

Thaís Billalba Carvalho

EFEITO DO SEXO SOBRE A INTERAÇÃO AGONÍSTICA E O GASTO
ENERGÉTICO DA TILÁPIA-DO-NILO, *Oreochromis niloticus* (L).



1910001348



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, SP.

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

THAÍS BILLALBA CARVALHO

**EFEITO DO SEXO SOBRE A INTERAÇÃO AGONÍSTICA E O GASTO
ENERGÉTICO DA TILÁPIA-DO-NILO, *Oreochromis niloticus* (L).**



T. 1348/05

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE
BIOCÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
BIOLOGIA ANIMAL.

ORIENTADORA: PROF^ª. DR^ª. ELIANE GONÇALVES DE FREITAS

2004



+597,5

C331e

20404000

04/03/2005

Doação

R\$ 20,00

Autor(a)

076/2005

62/05

Carvalho, Thaís Billalba.

Efeito do sexo sobre a interação agonística e o gasto energético da tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) / Thaís Billalba Carvalho. – São José do Rio Preto: [s.n.], 2004

49 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Eliane Gonçalves de Freitas

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ciclídeos. 2. Tilápia (Peixe) - Comportamento agressivo. 3. Interação social. 4. Consumo de O₂. 5. Estabilidade social. 6. Hierarquia de dominância. I. Freitas, Eliane Gonçalves de. II. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 597.5



DATA DA DEFESA: 21/12/2004

BANCA EXAMINADORA

TITULARES:

Profª. Drª. Eliane Gonçalves de Freitas (Orientadora) _____

UNESP / São José do Rio Preto

Prof. Dr. José Roberto Verani _____

UFSCAR / São Carlos

Prof. Dr. Gilson Luiz Volpato _____

UNESP / Botucatu

SUPLENTES:

Profª. Drª. Percília Cardoso Giaquinto _____

USP / Ribeirão Preto

Prof. Dr. Katsumasa Hoshino _____

UNESP / Bauru

Profª. Drª. Rosana Mattioli _____

UFSCAR / São Carlos



Dedico

Aos meus pais, Acácio e Fátima, pelo amor, exemplo, incentivo, empenho, suporte emocional e financeiro.

Aos meus irmãos, Igor e Liane, pela convivência e ajuda.

À minha sobrinha, Stéphanie, por tornar cada dia mais alegre e cheio de vida.

Amo vocês!!

“Tentar e falhar é, pelo menos, aprender.

Não chegar a tentar é sofrer a inestimável perda do que poderia ter sido”.

Geraldo Eustáquio

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho:

- À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Eliane Gonçalves de Freitas, pela oportunidade de realizar este trabalho e pelos ensinamentos oferecidos.
- À Prof^ª. Dr^ª. Denise de C. Rossa Feres e ao Prof. Dr. Classius de Oliveira, coordenadores do curso de pós-graduação durante esses dois anos, pela disponibilidade e incentivo.
- A todos os docentes da graduação e pós-graduação que contribuíram para minha formação.
- Aos Profs. Drs. Fernando Barbosa Noll e Luiz Henrique Florindo pela participação na minha banca de qualificação.
- Ao Carlos Eduardo Souza pelos serviços técnicos prestados e à Roselene S. C. Ferreira pela imprescindível ajuda na coletas de dados do capítulo I.
- Ao Departamento de Engenharia de Alimentos pela utilização da estufa do laboratório de Tecnologia Geral, em especial ao técnico Ginaldo Vieira do Santos.
- A todos os amigos e colegas da pós-graduação- Fábio, Maurício, Renato, Rita, Rodrigo, Rose, Tiago Gomes, Tiago Vasconcelos e outros- obrigada pela companhia e apoio.
- Aos companheiros de estágio: Márcio, André, Fabrício e Francine pelas sugestões e ajuda.
- Aos amigos que tinha e que fiz durante o curso- Lívia, Rita, Rose, Rodrigo, Tiago, Luciana, Ana Rosa, Janaína e todos aqueles da graduação.
- Aos meus irmãos -Igor e Liane, cunhada -Vanessa e sobrinha- Stéphany, pela convivência e carinho.
- Aos meus pais, por sempre me motivarem; vocês são base e referência na minha formação pessoal e profissional.
- À toda minha família pelo incentivo, apoio e amor.

Trabalho financiado pela CAPES



SUMÁRIO

Páginas:

I- RESUMO GERAL	01
II- ABSTRACT	02
III- INTRODUÇÃO GERAL	03
- Referências Bibliográficas	06
IV- CAPÍTULO I	10
- Resumo	11
- Introdução	12
- Material e Métodos	13
- Figura 1	17
- Resultados	18
- Tabela I	19
- Figura 2	20
- Discussão	21
- Referências Bibliográficas	23
V- CAPÍTULO II	27
- Resumo	28
- Introdução	29
- Material e Métodos	31
- Resultados	35
- Figura 1	36
- Tabela I	37
- Figura 2	38
- Discussão	39
- Referências Bibliográficas	43
IV- CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

I- RESUMO GERAL

Interações agressivas são comuns em peixes territoriais devido à constante competição por recursos no ambiente. É provável que a interação agonística seja mais intensa entre animais de mesmo sexo, que disputam os mesmos recursos, do que entre animais de sexo oposto, cujos recursos reprodutivos diferem. No primeiro caso, o gasto energético também seria maior. Essa hipótese foi testada para a tilápia-do-Nilo a curto e a longo prazo. **A curto prazo (Capítulo I)** foram utilizados 2 grupos: MM (duplas de machos) e MF (duplas de um macho e uma fêmea). Inicialmente, os animais foram isolados por 60 h e, posteriormente, pareados por 40 min, utilizando-se o paradigma residente-intruso, onde o macho foi sempre o residente. A interação agonística foi filmada nos 10 min iniciais e 10 min finais do pareamento e o gasto energético foi determinado pelo consumo de O_2 . A latência para o início dos confrontos e a frequência das unidades agonísticas nos 10 min iniciais foram semelhantes entre os 2 grupos. Entretanto, a frequência de interações relacionadas com corte (ondulações) foi maior para o grupo MF nos 10 min finais. Esses resultados sugerem que o reconhecimento sexual em tilápia-do-Nilo não é imediato e, portanto o macho briga com a fêmea como com qualquer competidor no início das interações. Não houve diferença no consumo de O_2 entre os grupos MM e MF, provavelmente devido ao reconhecimento sexual tardio, prevalecendo o gasto energético do início das interações. Outra possibilidade seria a de que o comportamento relacionado à corte apresenta dispêndio energético semelhante ao das lutas. **A longo prazo (Capítulo II)** foram utilizados grupos de 4 machos (MM), 4 fêmeas (FF) e de 2 machos e duas fêmeas (MF) agrupados por 11 dias. A interação agonística foi registrada por 15 min no segundo, sexto e décimo dias de agrupamento e o gasto energético foi inferido pela taxa de perda de peso dos animais. O grupo MF apresentou maior frequência de interações totais (e maior número de Exibição) e maior estabilidade hierárquica. Não houve diferença na perda de peso entre os grupos, porém foi observada correlação entre o gasto energético e as lutas de contato físico direto no grupo misto. Assim, pode-se concluir que a composição sexual do grupo afeta a interação e a estabilidade social, e que o tipo de interação modula o gasto energético da tilápia-do-Nilo em grupos mistos. A conclusão geral deste trabalho é que a constituição sexual do grupo a curto ou a longo prazo não provoca efeito diferenciado sobre o gasto energético médio na tilápia-do-Nilo, mas esse efeito torna-se evidente na interação social, sendo provavelmente influenciado pelo investimento reprodutivo nos grupos mistos.



II- ABSTRACT

Aggressive fights are common in territorial fish, due the constant competition for environmental resources. Probably the fights between animals of the same sex are more vigorous than contests between animals of opposite sexes, as the required resources differ between them. In the first case, the energetic costs should be higher. This hypothesis was tested with Nile tilapia in experiments of short and long-term interactions. In the **short-term (Chapter I)** were used 2 groups: MM (male-male pairs) e MF (male-female pairs). The animals were isolated during 60 h. After that, each pair was kept during 40 min, using the resident-intruder paradigm (the male was always the resident). The agonistic interaction was video-recorded in 10 min sessions, one at the beginning and another at the end of the 40 min pairing time. Energetic cost was taken by O_2 consumption of each pair. The latency to start contests and the frequency of agonistic behavior in the beginning of the period were similar between MM and MF groups. However, the frequency of courtship interactions in MF group increased in the final 10-min period. These results indicate that recognition occurs later in Nile tilapia and thus male fights with female as a male competitor in the beginning of interactions. There was no difference on O_2 consumption between MM and MF groups, probably because sexual recognition occurs later, prevailing the beginning interactions energetic cost. Another possibility would be the behavior related with courtship has similar energetic cost than fights. In the **long-term (Chapter II)** were used groups of 4 males (MM), 4 females (FF) and 2 males e 2 females (MF) grouping for 11 days. The energetic cost was taken by the animals weight losing rate and the agonistic interaction was registered for 15 min at the second, sixth and tenth days of grouping. The MF group showed higher frequency of total interactions (and higher number of displays) and higher hierarchical stability. There was no difference on weight losing among groups, however, correlation was observed between the energetic cost and the direct physical fights in MF group. Thus, would be concluded that sexual composition of groups affect the interaction and social stability, and that the interaction type modulate the energetic cost of Nile tilapia in MF group. The general conclusion of this study is that sexual composition in short or in long-term have not differentiated effect on the median energetic cost in Nile tilapia, but this effect becomes evident in social interaction, probably influenced by reproductive investment in MF groups.



III- INTRODUÇÃO GERAL

A agressão é um comportamento social caracterizado por interações de ameaça e luta resultantes da competição e defesa de recursos limitados (Becker *et al.*, 1993). O comportamento agonístico (agressivo) é observado em vários grupos animais, inclusive peixes (Eibl-Eibesfeldt, 1961). A função dessa interação varia entre as espécies, dentro da mesma espécie e depende das condições sociais e ambientais (Villars, 1983). Por exemplo, em grupos de peixes monogâmicos, a interação agonística é importante na manutenção do casal (Yamamoto *et al.*, 1999). Já em alguns grupos poligínicos, a agressão contribui para a manutenção de haréns (Walter & Trillmich, 1994; Schradin & Lamprecht, 2000). O comportamento agressivo também está relacionado com a organização social que, nos ciclídeos, é baseada na hierarquia de dominância e defesa de território (Baerends & Baerends Van Roon, 1950). Esse sistema consiste na definição do dominante e submisso (Huntingford & Turner, 1987; Ridley, 1995), sendo seu estabelecimento e manutenção importantes, pois reduzem o nível de agressão no grupo (Johnsson, 1997), previnem ferimentos, minimizam a perda de tempo, de energia (Andries & Nelissen, 1990) e o risco de predação (Sakakura & Tsukamoto, 1998). Por outro lado, a alternância de dominância, isto é, a instabilidade social, é considerada um estressor para os animais (Zayan, 1991).

Vários fatores podem afetar a interação agonística em peixes, dentre eles, as condições abióticas (Adams *et al.*, 1998; Nicieza & Metcalfe, 1999; Sloman *et al.*, 2001), o isolamento social (Gómez-Laplaza & Morgan 2000), o tamanho do grupo (Andries & Nelissen, 1990; Haller, 1992; Quinn *et al.*, 1996), a fase reprodutiva (Holder *et al.*, 1991; Yamamoto *et al.*, 1999; Jaroensutasinee & Jaroensutasinee, 2003), os níveis de andrógenos circulantes (Villars, 1983; Munro & Pitcher, 1985; Pitcher, 1993), a experiência prévia de dominância ou submissão (Nelissen & Andries, 1988) e o sexo do animal (Balshine-Earn & Lotem, 1998). Alguns estudos evidenciam associação entre a interação agonística e o sexo do animal. A duração dos confrontos em *Cichlasoma nigrofasciatum* (Koops & Grant, 1993) e o nível total de agressão em *Salmo trutta* (Johnsson *et al.*, 2001) foram semelhantes entre machos e fêmeas. No entanto, Oliveira & Almada (1996) observaram em *Oreochromis mossambicus* que os machos são mais agressivos que as fêmeas, o que pode estar relacionado ao papel reprodutivo, já que são os machos que disputam e defendem territórios para o acasalamento. Segundo Draud *et al.* (2004), no ciclídeo *Herichthys cyanoguttatum* existem diferenças sexo-específicas na estratégia de luta que estão relacionadas ao valor atribuído ao recurso disputado pelos animais.



Considerando o sexo do oponente, Jaroensutasinee & Jaroensutasinee (2003) observaram, em *Betta splendens*, que a frequência de atos agressivos do macho residente varia dependendo do intruso. A agressão é maior quando o oponente é macho, pois este representa um potencial rival, ameaçando a posse do território. Porém, quando o intruso é fêmea, o residente reconhece o sexo oposto, tratando-o como um parceiro sexual. Quinn (1999) também constatou que em *Oncorhynchus nerka* e em *Oncorhynchus keta* a agressão intra-sexual é superior à inter-sexual.

A interação agonística está associada a grande gasto energético que varia dependendo da intensidade da agressão (Haller & Wittenberger, 1988; Alvarenga & Volpato, 1995). Um importante determinante do investimento energético para a luta é o comportamento do outro peixe, pois a presença e as respostas dos co-específicos influenciam a posição individual na hierarquia (Chase, 1982; Adams *et al.*, 1998) e a retaliação é resposta comum ao ataque, podendo resultar em injúrias (ex: Neat *et al.*, 1998). Assim, é provável que a estrutura sexual de agrupamentos de peixes interfira na interação agonística e, conseqüentemente, no gasto energético dos indivíduos no grupo.

De acordo com Grant *et al.* (1995), os confrontos são mais intensos quando a competição pelo recurso limitado é maior. Além disso, as lutas são mais freqüentes entre animais de mesmo sexo, pois estes correspondem a potenciais rivais (Tinbergen, 1972). Assim, aventou-se a hipótese de que o gasto energético é maior em confrontos entre animais de mesmo sexo do que entre animais de sexo oposto, já que, de acordo com Chellapa & Huntingford (1989), a intensidade das interações agonísticas está positivamente correlacionada ao gasto de energia.

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é um ciclídeo africano que apresenta hierarquia de dominância, sendo que os machos disputam territórios onde constróem ninhos para acasalamento (Lowe-McConnell, 1958; Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Em grupos contendo machos e fêmeas, observa-se interações agressivas entre indivíduos do mesmo sexo e de sexos opostos (Gonçalves-de-Freitas, 1999). Porém, é provável que o significado dessas interações não seja o mesmo para diferentes oponentes, pois enquanto dois machos disputam recursos semelhantes (sítio de acasalamento), uma fêmea não é um potencial competidor reprodutivo para o macho. Consequentemente, o gasto energético decorrente da interação agonística pode ser maior em grupos formados por animais de mesmo sexo do que em grupos mistos.

O gasto energético é um indicador de estresse, pois animais nessas condições apresentam maior consumo de energia (Wendelaar-Bonga, 1997) devido aos ajustes



metabólicos necessários para minimizar a situação estressora. Dessa forma, condições de agrupamento que apresentam maior gasto energético podem reduzir o bem-estar dos animais. Existem vários parâmetros utilizados para inferir o gasto energético, dentre eles: a determinação da taxa de O_2 consumida, a resistência a hipóxia progressiva, a taxa ventilatória, o batimento cardíaco, a concentração plasmática de cortisol, o padrão de crescimento dos animais, a depleção de glicogênio e de glicose (Wedemeyer & Mcleay, 1981; Neat *et al.*, 1998). Como os efeitos do comportamento agonístico podem ser variáveis ao longo do tempo (Alvarenga & Volpato, 1995), no presente estudo, foram testadas as hipóteses sugeridas em condições de curto (Capítulo I) e de longo prazo (Capítulo II), sendo utilizados respectivamente, o consumo de O_2 (Alvarenga & Volpato, 1995; Cleveland, 1999) e a taxa de crescimento específico dos animais (Gonçalves-de-Freitas, 1999; Volestad & Quinn, 2003) como indicadores de gasto energético.

A espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo) foi escolhida por apresentar padrão comportamental adequado para testar as hipóteses levantadas. A tilápia-do-Nilo também é amplamente cultivada em piscicultura, sendo submetida ao processo de reversão sexual (para revisão ver Beardmore *et al.*, 2001) que leva à formação de imensos agrupamentos de machos. Essa prática é satisfatória para a produção de peixes, pois, por atingirem tamanho superior ao das fêmeas (Lowe-McConnell, 1958; Paiva *et al.*, 1988) em função de um crescimento mais acelerado em um mesmo espaço de tempo, os machos são economicamente mais viáveis que as fêmeas. Porém, de acordo com as hipóteses sugeridas, o uso desse método poderia aumentar a interação agonística e o gasto energético do grupo. Assim, este estudo é importante para compreender os fatores moduladores do comportamento social na tilápia-do-Nilo, podendo trazer subsídios para a manutenção do bem-estar dessa espécie, particularmente em condições de confinamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, C.E.; Huntingford, F.A.; Turnbull, J.F. & Beattie, C. (1998). Alternative competitive strategies and the cost of food acquisition in juvenile Atlantic salmon. *Aquaculture*, 167: 17-26.
- Alvarenga, C.M.D. & Volpato, G.L. (1995). Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, 57: 75-80.
- Andries, S. & Nelissen, M.H.J.(1990). A study of the dominance hierarchy in four Mbuna-species: *Melanochromis johanni*, *M. auratus*, *Pseudotropheus ornatus* and *P. lombardoi* (Teleostei: Cichlidae). *Belg. J. Zool.*, 120: 165-193.
- Baerends, G.P. & Baerends Van Roon, J.(1950). An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. *Behav. Supplement* 1: 1-242.
- Balshine-Earn, S. & Lotem, A. (1998). Individual recognition in a cooperatively breeding cichlid: evidence from video playback experiments. *Behaviour*, 135: 369-386.
- Beardmore, J.A.; Mair, G.C. & Lewis, R.I. (2001). Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Aquaculture*, 197: 283-301.
- Becker, J.B.; Breedlove, S.M. & Crews, D. (1993). *Behavioral Endocrinology*. Massachusetts Institute of Technology, 574p.
- Chase, I.D. (1982). Dynamics of hierarchy formation: the sequential development of dominance relationships. *Behaviour*, 80: 218-240.
- Chellappa, S. & Huntingford, F.A. (1989). Depletion of energy reserves during reproductive aggression in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J. Fish Biol.*, 35: 315-316.
- Cleveland, A. (1999). Energetic costs of agonistic behavior in two herbivorous Damselfishes (*Stegastes*). *Copeia*, 4: 857-867.
- Draud, M.; Marcías-Ordóñez, R.; Verga, J. & Itzkowitz, M. (2004). Female and male Texas cichlids (*Herichthys cyanoguttatum*) do not fight by the same rules. *Behav. Ecol.*, 15: 102-108.
- Eibl-Eibesfeldt, I. (1961). The fighting behavior of animals. *Sci. Am.*, 205: 112-121.

- Gómez-Laplaza, L.M. & Morgan, E. (2000). Laboratory studies of the effects of short-term isolation on aggressive behaviour in fish. *Mar. Fresh. Behav. Physiol.*, 33: 63-102.
- Gonçalves-de-Freitas, E. & Nishida, S.M. (1998). Sneaking behaviour of the Nile tilapia. *B. Téc. CEPTA*, 12: 71-79.
- Gonçalves-de-Freitas, E. (1999). Investimento reprodutivo e crescimento em machos de tilápia-do-Nilo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 44p.
- Grant, J.W.A.; Bryant, M.J. & Soos, C.E. (1995). Operational sex ratio, mediated by synchrony of female arrival, alters the variance of male mating success in Japanese medaka. *Anim. Behav.*, 49: 367-375.
- Haller, J. & Wittenberger, C. (1988). Biochemical energetics of hierarchy formation in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, 43: 447-450.
- Haller, J. (1992). Group size modifies the patterns and muscle carbohydrate effects of aggression in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, 52: 287-290.
- Holder, J.L.; Barlow, G.W. & Francis, R.C. (1991). Differences in aggressiveness in the Midas cichlid fish (*Cichlasoma citrinellum*) in relation to sex, reproductive state and the individual. *Ethology*, 88: 297-306.
- Huntingford, F. & Turner, A. (1987). *Animal Conflict*. Chapman and Hall, New York, 448p.
- Jaroensutasinee, M. & Jaroensutasinee, K. (2003). Type of intruder and reproductive phase influence male territorial defence in wild-caught Siamese fighting fish. *Behav. Process.*, 64: 23-29.
- Johnsson, J.I. (1997). Individual recognition affects aggression and dominance relations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Ethology*, 103: 267-282.
- Johnsson, J.I.; Sernland, E. & Blixt, M. (2001). Sex-specific aggression and antipredator behaviour in young brown trout. *Ethology*, 107: 587-599.
- Koops, M.A. & Grant, J.W.A. (1993). Weight asymmetry and sequential assessment in convict cichlid contests. *Can. J. Zool.*, 71: 475-479.
- Lowe-McConnell, R. (1958). Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné in east Africa waters (Pisces: Cichlidae). *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 57: 129-170.



- Munro, A.D. & Pitcher, T.J. (1985). Steroid hormones and agonistic behaviour in a cichlid teleost, *Aequidens pulcher*. *Horm. Behav.*, 19: 353-371.
- Neat, F.C.; Taylor, A.C. & Huntingford, F.A. (1998). Proximate costs of fighting in male cichlid fish: the role of injuries and energy metabolism. *Anim. Behav.*, 55: 875-882.
- Nellisen, M.H.J. & Andries, S. (1988). Does previous experience affect the ranking of cichlid fish in a dominance hierarchy? *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, 118: 41-50.
- Nicieza, A.G. & Metcalfe, N.B. (1999). Costs of rapid growth: the risk of aggression is higher for fast-growing salmon. *Funct. Ecol.*, 13: 793-800.
- Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1996). Dominance hierarchies and social structure in captive groups of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Teleostei Cichlidae). *Ethol. Ecol. Evol.*, 8: 39-55.
- Paiva, P.; Verani, J.R.; Mainardes-Pinto, C.S.R. & Tabata, Y.A. (1988). Studies on the growth and reproduction in the cichlid *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) in a earthen pond. *B. Inst. Pesca*, 15: 109-114.
- Pitcher, T.J. (1993). *Behaviour of Teleost Fishes*. Chapman & Hall, London. 715p.
- Quinn, T.P.; Adkison, M.D. & Ward, M.B. (1996). Behavioral tactics of male Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under varying operational sex ratios. *Ethology*, 102: 304-322.
- Quinn, T.P. (1999). Variation in Pacific salmon reproductive behaviour associated with species, sex and levels of competition. *Behaviour*, 136: 179-204.
- Ridley, M. (1995). *Animal Behavior*. Blackwell Scientific Publications, Boston, 288p.
- Sakakura, Y. & Tsukamoto, K. (1998). Social rank in schools of juvenile yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *J. Appl. Ichthyol.*, 14: 69-73.
- Schradin, C. & Lamprecht, J. (2000). Female-biased immigration and male peace-keeping in groups of the shell-dwelling cichlid fish *Neolamprologus multifasciatus*. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 48: 236-242.
- Sloman, K.A.; Taylor, A.C.; Metcalfe, N.B. & Gilmour, K.M. (2001). Effects of an environmental perturbation on the social behaviour and physiological function of brown trout. *Anim. Behav.*, 61: 325-333.



- Tinbergen, N. (1972). Social Behaviour in Animals. Chapman and Hall, London, 150p.
- Villars, T.A. (1983). Hormones and Aggressive Behavior in Teleost Fishes. In: Svare, B.B., Hormones and Aggressive Behavior. Plenum Press, New York and London, 611p.
- Volestad, L.A. & Quinn, T.P. (2003). Trade-off between growth rate and aggression in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Anim. Behav., 66: 561-568.
- Walter, B. & Trillmich, F. (1994). Female aggression and male peace-keeping in a cichlid fish harem: Conflict between and within the sexes in *Lamprologus ocellatus*. Behav. Ecol. Sociobiol., 34: 105-112.
- Wedemeyer, G.A. & Mcleay, D.J. (1981). Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In: Pickering, A.D., Stress in Fish. Academic, London, 247-275.
- Wendelaar-Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. Physiol. Rev., 77: 591-625.
- Yamamoto, M.E.; Chellappa, S.; Cacho, M.S.R.F. & Huntingford, F.A. (1999). Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. J. Fish Biol., 55: 888-891.
- Zayan, R. (1991). The specificity of social stress. Behav. Process., 25: 81-93.



IV- CAPÍTULO I

O objetivo deste trabalho foi testar para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) se interações entre macho-macho gastam mais energia que interações entre macho-fêmea, já que animais de diferentes sexos não competem pelos mesmos recursos reprodutivos. Duplas de machos (MM) e duplas de macho-fêmea (MF) foram colocadas por 40 min e nesse período foi observado a interação agonística (10 min iniciais e 10 min finais do período) e determinado o gasto energético (consumo de O_2). A latência para o início dos confrontos e a frequência dos tipos agonísticos nos 10 min iniciais foram semelhantes entre os 2 grupos. Entretanto, a frequência de interações relacionadas com corte (cortulação) foi maior para o grupo misto nos 10 min finais. Esses resultados sugerem que o reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo não é imediato. Não houve diferença no consumo de O_2 entre os grupos MM e MF, provavelmente devido ao reconhecimento sexual tardio, prevalecendo o gasto energético do início das interações. Outra possibilidade seria a de que o comportamento relacionado à corte apresentasse dispêndio energético semelhante ao dos confrontos. Assim, o custo de interação social em duplas de tilápia-do-Nilo.

EFEITO DO SEXO DO INTRUSO SOBRE A INTERAÇÃO AGONÍSTICA DA TILÁPIA-DO- NILO, *Oreochromis niloticus* (L.)



RESUMO

O objetivo deste trabalho foi testar para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) se interações entre macho-macho gastam mais energia que interações entre macho-fêmea, já que animais de diferentes sexos não competem pelos mesmos recursos reprodutivos. Duplas de machos (MM) e duplas de macho-fêmea (MF) foram pareadas por 40 min e nesse período foi registrada a interação agonística (10 min iniciais e 10 min finais do pareamento) e determinado o gasto energético (consumo de O_2). A latência para o início dos confrontos e a frequência dos tipos agonísticos nos 10 min iniciais foram semelhantes entre os 2 grupos. Entretanto, a frequência de interações relacionadas com corte (ondulação) foi maior para o grupo misto nos 10 min finais. Esses resultados sugerem que o reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo não é imediato. Não houve diferença no consumo de O_2 entre os grupos MM e MF, provavelmente devido ao reconhecimento sexual tardio, prevalecendo o gasto energético do início das interações. Outra possibilidade seria a de que o comportamento relacionado à corte apresenta dispêndio energético semelhante ao dos confrontos. Assim, o custo de interações a curto prazo independe do sexo do oponente, porém a estrutura sexual afeta o comportamento social em duplas de tilápia-do-Nilo.

A tilápia-do-Nilo é um ciclânido africano cujos machos defendem territórios onde constroem ninhos para o acasalamento (Lowe-McConnell, 1958; Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Embora as fêmeas interajam agressivamente com os machos, elas não competem entre si por território (Gonçalves-de-Freitas, 1999). Assim, foi levantada a hipótese de que a frequência das interações agonísticas é maior quando um macho encontra outro macho do que quando interage com uma fêmea. Como variações no perfil agonístico são correlacionadas com o consumo de O_2 (Alvarado & Volpato, 1993), pode-se supor que o gasto energético das interações entre macho-macho seja maior que entre macho-fêmea. Para testar essas hipóteses, foram analisados o comportamento agonístico e o gasto energético de duplas de tilápia-do-Nilo formadas por machos e por ambos os sexos.



INTRODUÇÃO

Interações agressivas são comuns em peixes territoriais, já que os animais que estabelecem territórios são frequentemente ameaçados por intrusos machos e fêmeas. Esses confrontos por recursos ambientais geralmente causam grande gasto energético para os combatentes, o qual pode ser inferido pela redução do crescimento (Volpato & Fernandes, 1994), pelo aumento do consumo de O_2 e da taxa ventilatória (Alvarenga & Volpato, 1995; Grantner & Taborsky, 1998) e por distúrbios metabólicos (Haller & Wittenberger, 1988; Haller, 1994; Neat *et al.*, 1998). O gasto energético está diretamente relacionado com a intensidade da agressividade em algumas espécies de peixes. Por exemplo, em *Gasterosteus aculeatus* o glicogênio hepático diminui em interações agonísticas mais intensas (Chellappa & Huntingford, 1989). Já em *Oncorhynchus kisutch* existe correlação negativa entre a taxa de crescimento e o nível de agressão (Vollestad & Quinn, 2003).

As disputas tornam-se mais intensas quando a competição por recursos limitados é maior (Grant *et al.*, 1995) e/ou quando a habilidade de luta é semelhante entre os oponentes (Maynard-Smith & Parker, 1976). Assim, é provável que a interação agressiva entre animais de mesmo sexo seja maior que entre animais de sexo oposto, já que os recursos reprodutivos requeridos e a habilidade de luta diferem entre os sexos. De fato, estudos com ciclídeos demonstram maior frequência de confrontos em duplas de machos que em duplas formadas por um macho e uma fêmea (Cole *et al.*, 1980; Oliveira & Almada, 1996; Yamamoto *et al.*, 1999).

A tilápia-do-Nilo é um ciclídeo africano cujos machos defendem territórios onde constróem ninhos para o acasalamento (Lowe-McConnell, 1958; Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Embora as fêmeas interajam agressivamente com os machos, elas não competem com esses por território (Gonçalves-de-Freitas, 1999). Assim, foi levantada a hipótese de que a frequência das interações agonísticas é maior quando um macho encontra outro macho do que quando interage com uma fêmea. Como variações no perfil agonístico são correlacionadas com o consumo de O_2 (Alvarenga & Volpato, 1995), pode-se supor que o gasto energético de interações entre macho-macho seja maior que entre macho-fêmea. Para testar essas hipóteses, foram analisados o comportamento agonístico e o gasto energético de duplas de tilápia-do-Nilo formadas por machos e por ambos os sexos.



MATERIAL E MÉTODOS

As tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) utilizadas foram criadas em tanques de piscicultura (185 m³), sendo transferidas para o laboratório, onde foram aclimatadas em caixas de cimento amianto de 500L (1animal/5L) por, no mínimo, 15 dias antecedendo os experimentos. Durante esse período, a temperatura foi mantida em torno de 25°C e o fotoperíodo em 12 h de luz (07:00 h às 19:00 h). Filtros biológicos garantiram a boa qualidade da água e o alimento (ração para peixes tropicais- 28% de proteína) foi oferecido em excesso duas vezes ao dia (início da manhã e final da tarde).

1)- Delineamento Experimental

Foram comparados o perfil agonístico e o gasto energético em duplas de machos e duplas de ambos os sexos de tilápia-do-Nilo para inferir se há efeito do sexo do intruso sobre esses parâmetros. Para isso, os animais foram pareados por 40 min e nesse período a interação agonística foi registrada em duas filmagens de 10 min cada, sendo a primeira no início e a segunda no final do pareamento. Além disso, foi determinado o gasto energético por meio do consumo de O₂.

2)- Procedimentos Específicos

a)- Montagem dos grupos

Foram testados 2 grupos experimentais (n=10), sendo o primeiro representado por duplas de machos (MM) e o segundo por duplas mistas (um macho e uma fêmea- MF). Todos os animais utilizados eram adultos, sendo que no início do experimento a sexagem foi feita por inspeção da papila genital corada com azul de metileno (Afonso & Lebouté, 1993).

Os peixes foram medidos, pesados, isolados por 60 h e, em seguida, pareados por 40 min para observação da interação agonística e determinação do gasto energético. A manipulação dos animais para o isolamento foi precedida por anestesia com benzocaína (2:5000). Foi utilizado o paradigma residente-intruso (Figler & Einhorn, 1983), sendo que o residente foi sempre o macho, o qual era identificado por um pequeno corte na nadadeira caudal (Fernandes & Volpato, 1993).

Os animais foram mantidos em aquários de 30x30x40cm (V_{inicial} = 27,5L) revestidos por plástico azul opaco em 3 laterais para evitar contato visual com animais de aquários vizinhos no laboratório, sendo que apenas a porção frontal ficou livre para as filmagens. A cor azul foi utilizada porque reduz o estresse na tilápia-do-Nilo (Volpato & Barreto, 2001; Volpato *et al.*, 2004). A temperatura da água dos aquários foi mantida em 28±1°C, o



fotoperíodo foi controlado em 12 h de luz (07:00 h às 19:00 h) e a concentração inicial de O₂ dissolvido na água (pouco antes do pareamento) foi de 6,61 ± 0,4 mg/L. Durante o isolamento, os animais receberam ração para peixes tropicais (1% da biomassa) no início da manhã e final da tarde.

Como o tamanho é um fator que interfere no perfil agonístico (Beeching, 1992), os grupos foram formados por indivíduos de comprimento padrão e peso semelhantes: Comprimento padrão (média ± dp: MM residente: 9,34 ± 0,76 cm; MM intruso: 9,17 ± 0,72 cm; MF residente: 9,31 ± 0,85 cm; MF intruso: 9,2 ± 0,84 cm - two-way ANOVA, $F_{(1,36)} = 0,013$; $p = 0,911$). Peso (média ± dp: MM residente: 29,6 ± 7,3 g; MM intruso: 27,52 ± 6,98 g; MF residente: 28,65 ± 9,57 g; MF intruso: 28,94 ± 9,5 g - two-way ANOVA, $F_{(1,36)} = 0,178$; $p = 0,675$).

b)- Interação Agonística

A interação agonística foi registrada em duas filmagens de 10 min cada. A primeira foi iniciada 5 min após a formação das duplas. Esse período corresponde ao tempo gasto na preparação de cada aquário para medir o consumo de O₂ (descrito abaixo). Já a segunda filmagem foi realizada nos 10 min finais do pareamento.

A quantificação das interações foi feita pela frequência das unidades comportamentais do etograma descrito abaixo, baseado em Falter (1983) e Alvarenga & Volpato (1995).

PERSEGUIÇÃO: um animal nada em direção ao outro, acompanhando sua trajetória.

FUGA: caracteriza-se por natação rápida do animal perseguido ou atacado, distanciando-se do oponente.

AMEAÇA: animal se aproxima do oponente com a boca aberta, preparando-se para uma mordida lateral, mas seu oponente foge antes de ser atacado.

AMEAÇA LATERAL SIMULTÂNEA: caracterizado pelo nado em trajetória circular dos 2 animais, geralmente com as nadadeiras eriçadas. É mais lento que perseguição e fuga.

AMEAÇA PERPENDICULAR: um indivíduo fica no centro do aquário enquanto o outro nada ao seu redor, em trajetória circular. O animal do centro mantém os olhos voltados para o oponente, acompanhando sua trajetória, porém mantendo-se no centro do círculo.

TREMOR: animal treme rapidamente o corpo.

ONDULAÇÃO: animal ondula vigorosamente o corpo no sentido ântero-posterior.



CONFRONTO PARALELO: dois animais posicionam-se lado a lado, voltados para o mesmo sentido ou em sentidos opostos. Ondulam simultaneamente o corpo, sem que ocorra contato físico.

CONFRONTO FRONTAL: dois animais se aproximam frontalmente, justapõem as mandíbulas com a boca aberta e se “empurram”, ondulando vigorosamente a região caudal do corpo.

CONFRONTO LATERAL: um animal se aproxima de outro e ataca a região lateral do oponente com mordidas ou golpes com a boca aberta.

Como a frequência de algumas unidades comportamentais foi baixa, dificultando as análises estatísticas, os padrões agonísticos foram agrupados em 6 categorias:

1)- PERSEGUIÇÃO: permaneceu igual; 2)- FUGA: mesma definição anterior; 3)- EXIBIÇÃO: sinalizações que incluem Ameaça, Ameaça Lateral Simultânea, Ameaça Perpendicular e Tremor; não há contato físico entre os animais; 4)- CONTATO FÍSICO INDIRETO: inclui Ondulação e Paralelo que afetam o oponente de maneira indireta, pois, segundo Falter (1983), causam deslocamento de massa de água, estimulando a percepção sensorial dos peixes por meio da linha lateral; 5)- CONTATO FÍSICO DIRETO: confrontos Frontais e/ou Laterais, ambos atingindo diretamente o corpo do oponente; 6)- TOTAL DE CONFRONTOS: somatório de todos os tipos de ataques e exhibições emitidos, exceto a FUGA.

As frequências das categorias comportamentais descritas acima foram analisadas para residente e intruso nos 10 min iniciais (1ª filmagem) e 10 min finais (2ª filmagem) de pareamento. Além disso, foi avaliada a latência para o início das interações agonísticas.

c)- *Gasto Energético*

O gasto energético foi inferido pelo consumo de O_2 , determinado pela diferença de O_2 dissolvido na água entre o início e final do pareamento, como realizado por Alvarenga & Volpato (1995). Para isso, foram feitas duas coletas de água por réplica (500 ml cada) com o auxílio de uma cânula fixada internamente no aquário e conectada a uma seringa localizada externamente. Ambas as coletas foram depositadas em vidro-âmbar e para cada uma foram analisadas 3 amostras de água (100 ml cada), submetidas à determinação da quantidade de O_2 dissolvido feita pelo método químico de Winckler (Tavares, 1995).

Pouco antes da formação das duplas foi feita a primeira coleta de água ($V_{inicial}=27,5L$). Após o pareamento foi colocada uma tela plástica de proteção no aquário para



impedir que os animais subissem à superfície, onde foi depositada uma camada de óleo vegetal para evitar trocas gasosas entre a água e a atmosfera (**Figura 1**).

Terminado o período de 40 min, foi realizada a segunda coleta de água, sendo que parte inicial da água (20 ml) foi desprezada, pois correspondia ao volume que permaneceu na cânula após a primeira coleta. Em seguida, o óleo foi removido para facilitar a retirada dos animais dos aquários. Esses animais foram novamente medidos e pesados, mortos por dose letal de anestésico e dissecados para confirmação do sexo e estágio de desenvolvimento gonadal, por meio de análise macroscópica das gônadas (Babiker & Ibrahim, 1979; Paiva *et al.*, 1988). Os animais foram destinados à determinação do peso seco (Pregnotatto & Pregnotatto, 1985) e, ao final, calculou-se o consumo de O_2 ($mg\ O_2/g$ de tecido seco/40 min).

3)- Análise Estatística

Primeiramente, os valores discrepantes (outliers) foram retirados dos dados brutos e substituídos pelas médias (Tukey, 1977 *apud* Volpato, 2004). A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk e, quando necessário, os valores foram submetidos à normalização $(x + 0,5)^{1/2}$ (Lehner, 1996). A latência para o início dos confrontos e a frequência das unidades comportamentais apresentaram distribuição não normal, sendo, portanto aplicado o teste U de Mann-Whitney. O consumo de O_2 entre os 2 grupos foi comparado por meio do teste t independente. Foi considerado $p = 0,05$ como referência para se atribuir significância estatística, sendo todas as análises baseadas em Zar (1999).

4)- Nota Ética

Este estudo está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEa) da UNESP, Botucatu-SP (protocolo 033/04).



RESULTADOS

A latência para o início dos confrontos foi similar entre os grupos MM e MF (média $\pm$ dp: MM= 27,40 $\pm$ 25,15 s; MF= 14,22 $\pm$ 21,19 s - Mann-Whitney, U= 33,5; p= 0,212). Não foi observada diferença significativa na frequência de interação agonística do residente e intruso nos 10 min iniciais do parâmetro (Mann-Whitney, menor p= 0,344 - Tabela I). Entretanto, nos 10 min finais, a frequência de Contato Indireto foi maior no residente de MF em relação ao de MM (Tabela I). Essa categoria comportamental inclui a Ondulação que também foi maior no residente de MF (Mann-Whitney, U= 6,5; p= 0,001 - Figura 2). Além disso, a frequência de Fuga foi menor no intruso de MF que no de MM (Tabela I).

A maioria dos itens comportamentais diminuiu significativamente do início para o final do período de parâmetro dentro de cada grupo (Wilcoxon, maior p= 0,036), com exceção da Fuga que aumentou no intruso de MM (p= 0,001 - Tabela I). A frequência de Perseguição e Fuga não foi alterada respectivamente entre MM e intruso de MF (p>0,1) - Tabela I).

Não foi observada diferença significativa na frequência de O₂ entre os grupos (média $\pm$ dp: MM= 1,93 $\pm$ 0,54; MF= 1,93 $\pm$ 0,54 - Mann-Whitney, U= 33,5; p= 0,212 - Tabela I).

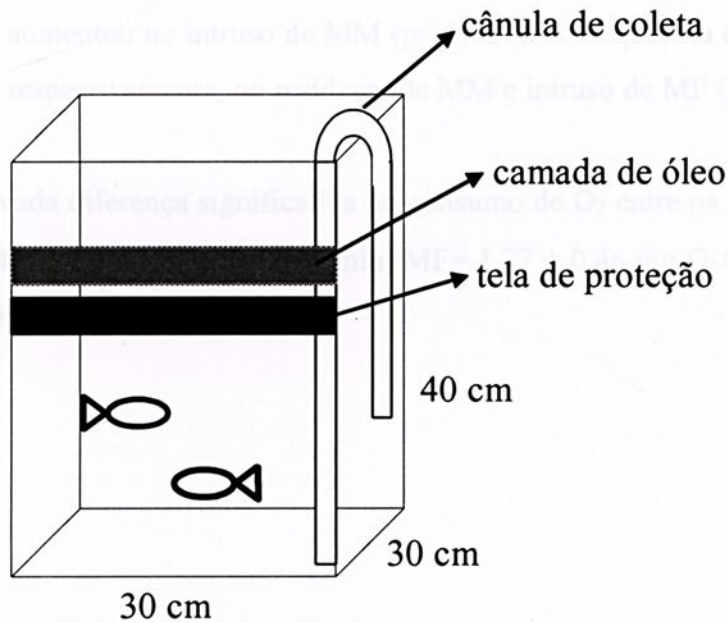


Figura 1: Aquário utilizado para a observação do comportamento e coleta de água.

RESULTADOS

A latência para o início dos confrontos foi similar entre os grupos MM e MF (média ± dp: MM= 27,40 ± 25,15 s; MF= 14,22 ± 21,19 s - Mann-Whitney, U= 33,5; p= 0,212). Não foi observada diferença significativa na frequência da interação agonística do residente e intruso nos 10 min iniciais do pareamento (Mann-Whitney, menor p= 0,344 - **Tabela I**). Entretanto, nos 10 min finais, a frequência de Contato Indireto foi maior no residente de MF em relação ao de MM (**Tabela I**). Essa categoria comportamental inclui a Ondulação que também foi maior no residente de MF (Mann-Whitney, U= 6,5; p= 0,001 - **Figura 2**). Além disso, a frequência de Fuga foi menor no intruso de MF que no de MM (**Tabela I**).

A maioria dos itens comportamentais diminuiu significativamente do início para o final do período de pareamento dentro de cada grupo (Wilcoxon, maior p= 0,036), com exceção da Fuga que aumentou no intruso de MM (p= 0,027). A frequência de Perseguição e Fuga não foi alterada respectivamente, no residente de MM e intruso de MF (p>0,11 - **Tabela I**).

Não foi observada diferença significativa no consumo de O₂ entre os grupos (média ± dp: MM= 1,93 ± 0,54 mg O₂/g tecido seco/40 min; MF= 1,77 ± 0,46 mg O₂/g tecido seco/40 min - teste t independente, t= 0,71; p= 0,49).

Tabela I: Frequência média ($\pm$ desvio padrão) das unidades comportamentais apresentadas pelo residente e intruso das duplas de machos (MM) e mista (MF) nos 10 min iniciais e 10 min finais do pareamento. Os asteriscos indicam diferença significativa entre os grupos (Mann-Whitney- *U= 23,5; p= 0,045; **U= 15,5; p= 0,009).

período	Unidades comportamentais	Residente		Intruso	
		MM	MF	MM	MF
10 min iniciais	Perseguição	0	0	0	0
	Fuga	0,20 $\pm$ 0,42	0	0,44 $\pm$ 0,50	1,89 $\pm$ 4,33
	Exibição	19,20 $\pm$ 9,30	24,30 $\pm$ 12,53	14,56 $\pm$ 7,01	20,90 $\pm$ 15,88
	Contato Indireto	29,90 $\pm$ 13,62	26,80 $\pm$ 5,07	27,10 $\pm$ 13,63	22,30 $\pm$ 12,54
	Contato Direto	23,00 $\pm$ 7,64	22,10 $\pm$ 12,76	19,60 $\pm$ 7,18	15,90 $\pm$ 11,29
	Total	72,30 $\pm$ 25,29	73,50 $\pm$ 21,65	64,40 $\pm$ 26,12	63,60 $\pm$ 30,42
10 min finais	Perseguição	0,30 $\pm$ 0,48	0	0	0
	Fuga	0	0	3,90 $\pm$ 4,33	0,44 $\pm$ 0,96*
	Exibição	7,89 $\pm$ 6,98	5,44 $\pm$ 4,47	2,33 $\pm$ 6,60	0
	Contato Indireto	4,33 $\pm$ 8,07	8,56 $\pm$ 4,00**	6,90 $\pm$ 9,59	0,67 $\pm$ 1,25
	Contato Direto	12,70 $\pm$ 7,60	8,56 $\pm$ 7,80	2,44 $\pm$ 6,91	0
	Total	24,44 $\pm$ 16,89	26,00 $\pm$ 16,84	13,78 $\pm$ 17,24	6,10 $\pm$ 12,64

DISCUSSÃO

Neste estudo sugere-se que os machos de tilápia-do-Nilo não reconhecem imediatamente as fêmeas como um não competidor reprodutivo. Dessa forma, o dispêndio de energia decorrente da interação é muito pouco e é mesmo independente do sexo do oponente.

Como não foi observada diferença entre os grupos MM e MF na latência para o início dos confrontos e na frequência dos ritos agonísticos nos 10 min iniciais (Tabela I), pode-se inferir que o residente não reconhece o sexo do intruso imediatamente. No entanto, nos 10 min finais foram observadas diferenças no comportamento do residente, sendo que a Ondulação foi maior no grupo MF (Figura 2). Essa unidade comportamental pode ser exibida tanto em interações espontâneas quanto durante o contexto reprodutivo, estando relacionada à corte na tilápia-do-Nilo (Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998; Castro, 2004) e em outras espécies de teleostes (Haley, 1987; Jaramulatanee & Jaramulatanee, 2003). Além disso,

fêmeas intrusas passaram menor Fuga que machos intrusos (Tabela I), indicando maior tolerância à aproximação do macho, o que pode ocorrer durante interações de corte. Assim, os resultados sugerem que machos reconhecem fêmeas intrusas em seu território, mas somente após alguma interação (no mínimo 10 min).

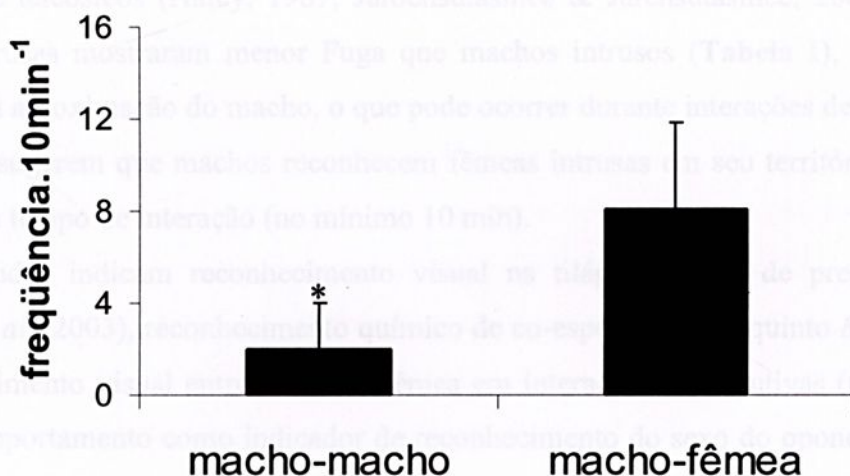
Estes dados indicam reconhecimento visual na tilápia-do-Nilo de predador allopátrico (Barreto et al., 2004), reconhecendo o único de co-especie (Barreto et al., 2004; Castro, 2004). O uso do comportamento de Ondulação para reconhecimento sexual no ciclodepo

por Dufosse-Perré & Loton (1996) que sugerem reconhecimento sexual no ciclodepo

Figura 2: Frequência média ($\pm$ desvio padrão) da Ondulação do residente nos 10 min finais para as duplas de macho-macho e de macho-fêmea. O asterisco indica diferença significativa entre os grupos (Mann-Whitney, $U = 6,5$; $p = 0,001$).

em duplas de animais do mesmo sexo exibem maior frequência de agressão em relação às interações reprodutivas, enquanto que em duplas mistas é observado o contrário. Assim, considera-se viável a interpretação de que o aumento da frequência de Ondulação esteja associado ao reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo.

O reconhecimento sexual tardio na tilápia-do-Nilo pode estar relacionado com a ausência de evidente dimorfismo sexual. Durante o período reprodutivo, machos que possuem território (residentes) apresentam coloração mais brilhante, porém machos não territoriais (intrusos) têm coloração corporal semelhante às fêmeas (Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Nesse caso, um período de avaliação entre os animais, de forma



T. 1348/05

DISCUSSÃO

Neste estudo sugere-se que os machos de tilápia-do-Nilo não reconhecem imediatamente as fêmeas como um não competidor reprodutivo. Dessa forma, o dispêndio de energia decorrente da interação a curto prazo é o mesmo independente do sexo do oponente.

Como não foi observada diferença entre os grupos MM e MF na latência para o início dos confrontos e na frequência dos itens agonísticos nos 10 min iniciais (**Tabela I**), pode-se inferir que o residente não reconhece o sexo do intruso imediatamente. No entanto, nos 10 min finais foram observadas diferenças no comportamento do residente, sendo que a Ondulação foi maior no grupo MF (**Figura 2**). Essa unidade comportamental pode ser exibida tanto em interações agonísticas quanto durante o contexto reprodutivo, estando relacionada à corte na tilápia-do-Nilo (Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998; Castro, 2004) e em outras espécies de teleósteos (Haley, 1987; Jaroensutasinee & Jarensutasinee, 2003). Além disso, fêmeas intrusas mostraram menor Fuga que machos intrusos (**Tabela I**), indicando maior tolerância à aproximação do macho, o que pode ocorrer durante interações de corte. Assim, os resultados sugerem que machos reconhecem fêmeas intrusas em seu território, mas somente após algum tempo de interação (no mínimo 10 min).

Estudos indicam reconhecimento visual na tilápia-do-Nilo de predador alopátrico (Barreto *et al.*, 2003), reconhecimento químico de co-específico (Giaquinto & Volpato, 1997) e reconhecimento visual entre macho e fêmea em interações reprodutivas (Castro, 2004). O uso do comportamento como indicador de reconhecimento do sexo do oponente é sustentado por Balshine-Earn & Lotem (1998) que sugerem reconhecimento sexual no ciclídeo *Neolamprologus brichardi*. Esses autores observaram maior frequência de ataques agressivos do macho em direção a machos vizinhos do que a fêmeas e uma tendência a cortejar mais as fêmeas que os machos. Além disso, Cole *et al.* (1980) mostraram que em *Cichlasoma nigrofasciatum* duplas de animais de mesmo sexo exibem maior frequência de agressão em relação às interações reprodutivas, enquanto que em duplas mistas é observado o contrário. Assim, considera-se viável a interpretação de que o aumento da frequência de Ondulação esteja associado ao reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo.

O reconhecimento sexual tardio na tilápia-do-Nilo pode estar relacionado com a ausência de evidente dimorfismo sexual. Durante o período reprodutivo, machos que possuem território (residentes) apresentam coloração do corpo brilhante, porém machos não territoriais (intrusos) têm coloração corporal semelhante à das fêmeas (Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Nesse caso, um período de interação permitiria avaliação entre os animais, de forma



que após algum tempo o residente possa decidir se mantém a luta, passa a cortejar ou se foge, assim como relatado por Jaroensutasinee & Jarensutasinee (2003) para *Betta splendens*.

Avaliação de características individuais durante interações sociais é bem relatada na literatura (Parker, 1974), incluindo alguns estudos com ciclídeos (ex: Turner & Huntingford, 1986; Beeching, 1992). Além disso, Tinbergen (1972) demonstrou em seu clássico estudo com o esgana-gata (*Gasterosteus aculeatus*) que a resposta inicial do macho no contexto social é lutar com qualquer indivíduo até a percepção do sexo, o que causa a manutenção da luta ou a exibição de corte. Assim, parece que a tilápia-do-Nilo reconhece o sexo do oponente de modo similar ao esgana-gata, porém o reconhecimento demanda mais tempo devido a ausência de evidente dimorfismo sexual.

O gasto energético foi semelhante entre os grupos MM e MF. O consumo de O_2 registrado foi similar ao encontrado para pares de juvenis de tilápia-do-Nilo por Alvarenga & Volpato (1995), que registraram $1,90 \pm 0,14$ mg O_2 /g tecido seco/h. A maior parte do consumo de O_2 pode ser atribuída ao início do pareamento, pois foi observada significativa redução da frequência dos 10 min iniciais para os 10 min finais em quase todas as categorias comportamentais (**Tabela I**). Assim, o semelhante valor médio de consumo de O_2 pode ser explicado devido ao similar perfil agonístico apresentado pelos grupos MM e MF nos 10 min iniciais do pareamento. Outra possível explicação seria a de que o gasto de energia independe do tipo de interação social, ou seja, a interação agonística e a reprodutiva apresentam o mesmo custo energético. De fato, o comportamento reprodutivo, assim como o agressivo, é uma atividade custosa para os peixes (Wootton, 1998). Nesse caso, o custo das interações não seria definido pelo início das interações agonísticas, mas pelas interações sociais como um todo.

Os resultados deste trabalho não suportam a hipótese de que as interações entre machos são energeticamente mais dispendiosas que interações entre macho-fêmea, pelo menos em curto tempo de pareamento. Entretanto, tal efeito do sexo na interação e no gasto energético pode ser observado em situações crônicas de agrupamento (longo prazo), já que o reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo parece não ser imediato.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, L.O.B. & Leboutte, E.M. (1993). Métodos para sexagem visual de alevinos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Anais do IV Encontro Rio-Grandense de Técnicos em Aquicultura, 100-103.
- Alvarenga, C.M.D. & Volpato, G.L. (1995). Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, 57: 75-80.
- Babiker, M.M. & Ibrahim, H. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.*, 14: 437-448.
- Balshine-Earn, S. & Lotem, A. (1998). Individual recognition in a cooperatively breeding cichlid: evidence from video playback experiments. *Behaviour*, 135: 369-386.
- Barreto, R.E., Luchiari, A.C. & Marcondes, A.L. (2003). Ventilatory frequency indicates visual recognition of an allopatric predator in naïve Nile tilapia. *Behav. Process.*, 60: 235-239.
- Beeching, S.C. (1992). Visual assessment of relative body size in a cichlid fish, the oscar, *Astronotus ocellatus*. *Ethology*, 90: 177-186.
- Castro, A.L.S. (2004). Efeitos de estímulos visuais e químicos do sexo oposto na reprodução da tilápia-do-Nilo. Dissertação de Mestrado. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. 35p.
- Chellappa, S. & Huntingford, F.A. (1989). Depletion of energy reserves during reproductive aggression in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J. Fish Biol.*, 35: 315-316.
- Cole, H.W.; Figler, M.H.; Parente, F.J. & Peeke, H.V.S. (1980). The relationship between sex and aggression in convict cichlids (*Cichlasoma nigrofasciatum* Günther). *Behaviour*, 75: 1-21.
- Falter, U. (1983). Les comportements agonistiques de *Sarotherodon niloticus* (Pisces, Cichlidae) et la signification évolutive de l'incubation buccale. *Bull. Cl. Sci.*, 69: 566-593.
- Fernandes, M.O. & Volpato, G.L. (1993). Heterogeneous growth in the Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. *Physiol. Behav.*, 54: 319-323.



- Figler, M.H. & Einhorn, D.M. (1983). The territorial prior residence effect in convict cichlids (*Cichlasoma nigrofasciatum* Günther): temporal aspects of establishment and retention, and proximate mechanisms. *Behaviour*, 85: 157-183.
- Giaquinto, P.C. & Volpato, G.L. (1997). Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, 62: 1333-1338.
- Gonçalves-de-Freitas, E. & Nishida, S.M. (1998). Sneaking behaviour of the Nile tilapia. *B. Téc. CEPTA*, 12: 71-79.
- Gonçalves-de-Freitas, E. (1999). Investimento reprodutivo e crescimento em machos de tilápia-do-Nilo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 44p.
- Grant, J.W.A., Bryant, M.J. & Soos, C.E. (1995). Operational sex ratio, mediated by synchrony of female arrival, alters the variance of male mating success in Japanese medaka. *Anim. Behav.*, 49: 367-375.
- Grantner, A. & Taborsky, M. (1998). The metabolic rates associated with resting, and with the performance of agonistic, submissive and digging behaviours in the cichlid fish *Neolamprologus pulcher* (Pisces: Cichlidae). *J. Comp. Physiol. B*, 168: 427-433.
- Haley, M. (1987). Pair formation in the Texas cichlid, *Cichlasoma cyanoguttatum* (Baird and Girard). *Biol. Behav.*, 12: 177-185.
- Haller, J. & Wittenberger, C. (1988). Biochemical energetics of hierarchy formation in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, 43: 447-450.
- Haller, J. (1994). Biochemical costs of a three day long cohabitation in dominant and submissive male *Betta splendens*. *Aggressive Behav.*, 20: 369-378.
- Jaroensutasinee, M. & Jaroensutasinee, K. (2003). Type of intruder and reproductive phase influence male territorial defence in wild-caught Siamese fighting fish. *Behav. Process.*, 64: 23-29.
- Lehner, P.N. (1996). *Handbook of Ethological Methods*. Cambridge University Press, United Kingdom, 672p.
- Lowe-McConnell, R. (1958). Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné in east Africa waters (Pisces: Cichlidae). *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 57: 129-170.
- Maynard-Smith, J. & Parker, G.A. (1976). The logic of asymmetric contest. *Anim. Behav.*, 24: 159-175.



- Neat, F.C., Taylor, A.C. & Huntingford, F.A. (1998). Proximate costs of fighting in male cichlid fish: the role of injuries and energy metabolism. *Anim. Behav.*, 55: 875-882.
- Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1996). Dominance hierarchies and social structure in captive groups of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Teleostei Cichlidae). *Ethol. Ecol. Evol.*, 8: 39-55.
- Paiva, P.; Verani, J.R.; Mainardes-Pinto, C.S.R. & Tabata, Y.A. (1988). Studies on the growth and reproduction in the cichlid *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) in a earthen pond. *B. Inst. Pesca*, 15: 109-114.
- Parker, G.A. (1974). Assessment strategy and the evolution of fighting behaviour. *J. Theor. Biol.*, 47: 223-243.
- Pregolatto, W. & Pregolatto, N.P. (1985). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Físicos e Químicos para Análise de Alimentos. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 533p.
- Tavares, L.H.S. (1995). Limnologia Aplicada à Aqüicultura. FUNEP, Jaboticabal, 70p.
- Tinbergen, N. (1972). Social Behaviour in Animals. Chapman and Hall, London, 150p.
- Turner, G.F. & Huntingford, F.A. (1986). A problem for game theory analysis: assessment and intention in male mouth brooder contest. *Anim. Behav.*, 34: 961-970.
- Volestad, L.A. & Quinn, T.P. (2003). Trade-off between growth rate and aggression in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Anim. Behav.*, 66: 561-568.
- Volpato, G.L. & Fernandes, M.O. (1994). Social control of growth in fish. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 27: 797-810.
- Volpato, G.L. & Barreto, R.E. (2001). Environmental blue light prevents stress in Nile tilapia. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 34: 1041-1045.
- Volpato, G.L.; Duarte, C.R.A. & Luchiari, A.C. (2004). Environmental color affects Nile tilapia reproduction. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 37: 479-483.
- Volpato, G.L. (2004). Ciência: da Filosofia à Publicação. Tipomic, Botucatu, 4ª edição, 233p.
- Wootton, R.J. (1998). Ecology of Teleost Fishes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 386p.



Yamamoto, M.E., Chellappa, S., Cacho, M.S.R.F. & Huntingford, F.A. (1999). Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. J. Fish Biol., 55: 888-891.

Zar, J. (1999). Biostatistical Analyses. Printice Hall, New Jersey, 663p.

A INTERFERÊNCIA DA COMPOSIÇÃO SEXUAL
DO GRUPO NA INTERAÇÃO SOCIAL E NO
GASTO ENERGÉTICO DA TILÁPIA-DO-NILO,
Oreochromis niloticus (L.)



A INTERFERÊNCIA DA COMPOSIÇÃO SEXUAL DO GRUPO NA INTERAÇÃO SOCIAL E NO GASTO ENERGÉTICO DA TILÁPIA-DO-NILO, *Oreochromis niloticus* (L.)



RESUMO

Foi investigado o efeito da composição sexual do grupo nas interações agonísticas e no gasto energético da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Para isso, foram testados animais em jejum em duas condições monossexuais (4 machos e 4 fêmeas) e uma mista (2 machos com duas fêmeas), todos adultos e de tamanhos semelhantes. Os animais foram agrupados por 11 dias, registrando-se os tipos de interação agonística no segundo, sexto e décimo dias de experimentação (15 min/dia). Foi determinado também o gasto energético em cada condição por meio da perda de peso dos animais. O grupo misto apresentou maior frequência de interações totais, maior número de Exibição e maior estabilidade hierárquica que os grupos monossexuais. Todos os animais utilizados estavam aptos à reprodução, o que foi confirmado pela análise macroscópica das gônadas, presença de ninho e índice gonadossomático. Não houve diferença na taxa de crescimento entre as condições, porém foi observada correlação entre a perda de peso e o Contato Direto somente no grupo misto. Assim, pode-se concluir que a composição sexual do grupo afeta a interação e a estabilidade social da tilápia-do-Nilo. Embora o gasto energético médio tenha sido semelhante entre os grupos, o perfil de interação agonística modula o gasto energético apenas no grupo misto, efeito provavelmente associado ao investimento reprodutivo.

composição sexual do grupo no componente motor de interações agressivas de uma espécie de peixe, tilápia-do-Nilo, Oreochromis niloticus (L.)

Outro parâmetro a investigar é o gasto energético que está provavelmente relacionado com a intensidade da interação agonística em peixes (Chellapp & Huntingford, 1989; Volletad & Ojima, 2003). De modo geral, os conflitos são mais frequentes quando a competição pelo recurso limitado é maior (Grant et al., 1973) e quando a habilidade competitiva é semelhante entre os combatentes (Maynard-Smith & Parker, 1976). De fato, machos e fêmeas de *Protophyllum aureum* atacam com mais frequência indivíduos de mesmo sexo, pois estes representam potenciais rivais (Yamamoto et al., 1999). De modo geral, o gasto energético pode ser maior em disputas entre animais de mesmo sexo do que entre animais de sexo oposto.

Cum relação ao gasto energético, não foram observadas diferenças decorrentes do sexo de opostos em interações a curto prazo (40 min) em dapias de tilápia-do-Nilo (Capitão et al., 2005). Este resultado foi atribuído ao não reconhecimento de sexo entre os animais. Porém, espera-se que a longo prazo (11 dias), período suficiente para o reconhecimento entre os



INTRODUÇÃO

Em ciclídeos, os confrontos são usados na defesa territorial e no estabelecimento da hierarquia de dominância (Baerends & Baerends Van Roon, 1950). Nesse grupo, como nos vertebrados em geral, o dominante tem prioridade de acesso a recursos limitados, como alimento, território e parceiros para o acasalamento (Huntingford & Turner, 1987; Ridley, 1995). As disputas são energeticamente dispendiosas (Alvarenga & Volpato, 1995; Vollestad & Quinn, 2003) e, segundo Johnsson (1997), são atenuadas quando a hierarquia de dominância é estável.

A intensidade e a duração das interações agonísticas em ciclídeos podem ser influenciadas por diversos fatores, dentre eles o sexo do animal. Holder *et al.* (1991), por exemplo, demonstraram que os machos de *Cichlasoma citrinellum* apresentam interação agonística intra-sexual mais freqüente e variável que as fêmeas. Balshine-Earn & Lotem (1998) observaram que os machos de *Neolamprologus brichardi* exibem mais corte e menos postura de submissão do que as fêmeas. Segundo Oliveira & Almada (1996a), machos de *Oreochromis mossambicus* são mais agressivos que as fêmeas. No entanto, não foram encontradas pesquisas considerando a interação social de grupos em diferentes razões sexuais. Assim, no presente estudo procurou-se avaliar o efeito da composição sexual do grupo no componente motor de interações agressivas de uma espécie de ciclídeo, tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.).

Outro parâmetro a investigar é o gasto energético que está positivamente relacionado com a intensidade da interação agonística em peixes (Chellapa & Huntingford, 1989; Vollestad & Quinn, 2003). De modo geral, os confrontos são mais intensos quando a competição pelo recurso limitado é maior (Grant *et al.*, 1995) e/ou quando a habilidade competitiva é semelhante entre os combatentes (Maynard-Smith & Parker, 1976). De fato, machos e fêmeas de *Pterophyllum scalare* atacam com maior freqüência intrusos de mesmo sexo, pois estes representam potenciais rivais (Yamamoto *et al.*, 1999). Dessa forma, o gasto energético pode ser maior em disputas entre animais de mesmo sexo do que entre animais de sexo oposto.

Com relação ao gasto energético, não foram observadas diferenças decorrentes do sexo do oponente em interações a curto prazo (40 min) em duplas de tilápia-do-Nilo (Capítulo I). Esse resultado foi atribuído ao não reconhecimento do sexo entre os animais. Porém, espera-se que a longo prazo (11 dias), período suficiente para o reconhecimento entre os



indivíduos (Giaquinto & Volpato, 1997), o sexo do oponente interfira na interação agonística e no gasto energético do grupo.

Assim, neste estudo foi investigado o efeito da composição sexual do grupo nas interações sociais e a relação desses parâmetros com o gasto energético na tilápia-do-Nilo. Para isso, foram avaliados o comportamento, a estabilidade social e a taxa de crescimento de grupos formados apenas por machos, apenas por fêmeas e por ambos os sexos.

1)- Delineamento Experimental

Os peixes foram distribuídos nos três experimentos quanto à composição sexual dos grupos. MM= 4 machos, FF= 4 fêmeas e IF= 2 machos e 2 fêmeas, com 10 réplicas para cada grupo. Os animais foram observados nos décimo segundo, sexto e décimo dias após a composição do grupo para observação das interações agonísticas e estabelecimento hierárquico. O gasto energético foi avaliado por taxa de crescimento dos indivíduos, medida entre a formação do grupo e o início da observação (11º dia).

2)- Procedimentos Específicos

a)- Montagem dos grupos

Os animais foram mantidos em grupos de 4 indivíduos por 11 dias. Não foram utilizadas cópias, pois, em longo período de acompanhamento, geralmente um dos peixes morria devido aos conflitos (Conçalves, 1991). Já em grupos maiores (4 indivíduos) os ataques são distribuídos entre os animais aumentando a probabilidade de sobrevivência (Kakimami, 1990).

Para as manipulações de sexagem, marcação individual e pesagens, os animais foram previamente anestesiados com benzocaina (2,50%). A sexagem foi feita por inspeção da papila genital corada com azul de metileno (Adams & Lebrute, 1993) e, posteriormente, conferida por exame macroscópico dos animais no final do experimento (peixes mortos com dose letal de anestésico).

Os comprimentos padrões e pesos médios dos peixes em cada condição experimental foram, respectivamente: MM= $8,98 \pm 0,32$ cm e $26,43 \pm 5,05$ g; MF= $9,12 \pm 0,71$ cm e $27,32 \pm 5,92$ g; e IF= $9,25 \pm 0,35$ cm e $27,79 \pm 3,49$ g (n=40). Os grupos foram formados por animais de famílias similares para se evitar efeito promovido do tamanho nos resultados (one-way ANOVA, $p_{fam} = 0,947$ e $p_{pes} = 0,473$).



MATERIAL E MÉTODOS

Adultos de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), criados em cativeiro, foram mantidos em caixas de cimento amianto (500L, 1animal/5L) por, no mínimo, 15 dias antes de serem utilizados nos experimentos. Nessas condições a temperatura da água foi mantida em torno de 25°C, o fotoperíodo foi controlado para 12 h de luz (07:00 h às 19:00 h) e a aeração suprida constantemente. As tilápias foram alimentadas com ração comercial para peixes tropicais (28% de proteína) oferecida em excesso duas vezes ao dia (início da manhã e final da tarde).

1)- Delineamento Experimental

Os peixes foram distribuídos em três condições quanto à composição sexual dos grupos: MM= 4 machos; FF= 4 fêmeas; e MF= 2 machos e duas fêmeas, com 10 réplicas para cada grupo. Os animais foram filmados (15 min/tarde) no segundo, sexto e décimo dias após a composição do grupo para observação das interações agonísticas e estabelecimento hierárquico. O gasto energético foi inferido pela taxa de crescimento dos indivíduos, medida entre a formação do grupo e o último dia de experimentação (11º dia).

2)- Procedimentos Específicos

a)- Montagem dos grupos

Os animais foram mantidos em grupos de 4 indivíduos por 11 dias. Não foram utilizadas duplas, pois, em longo período de agrupamento, geralmente um dos peixes morre devido aos confrontos (Gonçalves, 1993). Já em grupos maiores (4 indivíduos) os ataques são distribuídos entre os animais aumentando a probabilidade de sobrevivência (Kakinami, 1990).

Para as manipulações de sexagem, marcação individual e pesagens, os animais foram previamente anestesiados com benzocaína (2:5000). A sexagem foi feita por inspeção da papila genital corada com azul de metileno (Afonso & Lebouté, 1993) e, posteriormente conferida por exame macroscópico das gônadas no final do experimento (peixes mortos com dose letal de anestésico).

Os comprimentos padrões e pesos médios dos peixes em cada condição experimental foram, respectivamente: MM= $8,98 \pm 0,52\text{cm}$ e $26,43 \pm 5,05\text{g}$; MF= $9,12 \pm 0,71\text{cm}$ e $27,32 \pm 5,99\text{g}$; e FF= $9,25 \pm 0,35\text{cm}$ e $27,76 \pm 3,44\text{g}$ ($n=40$). Os grupos foram formados por animais de tamanhos similares para se evitar efeito pronunciado do tamanho nos resultados (one-way ANOVA, $p_{\text{comp}} = 0,947$ e $p_{\text{peso}} = 0,473$).



Foram utilizados aquários de vidro (60x60x40cm) revestidos nas laterais (exceto face frontal) com plástico opaco azul, propiciando melhor bem-estar aos peixes (Volpato & Barreto, 2001; Volpato *et al.*, 2004) e evitando contato visual entre animais de aquários vizinhos. A temperatura da água foi controlada em 27°C, o fotoperíodo em 12 h de luz (07:00 h às 19:00 h) e a qualidade da água foi mantida com filtro biológico, aeração constante e controle de pH (~7,5) e amônia (0,0 ppm).

b)- Interação Agonística

A quantificação das interações foi feita pela frequência das unidades comportamentais do etograma descrito abaixo, baseado em Falter (1983) e Alvarenga & Volpato (1995).

PERSEGUIÇÃO: um animal nada em direção ao outro, acompanhando sua trajetória.

FUGA: caracteriza-se por natação rápida do animal perseguido ou atacado, distanciando-se do oponente.

AMEAÇA: animal se aproxima do oponente com a boca aberta, preparando-se para uma mordida lateral, mas seu oponente foge antes de ser atacado.

AMEAÇA LATERAL SIMULTÂNEA: caracterizado pelo nado em trajetória circular dos 2 animais, geralmente com as nadadeiras eriçadas. É mais lento que perseguição e fuga.

AMEAÇA PERPENDICULAR: um indivíduo fica no centro do aquário enquanto o outro nada ao seu redor, em trajetória circular. O animal do centro mantém os olhos voltados para o oponente, acompanhando sua trajetória, porém mantendo-se no centro do círculo.

TREMOR: animal treme rapidamente o corpo.

ONDULAÇÃO: animal ondula vigorosamente o corpo no sentido ântero-posterior.

CONFRONTO PARALELO: dois animais posicionam-se lado a lado, voltados para o mesmo sentido ou em sentidos opostos. Ondulam simultaneamente o corpo, sem que ocorra contato físico.

CONFRONTO FRONTAL: dois animais se aproximam frontalmente, justapõem as mandíbulas com a boca aberta e se “empurram”, ondulando vigorosamente a região caudal do corpo.

CONFRONTO LATERAL: um animal se aproxima de outro e ataca a região lateral do oponente com mordidas ou golpes com a boca aberta.



Como a frequência de algumas unidades comportamentais foi baixa, dificultando as análises estatísticas, os padrões agonísticos foram agrupados em 6 categorias:

1)- PERSEGUIÇÃO: permaneceu igual; 2)- FUGA: mesma definição anterior; 3)- EXIBIÇÃO: sinalizações que incluem Ameaça, Ameaça Lateral Simultânea, Ameaça Perpendicular e Tremor; não há contato físico entre os animais; 4)- CONTATO FÍSICO INDIRETO: inclui Ondulação e Paralelo que afetam o oponente de maneira indireta, pois, segundo Falter (1983), causam deslocamento de massa de água, estimulando a percepção sensorial dos peixes por meio da linha lateral; 5)- CONTATO FÍSICO DIRETO: confrontos Frontais e/ou Laterais, ambos atingindo diretamente o corpo do oponente; 6)- TOTAL DE CONFRONTOS: somatório de todos os tipos de ataques e exhibições emitidos, exceto a FUGA.

c)- *Relações Hierárquicas*

A relação hierárquica entre os animais de cada grupo foi avaliada por um índice de dominância (ID) que corresponde à proporção do número de ataques emitidos em relação à somatória de ataques emitidos e recebidos por cada animal (Gómez-Laplaza & Morgan, 1993; Oliveira & Almada, 1996a; Bailey *et al.*, 2000). A estabilidade hierárquica das réplicas de cada grupo foi avaliada por correlação (Spearman) entre o ID do segundo e sexto dias e entre o ID do sexto e décimo dias de observação para cada animal do grupo. A hierarquia foi considerada estável quando o r de Spearman da primeira correlação (entre o segundo e sexto dias) foi igual ou superior a 0,8 (Oliveira & Almada, 1996b utilizaram $r \geq 0,7$ para *Oreochromis mossambicus*), permanecendo constante ou aumentando na correlação do ID entre o sexto e décimo dias.

d)- *Gasto Energético*

Foi determinado a partir da taxa de crescimento específico (TCE), obtida como $[\ln Pf - \ln Pi / \Delta t] \cdot 100$, onde Pi = peso inicial do animal, Pf = peso final do animal e Δt = 11 dias. Os animais foram mantidos em jejum para que a competição alimentar não interferisse nessas avaliações e, portanto a TCE indicou a taxa de perda de peso do grupo.

3)- *Análise Estatística*

Inicialmente os dados foram analisados para detectar valores discrepantes (outliers) (Tukey, 1977 *apud* Volpato, 2004). As frequências dos confrontos não apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e foram normalizadas por meio da transformação $(x + 0,5)^{1/2}$ (Lehner, 1996). Todos os dados foram analisados por ANOVA e, quando



necessário, complementada por LSD (Teste de Mínima Diferença Significativa) para comparações múltiplas e agrupamento paramétrico das médias (Zar, 1999). As correlações entre a perda de peso e as interações agonísticas foram calculadas pelo teste de Spearman, considerando-se a soma dos confrontos nos 3 dias de observação. A estabilidade hierárquica entre os grupos foi comparada pelo teste de proporções de Goodman (Zar, 1999). Foi considerado $\alpha = 0,05$ para significância estatística.

4)- Nota Ética

Este estudo está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEA) da UNESP, Botucatu-SP (protocolo 033/04).



RESULTADOS

Interação Agonística

Considerando a somatória das interações nos três períodos de observação, as frequências de Perseguição, Exibição e Total de confrontos apresentaram diferenças entre os grupos (one-way ANOVA; $p<0,05$ - **Figura 1**). Não houve diferença nas variáveis Fuga, Contato Indireto, Contato Direto (**Figura 1A**) e no Total de confrontos quando retirada a Exibição (**Figura 1B**).

A maioria das réplicas de MM e FF apresentou hierarquia de dominância instável, porém o grupo MF apresentou hierarquia estável na maioria dos casos (Teste de Goodman, $p<0,05$ - **Tabela I**).

Gasto Energético

Não houve diferença significativa na TCE entre os grupos (MM: $-0,996 \pm 0,225 \%$. dia^{-1} ; MF: $-0,910 \pm 0,292 \%$. dia^{-1} e FF: $-0,849 \pm 0,304 \%$. dia^{-1} - one-way ANOVA, $F_{(2,27)}=0,717$; $p=0,497$). No entanto, no grupo MF houve correlação positiva entre a perda de peso e o Contato Direto (Spearman, $R=0,707$; $p=0,022$). Nas demais condições (MM e FF) não houve nenhuma correlação entre o gasto energético e o comportamento (Spearman, $p>0,05$) (**Figura 2**).



Figura 1: Frequência média ($\pm$ desvio padrão) das unidades comportamentais apresentadas pelos grupos de machos (MM), de fêmeas (FF) e misto (MF), considerando a soma dos 3 períodos de observação (45 min) (one-way ANOVA, completada com teste LSD; $p<0,05$). O asterisco e as letras diferentes indicam diferença estatística, mas valores acompanhados de pelo menos uma mesma letra são semelhantes entre si. NS: não significativo.

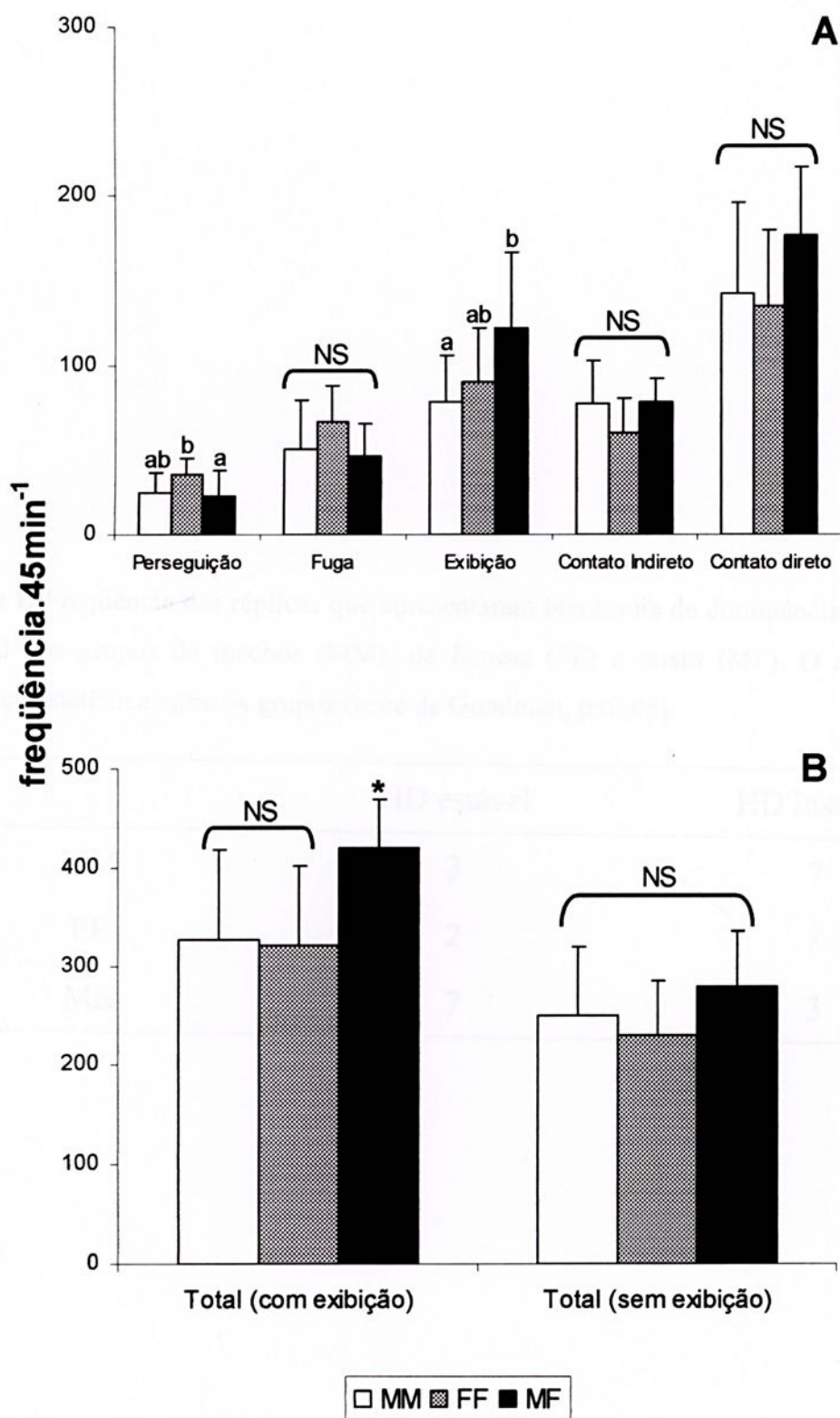


Figura 1: Frequência média ($\pm$ desvio padrão) das unidades comportamentais apresentadas pelos grupos de machos (MM), de fêmeas (FF) e misto (MF), considerando a soma dos 3 períodos de observação (45 min) (one-way ANOVA, completada com teste LSD; $p < 0,05$). O asterisco e as letras diferentes indicam diferença estatística, mas valores acompanhados de pelo menos uma mesma letra são semelhantes entre si. NS: não significativo.

Tabela I: Frequência das réplicas que apresentaram hierarquia de dominância (HD) estável e instável nos grupos de machos (MM), de fêmeas (FF) e misto (MF). O asterisco indica diferença estatística entre os grupos (teste de Goodman, $p < 0,05$).

	HD estável	HD instável
MM	3	7
FF	2	8
MF*	7	3

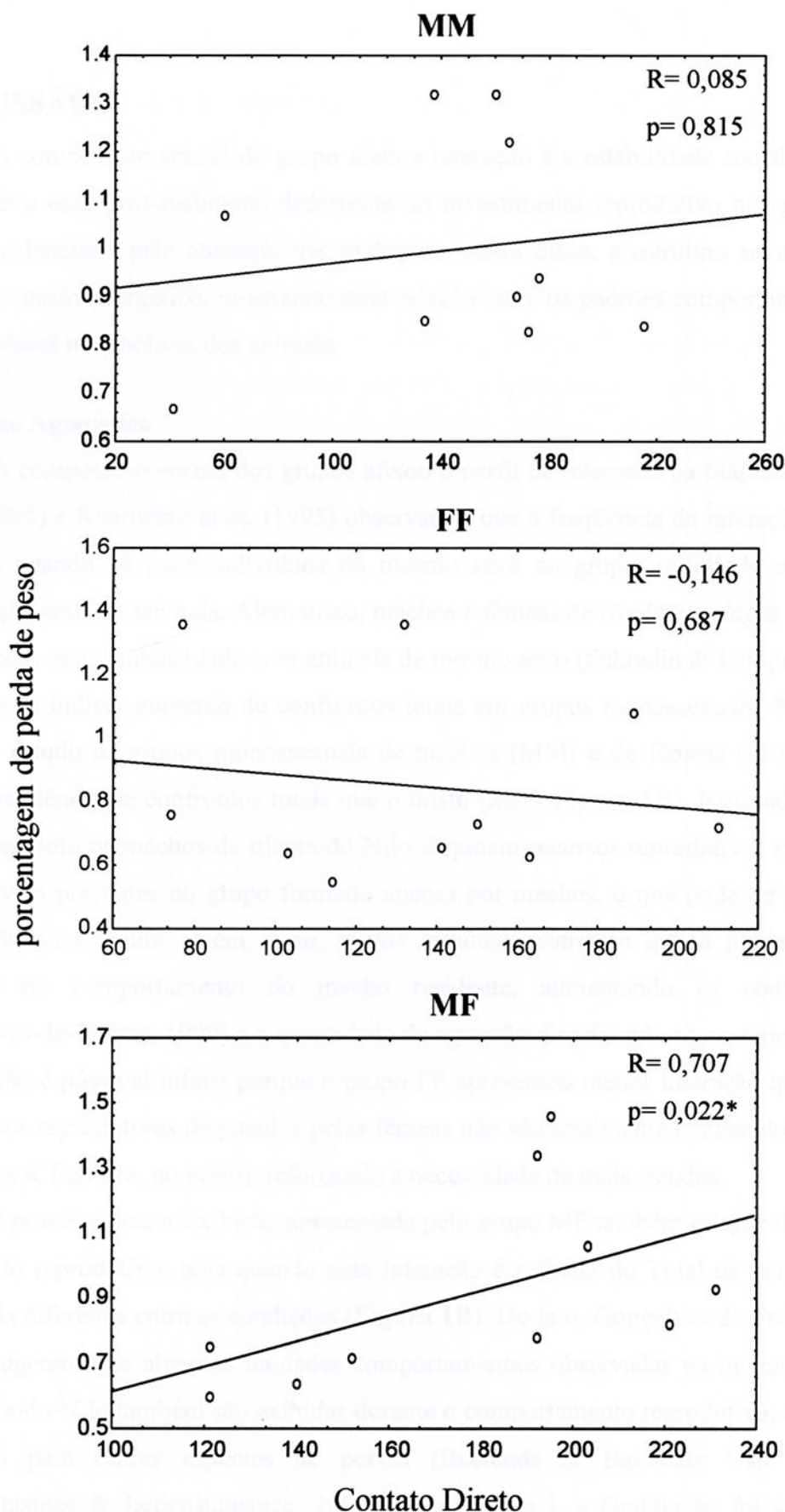


Figura 2: Correlação de Spearman entre a porcentagem de perda de peso e o Contato Direto (soma dos 3 períodos de observação) nos grupos de machos (MM), de fêmeas (FF) e misto (MF). O asterisco indica correlação significativa.

DISCUSSÃO

A composição sexual do grupo afeta a interação e a estabilidade social na tilápia-do-Nilo, efeito esse provavelmente decorrente do investimento reprodutivo nos grupos mistos, sendo evidenciado pelo aumento das exibições. Além disso, a estrutura sexual dos grupos modula o gasto energético, mostrando uma relação entre os padrões comportamentais sociais e as respostas metabólicas dos animais.

Interação Agonística

A composição sexual dos grupos afetou o perfil de interação na tilápia-do-Nilo. Grant *et al.* (1995) e Kvarnemo *et al.* (1995) observaram que a frequência da interação intra-sexual aumenta quando há mais indivíduos do mesmo sexo no grupo, refletindo o alto grau de competição entre os animais. Além disso, machos e fêmeas de *Neolamprologus multifasciatus* brigam com maior intensidade com animais de mesmo sexo (Schradin & Lamprecht, 2000), o que poderia indicar aumento de confrontos totais em grupos monossexuais. No entanto, no presente estudo os grupos monossexuais de machos (MM) e de fêmeas (FF) apresentaram menor frequência de confrontos totais que o misto (MF - **Figura 1B**). Isso pode ter ocorrido porque, embora os machos de tilápia-do-Nilo disputem recursos reprodutivos (fêmeas), esses não estavam presentes no grupo formado apenas por machos, o que pode ter gerado menor motivação para a luta. Além disso, outros estudos mostraram que a presença da fêmea interfere no comportamento do macho residente, aumentando os confrontos totais (Gonçalves-de-Freitas, 1999) e a quantidade de agressão direcionada ao co-específico (Leiser, 2003). Não é possível inferir porque o grupo FF apresentou menor interação que o MF, pois os recursos reprodutivos disputados pelas fêmeas não são totalmente conhecidos (Gonçalves-de-Freitas & Ferreira, no prelo), reforçando a necessidade de mais estudos.

É provável que a Exibição apresentada pelo grupo MF também esteja relacionada com o contexto reprodutivo, pois quando essa interação é retirada do Total de confrontos não é observada diferença entre as condições (**Figura 1B**). De fato, Gonçalves-de-Freitas e Nishida (1998) sugerem que algumas unidades comportamentais observadas na interação agonística em tilápia-do-Nilo também são exibidas durante o comportamento reprodutivo, como também mostrado para outras espécies de peixes (Baerends & Baerends Van Roon, 1950; Jaroensutasinee & Jaroensutasinee, 2003). No Capítulo I, a Ondulação foi sugerida como comportamento reprodutivo e, conseqüentemente, como indicativo de reconhecimento sexual. Neste estudo, não houve diferença dessa interação considerando-a dentro de Contato Indireto ou individualmente ($p=0,073$), contudo a Exibição (maior no grupo MF comparado ao MM)



envolve unidades comportamentais como Tremor (“quivering”) e Ameaça Lateral Simultânea (“circling”) que também são consideradas parte do repertório reprodutivo em ciclídeos (Cole *et al.*, 1980; Oliveira & Almada, 1998). Além disso, foi observada menor frequência de Perseguição no grupo misto em relação ao grupo de fêmeas (**Figura 1A**). Esse resultado, juntamente com o indicativo da relação entre a Exibição e o contexto reprodutivo, sugere que no grupo misto a interação reprodutiva substituiu comportamentos de interação agonística. De fato, todos os grupos eram compostos por indivíduos adultos, o que foi confirmado por análise macroscópica das gônadas, presença de ninhos e Índice Gonadossomático, sendo que este último indica o estágio de desenvolvimento gonadal (Babiker & Ibrahim, 1979).

Embora a montagem dos grupos tenha sido baseada em inspeção de características sexuais secundárias exibidas externamente, ressalta-se que todas essas análises foram confirmadas ao final do estudo por meio de inspeção macroscópica das gônadas, característica essa que é facilmente detectada e valida as observações realizadas. Macroscopicamente as gônadas das fêmeas eram amareladas, ricamente vascularizadas e com oócitos visíveis e distintos (Babiker & Ibrahim, 1979; Paiva *et al.*, 1988). No caso dos machos, as gônadas estavam com coloração esbranquiçada, espessas e distendidas (Babiker & Ibrahim, 1979). Essas descrições indicam que os animais utilizados estavam adultos.

Foi observada construção de ninho nos 3 grupos experimentais, o que indica prontidão para a reprodução (McBay, 1961). Um fato que merece destaque é a constatação de ninhos em grupos monossexuais de fêmeas, pois, de acordo com Lowe-McConnel (1958), apenas os machos de tilápia-do-Nilo constroem ninhos. No entanto, Gonçalves-de-Freitas & Nishida (1998) observaram que depois de construído o ninho pelo macho, a fêmea contribui para o aumento do seu tamanho final, retirando substrato do ninho com a boca. Além disso, Castro (2004) observou que fêmeas isoladas dessa espécie também são capazes de construir ninho, refletindo a plasticidade do seu comportamento reprodutivo (Duponchelle & Legendre, 2001).

Com o presente estudo, sugere-se que a constituição sexual do grupo é um fator que interfere na estabilidade da hierarquia de dominância (**Tabela I**). Johnsson (1997) constatou que a estabilidade social diminui os níveis de agressão em *Oncorhynchus mykiss*, reforçando o pressuposto de que o maior número de interações totais observado no grupo MF (**Figura 1B**) está mais relacionado com a reprodução do que com o contexto agonístico.

A instabilidade hierárquica é energeticamente custosa aos animais, pois pode aumentar o estresse social que, segundo Alvarenga e Volpato (1995) e Fox *et al.* (1997), depende não somente da posição social dos indivíduos, mas também da estabilidade da comunidade. Alberts *et al.* (1992) observaram que o nível de cortisol em primatas aumenta em sistemas



hierárquicos instáveis, representando condição de alto gasto energético uma vez que o cortisol é um hormônio preponderante para atividades catabólicas (Wendelaar-Bonga, 1997). Variações na estabilidade social podem produzir mudanças no nível de cortisol também em peixes (Pottinger & Pickering, 1992; Fox *et al.*, 1997) e o aumento desse hormônio pode reduzir o crescimento (Barton *et al.*, 1987; Wendelaar-Bonga, 1997). Zayan (1991) considera que a alternância de dominância e, portanto, a instabilidade social, é um estressor psicológico, podendo afetar o bem-estar dos animais. Assim, por apresentar maior estabilidade, a formação de grupos mistos proporciona melhores condições aos animais.

Gasto Energético

A TCE é um parâmetro amplamente utilizado para inferir gasto energético em peixes (Gonçalves-de-Freitas, 1999; Volestad & Quinn, 2003). Esse método foi aplicado adequadamente no presente estudo, visto que a TCE das tilápias em 11 dias de jejum do experimento foi da ordem de $-0,918 \pm 0,074 \% \cdot \text{dia}^{-1}$ ($n=30$), semelhante à encontrada por Barreto *et al.* (2003) para *Oreochromis niloticus* e por Uchida *et al.* (2003) para *O. mossambicus* em jejum. A estratégia de manter os animais em jejum evitou que elementos de competição alimentar interferissem, uma vez que não se consegue medir cronicamente a ingestão alimentar individual de animais em agrupamento (Volpato & Fernandes, 1994). Além disso, de acordo com Gonçalves-de-Freitas (1999), a ingestão de alimento repõe energia em machos de tilápia-do-Nilo, podendo manter o crescimento, apesar do gasto com interações agressivas e reprodutivas.

Uma vez que as interações e a estabilidade social foram afetadas pela composição sexual dos grupos e que esses efeitos podem ter consequências metabólicas nesses animais, esperava-se que resultassem em alterações na taxa de crescimento (TCE) dos indivíduos. De fato, Alvarenga e Volpato (1995) demonstraram que existem associações significativas entre o perfil agonístico e o metabolismo em juvenis de tilápia-do-Nilo, concluindo que na determinação da taxa metabólica individual a história de confrontações no grupo é fator preponderante em relação ao status social dos animais. No entanto, no presente estudo, não houve diferença significativa na TCE média, indicando que grupos formados por animais de mesmo sexo apresentam gasto energético semelhante ao de grupos mistos.

As interações sociais mais frequentes no grupo MF poderiam resultar em maior gasto de energia. Entretanto, o significado dessas interações pode variar dependendo do sexo dos oponentes no grupo. Por exemplo, a interação entre machos na tilápia-do-Nilo tem função de defesa de recursos reprodutivos, afastando os indivíduos do território. No entanto, as



interações agressivas entre machos e fêmeas também ocorrem para introduzir as fêmeas no sítio de acasalamento (Gonçalves-de-Freitas & Nishida, 1998). Além disso, neste estudo o aumento das interações foi marcado por exibições (“displays”) que são comportamentos que envolvem baixo custo de energia (Haller & Wittenberger, 1988; Alvarenga & Volpato, 1995). Assim, embora a atividade motora tenha aumentado na presença do sexo oposto, o significado pode ser diferente e não se refletir em maior gasto energético. Além disso, o grupo misto apresentou maior estabilidade hierárquica que os grupos monossexuais, o que é menos dispendioso, já que a instabilidade social é um estressor psicológico para os animais (Zayan, 1991).

Maior crescimento dos machos em relação ao das fêmeas é muito comum em ciclídeos (Lowe-McConnell, 1958; Paiva *et al.*, 1988), sendo essas diferenças relacionadas a fatores genéticos (Fryer & Iles, 1972) e hormonais (Toguyeni *et al.*, 1996). Porém, neste estudo a TCE não indica ganho e sim perda de peso. Assim, pode-se sugerir que existam diferenças entre os sexos na quantidade de energia obtida, mas não na velocidade de perda energética. Barreto *et al.* (2003) e Uchida *et al.* (2003) observaram, em *Oreochromis niloticus* e *Oreochromis mossambicus* respectivamente, que a TCE entre machos e fêmeas durante jejum não difere. A semelhante perda de peso entre os grupos de machos e fêmeas registrada neste estudo pode ser explicada pelo padrão comportamental, pois a somatória total de interações e a estabilidade social foram similares entre essas duas condições (**Figura 1B**).

A correlação positiva entre a perda de peso e o Contato Direto no grupo MF indica que o maior número dessas interações foi associado às maiores taxas de perda de peso (**Figura 2**). Essa constatação demonstra claramente que, embora não tenha sido observada diferença na TCE média entre as condições, a composição do grupo afeta a relação entre os componentes motores do comportamento e gasto energético. No entanto, o entendimento do tipo específico de efeito requer mais estudos. A falta de correlação entre a perda de peso e a interação observada nos grupos MM e FF indica que nesses grupos o gasto energético independe do perfil comportamental apresentado. Dessa forma, os resultados obtidos mostram que o tipo de interação modula o gasto energético somente quando os grupos são formados por indivíduos de ambos os sexos.

Embora a hipótese inicial tenha sido negada, os resultados deste estudo deixam evidente que a constituição sexual do grupo interfere na interação social e na modulação do gasto energético da tilápia-do-Nilo. Isso reflete a composição mais natural no grupo misto, onde o recurso reprodutivo (fêmea) está presente, ao passo que em situações artificiais (grupos monossexuais) o padrão do comportamento social pode ser alterado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, L.O.B. & Leboutte, E.M. (1993). Métodos para sexagem visual de alevinos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Anais do IV Encontro Rio-Grandense de Técnicos em Aquicultura, 100-103.
- Alberts, S.C.; Altmann, J. & Sapolsky, R.M. (1992). Behavioral, endocrine, and immunological correlates of immigration by an aggressive male into a nature primate group. *Horm. Behav.*, 26: 163-173.
- Alvarenga, C.M.D. & Volpato, G.L. (1995). Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, 57: 75-80.
- Babiker, M.M. & Ibrahim, H. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.*, 14: 437-448.
- Baerends, G.P. & Baerends Van Roon, J. (1950). An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. *Behav. Supplement* 1: 1-242.
- Bailey, J.; Alanärä, A. & Brännäs, E. (2000). Methods for assessing social status in Arctic charr. *J. Fish Biol.*, 57: 258-261.
- Balshine-Earn, S. & Lotem, A. (1998). Individual recognition in a cooperatively breeding cichlid: evidence from video playback experiments. *Behaviour*, 135: 369-386.
- Barreto, R.E.; Luchiari, A.C. & Marcondes, A.L. (2003). Ventilatory frequency indicates visual recognition of an allopatric predator in naïve Nile tilapia. *Behav. Process.*, 60: 235-239.
- Barton, B.A.; Schreck, C.B. & Barton, L.D. (1987). Effects of chronic cortisol administration and daily acute stress on growth, physiological conditions, and stress responses in juvenile rainbow trout. *Diseases Aquat. Organ.* 2: 173-185.
- Castro, A.L.S. (2004). Efeitos de estímulos visuais e químicos do sexo oposto na reprodução da tilápia-do-Nilo. Dissertação de Mestrado. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. 35p.
- Chellappa, S. & Huntingford, F.A. (1989). Depletion of energy reserves during reproductive aggression in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J. Fish Biol.*, 35: 315-316.



- Cole, H.W.; Figler, M.H.; Parente, F.J. & Peeke, H.V.S. (1980). The relationship between sex and aggression in convict cichlids (*Cichlasoma nigrofasciatum* Günther). *Behaviour*, 75: 1-21.
- Duponchelle, F. & Legendre, M. (2001). Rapid phenotypic changes of reproductive traits in response to experimental modifications of spatial structure in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquat. Living Resour.*, 14: 145-152.
- Falter, U. (1983). Les comportements agonistiques de *Sarotherodon niloticus* (Pisces, Cichlidae) et la signification évolutive de l'incubation buccale. *Bull. Cl. Sci.*, 69: 566-593.
- Fox, H.E.; White, S.A.; Kao, M.H.F. & Fernald, R.D. (1997). Stress and dominance in a social fish. *J. Neurosci.*, 17: 6463-6469.
- Fryer, G. & Iles, T.D. (1972). *The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Distribution*. TFH Publications, Neptune City.
- Giaquinto, P.C. & Volpato, G.L. (1997). Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia. *Physiol. Behav.*, 62: 1333-1338.
- Gómez-Laplaza, L.M. & Morgan, E. (1993). Social isolation, aggression, and dominance in attacks in juvenile Angelfish, *Pterophyllum scalare*. *Aggressive Behav.*, 19: 213-222.
- Gonçalves, E. (1993). Estratégias territoriais e reprodutivas da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 147p.
- Gonçalves-de-Freitas, E. & Nishida, S.M. (1998). Sneaking behaviour of the Nile tilapia. *B. Téc. CEPTA*, 12: 71-79.
- Gonçalves-de-Freitas, E. (1999). Investimento reprodutivo e crescimento em machos de tilápia-do-Nilo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 44p.
- Gonçalves-de-Freitas, E. & Ferreira, A.C. (2004). Dominance does not establish mating priority in female Nile tilapia. *Rev. de Etologia*, 6(1), no prelo.
- Grant, J.W.A.; Bryant, M.J. & Soos, C.E. (1995). Operational sex ratio, mediated by synchrony of female arrival, alters the variance of male mating success in Japanese medaka. *Anim. Behav.*, 49: 367-375.
- Haller, J. & Wittenberger, C. (1988). Biochemical energetics of hierarchy formation in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.*, 43: 447-450.



- Holder, J.L.; Barlow, G.W. & Francis, R.C. (1991). Differences in aggressiveness in the Midas cichlid fish (*Cichlasoma citrinellum*) in relation to sex, reproductive state and the individual. *Ethology*, 88: 297-306.
- Huntingford, F. & Turner, A. (1987). *Animal Conflict*. Chapman and Hall, New York, 448p.
- Jaroensutasinee, M. & Jaroensutasinee, K. (2003). Type of intruder and reproductive phase influence male territorial defence in wild-caught Siamese fighting fish. *Behav. Process.*, 64: 23-29.
- Johnsson, J.I. (1997). Individual recognition affects aggression and dominance relations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Ethology*, 103: 267-282.
- Kakinami, S.H. (1990). Aspectos comportamentais e alguns mecanismos sobre a organização da hierarquia de dominância territorial na tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Conclusão de Curso. Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 65p.
- Kvarnemo, C.; Forsgren, E. & Magnhagen, C. (1995). Effects of sex ratio on intra and intersexual behaviour in sand gobies. *Anim. Behav.*, 50: 1455-1461.
- Lehner, P.N. (1996). *Handbook of Ethological Methods*. Cambridge University Press, United Kingdom, 672p.
- Leiser, J.K. (2003). When are neighbours 'dear enemies' and when are they not? The responses of territorial male variegated pupfish, *Cyprinodon variegatus*, strangers and heterospecifics. *Anim. Behav.*, 65: 453-462.
- Lowe-McConnell, R. (1958). Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné in east Africa waters (Pisces: Cichlidae). *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 57: 129-170.
- McBay, L.G. (1961). The biology of *Tilapia nilotica* (Linnaeus). *Proc. Annu. Conf. Southeast Assoc. Game Fish Comm.*, 15: 208-218.
- Maynard-Smith, J. & Parker, G.A. (1976). The logic of asymmetric contest. *Anim. Behav.*, 24: 159-175.
- Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1996a). Dominance hierarchies and social structure in captive groups of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Teleostei Cichlidae). *Ethol. Ecol. Evol.*, 8: 39-55.
- Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1996b). On the (in)stability of dominance hierarchies in the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. *Aggressive Behav.*, 22: 37-45.



- Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1998). Mating tactics and male-male courtship in the lek-breeding cichlid *Oreochromis mossambicus*. J. Fish Biol., 52: 1115-1129.
- Paiva, P.; Verani, J.R.; Mainardes-Pinto, C.S.R. & Tabata, Y.A. (1988). Studies on the growth and reproduction in the cichlid *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) in a earthen pond. B. Inst. Pesca, 15: 109-114.
- Pottinger, T.G. & Pickering, A.D. (1992). The influence of social interaction on the acclimation of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) to chronic stress. J. Fish Biol., 41: 435-447.
- Ridley, M. (1995). Animal Behavior. Blackwell Scientific Publications, Boston, 288p.
- Schradin, C. & Lamprecht, J. (2000). Female-biased immigration and male peace-keeping in groups of the shell-dwelling cichlid fish *Neolamprologus multifasciatus*. Behav. Ecol. Sociobiol., 48: 236-242.
- Toguyeni, A.; Baroiller, J.F.; Fosteir, A.; Bail, P.Y.L.; Kühn, E.R.; Mol, K.A. & Fauconneau, B. (1996). Consequences of food restriction on short-term growth variation and on plasma circulating hormones in *Oreochromis niloticus* in relation to sex. Gen. Comp. Endocr., 103: 167-175.
- Uchida, K.; Kajimura, S.; Riley, L.G.; Hirano, T.; Aida, K.; Grau, E.G. (2003). Effects of fasting on growth hormone/insulin-like growth factor I axis in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Comp. Biochem. Phys. A, 134: 429-439.
- Volestad, L.A. & Quinn, T.P. (2003). Trade-off between growth rate and aggression in juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Anim. Behav., 66: 561-568.
- Volpato, G.L. & Fernandes, M.O. (1994). Social control of growth in fish. Braz. J. Med. Biol. Res., 27: 797-810.
- Volpato, G.L. & Barreto, R.E. (2001). Environmental blue light prevents stress in Nile tilapia. Braz. J. Med. Biol. Res., 34: 1041-1045.
- Volpato, G.L.; Duarte, C.R.A. & Luchiari, A.C. (2004). Environmental color affects Nile tilapia reproduction. Braz. J. Med. Biol. Res., 37: 479-483.
- Volpato, G.L. (2004). Ciência: da Filosofia à Publicação. Tipomic, Botucatu, 4ª edição, 233p.
- Wendelaar-Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. Physiol. Rev., 77: 591-625.



Yamamoto, M.E.; Chellappa, S.; Cacho, M.S.R.F. & Huntingford, F.A. (1999). Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. J. Fish Biol., 55: 888-891.

Zar, J. (1999). Biostatistical Analyses. Printice Hall, New Jersey, 663p.

Zayan, R. (1991). The specificity of social stress. Behav. Process., 25: 81-93.

3. A constituição sexual do grupo interfere na interação social e na sua associação com o gasto energético da tilápia-do-Nilo em período de agrupamento mais crônico (11 dias).

3. Não há efeito da composição sexual a curto ou a longo prazo sobre o gasto energético médio na tilápia-do-Nilo, mas esse efeito na interação social é evidente, sendo provavelmente influenciada pelo investimento reprodutivo em grupos matos.

Considerando os principais aspectos abordados nos 2 capítulos, foi elaborado o esquema abaixo:



VI- CONSIDERAÇÕES FINAIS

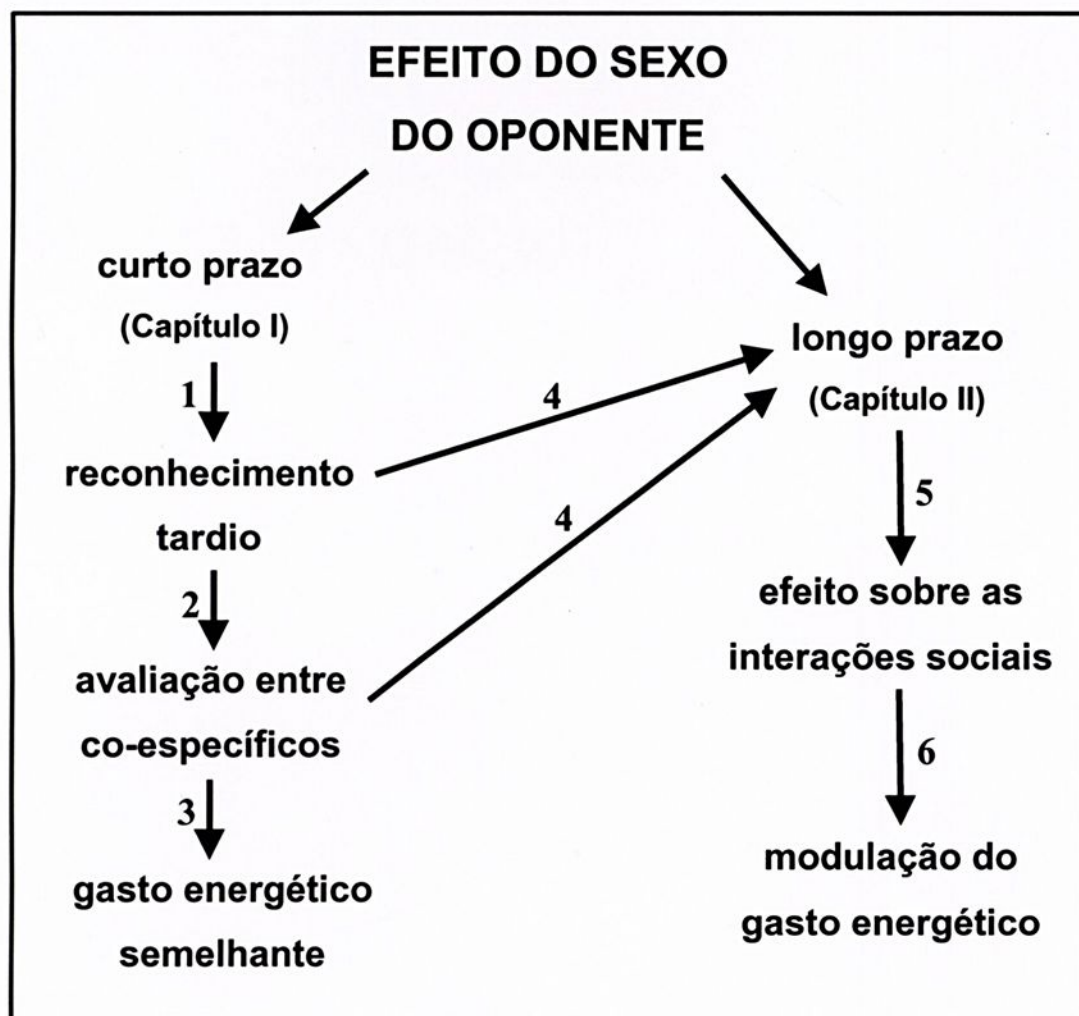
As principais conclusões deste trabalho foram:

1. Não há efeito do sexo sobre o gasto energético em interações a curto prazo (40 min), provavelmente porque o reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo não é imediato, necessitando de um tempo de avaliação entre os co-específicos.

2. A constituição sexual do grupo interfere na interação social e na sua associação com o gasto energético da tilápia-do-Nilo em período de agrupamento mais crônico (11 dias).

3. Não há efeito da composição sexual a curto ou a longo prazo sobre o gasto energético médio na tilápia-do-Nilo, mas esse efeito na interação social é evidente, sendo provavelmente influenciado pelo investimento reprodutivo em grupos mistos.

Considerando os principais aspectos abordados nos 2 capítulos, foi elaborado o esquema abaixo:



De acordo com esse esquema, a curto prazo (Capítulo I) sugere-se que o reconhecimento sexual na tilápia-do-Nilo é tardio (1), sendo necessário um período de avaliação entre os co-específicos (2). Esse fato mantém semelhante gasto energético entre os grupos (3). Considerando um tempo de agrupamento que permite a avaliação entre os oponentes e, conseqüente reconhecimento sexual (Capítulo II) (4), observa-se que a constituição sexual do grupo afeta as interações sociais (5) e modula o gasto energético (6), o que pode ser atribuído ao investimento reprodutivo nos grupos mistos.

Para a piscicultura, o agrupamento monossexual não é prejudicial, pois essa condição não interfere no gasto energético médio dos animais. Porém, considerando-se o bem-estar dos indivíduos, o mais indicado é a criação de grupos mistos, pois apresentam maior estabilidade da hierarquia de dominância.

Este estudo contribui para o melhor entendimento do comportamento social da tilápia-do-Nilo. Além disso, mostra como o sexo do animal interfere na interação social e no gasto energético dessa espécie, afetando principalmente a estabilidade hierárquica.



