamente, o que resulta a ausência da fase de pré *rigor* e um *rigor mortis* pleno curto sem a característica diminuição de pH nesta fase. Neste caso instala-se o *rigor mortis* alcalino e o pescado apresenta problemas de textura além de ter sua vida de prateleira reduzida.

O início e desenvolvimento do *rigor mortis* está diretamente relacionado à diminuição do índice de frescor do peixe. Uma estreita relação observada entre resposta aguda ao estresse e processos bioquímicos *post mortem* dos peixes sugere o uso concomitante dos indicadores hematológicos de estresse, como cortisol do plasma, lactato e glicose, com os indicadores de estresse no tecido, tais como pH muscular, lactato e ATP e seus catabólitos para uma completa avaliação dos efeitos do estresse (POLI et al., 2005).

A progressão do *rigor mortis*, como indicadora do estresse antes do abate em salmão do Atlântico (*Salmo salar*), foi avaliada por Skjervold et al. (1999). Os peixes foram mantidos em recipientes com baixa densidade (50 kg/m³) e alta densidade (300 kg/m³) antes do abate. Observaram-se diferenças entre os dois grupos no desenvolvimento do *rigor mortis*, como consequência do nível de estresse antes do abate. Duas horas após a morte, o grupo de alta densidade já havia iniciado a contração muscular. A fase de *rigor mortis* foi mais longa para o grupo de baixa densidade (120 horas) do que para o grupo de alta densidade (96 horas). O efeito da

densidade no estresse também foi estudado por Orji (1998), que constatou um aumento na depleção dos níveis do glicogênio no fígado de *Oreochromis niloticus*, com o aumento da densidade.

Sigholt et al. (1997) observaram que a indução do estresse por 10 minutos antes do abate, em salmão do Atlântico (*Salmo salar*), causou uma diminuição no período do pré *rigor* sendo que o *rigor mortis* completo foi registrado após 2 horas pós morte no grupo de peixes estressados e 12 horas pós-morte no grupo controle. Resultados similares foram observados por Kirschnik (2000) em tilápias do Nilo abatidas com e sem estresse e estocadas em gelo.

A degradação do ATP pós morte procede da mesma maneira para a maioria dos peixes. A hidrólise dos nucleotídeos no tecido muscular do pescado normalmente ocorre devido a “luta” durante a captura e ao próprio início do período de estresse pós morte. A adenosina trifosfato (ATP) sofre um processo de desfosforilação à adenosina difosfato (ADP) e à adenosina monofosfato (AMP). Este composto sofre desaminação para formar inosina monofosfato (IMP), o qual é degradado a inosina (HxR) e posteriormente hidrolisada formando a hipoxantina (Hx) (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). O ATP, ADP e AMP desaparecem geralmente em torno de 24 horas e quando os níveis de ATP e HxR começam a diminuir, o conteúdo de hipoxantina aumenta.

A relação ATP/IMP é considerada um bom indicador da deterioração das reservas energéticas no músculo (RIBAS et al., 2007). O efeito do estresse no manejo antes do abate em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) foi estudado por Sigholt et al. (1997). Houve um claro efeito do estresse, com a diminuição do ATP e o aumento do IMP no grupo de peixes estressados. A relação ATP/IMP foi diferenciada entre os grupos, com valores de 4,1 e 1,2 no grupo controle e estressado, respectivamente.

2.6 REDUTORES DE ESTRESSE UTILIZADOS NO TRANSPORTE DE PEIXES

Na tentativa de reduzir o estresse no transporte, diversos produtos são adicionados à água, tais como cloreto de sódio (NaCl) (CARNEIRO & URBINATI, 2001; GOMES et al., 2003; URBINATI & CARNEIRO, 2006; GOMES et al., 2006), anestésicos (SANDODDEN & IVERSEN, 2001; PAVLIDIS et al., 2003), soluções tamponantes (AMEND et al., 1982,) e sais de cálcio (MAZIK et al., 1991). Outros

produtos como probióticos, óleos e extratos de plantas também vêm sendo usados e estudados com intuito diminuir os efeitos do estresse causados nos manejos de rotina na piscicultura intensiva (CUNHA, 2007, CARVALHO et al. 2009; SIMÕES & GOMES, 2009, OLIVEIRA et al. 2009).

O cloreto de sódio ou sal comum (Na^+Cl^-) é um dos redutores de estresse mais usados e recomendados para o transporte de peixes destinados ao consumo (HATTING et al., 1975; CARMICHEL et al., 1984; WEIRICH et al., 1992 URBINATI; CARNEIRO, 2004). O sangue dos peixes entra em íntimo contato com o ambiente externo quando ele é bombeado pelos dos capilares do epitélio branquial. Os íons passam por difusão de regiões de alta concentração (sangue) para locais de baixa concentração (água doce). Portanto, os íons (principalmente sódio e cloreto) contidos no sangue dos peixes de água doce são continuamente perdidos para o ambiente. Esta perda de sais é repostada pela reabsorção durante a ingestão de alimento ou diretamente do ambiente através de processos dependentes de energia em células especializadas, presentes no epitélio branquial e em outros órgãos dos peixes de água doce. Em situações de estresse, estes processos vitais são considerados mais importantes naquele momento.

As brânquias e a pele dos peixes são revestidas por uma fina camada de muco que auxilia na redução da perda de sais para o ambiente externo. As operações de transporte levam à perda de muco e provocam aumento da demanda energética nos peixes que já se encontram debilitados pelos manejos anteriores de captura e acondicionamento nas unidades de transporte. A perda excessiva de sais pode causar falhas nos batimentos cardíacos, assim como espasmos musculares. A densidade de peixes transportados pode contribuir para aumentar o contato físico dos peixes e levar à abrasão mecânica, que provoca perda do muco e injúrias na superfície dos corpos, comprometendo a qualidade final dos peixes, tanto para indústrias quanto pesque-pagues (URBINATI & CARNEIRO, 2004).

O uso do sal comum estimula o aumento da secreção de muco sobre o epitélio branquial, reduzindo a passagem de íons através das membranas celulares. O aumento da concentração de íons sódio e cloreto na água com a aplicação de sal também reduz as perdas de íons por diminuir o gradiente osmótico entre o plasma do peixe e a água (KUBITZA, 1997; MCDONALD & MILLIGAN), além de promover respostas metabólicas e hormonais (SUMPTER, 1997). Nikinmaa et al. (1983) avaliaram a utilização de sal durante o transporte da truta marrom (*Salmo trutta*) e

observaram que os peixes transportados em água doce apresentaram diminuição na osmolaridade durante o transporte, devido principalmente a diminuição da concentração no plasma de Na^+ e Cl^- . Constataram também que as reservas de energia dos peixes transportados em água com 0,6% de sal sofreram menor depleção que nos animais transportados em água doce.

Testando diferentes concentrações de sal no transporte de matrinxãs (*Brycon amazonicus*), Carneiro & Urbinati (2001) observaram mudanças nos níveis de cortisol plasmático após o transporte em salinidade de 0,0 e 0,1 %, mas não observaram mudanças para os animais transportados em salinidade de 0,3 e 0,6%, sendo que apenas os peixes transportados em salinidade de 0,6% não apresentaram alterações significativas de glicemia.

Marchioro & Baldisserotto (1999) avaliaram a sobrevivência de alevinos de jundiá (*Rhamdia Quelen*) em diferentes concentrações de sal (8,0; 9,0; 9,25; 9,50 e 10,0g/l com sal marinho comum ou 10,0; 12,0 e 14,0‰ de água do mar artificial) e observaram que não houve mortalidade e alteração do comportamento nos grupos expostos a 8g/l sal marinho comum e a 10‰ água do mar. O grupo exposto a 9g/l sal marinho comum também não apresentou mortalidade. O aumento da concentração de sal marinho comum ou da água do mar elevou a porcentagem de mortalidade e alterou o comportamento alimentar. Os autores sugerem para o jundiá o uso de sal marinho comum até 9g/l pelo período de 96h não gerou prejuízos na sobrevivência dos jundiás, podendo ser usado também na prevenção ou tratamento de doenças e na redução do estresse durante o transporte.

Gomes et al. (2003) avaliando os efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomun*), uma espécie amazônica observaram que a concentração de 8 g/L de sal de cozinha no transporte foi eficiente para suprimir a liberação de cortisol e a concentração de glicose nos peixes estudados. Trabalho semelhante de Urbinati & Carneiro (2006) em outra espécie amazônica, sugerem que a adição de 6,0 g/L de sal na água de transporte para Matrinxã (*Brycon amazonicus*) reduz as alterações fisiológicas de estresse comparado água de transporte sem adição de sal. Ambos estudos demonstrando que uso de sal de comum na concentração adequada evita gasto energético e diminui a maioria das repostas fisiológicas do estresse durante o transporte para estas espécies.

No entanto, para juvenis (peso médio de um quilo) de pirarucu (*Arpaima gigas*), o uso de sal (3 e 6 g/L) na água de transporte em dois diferentes sistemas (fechado em sacos plásticos com injeção de oxigênio e aberto em caixas sem oxigenação), não obtiveram diferenças significativas para os parâmetros do metabolismo energético e de hematologia, demonstrando que o sal de cozinha não foi eficiente em diminuir a resposta de estresse na espécie estudada (BRANDÃO et al., 2008).

Já em alevinos (9,74 g e 6,79 cm) e juvenis (29,6 g e 11,52 cm) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a simulação de transporte em sacos plásticos por cinco horas com adição de cloreto de sódio (0,0, 0,4, ou 0,8 g/L), não demonstraram diferenças significativas nos parâmetros fisiológicos estudados, independente dos tamanhos dos peixes e das concentrações de cloreto de sódio. Porém a ausência de cloreto de sódio resultou em baixos valores de sobrevivência (88,67%), diferenciando significativamente nas concentrações de 4,0 e 8,0 g/L que resultaram em 100% de sobrevivência. Os autores sugerem que as concentrações de cloreto de sódio de 6 a 8 g/L podem ser utilizadas, uma vez que tem custo inferior a outros anestésicos, produtos com a mesma finalidade, tendo ainda efeito antisséptico e propriedade de reduzir o estresse de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (OLIVEIRA et al., 2009).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento a passos largos da aquicultura brasileira nos últimos anos, tanto no mercado interno quanto externo, o desafio atual da aquicultura de água doce do país é fornecer pescados com qualidade. A tilápia vem se mostrando apta a atender estes consumidores, por suas características zootécnicas favoráveis, adaptação climática em grande parte do Brasil e principalmente por adequar-se ao processamento na forma de filés. Sem dúvidas, o manejo de captura e transporte são procedimentos traumáticos e podem influenciar a qualidade do pescado positivamente ou negativamente dependendo de sua intensidade e duração. Esta revisão mostrou um pouco a interação entre o processo de captura e transporte com a qualidade da carne de pescado, relacionando os efeitos estressores e as práticas que podem minimizá-los.

4 REFERÊNCIAS

AMEND, D.F.; CROY, T.R.; GOVEN, B.A.; JOHNSON, K.A.; MCCARTHY, D.H. Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth. **Transactions of American Fisheries Society**, v. 111, p. 603-611, 1982.

AZEVEDO, T.M.P.; MARTINS, M.L.; YAMASHITA, M.M.; FRANCISCO, C.J. Hematologia de *Oreochromis niloticus*: Comparação entre peixes mantidos em piscicultura consorciada com suínos e em pesque-pague no vale do rio Tijucas, Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.32, p.41-49, 2006.

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Reviews of Fish Disease**, v. 1, p. 3-26, 1991.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Acta Amaz.** [online]. v.36, n.3, p. 349-356, 2006.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CRESCENCIO, R.; CARVALHO, E.S. Uso de sal durante o transporte de juvenis (1kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*). **Acta Amaz.** [online]. v.38, n.4, p. 767-771, 2008.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura**. Produção Pesqueira e Aquícola: Estatística 2008 e 2009. Brasília, DF. 2010 [internet] [acesso em 09 setembro de 2010]. Disponível em <http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/dados/2010/Docs/Caderno%20Consolidação%20dos%20dados%20estatísticos%20final%20curvas%20-%20completo.pdf>

CARMICHAEL, G.J.; TOMASSO, J.R.; SIMCO, B.A.; DAVIS, K.B. Characterization and alleviation of stress associated with hauling largemouth bass. **Transaction of the American Fisheries Society**, v. 113, p. 778-785, 1984.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther), during transport. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 297-304, 2001.

CARNEIRO, P.C.F.; KAISELER, P.H.S.; SWAROFISKY, E.A.C.; BALDISSEROTTO, B. Transport of jundiá *Rhamdia quelen* juveniles at different loading densities: water quality and blood parameters. **Sociedade Brasileira de Ictiologia**, v.2, p. 283-287, 2009.

CARVALHO, E.S.; GOMES L.C.; BRANDÃO F.R.; CRESCÊNCIO, R.; CHAGAS, E.C.; ANSELMO, A.A.S. Uso do probiótico Efinol durante o transporte de tambaqui

(*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p. 1322-1327, 2009.

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

CUNHA, M.A. **Anestesia em jundiás (*Rhamdia quelen*) expostos a substâncias isoladas de plantas**. Santa Maria, 2007. 21p. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós- Graduação em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria.

EDDY, F.B. Effects of stress on osmotic and ionic regulation in fish. In: Pickering, A.D. (Ed). **Stress and Fish**. Academic Press, London, p. 77-102, 1981.

EHIRA, S.; UCHIYAMA, H. Determination of fish freshness using the K-value and comments on some other biochemical changes in relation to freshness. In: Kramer, D.E.; Liston, J. (Eds.), **Seafood Quality Determination**, Elsevier Science, Amsterdam, 1986, p. 185-207.

ENES. P.; PANSEERAT, P.; KAUSHIK, S.; OLIVA-TELES, A. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. **Fish physiol Biochem**, v.35, p.519-539, 2009.

FABBRI, E.; CAPUZZO, A.; MOON, T.W. The role of circulating catecholamines in the regulation of fish metabolism: An overview. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 120, p. 177-192, 1998.

GILMOR, K.M. Gas exchange. In: Evans, D.H. (Ed), **The Physiology of Fishes**. CRC Press, New York, pp. 101-127, 1997.

GOLOMBIESKI, J.I. Transporte de peixes. In: **Criação de jundiá**. Santa Maria – RS, Ed.UFSM, p.191-194, 2004.

GOMES, L.C.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; ROUBACH, R., CHIPARRI-GOMES, A.R., LOPES, N.P., URBINATI, E.C. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of Aquaculture Society**, v. 34, p. 76-84, 2003.

GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; BRINN, R.P.; ROUBACH, R.; COPPATI, C.E.; BALDISSEROTTO, B. Use of salt during transportation of air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. **Aquaculture**, v. 256, p. 521–528, 2006.

HATTINGH, J.; FOURIE, F.L.R.; VAN VUREN, J.H.J. The transport of freshwater fish. **Journal of Fish Biology**, v. 7, p. 447-449, 1975.

MACHADO, A.S. **Diferentes biomassas no acondicionamento de tilápias sp. após transporte sobre o retorno a homeostase**. Goiânia, 2009. 30p. Dissertação

(Mestrado Profissional em Tecnologia em Aquicultura Continental), Universidade Católica de Goiás.

KIRSCHNIK, P.G. **Efeito das condições de abate e da temperatura de estocagem sobre as alterações pós-morte de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2000, 41p.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos. **Panorama da Aqüicultura, setembro/outubro**, v. 7 n. 43 p. 20-26, 1997.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí- SP: F. Kubitza, 2011. 316p.

LIMA, L.C.; RIBEIRO, L.P.; LEITE, R.C.; MELO, D.C. Estresse em peixes. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v.30, p. 113-117, 2006.

MARCHIORO, Maria Ignez and BALDISSEROTTO, Bernardo. **Sobrevivência de alevinos de Jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824) à variação de salinidade da água**. *Cienc. Rural* [online]. 1999, vol.29, n.2, pp. 315-318. ISSN 0103-8478.

MARTINS, M.L.; PILARSKY, F.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; FENRERICK jr., J.; RIBEIRO, K.; MYIAZAKI, D.M.Y.; CASTRO, M.P.; MALHEIROS, E.B. Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, p.71-80, 2004.

MAZEAUD, M.M.; MAZEAUD, F. Adrenergic responses to stress in fish. Chapter 3. **Stress and Fish**, A.D. Pickering (Ed.), London: Academic Press, p. 49-75, 1981.

MAZEAUD, M.M.; Mazeaud, F.; Donaldson, E.M. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 106, p. 201-212, 1977.

MAZIK, P. M.; SIMCO, B. A.; PARKER, N. C. Influence of Water Hardness and Salts on Survival and Physiological characteristics of Striped Bass during and after Transport. **Transactions of American Fisheries Society**, v. 120, p. 121-126, 1991.

MCDONALD, G.; MILLIGAN, L. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: IWAMA, G.W.; PICKERING, A.D.; SUMPTER, J.P.; SCHRECK, C.B (Eds). **Fish stress and health in aquaculture**. University Press, Cambridge, p. 119-144, 1997.

MOMMSEN, T. P., VIJAYAN, M. M., MOON, T. W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Fish Biology and Fisheries**, v. 9, p. 211-268, 1999.

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**, v. 34, p. 93-99, 1983.

OLIVEIRA, R. H. F.; SILVA, E.M.P.; BUENO, R.S.; BARONE, A.A.C. O extrato de maracujá sobre a morfometria de hepatócitos da tilapia do Nilo. **Ciência Rural**, v.40, p. 2562-2567, 2010.

ORJI, R. C. A. Effect of transportation stress on hepatic glycogen of *Oreochromis niloticus*. **The ICLARM Quarterly**, July-September, 1998.

PAVILIDIS, M.; ANGELLOTTI, L.; PAPANDROULAKIS, N.; DIVANACH, P. Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (*Pagrus pagrus*) fry. **Aquaculture**, v. 218, p. 187-202, 2003.

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

RIBAS, L.; FLOS, R.; REIG, L.; MACKENZIE, S.; BARTON, B. A.; TORT, L. Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: stress responses and final product quality. **Aquaculture**, v. 269, p. 250-258, 2007.

SANDODDEN, R.; IVERSEN, M. Transport stress in atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anaesthesia e recovery. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 87-90, 2001.

SELYE, H. What is stress? **Metabolism**, v. 5, p. 525-539, 1956.

SIGHOLT, T.; ERIKSON, U.; RUSTAD, T.; JOHANSEN, S.; NORDTVEDT, T. S.; SELAND, A. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, v. 62, n. 4, p. 898-905, 1997.

SIMÕES, L. N.; GOMES, L. C Eficácia do mentol como anestésico para juvenis de tilapia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.613-620, 2009.

SKJERVOLD, P. O.; FJAERA, S. O.; OSTBY, P. B. Rigor in atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. **Aquaculture**, v. 175, p. 93-101, 1999.

SUMPTER, J. P. The endocrinology of stress. In: Iwama, G.W., PICKERING, A.D., SUMPTER, J. P., SCHRECK, C.B (Eds). **Fish stress and health in aquaculture**. University Press, Cambridge, 1997, p. 95-118.

SUSSEL, F.R. Para onde vai a tilápia. **Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC) 2007**.

URBINATI, E C.; CARNEIRO, P. C. F. Sodium chloride added to transport water and physiological responses of Matrinxã *Brycon amazonicus* (Teleost: Characidae). **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 569-572, 2006.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. Jaboticabal – SP, Funesp, 2004. p.171-194

Vijayan, M. M.; Pereira, C.; Grau, E. G.; Iwama, G. K. Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia: The Role of Cortisol. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 116, p. 89-95, 1997.

WEIRICH, C. R.; TOMASSO, J. R.; SMITH, T. I. J. Confinement and transport-induced stress in white bass *Morone chrysops* x striped bass *M. saxatilis* hybrids: Effect of calcium and salinity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.23, p.49-57, 1992.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

WOOD, C. M. Acid-base and íon balance, metabolism, and their interaction, after exhaustive exercise in fish. **Journal of Experimental Biology**, v. 160, p. 285-308, 1991.

CAPÍTULO 2
EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CLORETO DE
SÓDIO NA ÁGUA DE TRANSPORTE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis*
***niloticus*) NA QUALIDADE DA CARNE**

(Effect of addition of different concentrations of sodium chloride in water transport
*Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)*)

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CLORETO DE SÓDIO NA ÁGUA DE TRANSPORTE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) NA QUALIDADE DA CARNE

Jorge Daniel Mikos¹; João Gabriel Phabiano Francisco³; Bruna Rafaela Dallabona⁴;
Ana Paula Baldan⁵; Roberta Wagner⁶; Peter Gaberz Kirschnik²

¹ Mestrando em Ciência Animal – PUCPR; Engenheiro Agrônomo;
jorge.mikos@pucpr.br

² Mestrado em Ciência Animal – PUCPR; Zootecnista; petergk76@yahoo.com.br

³ Acadêmico de Medicina Veterinária – PUCPR; jgabrielpf@hotmail.com

⁴ Mestre em Ciência Animal – PUCPR; Médica Veterinária;
brudallabona@yahoo.com.br

⁵ Professora Auxiliar de Ensino – PUCPR; Zootecnista; ana.baldan@pucpr.br

⁶ Acadêmica de Medicina Veterinária – PUCPR; roberta.wagner@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes concentrações de cloreto de sódio (0,0; 0,9 e 1,2% de NaCl) durante o transporte de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) avaliando o estresse causado no transporte e os efeitos na qualidade da carne. Foram capturadas tilápias (472±52g) e distribuídas em três unidades de transporte (250 litros) com densidade de 150 kg de peixes m⁻³. O transporte foi realizado em três horas. No grupo controle os peixes foram sacrificados antes do transporte. Após o transporte, os peixes foram abatidos e armazenados em gelo por um período de dez dias. A fase de pré *rigor mortis* foi mais curta (p<0,05) no grupo controle, atingindo o rigor-mortis pleno entre 6 e 9 horas após o abate. Os peixes abatidos antes do transporte também apresentaram menores valores iniciais de pH (p>0,05) e menor relação ATP/IMP (p<0,05) quando comparados com os peixes transportados. Os níveis de glicemia ao final do transporte aumentaram (p < 0,05), porém não se diferenciaram entre os tratamentos. Após o transporte, houve diminuição níveis de cortisol plasmático, mais acentuado e com diferença significativa nos peixes do tratamento 1,2% de sal na água de transporte. A concentração de glicogênio no fígado demonstrou uma diminuição após o transporte nos peixes transportado sem adição de sal, entretanto os peixes transportados com adição sal não apresentaram diferenças significativas (p > 0,05).

Assim, pode-se concluir que o abate logo após a despesca ocasionou uma condição maior de estresse e perda de qualidade da carne sugerindo que a despesca é um ponto crítico importante. E ainda que o uso de cloreto de sódio adicionado a água de transporte, minimiza os efeitos traumáticos pelo manejo e pode ser considerado uma boa prática nesta etapa, refletindo na qualidade do pescado.

Palavras-chave: Tilápia. Manejo de captura e transporte. Estresse. Qualidade da carne.

EFFECT OF ADDITION OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SODIUM CHLORIDE IN WATER TRANSPORT NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) ON MEAT QUALITY

Jorge Daniel Mikos¹; João Gabriel Phabiano Franscico³; Bruna Rafaela Dallabona⁴;
Ana Paula Baldan⁵; Roberta Wagner⁶; Peter Gaberz Kirschnik²

¹ Masters in Animal Science – PUCPR; Agronomist; jorge.mikos@pucpr.br

² Masters in Animal Science – PUCPR; Zootechnist; petergk76@yahoo.com.br

³ Graduating in Veterinary Medicine – PUCPR; jgabrielpf@hotmail.com

⁴ Masters in Animal Science – PUCPR; Medical Veterinary;
brudallabona@yahoo.com.br

⁵ Assistant Professor of Education – PUCPR; Zootechnist; ana.baldan@pucpr.br

⁶ Graduating in Veterinary Medicine – PUCPR; roberta.wagner@hotmail.com

ABSTRACT: The objective was to study the effect of different concentrations of sodium chloride (0,0; 0,9 e 1,2% de Na⁺Cl⁻) during the transport of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) evaluating the stress caused in transport and the effects on meaty quality. Were caught tilapia (472±52g) and distributed in three transport units (250 liters) with a density of 150 km m⁻³ fish. The transport was carried out in three hours. In the control group fish were killed before transport. After transport, fish were killed and stores on ice for a period of ten days. The rigor mortis was shorter (p<0.05) in the control group, reaching the full rigor mortis, between 6 and 9 hours after slaughter. Fish slaughtered before transport also had a lower initial pH values (p>0.05) and lower ratio ATP/IMP (p<0.05) compared with fish transported. The glucose levels at the end of transport increased (p<0.05), but did not differ between treatments. After transport, there was a reduction of plasma cortisol levels, more marked and significant difference in the fish treatment 1.2% salt in water transport. The concentration of glycogen in the liver showed a decrease after transport in fish transported without added salt, however, carried the fish with added salt showed no significant differences (p>0.05). Thus, can be concluded that the killing soon after the harvest caused more stress and loss of meat quality suggesting that the harvest is an important critical point. An yet the use of sodium chloride added to transport water,

minimize the traumatic effects for the management and can be considered a good practice at this stage, reflecting the quality of fish.

Keywords: Tilapia. Management of capture and transport. Stress. Quality

1 INTRODUÇÃO

Nativas da África, Israel e Jordânia, as tilápias se espalharam pelo mundo nos últimos 50 anos e hoje são produzidas em mais 100 países, em diversos climas e sistemas de produção, devido à sua variada fisiologia adaptativa, biologia reprodutiva, plasticidade genética, fácil domesticação e comercialização (ZIMMERMANN & FITZSIMMOS, 2004). A tilápia conquistou um importante espaço no mercado internacional e em mercados locais de pescados. Isso é fruto tanto da excelente relação custo/benefícios para os consumidores, quanto da grande qualidade de sua carne, de cor branca, textura firme e sabor suave. Com estes fatores que impulsionam cada vez mais o crescimento da produção e o consumo de tilápia em todo mundo, em particular os grandes mercados como a China, os Estados Unidos e, mais recentemente, o Brasil e os mercados emergentes como a Índia e diversos países da África também começam a se acostumar com a tilápia proveniente da aquicultura (KUBITZA, 2011).

Com estas características zootécnicas e cadeia produtiva definida a tilapicultura esta a cada ano ganhando espaço na produção aquícola no Brasil, passando a representar 39% do total da produção de pescado proveniente da piscicultura continental, sendo a principal espécie cultivada e processada na forma de filé no país (BRASIL, 2010).

O manejo de captura e transporte são procedimentos traumáticos causando consideráveis reações fisiológicas nos peixes. Uma das principais delas é a liberação de adrenalina e cortisol, seguido por alterações secundárias, tais como o aumento da atividade muscular, mobilização dos estoques energéticos no músculo e fígado e alterações no balanço ácido-base (MAZEAUD et al., 1977; MAZEAUD & MAZEAUD, 1981; WOOD, 1991). Quando os peixes são submetidos ao estresse durante o manejo de captura e transporte ocorrerá o período de *rigor mortis* reduzido devido ao gasto excessivo de glicogênio ante do abate, favorecendo o aumento do pH e a proliferação microbiana. É importante retardar o aparecimento do *rigor mortis*, pois a maioria dos fenômenos relacionados à deterioração somente acontecem ou disseminam após seu término (ECHEVENGUÁ et al., 2008). Sigholt et al. (1997) observaram que a indução do estresse por 10 minutos antes do abate, em salmão do atlântico (*Salmo salar*), causou uma diminuição no período do pré-rigor sendo

que o rigor completo foi registrado após duas horas pós-morte no grupo de peixes estressados e 12 horas pós-morte no grupo controle. Resultados similares foram observados por Kirschnik (2000) em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) abatidas com e sem estresse e estocadas em gelo.

O cloreto de sódio ou sal comum (NaCl) é um dos redutores de estresse mais usados e recomendados para o transporte de peixes destinados ao consumo (HATTING et al., 1975; CARMICHEL et al., 1984; WEIRICH et al., 1992; URBINATI & CARNEIRO, 2004). Nikinmaa et al. (1983) avaliaram a utilização de sal durante o transporte da truta marrom (*Salmo trutta*) e observaram que os peixes transportados em água doce apresentaram diminuição na osmolaridade durante o transporte, devido principalmente a diminuição da concentração no plasma de Na^+ e Cl^- . Constataram também que as reservas de energia dos peixes transportados em água com 0,6 % de sal sofreram menor depleção que nos animais transportados em água doce.

Considerando a importância da produção de tilápias no Brasil e a escassez de informações dos efeitos do transporte/estresse sobre qualidade da carne para esta espécie, o objetivo deste trabalho foi estudar meios de reduzir o estresse de transporte na tilápia (*Oreochromis niloticus*), avaliando diferentes concentrações de cloreto de sódio (Na^+Cl^-) e os efeitos desses parâmetros sobre a qualidade da carne.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado e analisado no Laboratório de Piscicultura e Pesquisa (LAPEP PUCPR) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) em São José dos Pinhais/PR.

2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Para o experimento foram utilizadas 300 Tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* com peso médio de 472 g (± 52 g), provenientes de piscicultores da região de São José dos Pinhais, Paraná.

2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Quatro semanas antes do início dos experimentos os peixes foram retirados dos viveiros de terra de piscicultor da região onde foram produzidos e transportados para viveiro de terra menor e externo no Laboratório de Pesquisa e Piscicultura (LAPEP) do Setor de Piscicultura da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), com renovação de água constante, para aclimatação. Dois dias antes do transporte, a alimentação com ração comercial de 32% proteína bruta foi suspensa a fim de esvaziar o conteúdo do trato intestinal dos animais e manter a qualidade da água durante o transporte. Foram avaliados alguns parâmetros de qualidade da água no transporte como: Oxigênio Dissolvido (mg/L), pH, Amônia Total (mg/L) e Temperatura (°C).

Foram testadas diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl) dissolvidas na água de transporte nas proporções 0,0; 0,9 e 1,2 %.

2.3 CONDIÇÃO DE DESPESCA E TRANSPORTE

No momento da despesca, foi drenada parcialmente a água do viveiro de terra onde as tilápias estavam contidas por quatro semanas, facilitando a captura que foi realizada com rede de arrasto de 30 metros comprimento por quatro metros de altura e 25 mm entre nós. Rapidamente os peixes foram pesados e distribuídos em três unidades de transporte com densidade de 150 kg de peixes/ m³, contendo as diferentes concentrações de sal (0,0; 0,9 e 1,2 %). O transporte foi realizado em unidades de transporte, com volume de 250 litros cada e com suplementação de oxigênio devidamente adaptado numa camionete (Figura 1).



Figura 1: A) Manejo de despesca; B) Camionete adaptado para transportar peixe vivo.

O percurso foi de aproximadamente três horas em rodovias da região. Antes do transporte, foram retirados 10 peixes, representando condições iniciais do experimento e logo após o transporte outros 10 peixes foram retirados de cada unidade de transporte, sendo anestesiados com benzocaína (60mg/L) para coleta de sangue e fígado, que foram processados para verificação das alterações fisiológicas geradas pelo transporte. Outros 70 peixes de cada unidade de transporte foram abatidos através de choque térmico (água e gelo) e armazenados em caixas térmicas com gelo, na proporção de 1:1 por um período de dez dias, para avaliação do controle de qualidade da carne. Diariamente a água de degelo foi drenada e o gelo completado (Figura 2).



Figura 2: A) Choque térmico com gelo e água; B) Caixas térmicas com gelo usadas para o armazenamento dos peixes.

O grupo controle deste experimento foi composto por peixes capturados no momento da pesca, onde 10 peixes foram anestesiados com benzocaína (60mg/L) para coleta de sangue, fígado e músculo e 70 peixes foram abatidos através de choque térmico (água e gelo) e armazenados em gelo para verificação dos mesmos parâmetros mencionados acima (Figura 3).

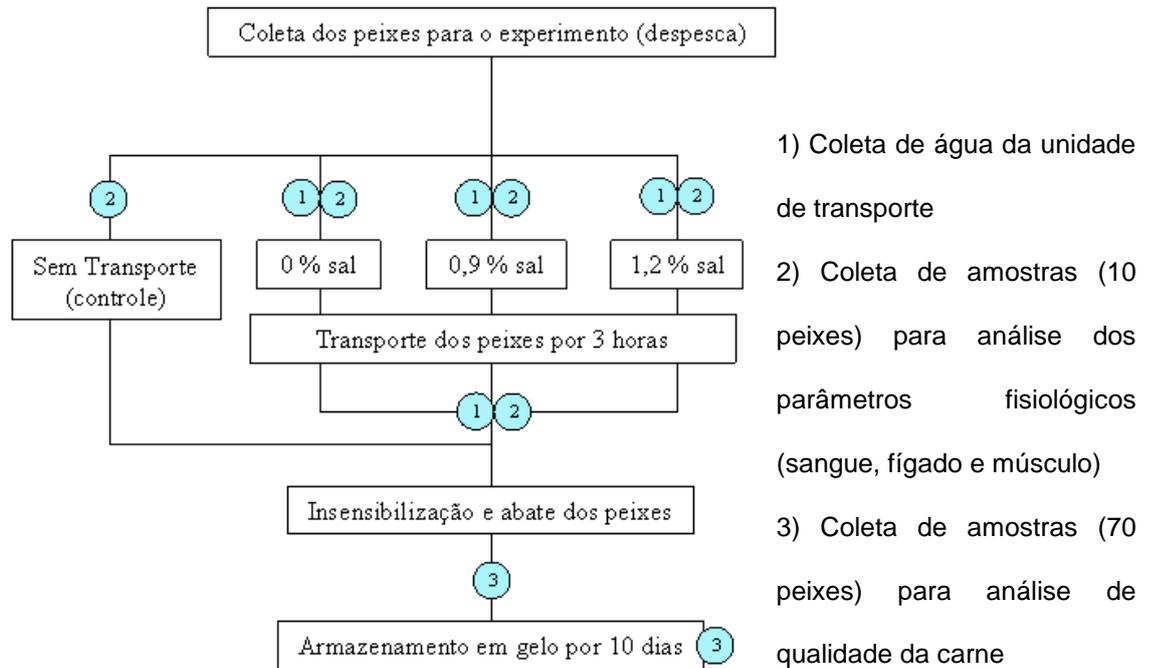


Figura 3: Fluxograma de execução do experimento.

2.4 ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA DURANTE O TRANSPORTE

Antes e após o transporte, foram realizadas avaliações de qualidade da água. Os parâmetros avaliados foram: Oxigênio Dissolvido (mg/L), pH, Temperatura (°C), e mensurados utilizando um medidor portátil multiparâmetro de qualidade de água da marca Hexis. O teor de Amônia Total (mg/L) na água antes e após o transporte foi realizado pelo método de Nessler (GENTZKOW, 1942).

2.5 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

O sangue dos peixes foi amostrado por punção caudal. Uma alíquota foi separada para a análise de glicemia, utilizando EDTA fluoretado para extração do plasma. Outra alíquota de sangue foi centrifugada a 3.000 rpm, durante 10 minutos à 4°C para separação do soro que foi estocado a -80°C para posterior determinação das análises de cortisol.

Para a determinação da glicose plasmática foi utilizado o método enzimático glicose-oxidase com kits Labtest®.

A determinação dos níveis de cortisol plasmático foi obtida pelo teste de ELISA através do kit EIAgen™ CORTISOL-test (BioChem ImmunoSystems). Os níveis de glicogênio hepático foram determinados pelo método descrito por Moon et al. (1989).

Após a retirada do sangue, os peixes foram pesados e abertos para retirada imediata do fígado. Uma amostra de 5g de fígado, por peixe, foi congelada imediatamente em nitrogênio líquido e estocadas a - 80°C para a análise de glicogênio.

2.6 ANÁLISES DA QUALIDADE DA CARNE

A avaliação dos parâmetros para controle de qualidade da carne dos peixes foi realizada logo após o abate, e em intervalos pré-estabelecidos. Para a avaliação do pH muscular, da relação ATP/IMP muscular e o acompanhamento do índice de *rigor mortis*, foram realizadas análises nos tempos 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24 horas e diariamente até completar 10 dias de armazenamento. Em cada tempo, foram amostrados 5 peixes para avaliação do pH e retirada das amostras para determinação da relação ATP/IMP muscular.

Para determinação do pH muscular foi utilizado um peagômetro digital portátil inserindo o eletrodo diretamente no músculo dos peixes. Para cada determinação de ATP/IMP, em duplicata, foi retirada uma amostra de aproximadamente 1 cm² de tecido muscular branco (musculo epaxial). A relação ATP/IMP foi determinada de acordo com Khan e Frey (1971). Para avaliação do índice de *rigor mortis*, foram utilizados dez peixes de cada tratamento, após a amostragem, os peixes voltaram para a caixa térmica com gelo.. O índice de *rigor mortis* dos peixes foi medido de acordo com o método de Bito et al. (1983).

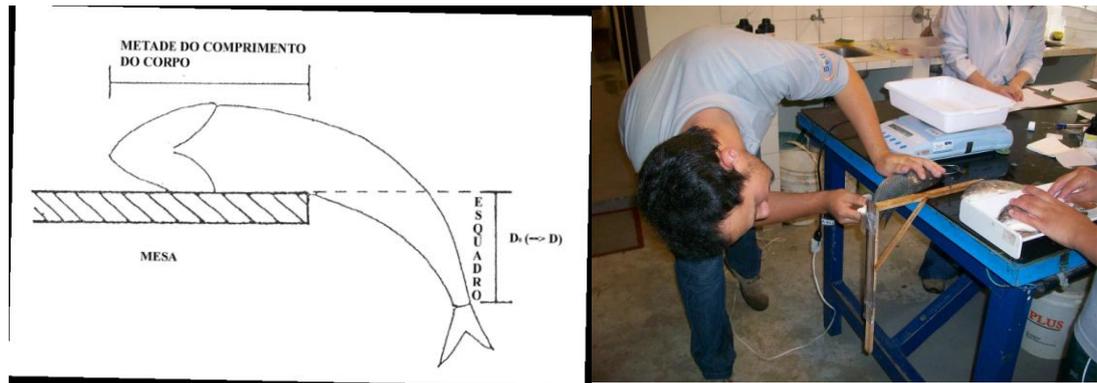


Figura 4: Determinação do índice de *rigor mortis* do peixe, segundo Bito et al (1983).

Após o transporte foram retiradas amostras de tecido muscular para avaliação da composição centesimal de 3 peixes/tratamento segundo a metodologia descrita na A.O.A.C. (1995). Para as determinações de bases nitrogenadas voláteis (BNV), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúico (TBARS) e análise microbiológica foram retiradas amostras de 3 peixes por tratamento a cada dois dias de armazenamento. A determinação Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV) foi realizada através do método de Howgate (1976). Para avaliação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúico (TBARS) foi utilizado o método descrito por Vyncke (1970).

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Em cada experimento foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos e uma testemunha. Os dados foram analisados por ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey através do *Software GraphPad Prism* version 3.00 for Windows, San Diego - California, EUA. Em todas as análises foi adotado o nível de significância $p = 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os teores de oxigênio dissolvido na água durante o transporte dos peixes mantiveram-se constantes apresentaram valores médios de $8,3 \pm 3$ mg O₂/L ao final do transporte para todos os tratamentos. O valor médio de pH da água durante o transporte foi de 7,9 também não apresentando variação durante o transporte para

todos os tratamentos. Ambos os parâmetros apresentaram valores dentro do aceito como ideal para peixes, conforme citado por (KUBITIZA, 1997) que afirma que valores acima de 4 mg de oxigênio/L e pH próximos a 7 são ideais a maioria dos peixes. A temperatura da água durante o transporte manteve-se em 19,8°C, também próxima ao indicado para o transporte de peixes tropicais. Os valores de amônia total no início do transporte do experimento foi de 0,2 mg/L. Ao final do transporte do experimento, a água dos peixes transportados sem a adição de sal apresentou maiores concentrações de Amônia Total (4,68mg/L) enquanto no tratamento com 0,9% e 1,2% de sal foram de 2,74 e 2,44 mg/L respectivamente. Diferentemente aos resultados encontrados por Oliveira et al. (2009) transportando alevinos e juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por cinco horas nas concentrações 0,0; 4,0 e 8,0 mg/L de sal na água de transporte, obtiveram como resposta um aumento da amônia total em todas concentrações testadas após o transporte, porém não houve diferenças significativas entres os tratamentos (3,15; 2,85 e 3,40 mg/L de amônia total). Considerando níveis de amônio total encontrados por Oliveira et al. (2009) e do presente estudo, pode se dizer que não são letais para a espécie.

3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas encontrados nos peixes do presente experimento estão descritos na Tabela 1. Os valores encontram-se próximos aos observados na literatura por Marchi (1997), Kirschnik (2007) e Moura et al (2009). Que citaram valores de umidade entre 72,9 e 81,29 %; proteína bruta entre 15,13 e 18,35 %; extrato etéreo entre 1,6 e 1,99 % e cinzas entre 1,09 e 1,28 %. Pequenas alterações significativas ($p < 0,05$) foram observadas nos teores de umidade, extrato etéreo e cinzas entre os tratamentos. Estas alterações, embora significativas, foram pequenas e não representam alterações efetivas nas composições dos filés dos peixes avaliados.

Tabela 1. Valores médios para composição centesimal das tilápia do Nilo após transporte em diferentes concentrações de NaCl na água.

Tratamento	Umidade (%)	Proteína Bruta (%)	Extrato Etéreo (%)	Cinzas (%)
Sem Transporte	79,17 ^{ab}	19,56 ^a	1,11 ^a	1,01 ^{ab}
0,0%	79,55 ^a	18,93 ^a	1,17 ^{ab}	1,00 ^b
0,9%	78,75 ^b	19,09 ^a	1,76 ^c	1,03 ^{ab}
1,2%	79,32 ^{ab}	19,04 ^a	1,26 ^b	1,04 ^a

Médias dos mesmos parâmetros nas mesmas colunas, seguidas por letras distintas, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.3 RIGOR MORTIS

O *rigor mortis* se instala nos peixes em consequência das principais mudanças bioquímicas pós-morte e, pode ser influenciado por fatores extrínsecos como a captura, grau de exaustão antes da morte e temperatura de estocagem.

O desenvolvimento do índice de *rigor mortis* no presente estudo apresentou diferenças ($p < 0,05$) entre os peixes do tratamento sem transporte e os peixes transportados (Tabela 2), sendo o desenvolvimento do *rigor mortis* mais rápido nos peixes abatidos antes do transporte. Os peixes não submetidos ao transporte atingiram o *rigor mortis* pleno (100 %) entre 6 e 9 horas após o abate. Enquanto que os peixes submetidos ao transporte, com concentrações de 0,0 e 0,9 % de sal, atingiram o *rigor mortis* pleno entre 12 e 18 horas de armazenamento, e os peixes transportados com 1,2 % de sal atingiram o *rigor mortis* pleno entre 18 e 24 horas de armazenamento. Estes resultados indicam que o transporte e as concentrações de sal adicionadas a água de transporte influenciaram na duração do período de pré-*rigor mortis*. Os peixes de todos os tratamentos permaneceram no estado de *rigor mortis* durante o período avaliado de 240 horas.

Tabela 2. Valores médios durante estocagem para o índice de *rigor mortis* das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte, ao longo da estocagem.

Tempo (horas)	Tratamento			
	Sem Transporte	% de Sal		
		0,0 %	0,9 %	1,2 %
0	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}
3	30,56 ^{Ba}	9,40 ^{Ab}	8,01 ^{Ab}	2,30 ^{Ab}
6	84,23 ^{Ca}	49,20 ^{Bb}	43,26 ^{Bb}	41,80 ^{Bb}
9	100 ^{Da}	85,50 ^{Cab}	72,99 ^{Cb}	82,77 ^{Cab}
12	100 ^{Da}	97,26 ^{Ca}	96,95 ^{Da}	94,18 ^{Ca}
18	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	92,38 ^{Cb}
24	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
48	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
72	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
96	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
120	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
144	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
168	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
216	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}
240	100 ^{Da}	100 ^{Ca}	100 ^{Da}	100 ^{Ca}

Médias dos mesmos parâmetros nas mesmas colunas, seguidas por letras maiúsculas distintas, e nas mesmas linhas seguidas por letras minúsculas distintas, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Skjervold et al. (1999) observaram que o estresse pré-abate causado pela alta densidade em salmão do Atlântico interferiu no desenvolvimento do rigor. Duas horas após a morte, o grupo de alta densidade já havia iniciado a contração muscular. A fase de *rigor mortis* foi mais longa para o grupo de baixa densidade (120 horas) do que para o grupo de alta densidade (96 horas). Morzel et al. (2002) observaram que o método de abate com maior ou menor estresse também alterou o desenvolvimento do *rigor mortis* em Turbot (linguado) (*Psetta maxima*). Os autores relataram que os peixes abatidos de forma mais rápida (menos estressante), por meio de percussão, atingiram o *rigor mortis* pleno somente após 4 dias de armazenamento em gelo. Enquanto que os peixes abatidos com sangria ou choque elétrico atingiram o *rigor mortis* pleno com 6 e 24 horas após o abate.

A duração do período de pré *rigor mortis* está relacionado com as concentrações de glicogênio e ATP no músculo dos peixes (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Com o estresse o peixe metaboliza rapidamente o glicogênio e o ATP presentes no músculo, o que leva a um menor período de pré *rigor*, afetando proporcionalmente a duração do período de *rigor mortis* pleno. O efeito do estresse e exercício sobre a bioquímica pós-morte de salmão do Atlântico (*S. salar*) e truta arco-íris (*O. mykiss*) foi avaliado por Thomas et al. (1999), que observaram que as alterações fisiológicas, decorrente do estresse e exercício resultaram em mudanças bioquímicas no músculo pós-morte.

3.4 RELAÇÃO ATP/IMP

A degradação do ATP expressada pela relação ATP/IMP no músculo dos peixes está apresentada na Tabela 3. Os peixes submetidos ao transporte, independentemente da adição de sal na água, apresentaram valores iniciais mais elevados ($p < 0,05$) da relação ATP/IMP e apresentaram também tendência similar de diminuição da relação ao longo do armazenamento em todos os tratamentos. Os valores da relação ATP/IMP dos peixes transportados igualaram-se aos valores dos peixes não transportados somente após 9 horas de armazenamento. Os baixos valores iniciais da relação ATP/IMP nos peixes abatidos sem transporte podem indicar que o manejo de despesca pode ser mais estressante aos peixes do que o próprio transporte. Além disso, os maiores valores da relação ATP/IMP nos peixes transportados indicam aparentemente que no período de transporte houve uma reposição dos níveis de ATP muscular.

Tabela 3. Valores Médios para relação ATP/AMP ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte.

Tempo (horas)	Tratamento			
	Sem Transporte	% de Sal		
		0,0 %	0,9 %	1,2 %
0	0,93 ^{Aa}	0,98 ^{Ab}	0,97 ^{Ab}	0,96 ^{Ab}
3	0,92 ^{Aba}	0,97 ^{Ab}	0,94 ^{Aab}	0,96 ^{Ab}
6	0,91 ^{Aba}	0,95 ^{ABab}	0,94 ^{Aab}	0,98 ^{Ab}
9	0,92 ^{Aba}	0,93 ^{BCa}	0,93 ^{Aba}	0,94 ^{Aba}
12	0,91 ^{Aba}	0,93 ^{BCa}	0,93 ^{Aba}	0,93 ^{Aba}
18	0,91 ^{Aba}	0,92 ^{BCa}	0,92 ^{Aba}	0,92 ^{Aba}
24	0,90 ^{Aba}	0,90 ^{CDa}	0,91 ^{Aba}	0,91 ^{Aba}
48	0,90 ^{Aba}	0,90 ^{CDa}	0,90 ^{BCa}	0,90 ^{BCDa}
72	0,89 ^{Ba}	0,90 ^{CDa}	0,89 ^{BCa}	0,89 ^{BCDa}
96	0,90 ^{Aba}	0,89 ^{DCa}	0,89 ^{BCa}	0,89 ^{BCDa}
120	0,90 ^{Aba}	0,89 ^{DCa}	0,89 ^{BCa}	0,89 ^{BCDa}
144	0,89 ^{Ba}	0,89 ^{Da}	0,88 ^{DCa}	0,87 ^{Da}
168	0,88 ^{Ba}	0,88 ^{Da}	0,88 ^{DCa}	0,88 ^{CDa}
216	0,88 ^{Ba}	0,87 ^{Da}	0,87 ^{Da}	0,87 ^{Da}
240	0,88 ^{Ba}	0,87 ^{Da}	0,87 ^{Da}	0,87 ^{Da}

Médias dos mesmos parâmetros nas mesmas colunas, seguidas por letras maiúsculas distintas, e nas mesmas linhas seguidas por letras minúsculas distintas, diferem significativamente pelo teste de kruskal-wallis ($P < 0,05$) entre si;

A degradação do ATP pós-morte procede da mesma maneira para a maioria dos peixes. A hidrólise dos nucleotídeos no tecido muscular do pescado normalmente ocorre devido a “luta” durante a captura e ao próprio início do período de estresse pós-morte. A adenosina trifosfato (ATP) sofre um processo de desfosforilação à adenosina difosfato (ADP) e à adenosina monofosfato (AMP). Este composto sofre desaminação para formar inosina monofosfato (IMP), o qual é degradado a inosina (HxR) e posteriormente hidrolisada formando a hipoxantina (Hx) (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). O ATP, ADP e AMP desaparecem geralmente em torno de 24 horas e quando os níveis de ATP e HxR começam a diminuir, o conteúdo de Hx aumenta.

A relação ATP/IMP é considerada um bom indicador da deterioração das reservas energéticas no músculo (RIBAS et. al. 2007). O efeito do estresse do manejo antes do abate na degradação do ATP em salmão do Atlântico (*Salmo salar*)

foi estudado por Sigholt et al. (1997). Houve um claro efeito do estresse, com a diminuição do ATP e o aumento do IMP no grupo de peixes estressados. A relação ATP/IMP foi diferenciada entre os grupos, com valores de 4,1 e 1,2 no grupo controle e estressado, respectivamente. Kirschnik (2000) avaliou a influência do estresse anterior ao abate em tilápias e relatou diminuição mais rápida da relação ATP/IMP em tilápias abatidas estressadas quando comparadas aos peixes abatidos sem estresse (anestesiados).

3.5 pH MUSCULAR

Logo após a morte do pescado, ocorre um acúmulo de ácido láctico no músculo devido a glicólise, levando à variação no pH inicial. O pH mínimo atingido é dependente do estado fisiológico do músculo, tipo de músculo e espécie de peixe (ALMEIDA, 1998). Segundo Beraquet e Lindo (1985), uma leve acidez no músculo parece ser suficiente para retardar as reações autolíticas e bacterianas, que causam a deterioração do pescado, conseqüentemente afetando a sua vida de prateleira. Segundo Morzel et al. (2003) baixos valores iniciais de pH podem ser utilizados como indicadores de estresse no momento do abate em suínos e aves e, mais recentemente em peixes. Com o estresse no momento do abate, ocorre a diminuição de reservas de energia, principalmente glicogênio, ocasionando a produção e acumulação de lactato no músculo, reduzindo os valores de pH logo após ao abate nos animais estressados.

A variação dos valores de pH nos músculos dos peixes está representada na Tabela 4. Neste estudo, pode-se observar que os peixes submetidos ao transporte com 0,0 %, 0,9 % e 1,2 % de sal na água de transporte, os valores iniciais de pH (7,20; 7,05 e 7,29, respectivamente) são ligeiramente ($p > 0,05$) superiores ao valor de pH inicial nos peixes abatidos antes do transporte (6,91). Os peixes abatidos antes do transporte apresentaram queda acentuada no valor do pH até a 9^a hora de estocagem, permanecendo praticamente constante até o final do experimento, apresentando valor mínimo próximo a 6,50. Nos peixes submetidos ao transporte, valores médios de pH próximos a 6,50 foram observados somente após 72 horas de armazenamento. A partir deste tempo, leves variações foram observadas até 240 horas de experimento, quando

foi observada uma tendência ($p>0,05$) de elevação dos valores de pH dos peixes de todos os tratamentos submetidos ao transporte. No presente experimento foi observada diferença significativa ($p<0,05$) nos valores de pH até 12 horas após o abate entre os peixes transportados (independentemente da adição de sal na água de transporte) e os abatidos sem transporte, sendo observados menores valores para os peixes não transportados.

Duran et al. (2008) avaliaram os efeitos de métodos de abate por asfixia (mais estressante) e por percussão (menos estressante) sobre a qualidade de carne de carpas e trutas. Os autores relataram que os peixes abatidos com menor estresse, apresentaram maiores valores de pH iniciais retardando a entrada do *rigor-mortis*. Este fato permitiu o aumento do tempo para a filetagem dos peixes neste período, possibilitando assim um maior rendimento de filetagem.

Tabela 4. Valores Médios para o pH ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte.

Tempos (horas)	Sem Transporte	% de Sal		
		0,0	0,9	1,2
0	6,91 ^{Aa}	7,20 ^{Aa}	7,05 ^{Aa}	7,29 ^{Ab}
3	6,81 ^{Aba}	6,96 ^{ABab}	6,79 ^{Aba}	7,07 ^{Ab}
6	6,57 ^{BCDa}	6,73 ^{BCab}	6,70 ^{BCab}	6,80 ^{Bb}
9	6,50 ^{CDa}	6,67 ^{Cb}	6,67 ^{BCDb}	6,66 ^{BCb}
12	6,52 ^{CDa}	6,68 ^{BCb}	6,65 ^{BCDb}	6,60 ^{BCb}
18	6,56 ^{BCDa}	6,61 ^{BCa}	6,72 ^{Ba}	6,66 ^{BCa}
24	6,54 ^{CDa}	6,61 ^{BCa}	6,68 ^{BCDa}	6,60 ^{BCa}
48	6,50 ^{CDa}	6,57 ^{Ca}	6,57 ^{BCDa}	6,57 ^{BCa}
72	6,43 ^{CDa}	6,52 ^{Ca}	6,51 ^{BCDa}	6,53 ^{Ca}
96	6,49 ^{CDa}	6,57 ^{Ca}	6,60 ^{BCDa}	6,54 ^{BCa}
120	6,47 ^{CDa}	6,51 ^{Ca}	6,62 ^{BCDa}	6,51 ^{Ca}
144	6,51 ^{CDa}	6,51 ^{Ca}	6,40 ^{Da}	6,48 ^{Ca}
168	6,41 ^{CDa}	6,61 ^{Ca}	6,56 ^{BCDa}	6,60 ^{BCa}
192	6,57 ^{BCa}	6,53 ^{Ca}	6,42 ^{CDa}	6,46 ^{Ca}
216	6,32 ^{Da}	6,47 ^{Ca}	6,40 ^{Da}	6,49 ^{Ca}
240	6,51 ^{CDa}	6,66 ^{Cab}	6,77 ^{ABb}	6,59 ^{BCab}

Médias dos mesmos parâmetros nas mesmas colunas, seguidas por letras maiúsculas distintas, e nas mesmas linhas seguidas por letras minúsculas distintas, diferem significativamente entre si pelo teste de kruskal-wallis ($P < 0,05$).

3.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICAS (TBARS)

O teste de TBARS quantifica o malonaldeído, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. Os valores de TBARS iniciais observados nos peixes durante o período avaliado apresentaram-se próximos a 0,06 mg de malonaldeído/kg, atingindo valores próximos a 0,12 mg de malonaldeído/kg ao final de 240 horas de estocagem (Tabela 8). Segundo Al-Kahtani et al (1996), o pescado pode ser considerado em bom estado de consumo, quando apresentar valores abaixo de 3 mg de malonaldeído/kg de amostra. Os baixos valores de TBARS observados podem ser atribuídos ao pequeno teor de lipídio encontrado nos filés (Tabela 1), indicando que a rancidez oxidativa não constituiu-se em um fator determinante para a redução de qualidade dos peixes armazenados. Morzel et al. (2003), relataram resultados diferentes dos observados neste trabalho. Os autores avaliaram alterações na qualidade de enguias (*Anguilla anguilla* L.) submetidas a diferentes formas de abate e constataram maior oxidação lipídica no músculo dos peixes abatidos de forma mais estressante (banho de sal) quando comparado aos animais abatidos de maneira menos estressante (choque + gás nitrogênio). Segundo os autores, o sal promoveu maior rompimento celular expondo as enzimas catalíticas ao substrato, acelerando sua oxidação. Justificaram também que o sal, mesmo em pequenas concentrações, é um pró-oxidante aumentando assim a oxidação lipídica nos peixes abatidos em banho de sal.

3.7 BASE NITROGENADAS VOLÁTEIS (BNV)

De acordo com Contreras-Guzmán (1994), BNV inclui principalmente a amônia, seguida de bases como a trimetilamina, dimetilamina e provavelmente traços de monometilamina e propilamina e seu aumento durante a estocagem do pescado é resultante da ação de enzimas dos tecidos e da atividade microbiológica. Os teores de BNV encontrados nos peixes apresentaram o mesmo comportamento independentemente dos tratamentos utilizados, permanecendo constantes durante o período do experimento (Tabela 8). Os níveis detectados no presente estudo para o

BNV estão abaixo do limite de aceitabilidade indicado para pescado em geral, que é de 30 mg/100 g (BRASIL, 1997).

Tabela 5. Valores médios de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), bases nitrogenadas voláteis totais (BNV) ao longo da estocagem das tilápias do Nilo submetidas a diferentes concentrações de sal durante o transporte.

Tratamentos	Tempo estocagem (horas)					
	24	72	120	192	240	
TBARS ¹	ST	0,05 ^A ±0,01	0,12 ^B ±0,08	0,06 ^A ±0,02	0,04 ^A ±0,01	0,12 ^B ±0,03
	0,0 %*	0,06 ^A ±0,03	0,12 ^B ±0,01	0,09 ^{AB} ±0,02	0,09 ^{AB} ±0,02	0,12 ^B ±0,01
	0,9 %*	0,06 ^A ±0,02	0,10 ^B ±0,00	0,04 ^A ±0,01	0,07 ^{AB} ±0,01	0,12 ^B ±0,04
	1,2 %*	0,06 ^A ±0,01	0,07 ^A ±0,00	0,04 ^A ±0,01	0,09 ^B ±0,01	0,11 ^B ±0,02
BNV ²	ST	14,4 ^A ±0,83	14,71 ^A ±0,99	13,56 ^A ±0,62	13,73 ^A ±1,83	14,97 ^A ±0,49
	0,0 %	14,3 ^A ±1,05	12,85 ^A ±1,10	10,90 ^A ±2,14	11,82 ^A ±1,00	13,41 ^A ±0,52
	0,9 %	15,2 ^A ±1,39	14,46 ^A ±1,77	12,88 ^A ±1,75	13,59 ^A ±1,01	13,41 ^A ±0,60
	1,2 %	14,2 ^A ±0,90	15,03 ^A ±1,43	13,73 ^A ±0,34	14,72 ^A ±0,34	15,04 ^A ±0,58

* Diferentes concentrações de sal na água de transporte;

ST=Peixes não transportados.

¹ mg de aldeído malônico/kg;

² mg de BNV/100g de amostra;

³ UFC/g de amostra;

± Desvio Padrão.

3.8 GLICOSE PLASMÁTICA

A elevação dos níveis glicêmicos indica a necessidade de energia para suportar situações adversas. Este aumento, nos casos de estresse, tem origem glicogenolítica proveniente da ação das catecolaminas e corticosteróides, sendo excelente indicador para resposta secundária do estresse em peixes (BRANDÃO et al., 2006). Neste trabalho, houve aumento significativo ($p < 0,05$) nos níveis de glicose nos peixes após o transporte. A hiperglicemia após o transporte indica que este procedimento foi um fator estressante para os peixes. Porém nesse estudo não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de sal testadas (0,0%, 0,9% e 1,2%). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2009) que testaram as concentrações de 0,0%, 0,4% e 0,8% de sal, durante o transporte de juvenis de tilapia por 5 horas. No entanto, os autores observaram níveis de glicose menores (39,50 mg/dL, 45,83 mg/dL e 55,83 mg/dL, respectivamente) após

transporte, diferindo do presente estudo. Gomes et al. (2006) e Brandão et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes durante o transporte de juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*) com 30 gramas e 1 quilo respectivamente, com e sem adição de sal. Já a glicose plasmática na espécie amazônica *Colossoma macropomun* (Tambaqui) sofreu aumentos após o transporte em todas concentrações estudadas exceto na concentração de 8 g de sal/L, reforçando que a concentração de sal utilizada evita gasto energético para o peixe durante o processo de transporte (GOMES et al., 2003). Em outra espécie amazônica, *Brycon amazonicus* (Matrinxã) Urbinati & Carneiro, (2006) também observaram aumento dos níveis de glicose plasmáticas após transporte quando comparado a condição inicial independente da concentração de sal. Em contraponto ao presente estudo, os peixes transportados com maior adição de sal (0,6 g/L) tiveram diferenças significativas com menor níveis de glicose plasmáticas quando comparado aos outras concentrações de sal avaliadas (0,0, 0,1, 0,3 g/L).

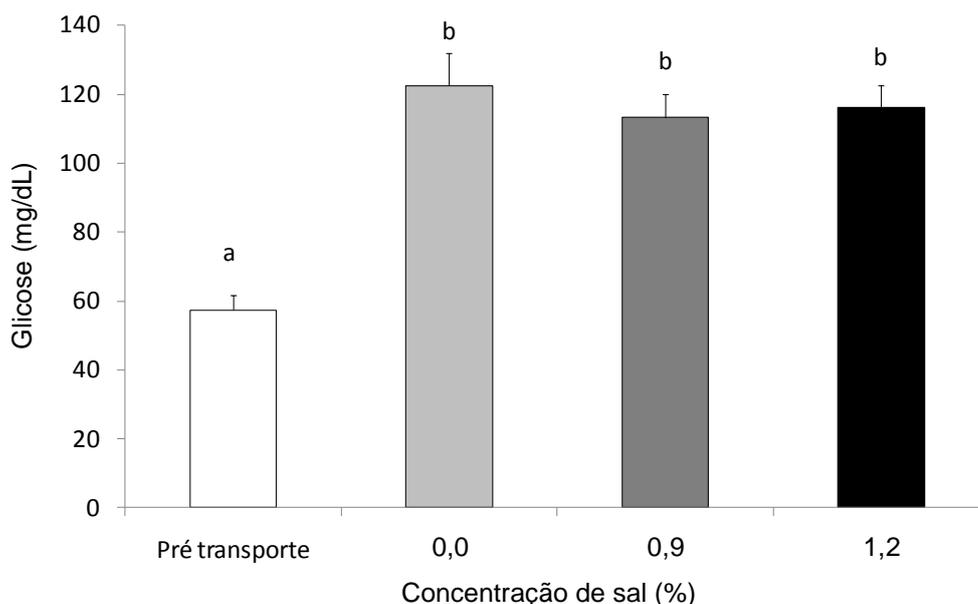


Figura 5. Valores médios de glicemia em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl. Médias com mesma letra não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). Barras verticais representam erro padrão da média ($n=10$)

3.9 CORTISOL

O cortisol é um hormônio corticosteróide cuja concentração aumenta após a exposição aguda ou crônica do peixe a um agente estressor, podendo desencadear

atividade gliconeogênica e estímulo da mobilização de aminoácidos e lipídios que serão utilizados com substratos enérgicos e na regulação osmótica em peixes (BARTON & IWAMA, 1991; WENDELAAR BONGA, 1997; MOMMSEN et. al. 1999). Verificou-se que os níveis de cortisol plasmático deste estudo aumentaram antes do transporte quando comparados com resultados de outros autores (BARTON & IWAMA, 1991), diferença que pode ser explicada devido ao manejo de captura e despesca realizado no viveiro de cultivo. Após o transporte, houve uma tendência à diminuição desse hormônio na circulação. Esta diminuição mostrou-se mais acentuada e significativa ($p < 0,5\%$) nos peixes do tratamento 1,2% de sal na água de transporte. Esse perfil sinaliza uma adaptação à condição do transporte e a adição de sal em 1,2%, apresentou-se positiva levando a mitigação do estresse no transporte (Figura 2). Esse resultado foi semelhante aos encontrados por Carneiro & Urbinati (2001) onde matrinxãs (*Brycon cephalus*) transportados com maior adição de sal (6 g/L de Na^+Cl^-) na água apresentaram melhores respostas ao transporte. Este fato também pode ser confirmado pelos autores Gomes et al. (2003) que avaliando os efeitos da adição de sal no transporte de tambaqui (*Colossoma macropomun*), observaram melhor eficiência na maior concentração de sal (8 g/L de Na^+Cl^-) na água de transporte, suprimindo a liberação de cortisol e reduzindo os níveis de glicose plasmática nos peixes.

Porém a adição de sal (NaCl) na água de transporte em determinadas espécies de peixe pode não ser eficaz na redução as respostas ao agente estressor. Resultados encontrado pelos autores Brandão et al. (2008) que avaliaram o transporte de juvenis (1 Kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*) utilizando sal (3 e 6 g/L) na água de transporte sob dois diferentes sistemas: fechado em sacos plásticos com injeção de oxigênio e aberto em caixas sem oxigenação. Os níveis de cortisol não apresentaram diferenças significativas e permaneceram em latência nos momentos mais críticos no transporte. Outro estudo semelhante realizado por Gomes et al. (2006) com juvenis (32,79 g) da mesma espécie (*Arapaima gigas*) demonstraram que o sal não foi eficiente em diminuir as resposta de estresse durante o transporte e deve ser evitada para juvenis de pirarucu, pois não reduz as reposta de estresse e pode causa distúrbios osmorregulatórios.

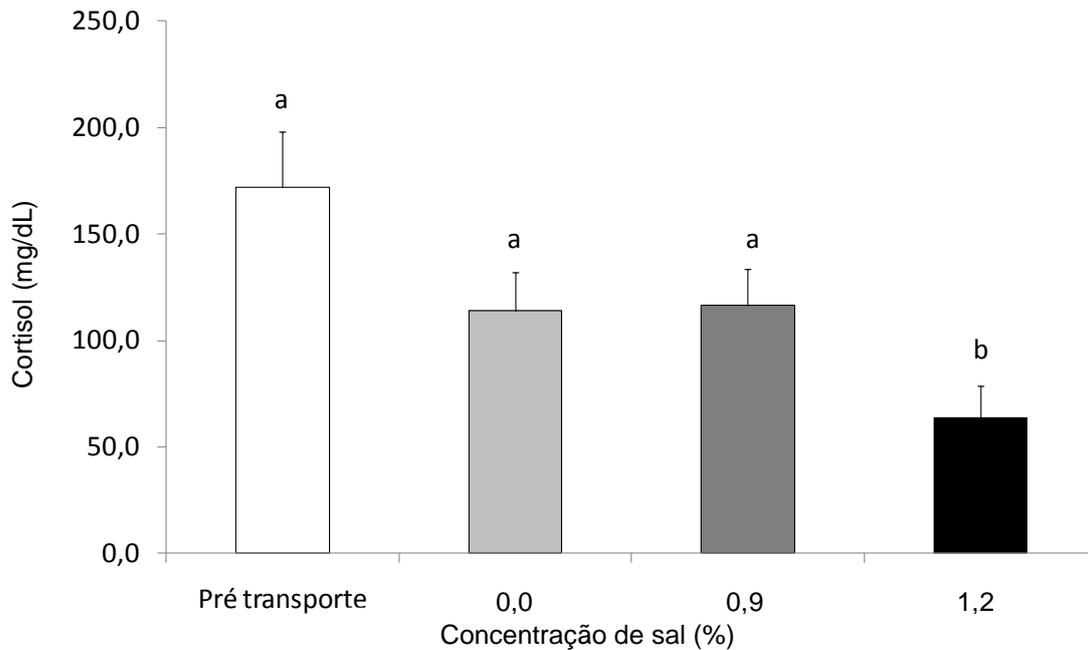


Figura 6. Valores médios de cortisol plasmático em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl. Médias com mesma letra não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). Barras verticais representam erro padrão da média ($n=10$).

3.10 GLICOGÊNIO HEPÁTICO

O teor de glicogênio nos peixes exposto ao agente de estressor é inversamente relacionado à concentração de glicose plasmática. Este fato pode ser explicado pelo aumento da atividade glicogenolítica para aumentar a produção de glicose e restabelecer a homeostase, pois a glicogenólise é induzida por catecolaminas produzidas durante situações adversas como o manejo de captura e o transporte (MAZEAUD et al., 1977). No momento pré transporte a glicemia ainda encontrava-se baixa devido ao tempo para sua liberação via glicogenolítica. A concentração de glicogênio no fígado demonstrou uma diminuição após o transporte nos peixes transportado sem adição de sal, entretanto os peixes transportados com adição sal não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) na queda de reservas energéticas. Este comportamento foi semelhante ao encontrado pelos os autores Urbinati & Carneiro (2006), transportando Matrinxã (*Brycon amazonicus*) nas concentrações de 0,0, 1,0, 3,0 e 6,0 g/L de sal na água de transporte. Esses autores observaram uma queda acentuada na concentração de glicogênio nos peixes transportado sem adição de sal na água, corroborado com os resultados do presente estudo.

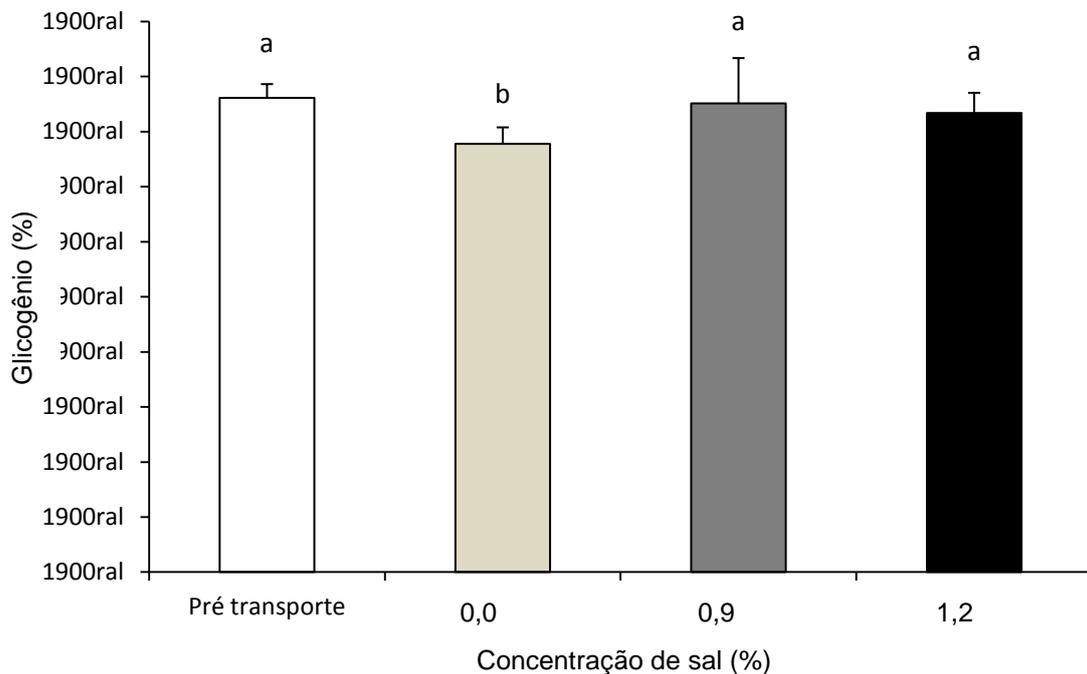


Figura 7. Valores médios de glicogênio no fígado em tilápias antes do transporte e transportadas por três horas em diferentes concentrações de NaCl. Médias com mesma letra não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). Barras verticais representam erro padrão da média ($n=10$).

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que as diferentes concentrações de sal (NaCl) utilizadas na água de transporte de tilápias do Nilo geraram ligeira melhora na qualidade de carne além de mitigar o nível de estresse dos peixes durante o transporte. Sugerindo que uso de sal (NaCl) pode ser considerado uma boa prática na etapa de transporte, refletindo na qualidade do pescado. A etapa de despesca seguida do abate ocasionou maior perda de qualidade da carne e aumento das maiorias da resposta de estresse, sugerindo que a despesca é um ponto crítico importante no processo de comercialização e abate da tilápia.

5 REFERÊNCIAS

Association Of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2v. 1995.

AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 4, p. 729-733, 1996.

ALMEIDA, N. M. **Alterações post-mortem em *Colossoma macropomum* (Aurier, 1818), procedentes da piscicultura e conservadas em gelo**. Manaus, 1998, 78p. Dissertação (Ciências de Alimentos), Universidade do Amazonas.

BARTON, B.A., IWAMA, G.K., Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Reviews of Fish Disease**, v. 1, p. 3-26, 1991.

BITO, M.; YAMADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. Studies on rigor mortis of fish. **Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory**, v. 109, p. 89-96, 1983.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Legislação de Pescado e Derivados, Brasília, 1997. Portaria n.185, de 13 de maio de 1997 – Diário Oficial da União 19 de maio de 1997.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aqüicultura**. Produção Pesqueira e Aquícola: Estatística 2008 e 2009. Brasília, DF. 2010 [internet] [acesso em 09 setembro de 2010]. Disponível em <http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/dados/2010/Docs/Caderno%20Consolidação%20dos%20dados%20estatísticos%20final%20curvas%20-%20completo.pdf>

BRANDÃO, F.R., GOMES, L.C., CHAGAS, E.C. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Acta Amaz.** [online]., v.36, n.3, p. 349-356, 2006.

BRANDÃO, F.R., GOMES, L.C., CRESCENCIO, R., CARVALHO, E.S. Uso de sal durante o transporte de juvenis (1kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*). **Acta Amaz.** [online]., v.38, n.4, p. 767-771, 2008.

BERAQUET, N.J.; LINDO, M.M.K. Transformações bioquímicas “post mortem” em pescado. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 169-192, 1985.

CARMICHAEL, G.J.; TOMASSO, J.R.; SIMCO, B.A.; DAVIS, K.B. Characterization and alleviation of stress associated with hauling largemouth bass. **Transaction of the American Fisheries Society**, v. 113, p. 778-785, 1984.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther), during transport. **Aquaculture Research**, v.32, p.287-304, 2001.

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

DURAN, A.;ERDEMLI, U.; KAPAKAYA, M.; T 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. **FISHERIES SCIENCE**; v.74, p. 1146–1156, 2008.

ECHEVENGUÁ, M. M.; ECHEVENGUÁ, W. O.; CARBONERA, A. A.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; FIQUEIREDO, M. R. C. Qualidade da polpa da carpa Húngara transportada viva ou no gelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p. 2004-2010, 2008.

GOMES, L.C., ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M., ROUBACH, R., CHIPARRI-GOMES, A.R., LOPES, N.P., URBINATI, E.C. Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of Aquaculture Society**, v. 34, p. 76-84, 2003.

GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; BRINN, R.P.; ROUBACH, R.; COPPATI, C.E.; BALDISSEROTTO, B. Use of salt during transportation of air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. **Aquaculture**, v. 256, p. 521–528, 2006.

HATTINGH, J.; FOURIE, F.L.R.; VAN VUREN, J.H.J. The transport of freshwater fish. **Journal of Fish Biology**, v. 7, p. 447-449, 1975.

KIRSCHNIK, P. G. **Efeito das condições de abate e da temperatura de estocagem sobre as alterações pós-morte de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2000, 41p.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. (Doutorado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura da UNESP, Jaboticabal, 2007.

KUBITZA, F. Transporte de peixes vivos. **Panorama da Aqüicultura, setembro/outubro**, v. 7 n. 43 p. 20-26, 1997.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial.** Jundiaí- SP: F. Kubitza, 2011. 316 p.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de Tilápia Nilótica, *Oreochromis niloticus* L. 1997. f. 85.** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MAZEAUD, M.M.; Mazeaud, F.; Donaldson, E.M. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 106, p. 201-212, 1977.

MAZEAUD, M.M.; MAZEAUD, F. Adrenergic responses to stress in fish. Chapter 3. **Stress and Fish**, A.D. Pickering (Ed.), London: Academic Press, p. 49-75, 1981.

MORZEL, M.; SOHIER, D.; VAN DE VIS, H. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 19–28. 2002.

MOURA, A. M.; GALVÃO, J. A.; HENRIQUE, C. M.; SAVAY DA SILVA, L. K.; OETTERER, M. Caracterização físico-químico e de frescor de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio rio Tietê/SP, Brasil. **Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 35 p. 487-495. 2009.

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**, v. 34, p. 93-99, 1983.

RIBAS, L; FLOS, R.; REIG, L.; MACKENZIE, S.; BARTON, B.A.; TORT, L. Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: stress responses and final product quality. **Aquaculture**, v. 269, p. 250-258, 2007.

SIGHOLT, T; ERIKSON, U.; RUSTAD, T.; JOHANSEN, S.; NORDTVEDT, T.S.; SELAND, A.. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**, v. 62, n. 4, p. 898-905, 1997

SKJERVOLD, P.O.; FJAERA, S.O.; OSTBY, P.B. Rigor in atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. **Aquaculture**, v. 175, p. 93-101. 1999.

OLIVEIRA, J. R.; CARMO, J. L.; OLIVEIRA, K. K. C.; SOARES, M. C. F. Cloreto de sódio, benzocaína e óleo de cravo-da-índia na água de transporte de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1163-1169. 2009.

THOMAS, P.M.; PANKHURST N.W.; BREMNER, H.A. The effect of stress and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout. **J Fish Biol**, v. 54, p.1177–1196. 1999.

URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. 1.ed.Jaboticabal – SP, Funesp. 2004. p.171-194.

URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Sodium chloride added to transport water and physiological responses of Matrinxã *Brycon amazonicus* (Teleost: Characidae). **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 569-572, 2006.

WEIRICH, C.R.; TOMASSO, J.R.; SMITH, T.I.J. Confinement and transport-induced stress in white bass *Morone chrysops* x striped bass *M. saxatilis* hybrids: Effect of calcium and salinity. **Journal of the World Aquaculture Society**, 23: 49-57, 1992.

WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

WOOD, C.M. Acid-base and íon balance, metabolism, and their interaction, after exhaustive exercise in fish. **Journal of Experimental Biology**, v. 160, p. 285-308, 1991.

ZIMMERMANN,S.; FITZSIMMONS,K. Tilapicultura intensiva. In CYRINO, J. E. P. et al. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. 1.ed. Jaboticabal – SP, Funesp. 2004. p.239-266.