

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências
Campus de Botucatu

Modulação química do crescimento na tilápia-do-Nilo

Ligia Ferreira Martins

Orientador: Gilson Luiz Volpato

**Janeiro de 2010
Botucatu-SP
Brasil**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências
Campus de Botucatu

Modulação química do crescimento na tilápia-do-Nilo

Ligia Ferreira Martins

Orientador: Gilson Luiz Volpato

Dissertação apresentada ao
IBB - UNESP – Botucatu
como parte dos requisitos
para obtenção do título de
Mestre em Ciências
Biológicas, Área de
Concentração em Zoologia.

**Janeiro de 2010
Botucatu-SP
Brasil**

Primeiro foi necessário civilizar o homem em relação ao próprio homem. Agora é necessário civilizar o homem em relação à natureza e aos animais (Vitor Hugo)

AGRADECIMENTOS

- Ao meu orientador, Gilson Luiz Volpato, que com muita paciência, me passou ensinamentos e conselhos, que com certeza levarei para minha vida e servirá para sempre na minha carreira.
- Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas. A toda minha família que é muito presente em todos os momentos da minha vida. Amo vocês!!
- Ao Antônio C. B. Tardivo, pelo auxílio técnico e montagem dos experimentos.
- Aos amigos do laboratório Vivian, Renato, Lara, Graziela, Fernanda, Nilo, Carol Colombo, Carol Maia, Dyeno, obrigada pelo carinho.
- Ao pessoal da Seção de Pós-Graduação que sempre estiveram me ajudando com muito carinho e profissionalismo.
- A todos os professores e funcionários do Departamento de Fisiologia que sempre estiveram à disposição para tudo que precisei.
- A todos meus amigos “antigos” e “novos”, que compartilharam comigo momentos felizes e tristes. Obrigada pelos maravilhosos momentos que passamos juntos!!!!
- Ao CNPq que apoiou a pesquisa.
- A Selma Maria pela elaboração da ficha catalográfica

ÍNDICE

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Materiais e métodos.....	10
Resultados.....	15
Discussão.....	21
Conclusão.....	24
Referências.....	25

ABSTRACT

Heterogeneous growth in fish occurs as a result of reduced growth in most of the grouped fish. In this study, we evaluated the chemical avenue in this phenomenon in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) juveniles, by testing whether dominant fish release chemicals that reduce growth of the conspecific fish. Therefore, growth of isolated Nile tilapia (focus fish) was studied in the following treatments: IS = isolated fish with no contact with conspecific fish; COESP = isolated fish receiving water conditioned by isolated conspecific fish; DC = isolated fish receiving water conditioned by a dominant conspecific; and SC = isolated fish receiving water conditioned by a subordinate conspecific. To settle DC and SC treatments, size-matched fish were paired allowing only visual communication between them (a transparent glass separated these fish). These fish were removed and paired in a neutral aquarium for 15 min every 3 days to allow physical interaction for hierarchical reinforcement (which was maintained in the next days by visual interaction only). Confrontation measures validated these hierarchical relationships (dominance index = 0.77 ± 0.05). SC treatment affected the focal fish by reducing growth, increasing feeding and reducing food conversion rate. DC treatment increased feeding in the focal fish. We conclude that subordinate fish release chemical factors that stress conspecific fish so that growth is impaired and feeding increased (as no feed competition exists) to support energy demand for stress (thus, feed conversion is impaired). Chemicals from the dominant fish might stress the conspecific fish, which reduce feeding, but not to a level that impairs growth. These data demonstrate that chemical cues are important causal factors in the heterogeneous growth in fish.

INTRODUÇÃO

A diferença intraespecífica da taxa de crescimento individual resulta num fenômeno conhecido como crescimento heterogêneo (CHet). Essa variabilidade de crescimento decorre principalmente da redução da maioria dos indivíduos no grupo, o que reduz a biomassa do grupo. Além desse reflexo para a piscicultura, pode também produzir muitos peixes com peso abaixo do ideal de comercialização (Volpato & Fernandes, 1994).

O CHet tem sido investigado em várias espécies de peixes, como carpa (Nakamura & Kashahara, 1955, 1956, 1957, 1961), truta (Brown, 1946), pacu (Pereira-e- Silva & Volpato, 1990), e também em outros grupos taxonômicos, como anfíbios (Soares et al., 1983, Rose, 1960), crustáceos (Lee & Fielder, 1983; Ra'Anan & Cohen, 1984) e mamíferos (Beilhars & Cox, 1967). Mesmo sendo assim investigado, pouco se conhece sobre os mecanismos que determinam essa taxa diferencial de crescimento entre os animais.

Causas genéticas têm sido atribuídas ao CHet, uma vez que ocorrem diferenças individuais de crescimento mesmo em animais em isolamento. No entanto, essa variabilidade é grandemente exacerbada quando os animais são agrupados (Volpato & Fernandes, 1994), o que indica a participação de fatores populacionais no fenômeno. Neste caso, a taxa de crescimento dos animais é proporcional ao grau hierárquico, com os dominantes crescendo mais que os animais submissos (estes podem ter o crescimento reduzido ou suprimido, chegando a perderem peso (Giaquinto & Volpato, 2005; Joblin & Wandswick, 1983)

Volpato & Fernandes (1994) resumiu cinco mecanismos pelos quais o agrupamento exagera o CHet em peixes: a) competição alimentar, b) estresse social (afeta apetite, processos digestórios, metabolismo e eficiência de conversão alimentar) e c) comunicação química. Desses, a competição alimentar é a mais investigada e aceita entre cientistas e piscicultores.

Segundo o mecanismo da competição alimentar, os animais dominantes vencem a competição e ingerem mais alimento comparado aos submissos. No caso do estresse social, que decorre das interações agonísticas no grupo, a ingestão de alimentos pode ser inibida por mecanismos neurais (Lin et al., 2000). Da mesma forma, o trânsito intestinal dos animais submissos pode ser alterado de forma a reduzir a eficiência digestória (por ex., aumento do trânsito intestinal nos submissos). O estresse social representa uma demanda metabólica que, em certas condições, pode atingir níveis de distresse, estado em que os animais suprimem outras funções para atenderem essa demanda metabólica do distresse. Nesse caso, o crescimento é um dos primeiros processos a serem suprimidos, com desvio metabólico para atividades de luta contra o estressor (Fernandes & Volpato, 1993). A eficiência de conversão alimentar também pode ser afetada, mas Volpato & Fernandes, (1994) atribuem que isso seja mais uma resultante dos fatores descritos acima do que um processo interferente propriamente dito.

O último mecanismo apresentado por Volpato & Fernandes (1994) alude à existência de fatores químicos liberados pelos animais dominantes e que inibiriam o crescimento dos submissos. Essa ideia foi aventada inicialmente em estudo com girinos por Rose (1960). Segundo essa autora, o crescimento dos girinos era inibido em altas densidades populacionais pela presença desse hipotético fator químico. Em peixes, Pereira-da-Silva (1990) obteve dados sugestivos de tal efeito no pacu, *Piaractus mesopotamicus*, pois relatou que o CHet reduziu quando a água no grupo de peixes foi diluída. Mais tarde, Barbosa e Volpato (2007) investigaram o, e encontraram que no piau, *Prochilodus lineatus*, o CHet é exacerbado quando os peixes agrupados recebem água de coespecíficos, sugerindo mais uma vez a participação de fatores químicos no fenômeno.

A comunicação química entre coespecíficos é um importante conquista evolutiva, sendo mais relevante para alguns taxa. Sua participação tem sido descrita em situações de alarme (Fontaine, 1981) reprodução (Liley, 1982; Stacey & Sorensen, 1991), agressão (Giaquinto & Volpato 1997), crescimento (Volpato et al, 1989; Fernandes e Volpato, 1993; Volpato e Fernandes, 1994; Barbosa e Volpato (2007) etc.

Em bagres, por exemplo, a comunicação química é predominante e esses indivíduos quase não dependem da visão para estabelecimento e manutenção da hierarquia (Todd, 1991). Em outras espécies, a quimiorrecepção é importante apenas durante os primeiros

dias de vida, e a visão torna-se primordial posteriormente, como ocorre, por exemplo, em muitas famílias de ciclídeos que possuem complexas interações para manutenção da hierarquia (Russock, 1990). Alguns autores têm relatado a participação de fatores químicos liberados por coespecíficos sobre o crescimento de peixes (Pfeiffer, 1982), inclusive com a produção de substâncias inibidoras do crescimento.

A análise da literatura ainda deixa dúvidas sobre o quanto haja fatores químicos que reduzem o crescimento de coespecíficos de forma a explicar o aumento do CHet nas condições de agrupamento. Se isso for verdade, então esperamos que água provinda de animais dominantes reduza o crescimento dos animais submissos do grupo. Assim, testamos essa hipótese em juvenis de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Além da tilápia ser uma espécie de interesse econômico, onde a problemática do CHet é perturbadora, é uma espécie com nítida relação hierárquica entre os coespecíficos em agrupamento, o que permite uma clara divisão entre dominantes e submissos. Além disso, tanto a visão quanto fatores químicos são importantes no reconhecimento entre coespecíficos (Giaquinto & Volpato 1997) e afetam as relações agressivas entre esses peixes.

MATERIAIS E MÉTODOS

1) Procedimentos gerais

Juvenis de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), provenientes de piscicultura foram aclimatados por 30 dias (tanques de 1000L; 1 peixe/5L) antes dos procedimentos experimentais. A temperatura (24 e 26°C) e o fotoperíodo (06:00 às 18:00 h) foram mantidos constantes. A aeração foi contínua e os peixes foram alimentados com ração peletizada (36% de proteína) uma vez ao dia (cerca de 5% da biomassa do peixe).

2) Delineamento experimental

Investigamos o efeito de fatores químicos de dominantes e submissos sobre o crescimento de coespecíficos fornecendo água de ambientes com esses dominantes e submissos a peixes isolados, sem qualquer outra comunicação. Para se isolar a água proveniente dos animais submissos ou dominantes, mantivemos pares de peixes separados entre si por uma placa transparente, de forma que eles se viam (e, assim, mantinham a relação social de dominância-submissão), mas não havia mistura da água (Fig. 1). Assim, a água desses dois compartimentos (com o dominante ou com o submisso) foram as fontes químicas para este estudo. Para se garantir a relação hierárquica entre esses animais, a cada 3 dias eles eram retirados desse sistema, colocados num aquário neutro por 15 min, onde ocorriam confrontações diretas (com contato físico) entre eles, retornando, em seguida, após lavagem em água corrente, ao aquário teste. Além disso, registrávamos as interações agonísticas entre esses animais a cada 2 dias, de forma a confirmarmos a relação hierárquica entre eles no período em que estavam sem contato direto entre si. Assim, a água desses dois compartimentos (com animais dominantes ou submissos) foram consideradas nossas variáveis independentes. Como controle, usamos o mesmo sistema (Fig. 1), mas

com coespecífico sem definição hierárquica (Fig. 1) ou sem peixe algum (Fig. 1). Nesse sistema, o peixe-foco do estudo ficava nos compartimentos laterais (Fig 1), recebendo água de uma dessas condições, constituindo os 4 tratamentos deste estudo, quais sejam:

QD = peixes recebendo água de coespecífico dominante;

QS = peixes recebendo água de coespecífico submisso;

COESP = peixe recebendo água de coespecífico sem definição hierárquica e nem interação visual;

IS = completamente isolado, recebendo água sem qualquer outro peixe.

Em todos esses casos, os peixes tinham tamanhos similares (~4 – 4,5 cm) e foram mantidas a mesma circulação de água e demais atividades de rotina (fotoperíodo das 06:00 às 18:00 h, temperatura e alimentação diária).

Em cada um desses tratamentos, cada peixe-foco permaneceu por 30 dias, quando analisamos o peso dos peixes (dias 0, 15 e 30) e a ingestão alimentar diária (5% da biomassa), o que forneceu base para cálculos do ganho de peso, taxa de ingestão alimentar e conversão alimentar.

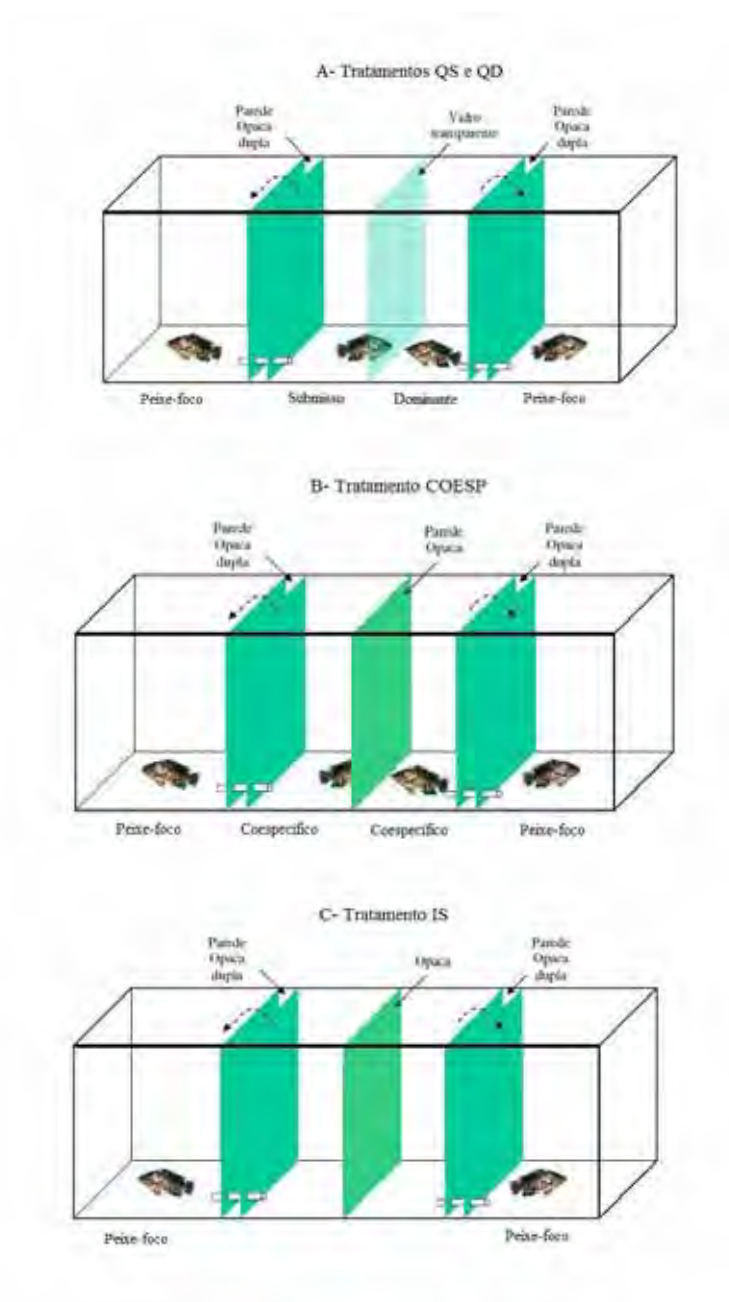


Figura 1. Aquário experimental. Os dois compartimentos centrais são doadores de água para os respectivos compartimentos das extremidades. A seta pontilhada representa o fluxo de água (por bomba propulsora), que retorna ao compartimento central pelo cano na base inferior da divisória dupla. As divisórias duplas garantem que não haja comunicação de água (entre as placas ficava sem água) e nem visual entre os compartimentos. QS e QD, tratamentos com comunicação de água de submisso ou dominante, respectivamente; COESP, tratamento que recebe água com coespecífico isolado; IS, tratamento recebendo água sem qualquer outro peixe.

3) Procedimentos Específicos

Os aquários eram de vidro e mediam 40x 30 cm de base e 30 cm de altura. Numa unidade experimental foi mantido uma dupla de peixes de mesmo tamanho (~4 a 4,5cm) dentro das áreas centrais do aquário teste (Fig. 1), apenas com contato visual entre eles (separados por uma placa transparente dupla, com ar entre elas, para evitar transmissão sonora). Entre esses compartimentos da extremidade e o compartimento adjacente central não houve comunicação visual e nem sonora (uma parede dupla com espaço sem água entre elas garantiu essa condição). Porém, um sistema de propulsão de água (a própria aeração do sistema) permitiu fluxo contínuo de água entre esses dois compartimentos adjacentes (extremidade e central – vide Fig. 1). O fluxo de água foi regulado para permitir uma troca total de água de um compartimento em menos de uma hora, o que garantiu um grande fluxo de água entre esses locais.

3.a) Interações agonísticas e grau hierárquico

Diariamente os dois compartimentos centrais dos aquários com peixes com interação social (tratamentos QD e QS) foram filmados por 10 min no período da tarde para análise dos comportamentos agonísticos. Nessas filmagens quantificamos a frequência dos seguintes itens comportamentais (baseados em Alvarenga & Volpato, 1995 e Giaquinto & Volpato, 1997):

- *Mordidas*: o agressor morde partes do oponente.
- *Confrontos laterais*: os peixes permanecem próximos entre si, dispostos lado a lado (mesmo sentido ou sentidos opostos), e batem as caudas para ambos os lados.
- *Confronto bucal*: ambos os peixes se aproximam frontalmente com a boca aberta e mordem concomitantemente a boca do oponente, geralmente empurrando-o para trás.
- *Ameaça lateral*: apenas um dos peixes exibe movimento lateral alterno entre cauda e cabeça (item acima), próximo ao oponente.
- *Confrontos totais*: incluem todos os tipos acima.

Esses confrontos nos remeteram a determinação dos índices de dominância, a partir da seguinte fórmula: confrontos emitidos (CE) / (CE + confrontos recebidos), segundo descrito em Bailey, et al. 2000.

3.b) Conversão alimentar

A taxa de conversão alimentar (CA) será calculada como $CA = \text{consumo de ração} / \text{ganho de peso}$ (Toguyeni, 1997).

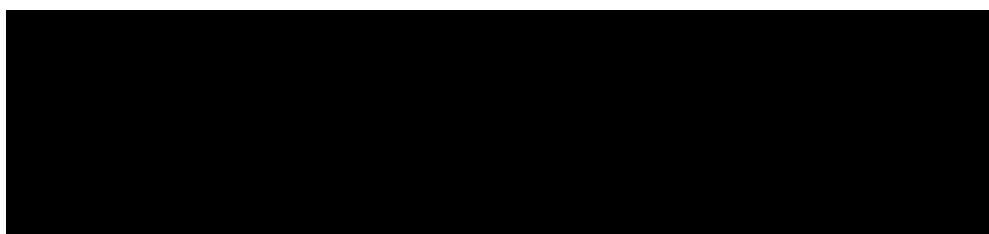
3.c) Análise de dados

Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov constatamos que os dados apresentaram distribuição normal. Além disso, as variâncias foram homocedásticas ($F < 4,0$). Então, usamos estatística paramétrica. Para os dados de peso, usamos ANOVA com medidas repetidas; para o ganho de peso e as variáveis de alimentação, usamos ANOVA para experimentos inteiramente casualizados. Em todos esses casos, a análise, quando significativa ($p > 0,05$), foi seguida por teste de Tukey nas análises complementares. A comparação dos confrontos entre os dominantes e os submissos foi feita com teste t de Student para amostras dependentes. Usamos também teste de correlação linear para avaliarmos associações entre as interações sociais e o crescimento dos animais. Em todos os casos consideramos significância com $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

A partir das análises dos confrontos agonísticos, verificamos que os animais que se confrontaram nos tratamentos QD e QS (pares situados no centro dos aquários) estabeleceram hierarquia de dominância claramente definida ($ID = 0,77 \pm 0,05$), pois hierarquias definidas têm sido consideradas com ID acima de 0,6 (vide alguns valores em Bailey, et al. 2000). Em todas essas duplas (animais doadores de água) postas para confrontação houve interação agonística e os valores estão na tab 1.

Tabela 1. Valores médios ($\pm dp$) de confrontos de hierarquia de dominância



* diferença em relação ao submisso (test t, $p < 0,0001$).

Os efeitos desses graus hierárquicos refletiram nesses peixes-estímulo afetando a taxa de ingestão alimentar. Assim, os dominantes tiveram média da taxa de ingestão diária igual a $0,068 \pm 0,014$ mg, enquanto que os submissos tiveram uma taxa menor ($0,024 \pm 0,007$ mg) (Teste t de Student, não pareado: $p < 0,0001$). Além disso, os submissos cresceram menos que os dominantes, com valores médios de ganho de peso respectivamente iguais a $3,49 \pm 0,88$ g e $5,35 \pm 1,06$ g (teste t de Student, não pareado: $p < 0,0009$).

O peso inicial dos peixes-foco não diferiu entre os quatro tratamentos no início do experimento (Fig. 2, $p > 0,05$). Ao longo do experimento, no entanto, esses animais tiveram um aumento no crescimento em todos os tratamentos. Os animais não expostos a fatores químicos de coespecíficos apresentaram maior tamanho corporal nas três biometrias efetuadas (Fig. 2; Anova, $p = 0,01$). Esse mesmo perfil ocorreu também nos animais em isolamento recebendo água de coespecífico dominante. Nas outras condições, houve aumento de peso na segunda biometria, que se manteve na terceira (Fig. 2). Numa análise conjunta desses dados, os animais sob fator químico dos submissos teve menor peso ao final do experimento em relação aos que não receberam fonte química com coespecíficos

ou que receberam fatores químicos de dominantes. Embora crescem a valores similares aos que receberam água dos coespecíficos isolados, apenas eles foram diferentes dos demais tratamentos. O ganho de peso, no entanto, foi reduzido nos animais que estavam expostos a fatores químicos dos coespecíficos submissos, mas não houve diferença entre os outros tratamentos (Fig. 3).

Os fatores químicos afetaram também a alimentação. Os animais que recebiam água de coespecíficos dominantes reduziram a ingestão, enquanto que aqueles que recebiam água de submissos aumentaram a taxa de ingestão (Fig. 4). Em relação à conversão alimentar, ela foi reduzida apenas nos animais expostos a água dos submissos, sendo mantida igual nos demais tratamentos (Fig. 5).

Analizamos também possíveis correlações entre os padrões comportamentais de confrontos e os valores de crescimento e alimentação, não obtendo qualquer associação significativa (teste de Pearson, $p > 0,05$).

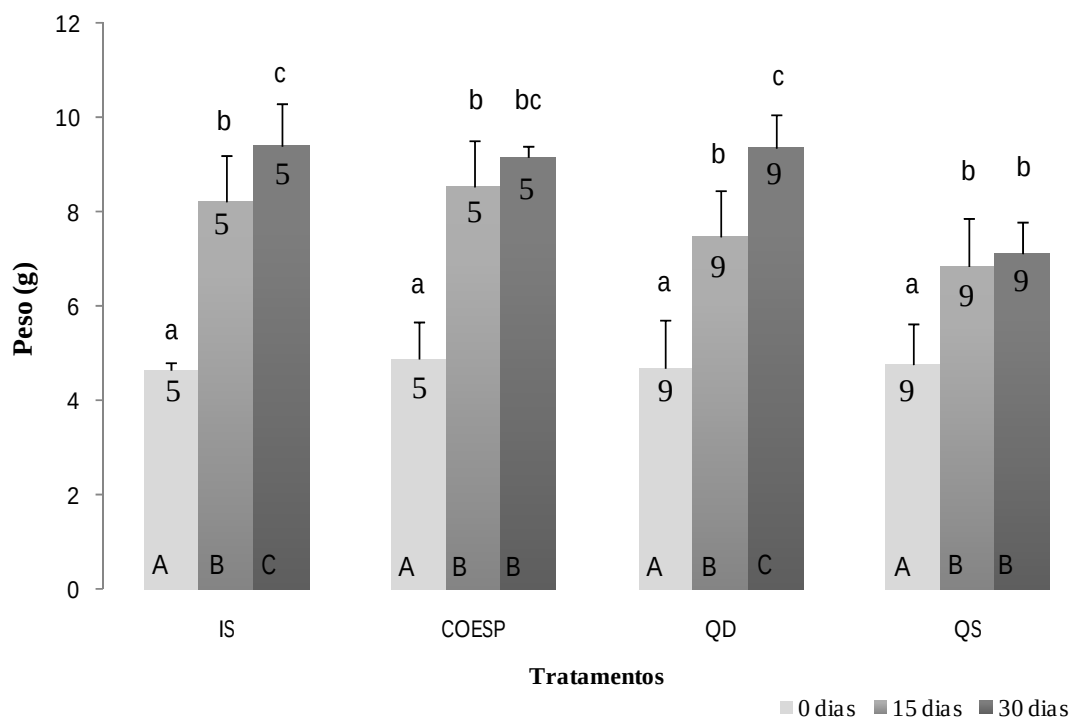


Figura 2. Peso médio ($\pm$ dp) dos peixes ao longo do tempo e em função do tratamento com fatores químicos: IS = isolado sem receber água de coespecíficos; COESP = isolado recebendo água de coespecífico também isolado; QD e QS = isolado e recebendo água de coespecíficos dominante ou submisso. Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si (ANOVA, seguido de Tukey). Letras maiúsculas comparam as médias dentro de cada tratamento, variando-se o tempo. IS: 0 x 15, $p = 0,0001$, 15 x 30, $p = 0,03$, 0 x 30, $p = 0,0001$; COESP: 0 x 15, $p = 0,0001$, 15 x 30, $p = 0,72$, 0 x 30, $p = 0,0001$; QD: 0 x 15, $p = 0,0001$, 15 x 30, $p = 0,0001$, 0 x 30, $p = 0,0001$ e QS: 0 x 15, $p = 0,0001$, 15 x 30, $p = 0,99$, 0 – 30, $p = 0,0001$. Letras minúsculas comparam as médias entre os tratamentos e num mesmo tempo. As únicas diferenças foram: QS 30 < QD 30 ($p = 0,01$) e QS 30 < IS 30 ($p = 0,04$). O número de réplicas está indicado dentro de cada barra.

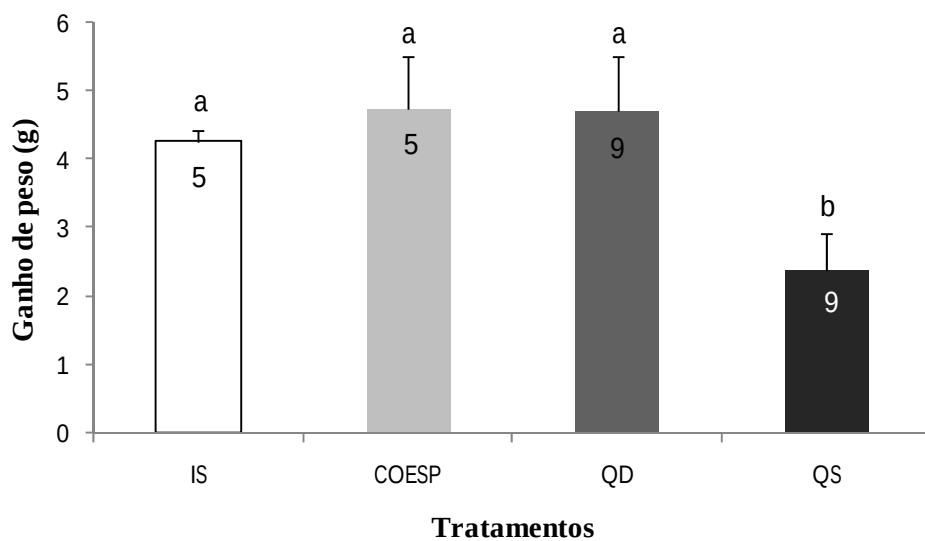


Figura 3. Efeito de fatores químicos de coespecíficos no ganho de peso (0 a 30 dias) de juvenis de tilápia-do-Nilo em função dos tratamentos: IS = isolado sem receber água de coespecíficos; COESP = isolado recebendo água de coespecífico também isolado; QD e QS = isolado e recebendo água de coespecíficos dominante ou submisso. Médias ($\pm$ dp) com uma mesma letra são estatisticamente iguais no nível de significância indicado pelo teste ANOVA, seguidos do teste complementar (Tukey), $p > 0,05$. $QS < IS$ ($p = 0,0002$), $QS < QD$ ($p = 0,0002$) e $QS < COESP$ ($p = 0,0003$). O número de réplicas está indicado dentro de cada barra.

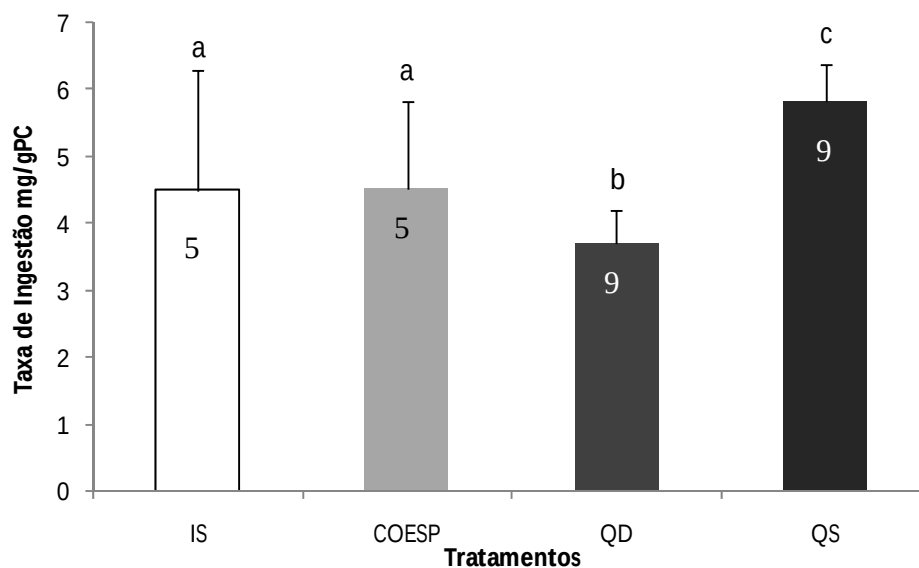


Figura 4. Efeito de fatores químicos de coespecíficos na taxa de ingestão (30 dias) de juvenis de tilápia-do-Nilo em função dos tratamentos: IS = isolado sem receber água de coespecíficos; COESP = isolado recebendo água de coespecífico também isolado; QD e QS = isolado e recebendo água de coespecíficos dominante ou submisso. Médias ($\pm$ dp) com uma mesma letra são estatisticamente iguais (ANOVA, $p > 0,05$). No teste complementar (Tukey): QS > IS ($p = 0,0002$), QS < COESP ($p = 0,04$), QS > QD ($p = 0,0001$), QD < IS ($P = 0,0004$) e QD < COESP ($P = 0,0003$). O número de réplicas está indicado dentro de cada barra.

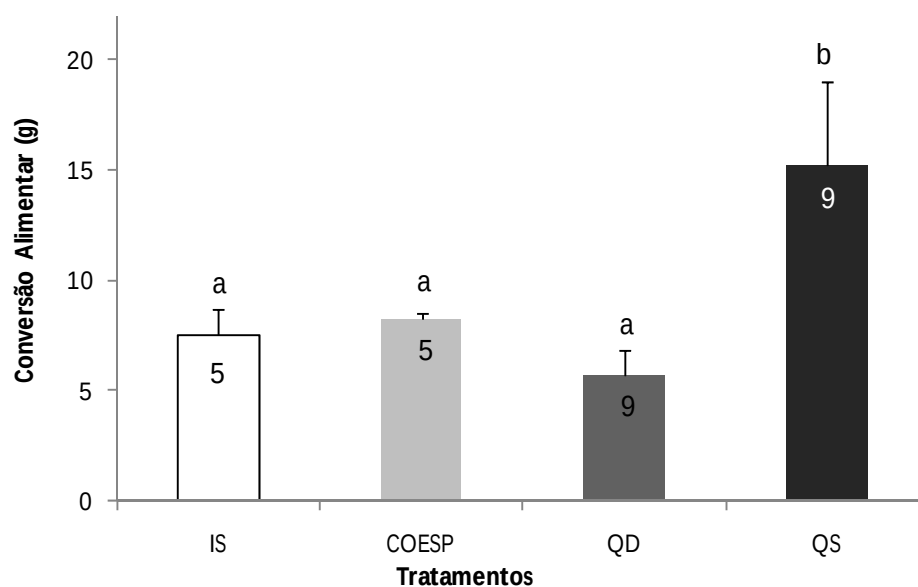


Figura 5. Conversão alimentar em 30 dias em relação a fatores químicos na água (tratamentos). IS = isolado sem receber água de coespecíficos; COESP = isolado recebendo água de coespecífico também isolado; QD e QS = isolado e recebendo água de coespecíficos dominante ou submisso. Valores médios (+ dp) com ao menos uma letra igual entre si são estatisticamente iguais (ANOVA de uma via, teste de Tukey, $p > 0,05$). $QS > [IS = COESP = QD]$ ($p < 0,05$). O número de réplicas está indicado dentro de cada barra.

DISCUSSÃO

Neste estudo demonstramos que na tilápia do Nilo existe modulação química interindividual do crescimento. Os animais submissos eliminam algum(ns) fator(es) químico(s) que reduz o crescimento de coespecíficos isolados. Fatores químicos de dominantes podem existir, mas parecem diferentes daquele(s) liberado(s) pelos submissos. No caso da modulação química exercida por fator(es) químico(s) liberado(s) por peixes submissos, a ação parece decorrente de estresse que esse(s) fator(es) químico(s) provoca nos coespecíficos receptores.

Os resultados encontrados neste estudo não podem ser atribuídos a diferença inicial de peso dos animais entre os tratamentos, pois iniciamos os experimentos com animais de mesmo peso médio (vide Fig. 2). Além disso, o sistema empregado na montagem experimental (Fig. 1) claramente isolou cada variável de fonte química (condicionamento da água dos compartimentos centrais doadores) entre os tratamentos. O isolamento químico entre os peixes doadores de água presente nas condições QD e QS não inibiu o estabelecimento e manutenção da hierarquia entre esses animais. Isso ficou evidenciado tanto pelo índice de dominância, quanto pelas taxas de interação agonística observadas (Tab 1). De fato, nesta espécie a simples visão do coespecífico é suficiente para o reconhecimento hierárquico nas duplas que vêm de um mesmo agrupamento (Giaquinto & Volpato, 2007). Além disso, no presente estudo essa hierarquia era reforçada a cada 3 dias com o pareamento direto dos animais, sem isolamento químico (porém, lavados antes de retornarem ao aquário teste). Outros dados que reforçam as condições adequadas de nossa variável independente (grau hierárquico) é o menor ganho de peso e a menor taxa de ingestão diária dos submissos em relação aos dominantes observadas nos animais doadores de água. A interação social é uma fonte importante de estresse, sendo maior nos submissos e resultante em menor ganho de peso, ou mesmo supressão do crescimento, além de também reduzir ou inibir a ingestão (Joblin & Wandsvick, 1983)

A análise do peso dos peixes nos três momentos do experimento (início, meio e final) revela que o padrão controle foi o crescimento contínuo (Fig. 2, tratamento IS). Esse padrão foi alterado apenas nos tratamentos COESP e QS, indicando que os químicos dos dominantes, se existentes, não afetaram o ganho de peso dos coespecíficos. Nos tratamentos

COESP e QS, os peixes receptores de fonte química cresceram, mas não de forma contínua como as condições controle, pois na última biometria o peso não diferiu da biometria anterior (Fig. 2).

A análise do ganho de peso (Fig. 3) reforça a discussão acima, além de enfatizar que os animais submissos liberam algum fator químico que reduz, ou inibe, o crescimento de coespecíficos (Barbosa & Volpato, 2007).

Além dos efeitos sobre o crescimento, detectamos também efeito da comunicação química na alimentação dos coespecíficos. Neste caso, no entanto, a água dos dominantes provocou redução da ingestão em coespecíficos, enquanto que a água de submissos aumentou essa taxa (Fig. 4). O estresse social tem sido descrito como um fator que reduz a ingestão em peixes (Pires-de Campos, 1993). Assim, uma análise inicial levaria a supor que agente(s) químico(s) dos dominantes foram estressantes, enquanto que o(s) de submissos deve ter atuado de forma mais tranquilizadora. Mas essa explicação não se coaduna com os dados reportados acima sobre o peso e ganho de peso dos animais. Portanto, outra explicação deve ser buscada.

A observação da conversão alimentar (Fig. 5) mostra que ela não se alterou entre os tratamentos, exceto naquele que a água provinha dos submissos. Neste caso, o aumento numérico da taxa de conversão representa uma redução da conversão do alimento ingerido em biomassa. Ou seja, o(s) suposto(s) fator(es) químico(s) dos submissos aumentou a ingestão de alimentos, mas isso não significou maior ganho de massa corporal. Nesse sentido, o aumento da ingestão reportado no parágrafo anterior parece não indicar condição tranquilizadora para os animais que receberam água de submissos, mas uma resposta alimentar condizente com uma demanda metabólica aumentada. Em nossa visão, o(s) fator(s) químico(s) dos submissos estressou os coespecíficos em isolamento, o que aumentou a demanda metabólica. A energia obtida por meio do aumento da taxa de ingestão não foi usada para crescimento exatamente por causa da condição de distresse a que esses animais estavam. Isso se reflete no menor crescimento e consequentemente menor conversão do alimento (representada por maiores valores da taxa de conversão).

Por outro lado, o(s) fator(es) químico(s) dos dominantes provocaram redução da ingestão no coespecífico isolado. Essa é uma resposta típica de estresse (Moberg, 2000), sugerindo que esse(s) agente(s) químico(s) é uma substância estressante entre

coespecíficos. Mesmo que seja, pois algum efeito foi identificado, sua ação é nitidamente diferente e menos potente que aquela que demonstramos existir na água condicionada por coespecíficos submissos.

Os resultados e conclusões mostrados acima devem ser interpretados também à luz das ideias sobre o crescimento heterogêneo em peixes. De um lado, evidenciam a participação de fatores químicos nesse fenômeno, como também descrito por Pereira-da-Silva (1990) e Barbosa & Volpato (2007). Porém, esses autores investigaram apenas a ação de substância de coespecíficos na variação do crescimento. Em nosso estudo, demonstramos a ação no crescimento individual, o que serve de base para as inferências sobre a variabilidade do grupo. No caso, se os submissos liberam substância que reduz o crescimento dos coespecíficos, isso pode ajudar na exacerbação do CHet. Porém, uma questão que permanece é saber se essa substância não afetaria também os dominantes. Assim, é necessário saber se a ação dessa substância depende do grau hierárquico do peixe receptor. Uma possibilidade explicativa para substantiar essa ideia é que o fator químico seria um estressor que atuaria conjuntamente com os outros estressores presentes no grupo. Como a somatória de estressores que atuam num organismo provoca uma resposta potencializada (Pickering, 1992) é possível que nos animais do grupo o estresse de submissão hierárquica mais o estresse dos fatores químicos dos outros submissos promovam essa potencialização. Esta é uma hipótese que deve ser investigada.

CONCLUSÃO

Concluimos que os animais submissos liberam fator químico que reduz o crescimento de coespecíficos em isolamento. Esse fator parece induzir estresse no coespecífico receptor, promovendo desvio energético que possivelmente explique a redução de crescimento desses animais receptores. Esses dados reforçam a via química como um dos fatores determinantes do crescimento heterogêneo em grupos de peixes.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C.M.D.; VOLPATO, GL. Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiology Behavior*, 1: 75-80, 1995.
- BAILEY, J.; ALANARA, A.; BRANNAS, E. Methods for assessing social status in Arctic charr. *Journal of Fish Biology*, 57: 258–261, 2000.
- BARBOSA, J.M.; VOLPATO, GL. Chemical modulation on heterogeneous growth in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1947) (Pisces; Characiformes). *Brazilian Journal Biology*, 67(1): 147-151, 2007.
- BEILHARZ, R.G.; COX, D.F. Social dominance in swine. *Animal Behavior*, 15: 117-122, 1967.
- BROWN, M.E. The growth of brown trout (*Salmo trutta* Linn.); factors influencing the growth of trout fry. *Exp. Biol.*, 22: 118-129, 1946.
- FERNANDES, M.O. & VOLPATO, G.L. Heterogeneous growth in the Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. *Physiology and Behavior*, 54: 319-323, 1993.
- FERNANDES, M.O.; VOLPATO, G.L. Heterogeneous growth in the Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. *Physiology Behavior*, 54: 319-323, 1993.
- FONTAINE, M. Communications chimiques chez les poissons. *Journal of Psych. Norm. et Pathol.*, 78(1): 41-70, 1987.
- GIAQUINTO, P.C. & VOLPATO, G.L. Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia. *Physiology Behavior*, 62: 1333-1338, 1997.
- GIAQUINTO, P.C. & VOLPATO, G.L. Chemical cues related to conspecific size in pintado catfish, *Pseudoplatystoma coruscans* *Acta Ethol*, 8: 65–69, 2005.
- JOBLING, M; WANDSVICK. A. Effect of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology*, 22: 577-584, 1983.
- LEE, C.L.; FIELDER, D.R. Post larval growth of the freshwater prawn, *Microbrachium australiense* Hol thuis, 1950 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Aquaculture*, 30: 63-70, 1983.
- LILEY, N.R. Chemical communication in fish. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 22-35, 1982.
- LIN, X.; VOLKOFF, H.; NARNAWARE, Y.; BERNIER, N.J.; PEYON, P.; Peter, R.E. Brain regulation of feeding behavior and food intake in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 126: 415-434, 2000.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (Eds), The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. CAB International, British Library, London, 1-21, 2000.

NAKAMURA, N.; KASAHARA, S. A study on the phenomenon of tobi-koi or shot-carp. I. On earliest stage at which the shoot carp appears. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 21: 73-76, 1955.

NAKAMURA, N.; KASAHARA, S. A study on the phenomenon of tobi-koi or shot-carp. II. On the effect of particle size and quantity of the food. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 21: 1022-10024, 1956.

NAKAMURA, N.; KASAHARA, S. A study on the phenomenon of tobi-koi or shot-carp. III. On the result of culturing the modal group and the growth of carp fry reared individually. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 22: 674-678, 1957.

NAKAMURA, N.; KASAHARA, S. A study on the phenomenon of tobi-koi or shot-carp. IV. Effects of adding a small number of larger individual to the experimental batches of carp fry on culture density upon to the occurrence of shoot carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 27: (11) 958-962, 1961.

PEREIRA-DA-SILVA, E.M.P. Efeito do agrupamento sobre parâmetros fisiológicos e comportamentais do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Holmberg, 1885). Dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, Unesp, Botucatu, SP, 1990.

PFEIFFER, W. Chemical signals in communication. The adaptive significance of the alarm substance-fright reaction system. In: Chemoreception in fishes, Hara, T., ed Elsevier, Amsterdam, 306-326, 1982.

PICKERING, A. D. Rainbow trout husbandry: management of the stress response. Aquaculture 100: 125-139, 1992.

PIRES-DE-CAMPO, S. Alterações das funções digestivas em tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em condições de agrupamento e em relação ao grau hierárquico. Tese de mestrado, Zoologia IB, Botucatu, UNESP, 1993.

RA'NAN, Z.; COHEN, D. The effect of group interations on the development of size distribution in *Macrobachium rosenberguii* (De Man) juvenile population. Biol Bull., 166: 22-31, 1984.

ROSE, S.M. 1960. A feedback mechanism of growth control in tadpoles. Ecology, 41: 188-199, 1960.

RUSSOCK, H. I. The effect of natural chemical stimuli on the preferential behavior of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: cichlidae) fry to maternal models. *Behavior*. 115 (3/4): 315-326, 1990.

SCHRECK, C.B. Stress and compensation in teleostean fishes: response to social and physical factors. In: Pickering A.D. (editor), *Stress and Fish*. Academic Press, London, 295-321, 1981.

SOARES, H.A.; FONTANELLO, D.; MANDELLI, J.; REIS, J.M.; PENTEADO, L.A. & CAMPOS, B.E. Efeito da densidade de população no ganho de peso de girinos de rã-touro (*Rana catesbiana* Shaw, 1802). *Biol. Inst. Pesca*, 10: 47-51, 1983.

STANCEY, N.E. and SORENSEN, P.W. Function and evolution of fish hormonal pheromones. *Biochemistry and molecular biology of fishes*. 1: 109-135, 1991.

TODD, J.H. The chemical language of fishes. *Scientific American*. 224: 99-108, 1991.

TOGUYENI, A; FAUCONNEAU, B.; BOUJARD, T., FOSTIER, A.; KUHN, E.R.; MOL, K.; BAROILLER, J.F. Feeding Behaviour and Food Utilisation in Tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effect of Sex Ratio and Relationship with the Endocrine Status. 62: 273-279, 1997.

VOLPATO, G.L.; FERNANDES, M.O. Social control of growth in fish. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 27: 797-810, 1994.

VOLPATO, G.L.; P.M.A.; FRIOLI, M.P. CARRIERI. 1989. Heterogeneous growth in fishes: some new data in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and a general view about the causal mechanisms. *Boletim de Fisiologia Animal* 13: 7-22, 1989.