

## INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SOCIAL SOBRE O ESTABELECIMENTO DO *RIGOR MORTIS* EM TILÁPIAS DO NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

Sandro Alves CORRÊA<sup>1</sup>

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a influência do estresse social sobre o estabelecimento do *rigor mortis* em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) dominantes e submissas. Os animais experimentais (n=21) foram adaptados em aquários individuais durante sete dias. Após esse período, 14 tilápias foram submetidas ao pareamento (sete pares) por um período de seis horas e outras sete foram mantidas em isolamento (controle). Ao término dos pareamentos, os peixes foram identificados segundo sua posição hierárquica e submetidos à coleta de sangue destinada à quantificação dos níveis plasmáticos de cortisol, glicose e proteínas totais. Após a coleta, os animais foram sacrificados e submetidos à análise do Índice de *rigor mortis* (IRM). Os níveis plasmáticos de cortisol, glicose e proteínas totais não diferiram entre animais dominantes e submissos. Em comparação aos animais controle observou-se um aumento nos níveis plasmáticos de cortisol nos animais pareados (dominantes e submissos) ( $P < 0,05$ ) e nos níveis de glicose nos animais submissos ( $P < 0,05$ ). O IRM foi maior nos animais pareados, principalmente, submissos, comparados ao controle, porém, não diferiu entre animais de diferentes posições hierárquicas. Conclui-se que o estresse social reduz o tempo de vida útil do pescado, principalmente, em animais submissos.

Palavras-chave: Índice de *rigor mortis*. Estresse social. Tilápia do Nilo. *Oreochromis niloticus*. Vida útil do pescado.

### INTRODUÇÃO

As relações sociais presentes nos grupos animais são potentes agentes estressores. Embora essas relações também estejam presentes no ambiente natural elas são agravadas em sistema de criação onde há limitação do espaço disponível. Sob essas condições, o animal reage entrando em confronto com o coespecífico, ou fugindo caso haja uma diferença exacerbada de tamanho entre os animais (BARTON; IWAMA, 1991; VOLPATO; FERNANDES, 1994).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), como toda espécie territorialista, apresenta hierarquia de dominância e submissão, que é estabelecida e mantida através de confrontos agonísticos entre os indivíduos (BONGA, 1997; CORRÊA, et al., 2003; FERNANDES; VOLPATO, 1993).

---

<sup>1</sup>Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás – UFG; Mestre em Zootecnia pela Universidade de São Paulo; Graduado em Ciências Biológicas pela Fundação Hermínio Ometto. Docente das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, FUNEC, sandro\_bio@yahoo.com.br

Os confrontos, somados à instabilidade social, desencadeiam padrões de respostas fisiológicas características ao estresse como aumento nos níveis plasmáticos de catecolaminas e cortisol e uma conseqüente mobilização de substratos energéticos (BARTON; IWAMA, 1991; PICKERING, 1993). Essa maior mobilização e o direcionamento desta energia para combater o agente estressor provocam redução na taxa de crescimento, na capacidade imunológica e reprodutiva (DONALDSON, 1990; MOBERG, 1985).

Vários autores são unânimes em afirmar que peixes submissos apresentam níveis superiores de cortisol e uma maior mobilização energética que peixes dominantes (FERNANDES, 1997; JOBLING, 1985; KOEBELE, 1985). Entretanto, Volpato e Fernandes (1994) e Corrêa et al. (2003) sugerem que as respostas ao estresse podem manifestar-se igualmente em animais de diferentes posições hierárquicas, dependendo do grau de intensidade das interações agonísticas.

A influência negativa do aumento de demanda energética para combater um agente estressor não se limita apenas à duração da vida do animal. Em sistemas de criação, como em pisciculturas, nos quais a qualidade do produto que será destinado ao consumo é de extrema importância, a condição em que o animal se encontra antes do abate é um aspecto relevante que deve ser considerado por refletir diretamente na vida útil do pescado (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Após a morte dos peixes, os processos fisiológicos normais continuam enquanto houver fornecimento de energia na forma de ATP (Trifosfato de Adenosina). Entretanto, a concentração de ATP muscular é muito limitada e se esgota em segundos, assim, há a necessidade de um suprimento energético para que ocorra a resíntese do ATP. Esse suprimento provém da dissociação da creatina fosfato (CP) em creatina e ácido fosfórico. Assim, em condições de anaerobiose, impostas após a morte do animal, o músculo tem uma queda nos níveis de ATP (7 - 10  $\mu\text{mol/g}$ , para aproximadamente 1  $\mu\text{mol/g}$ ), indicando que os níveis de creatina fosfato também se esgotaram, o que provoca um enrijecimento das fibras musculares e o estabelecimento do *rigor mortis* (HOCQUETTE et al., 1998).

Após um período variável de tempo, a musculatura do peixe sai deste estágio de enrijecimento, processo denominado resolução do rigor. Esta fase está relacionada ao início da ação microbiana que não ocorria anteriormente devido à rigidez do músculo (ESKIN; HENDERSON; TOWNSED, 1971). Assim, quanto maior o estoque muscular de ATP e creatina fosfato no momento do abate, maior será o período de pré-rigor retardando, conseqüentemente, a

ação microbiana. Porém, existem situações pré-abate que podem diminuir a quantidade de energia muscular disponível como a exposição dos peixes a situações estressantes (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

De maneira geral, as situações que provocam um estresse acentuado influenciam negativamente na qualidade do pescado, antecipando o estabelecimento do *rigor mortis* e, conseqüentemente, o início da ação microbiana. Alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de verificar a influência do estresse sobre *rigor mortis* e qualidade do pescado. Estudos realizados por Lowe et al. (1993); Berg; Erikson; Nordtvedt (1997); Sigholt et al. (1997) expondo peixes ao estresse de manejo e por Skjervold, Fjaera e Ostby (1999) utilizando diferentes densidades de estocagem demonstraram que estas fontes de estresse antecipam o estabelecimento do *rigor mortis*.

Como não existem estudos sobre a influência do estresse social sobre o *rigor mortis*, procurou-se investigar se esta fonte de estresse antecipa o estabelecimento do *rigor mortis* em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e se essa influência é diferenciada em animais dominantes e submissos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Aquicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga.

Os animais experimentais utilizados (n=21) foram exemplares de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) machos revertidos, com peso médio de 269,7 g e comprimento total de 24,9 cm. Os peixes foram capturados em viveiros do setor de Piscicultura e acondicionados em aquários individuais, com capacidade para 63 litros de água (70X30X30 cm), durante sete dias, para adaptação.

Os aquários foram sifonados a cada 2 dias para limpeza e renovação de água, e mantidos com aeração constante. Durante todo o período experimental, os animais ficaram expostos a fotoperíodo natural e a temperatura média da água foi de  $27,2 \pm 0,7$  °C, e o pH  $7,67 \pm 0,14$ . Neste período, todos os animais receberam ração comercial para peixes tropicais. Após o período de adaptação, 14 animais foram selecionados para serem submetidos ao estresse social, formando sete pares, em que os animais que formaram cada par apresentavam pesos semelhantes. A

diferença média de peso entre os pares foi de 3,5g, sendo a maior diferença igual a 7g. Os outros sete animais foram mantidos em isolamento (controle). Os pareamentos foram iniciados às 9 horas e encerrados às 15 horas, aproximadamente.

Após a seleção dos pares, os animais foram anestesiados (dois a dois) em solução de phenoxyetanol (2ml/l), marcados com fio colorido preso à nadadeira dorsal para permitir a identificação e transferidos para um aquário neutro, isto é, um aquário onde nenhum dos animais ficou em adaptação, mantido nas mesmas condições dos aquários de adaptação (temperatura, pH e aeração). O mesmo procedimento foi adotado para os animais controle, entretanto, esses permaneceram em isolamento.

Os animais permaneceram pareados por um período de 6 horas. Ao término do pareamento, os animais de cada aquário foram classificados em dominantes e submissos, através de observações visuais. O animal dominante apresenta coloração mais clara (prateada), enquanto o submisso apresenta coloração mais escura (cinza escuro). Além disso, após a definição das posições hierárquicas, o dominante é o único a emitir ataques, enquanto o submisso limita-se a fugir do dominante (CORRÊA, 2001).

Depois de classificados, os animais foram novamente anestesiados, utilizando os mesmos procedimentos descritos anteriormente e foi coletado aproximadamente 1 ml de sangue de cada peixe, através de punção de vasos caudais utilizando seringa heparinizada. O sangue foi imediatamente centrifugado e o plasma separado e congelado para posteriores quantificações dos níveis plasmáticos de cortisol, glicose e proteínas totais. Após a coleta de sangue o animal foi sacrificado por meio de lesão cerebral, através da introdução de um objeto metálico pontiagudo diretamente na caixa craniana, acondicionado em saco plástico e mantido em gelo. O tempo gasto entre a anestesia e a coleta de sangue foi de, aproximadamente, um minuto para cada peixe.

Uma hora após o abate, iniciou-se a avaliação do Índice de *rigor mortis* (IRM) através do método descrito por Bito et al. (1983) nos seguintes intervalos: 1, 2, 3, 4, 5 ,6 e 24 horas.

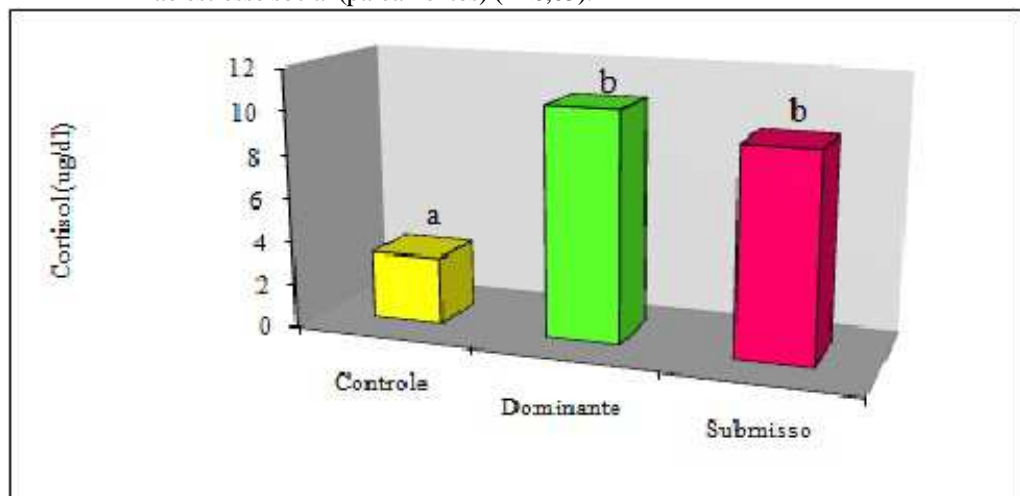
Os níveis plasmáticos de cortisol foram quantificados através de método imunoenzimático, utilizando kits da DSL (Diagnostic System Laboratories). Os níveis plasmáticos de glicose e proteínas totais foram quantificados através de método enzimático utilizando kits da Weiner Lab. A variação interensaio apresentou coeficientes de variação de 0,40%, para cortisol, 0,81% para glicose e 0,20% para proteínas totais, já a média dos desvios padrões intraensaio foi de 10,52% para cortisol 7,24% para glicose e 6,99% para proteínas totais.

As análises estatísticas das variáveis fisiológicas foram realizadas através de Análise de Variância (ANOVA), considerando as médias dos grupos e comparadas através do teste de Tukey. Já para o Índice de *rigor mortis*, os resultados foram avaliados como medidas repetidas no tempo através do procedimento MIXED do SAS, com base na metodologia descrita por Crowder e Hand (1990).

## RESULTADOS

Os níveis plasmáticos de cortisol foram inferiores nos animais controle quando comparados com os pareados (dominantes e submissos) ( $P < 0,05$ ). Não foi observada diferença para esse parâmetro entre dominantes e submissos (Gráfico 1). Letras diferentes sobre as barras indicam diferença estatística significativa.

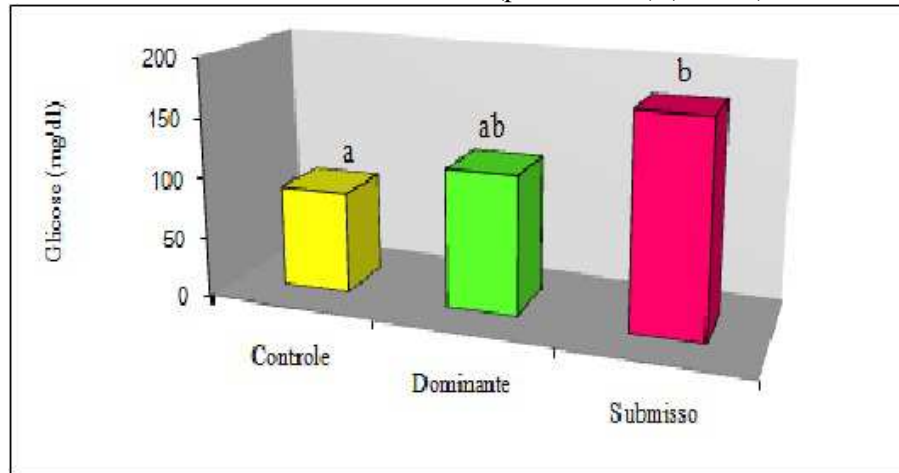
Gráfico 1 – Níveis plasmáticos de cortisol (média  $\pm$  erro padrão médio) em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) isoladas (controle) e após serem submetidas ao estresse social (pareamentos) ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Do próprio autor

Os níveis plasmáticos de glicose foram inferiores nos animais controle quando comparados com submissos ( $P < 0,05$ ). Os níveis de glicose obtidos em animais dominantes não diferiram dos demais grupos (Gráfico 2).

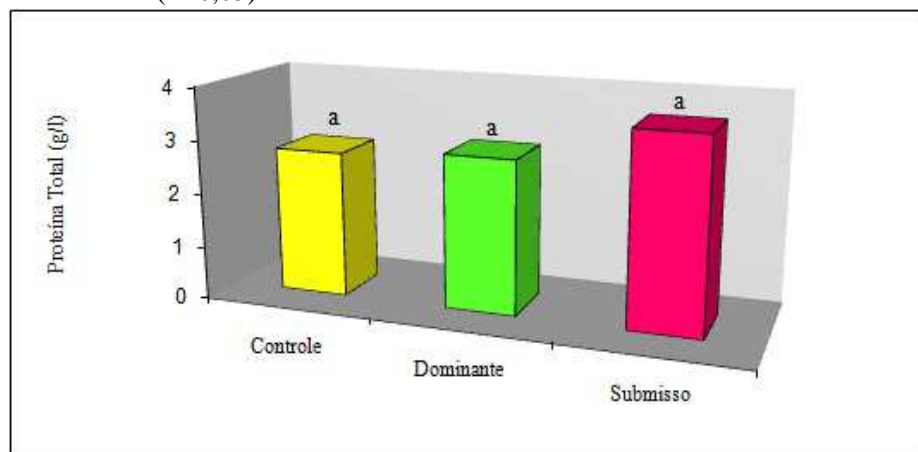
Gráfico 2 – Níveis plasmáticos de glicose (média  $\pm$  erro padrão médio) em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) isoladas (controle) e após serem submetidas ao estresse social (pareamentos) ( $P < 0,05$ ).



Fonte: Do próprio autor

Os níveis plasmáticos de proteínas totais não diferiram significativamente entre os grupos analisados (controle, submissos e dominantes) ( $P < 0,1$ ) (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Níveis plasmáticos de proteínas totais (média  $\pm$  erro padrão) em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) isoladas (controle) e após serem submetidas ao estresse social (pareamentos) ( $P < 0,05$ ).

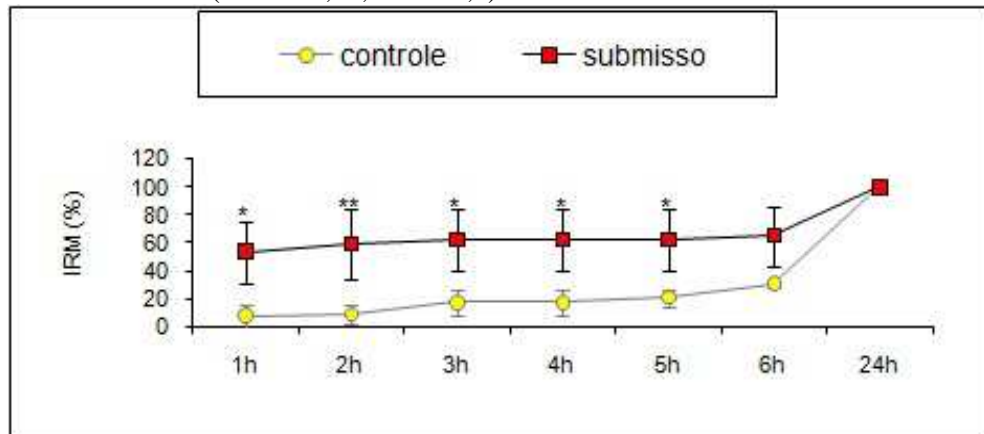


Fonte: Do próprio autor

Quanto ao IRM, não foi observada diferença significativa entre animais dominantes e submissos durante o período avaliado. No tempo T24 (24 horas após o abate) todos os animais (controle e pareados) apresentaram IRM = 100%.

Comparando o grupo submetido com o grupo controle, verificou-se que os animais submetidos atingiram IRM de, aproximadamente, 60% na 1ª hora seguida à morte, permanecendo neste patamar até a 6ª hora, enquanto que os animais controle alcançaram menos de 10% de IRM na 1ª hora após a morte, chegando a 30% na 6ª hora. Houve diferença significativa no IRM entre animais controle e submetidos por todo o período, exceto na 6ª hora ( $P < 0,10$ ) (Gráfico 4).

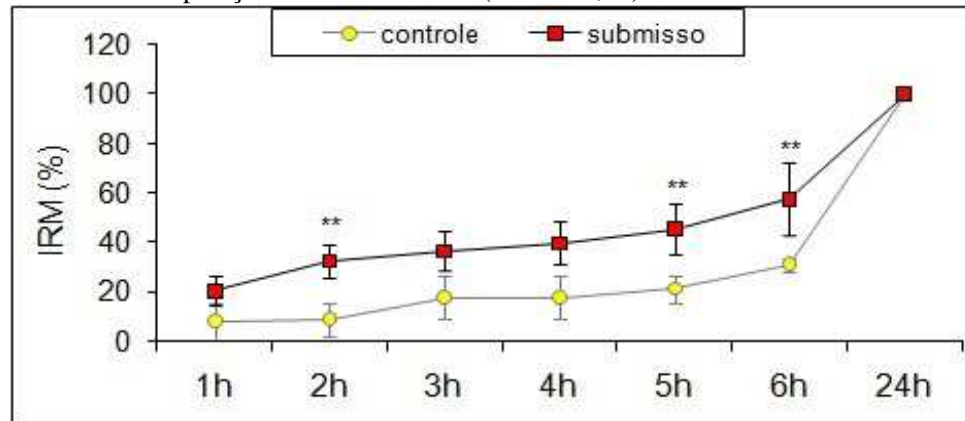
Gráfico 4 - Índices de *rigor mortis* observados em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) isoladas (controle) e submetidas após exposição ao estresse social (\*\* =  $P < 0,05$ ; \* =  $P < 0,1$ )



Fonte: Do próprio autor

Já os animais dominantes atingiram em torno de 20% de IRM na 1ª hora após o abate chegando a 60% na 6ª hora. Houve diferença significativa entre o grupo controle e dominantes na 2ª, 5ª e 6ª hora ( $P < 0,05$ ) (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Índice de *rigor mortis* observados em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) isoladas (controle) e dominantes após exposição ao estresse social (\*\* =  $P < 0,05$ )



Fonte: Do próprio autor

## DISCUSSÃO

Os resultados indicam que o estresse social imposto, provocou respostas fisiológicas características tanto nos animais dominantes, quanto nos submissos. Esta informação pode ser constatada com base nas diferenças encontradas nos níveis de cortisol, glicose e IRM entre animais isolados e pareados.

Resultados similares, quanto aos níveis plasmáticos de cortisol ocasionados pelo estresse social, também foram relatados por outros autores como Corrêa (2001), Fernandes e Volpato (1993) sob as mesmas condições experimentais; e por Barcellos et al. (1999) em tilápias do Nilo submetidas a agrupamento durante vários dias (estresse social crônico). A similaridade de respostas, quanto aos níveis de cortisol em animais dominantes e submissos indica que o estresse social influenciou de forma similar ambos os grupos, entretanto, cabe ressaltar que ao final dos pareamentos os animais submissos apresentavam mais injúrias (ferimentos e perda de escamas) e com um pior aspecto comparado aos dominantes como relatado por Corrêa (2001). Fernandes (1997) afirma que o animal submisso apresenta estresse mais acentuado apresentando um maior nível de cortisol e metabólitos quando comparados aos dominantes. Além disso, os níveis plasmáticos de cortisol podem manter-se elevados por mais tempo em animais submissos (ZAYAN, 1991).

Os níveis plasmáticos de glicose também podem servir como um indicador de estresse em peixes (BONGA, 1997). O aumento nos níveis de cortisol causados pelo estresse atua sobre a mobilização energética estimulando a glicogenólise e a glicólise (BARTON; SCHERECK; BARTON, 1987; BARTON; IWAMA, 1991; VIJAYAN; BALLANTYNE; LEATHERLAND, 1992; SUMPTER, 1992; IWAMA, 1997).

Possivelmente, neste estudo, quando comparado ao grupo controle, o aumento nos níveis plasmáticos de glicose nos animais submissos pode ser um indício de que este grupo apresenta maior susceptibilidade ao estresse como sugerido por Fernandes (1997). Nota-se que animais dominantes e submissos apresentaram respostas diferenciadas na mobilização de glicose influenciada pelo cortisol. A fonte desta variabilidade não pode ser elucidada neste estudo, pois seria necessário um processo experimental específico para tal finalidade, considerando as variações comportamentais de animais dominantes e submissos como sugerido por Corrêa (2002).

Os níveis plasmáticos de proteínas totais não diferiram entre animais controle e submetidos ao estresse social. Isso provavelmente ocorreu devido ao curto período em que os animais foram submetidos ao pareamento (6 horas). A proteólise muscular é a principal causa de perda de peso, caracterizando as respostas terciárias ao estresse (BARTON; IWAMA, 1991; BONGA, 1997). O aumento desse metabólito é comum em animais submetidos ao estresse crônico, no qual ocorre um esgotamento da energia proveniente da mobilização de glicose e lipídeos (VIJAYAN; BALLANTYNE; LEATHERLAND, 1992; SUMPTER, 1992).

De modo geral, os resultados encontrados neste trabalho relativos à influência do estresse na mobilização energética são condizentes com as informações encontradas na literatura. Existe unanimidade de opiniões e resultados que relatam que o estresse provoca uma mobilização energética em peixes, aumentando a quantidade de energia disponível para combater o agente estressor.

No que se refere ao IRM, a maior velocidade de entrada em rigor observada nos animais submetidos ao estresse também foi relatada por outros autores após exposição de peixes a diferentes estressores, como por Lowe et al. (1993) trabalhando com *Pagrus auratus* submetidos ao estresse de manejo; Ber, Erikson e Nordtvedt (1997), Erikson, Beyer e Sigholt (1997), Sigholt et al. (1997) trabalhando com salmões submetidos à mesma fonte de estresse; Skjervold, Fjaera e Ostby (1999) utilizando diferentes densidades de estocagem no transporte antes do abate. Assim

como outras fontes de estresse, o estresse social provocou antecipação do estabelecimento do *rigor mortis*, possivelmente, por ter causado uma redução nos níveis de ATP e CP.

Embora o IRM não tenha diferido significativamente entre animais dominantes e submissos, verificou-se que, quando comparados aos animais controle, o processo de estabelecimento do *rigor mortis* foi mais acentuado nos animais submissos, considerando que, na primeira hora após o abate, os animais submissos já apresentavam 60% de IRM enquanto que os dominantes, 20%. Além disso, entre a primeira e a segunda hora após o abate, três animais submissos entraram em rigor pleno (IRM = 100%). Associando esse fato aos níveis plasmáticos de glicose e à precária condição em que o animal submisso encontrava-se ao final dos pareamentos, podemos sugerir que o estresse social imposto influenciou mais intensamente os animais submissos, tanto exacerbando as respostas fisiológicas, como relatado por Jobling (1985), Keobele (1985) e Fernandes (1997), como antecipando o estabelecimento do *rigor mortis*.

#### **INFLUENCE OF SOCIAL STRESS IN *RIGOR MORTIS* ESTABLISHMENT IN NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)**

##### **ABSTRACT**

The objective of this study was to verify the influence of social stress in *rigor mortis* establishment in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) dominant and subordinate. The experimental animals (n=21) were maintained in individual tanks during seven days for adaptation. After this period, 14 fish was submitted to pairing (seven pairs) during six hours and other seven animals were maintained isolated. The end of pairing, the fish was classified according to the hierarchical position and submitted the blood sample designated to quantification the plasmatic levels of cortisol, glucose and total protein. After the blood samples, the animals were killed and submitted to Rigor Mortis Index (RMI) analyze. No difference were detected between dominant and subordinate fish in cortisol, glucose and total protein (P<0,05). When compared to controlled animals (isolated) were observed the increase in plasmatic levels of cortisol in paired animals (dominant and subordinate) and glucose levels in subordinate animals (P<0,05). The RMI was greater in paired animal, main, in subordinate animals compared to control animals, however, no differed between animals of different hierarchical positions. In conclusion, the social stress provokes reduction in fish quality, mainly, in subordinated animals.

Keywords: *Rigor mortis* Index. Social stress. Nile tilapia. *Oreochromis niloticu*. Fish quality.

#### **REFERÊNCIAS**

- BARCELLOS, L. J. G. et al. The effect of stocking density and social interactions on acute stress response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.30, p.887-892, 1999.
- BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Rev. of Fish Diseases**, v.10, p.3-26, 1991.
- BARTON, B. A.; SCHERECK, C. B.; BARTON, L. D. Effect of prior chronic cortisol administration and daily acute stress on growth, physiological conditions, and stress response in juvenile rainbow trout. **Diseases of Aquatic Organisms**, v.2, p. 173-185, 1987.
- BERG, T.; ERIKSON, U.; NORDTVEDT, T.S. *Rigor mortis* assessment of atlantic Salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. **Journal of Food Science**, v.62, n.3, p. 439-446, 1997.
- BITO, M. et al. Studies on *rigor mortis* of fish – I. Difference in the mode of *rigor mortis* among some varieties of fish by modified Cutting's method. **Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.**, n. 109, p. 89-96, 1983.
- BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v.77, p.591-625, 1997.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, FUNEP, 1994.
- CORRÊA, S. A. **Respostas fisiológicas e comportamentais em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao estresse social**. 2001. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2001.
- CORRÊA, S. A. et al. Effect of the establishment of dominance relationships on cortisol and other metabolic parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Journal Medical and Biological Research**. v.36, n.12, p. 1725-1731, 2003.
- CROWDER, M. J.; HAND, J. **Analysis of repeated measures**. London: Chapman & Hall, 1990.
- DONALDSON, E. M. Reproductive indices as measures of the effects of environmental stressors in fish. **American Fisheries Society Symposium**, v. 8, p. 109-122, 1990.
- ERIKSON, U.; BEYER, A. R.; SIGHOLT, T. Muscle high-energy phosphates and stress affect K-values during ice storage of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**. v.62, n.1, p. 43-47, 1997.
- ESKIN, N.A.M.; HENDERSON, H.M.; TOWNSED, R.J. Biochemical changes in foods: meat and fish, 1971 In: ESKIN, N.M.A.; HENDERSON, H. M.; TOWNSED, R. J. (Ed.). **Biochemistry of foods**. New York: Academic Press, p. 1-10.

- FERNANDES, M. O. **Estresse social, metabolismo e crescimento em peixes**. Botucatu. 1997. 82 f. Tese (Doutoramento) - Universidade Estadual Paulista, 1997.
- FERNANDES, M. O.; VOLPATO, G. L. Heterogeneous growth in the Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. **Physiology and Behavior**, v. 54, p. 319-323, 1993.
- HOCQUETTE, J.G. et al. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscle of meat-production animals. **Livestock Production Science**. v.56, p. 115-143, 1998.
- IWAMA, G. K. Stress in fish. **Annals of the New York Academy of Science**, v.851, p.304-310.
- JOBLING, M. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Artic charr, (*Salvelinus alpinus*), **Aquaculture**, v.44, p.83-90, 1985.
- KOEBELE, B. P. Growth and the size hierarchy effect: in experimental assessment of three proposed mechanisms, activity differences disproportional food acquisition, physiological stress. **Environmental Biology Fish**, v. 12, p.181-188, 1985.
- LOWE, T.E. et al. Flesh quality in snapper (*Pagrus auratus*), affected by captures stress. **Journal of Food Science**, v.58, n. 4, p. 770-73, 1993.
- MOBERG, G.P. Influence of stress on reproduction: measure of well-being in animal stress. **America Physiology Society**, p. 245-267, 1985.
- PICKERING, A. D. Growth and stress in fish production. **Aquaculture**, v.111, p.51-63, 1993.
- SIGHOLT, T. et al. 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.
- SUMPTER, J. P. Control of growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*). **Aquaculture**, v.92, p. 299-320, 1992.
- VIJAYAN, M. M.; BALLANTYNE, J. S.; LEATHERLAND, J. F. Cortisol-induced changes in some aspects of the intermediary metabolism of *Salvelinus fontinalis*. **General and Comparative Endocrinology**, v.82, p.476-486, 1992.
- VOLPATO, G. L.; FERNANDES, M. O. Social control growth in fish. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 27, p. 797-810, 1994.
- ZAYAN, R. The specificity of social stress. **Behavioural Processes**, v.25, p. 91-93, 1991.