

CAPÍTULO 4

O AGRONEGÓCIO DA AQUICULTURA ORNAMENTAL: ASPECTOS DA FISIOLOGIA ADAPTATIVA

Data de aceite: 01/04/2024

Jessica Amanda Ugarte Reges

Graduanda em Engenharia de Aquicultura
<http://lattes.cnpq.br/9128679039797694>
Universidade Federal da Grande
Dourados

Annye Campos Venâncio Ferreira

Mestranda em Zootecnia
<http://lattes.cnpq.br/7752829690872330>
Universidade Federal da Grande
Dourados

Marcos Paiva Scardua

Doutorando em Zootecnia
<https://lattes.cnpq.br/2420999040174991>
Universidade Federal da Grande
Dourados

Letícia Maria Albuquerque Conceição

Graduada em medicina veterinária
<http://lattes.cnpq.br/4518874303719028>
Universidade Federal de Mato Grosso -
UFMT. Campus de Sinop

Maria Ildilene da Silva

Mestranda em Zootecnia
<http://lattes.cnpq.br/5439973598628617>
Universidade Federal da Grande
Dourados

Silvia Prestes dos Santos

Doutoranda em Zootecnia
<http://lattes.cnpq.br/5547052309476124>
Universidade Federal da Grande
Dourados

Alzira Gabriela da Silva

Doutora em Zootecnia
<http://lattes.cnpq.br/4279601671458600>
Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará

Claucia Aparecida Honorato

Doutora em Ciências
<http://lattes.cnpq.br/8684087124995605>
Universidade Federal da Grande
Dourados

INTRODUÇÃO

Importância do conhecimento básico da fisiologia na criação comercial de organismos aquáticos (com foco em peixes e crustáceos)

O conhecimento sobre como os peixes se comportam, quais as suas reações e respostas frente aos desafios da sua criação são de suma importância para sua longevidade. A adaptação dos peixes ornamentais aos distintos ambientes que

estão expostos requer esforços metabólicos e bioquímicos denominados de fisiologia adaptativa. Em um aquário a regulação da qualidade de água é imprescindível para a sobrevivência e longevidade dos peixes, no entanto quais são os limites que os peixes suportam e os mecanismos que o seu organismo possui para manter equilíbrio.

Algumas características dos peixes favorecem a mortalidade, como a incapacidade de regular a temperatura do corpo; suportarem uma faixa estreita de temperatura; e dependerem da água para a alimentação, reprodução, crescimento e respiração. Algumas mudanças no ambiente depreciam a homeostasia e a saúde do peixe, isto se deve pela rapidez com que qualquer contaminante entra em contato direto com o peixe.

As substâncias químicas podem ingressar no organismo por três vias principais: digestiva, respiratória e cutânea. Depois do ingresso, por qualquer destas vias, elas podem ser absorvidas e passar para o sangue, podem ser distribuídas pelo organismo todo, chegar a determinados órgãos onde são biotransformadas, produzir efeitos tóxicos e posteriormente serem eliminadas do organismo.

Uma forma muito utilizada para classificar as substâncias químicas segundo a toxicidade está baseada na duração da exposição. Geralmente, os toxicologistas procuram os efeitos da exposição aguda, subcrônica e crônica, e também tentam entender o tipo de efeito adverso para cada uma destas três exposições. Vários fatores influenciam a toxicidade das substâncias químicas aos peixes. Entre elas destacam-se:

Fatores biológicos: espécie, idade, estágio reprodutivo e saúde dos peixes, tolerância das espécies ao poluente, distribuição espacial e temporal dos peixes no corpo d'água, capacidade de fuga dos peixes.

Fatores físicos e químicos: quantidade/concentração da substância, capacidade de diluição, neutralização e degradação do corpo d'água, velocidade de dispersão e persistência do poluente, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, material em suspensão.

Há quatro caminhos possíveis para a exposição do peixe a uma substância: brânquias, alimento, água ingerida e pele. O peixe tem diversas rotas possíveis para excreção de poluentes, tanto orgânicos quanto inorgânicos. Essas rotas incluem as brânquias, pele, muco, bile, fezes e urina (Figura1).

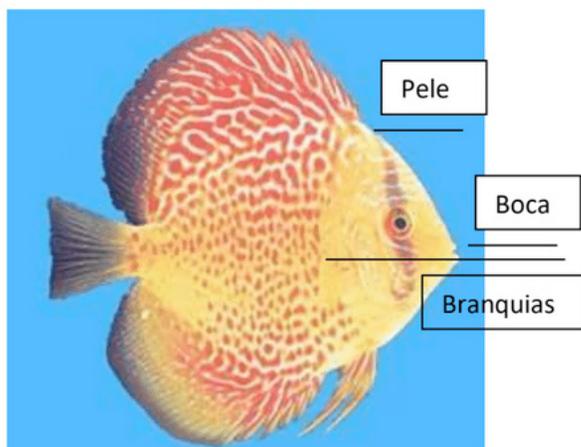


Figura 1- Foto retirada <http://www.ultramix.com.br/aquarismo/peixes/disco.php>

Peixes são animais ectotérmicos, cujas taxas metabólicas estão associados às variações de temperatura da água, existindo uma faixa de conforto térmico para distintas espécies. Embora a temperatura afete o crescimento e as respostas imunológicas dos peixes ornamentais, variações de outros parâmetros da água também são danosos à saúde.

FISIOLOGIA AMBIENTE

O manejo da piscicultura busca o aprimoramento da produção de peixes, no entanto vários fatores estão envolvidos como sanidade, manejo, nutrição, qualidade química e física da água, entre outros.

O manejo de peixes ornamentais é inevitável durante o sistema de produção e na manutenção da sua vida adulta, no entanto, as respostas fisiológicas nem sempre são favoráveis a saúde dos peixes. Os organismos aquáticos submetidos ao manuseio sofrem alterações de suas condições metabólicas iniciais, que constituem os desvios da homeostasia. A intensidade das alterações e o tempo para atingir o completo retorno às condições fisiológicas iniciais são indicativos de estresse e de desequilíbrio da homeostasia.

O manejo apropriado das espécies aquícolas é fundamental para o sucesso da aqüicultura. Este manejo consiste no monitoramento das variáveis como qualidade da água, alimentação densidade de estocagem, sanidade tem como finalidade proporcionar o bem estar dos peixes em cultivo. Dessa forma, proporcionando melhores condições para que os peixes expressem seu potencial de crescimento (OLIVEIRA; GALHARDO, 2007).

Variações de temperatura

Entretanto as diferenças no ambiente de cultivo como queda de temperatura, chuvas e as intervenções do sistema de cultivo como arraste da rede, manipulação dos peixes para biometria, transporte de peixes alteram a homeostasia do ambiente alterando o equilíbrio do animal com o ambiente, podendo até a levar a morte do plantel (INOUE; NETO; MORAES, 2004).

A temperatura da água em ambientes para criação e manutenção de peixes ornamentais é muito variada. O tamanho do aquário é o principal ponto das mudanças de temperaturas. Aquários de pequeno volume as mudanças de qualidade de água são mais drásticas que os aquários de grande volume. No entanto, ainda contamos com a produção em tanques escavados cujo a produção é feita em ambientes abertos que sofre influência do ambiente onde estão sujeitos às variações de temperatura ao longo do ano. No Brasil nos meses de maio/junho/julho/agosto há diminuição da temperatura ambiente e da temperatura de cultivo. Como os peixes são animais piscilotérmicos a temperatura corpórea diminui nas épocas frias. A diminuição da temperatura corpórea apresenta correlação positiva com a diminuição do metabolismo e conseqüentemente diminui o consumo de alimento.

O manuseio de peixes vivos é um assunto relevante para o sucesso do empreendimento aquícola, pois as manipulações e mudanças do ambiente são inevitáveis, causando uma série de reações fisiológicas. Os peixes submetidos ao manuseio sofrem alterações de sua condição metabólicas iniciais que constituem os desvios da homeostasia. A intensidade das alterações e o tempo para atingir o completo retorno as condições fisiológicas iniciais são indicadores bastante úteis da qualidade da manipulação dos peixes (INOUE, 2003).

Um dos fatores que provocam estresse em peixes são as variações de temperatura da água. As chuvas repentinas e intensas, frequentemente observadas no verão brasileiro (ESTEVES, 1988) são importantes causas de choque térmico devido a temperatura da água da chuva ser inferior aos dos corpos de água. O crescimento está relacionado à temperatura da água. Em regiões onde o inverno, a temperatura da água é inferior a 17°C o crescimento dos peixes é quase nulo, podendo ocorrer problemas de parasitose. As mudanças bruscas de temperatura (choque térmico) é um importante agente estressor para peixes neotropicais, podendo causar desbalanços nas reações bioquímicas destes animais heterotermos (TANCK et al. 2000).

Em peixes bettas submetidos a mudanças abruptas de temperatura no período de inverno, observa-se frequentemente Os Bettas apresentavam mudança na coloração do corpo, petéquias e sufusões hemorrágicas na superfície do corpo, aumento da cavidade abdominal contendo líquido transparente e límpido (Figura 2). As nadadeiras encontravam-se hemorrágicas e corroídas. Esta descrição é comumente observada em casos de infecções bacterianas (GARCIA; MORAES, 2009). Em peixes com ocorrência de *A. hydrophila* os

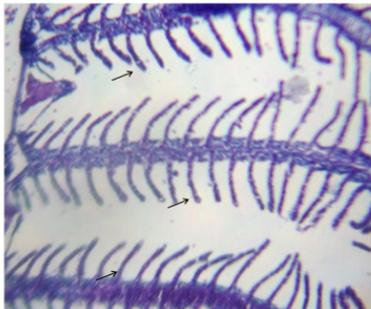
sinais clínicos de perda de apetite, apatia, perda de equilíbrio, lesões epidérmicas como despigmentação, necroses da pele, úlceras com exposição da musculatura e alterações no comportamento são comumente observados (JATOBÁ et al., 2012).



Figura 21 – Betta macho (*Bettasplendens*) infectado com *Aeromonas hydrophila*. (Seta) corrosão de nadadeira, (*) descoloração da pele

Destaca-se que esta bacteriose apresenta danos consideráveis ao sistema respiratório dos peixes (Figura 3). Os Bettas machos sadios apresentaram aspecto normal, sendo os filamentos subdivididos e em lamelas branquiais que se encontram dispostas perpendicularmente. Os filamentos branquiais possuem um epitélio estratificado, constituído por células de cloreto mucoso e pavimentosas (Figura 3A). Quando os peixes são expostos a algum agente agressor (toxicológico ou parasitário) as brânquias podem apresentar diversas alterações patológicas indicativas de condições desfavoráveis de um ambiente. Observa-se que brânquias de Bettas saudáveis apresentam arquitetura a qual o epitélio assenta-se sobre o seio venoso central e encontra-se segmentado por eixos vasculares que originam as lamelas. Essas estruturas representam projeções teciduais acima da superfície externa do epitélio filamentar. Desse modo, as lamelas são constituídas centralmente por um eixo vascular e por um epitélio composto por células pavimentosas de revestimento e indiferenciadas. Esse epitélio assenta-se na lâmina basal de células endoteliais modificadas (células pilar) que suportam e delimitam o compartimento sanguíneo lamelar (Figura 3B).

A



B



Figura 3. Filamentos brânquias de Bettas sadios. A – filamentos brânquias (seta) HE, 200x. B – EF epitélio filamentar; EVL – eixo vascular da lamela, ponta da seta – células pavimentosas; (*) seio venoso central. HE, 400x.

As brânquias dos Bettas infectados por *A. hidrófila* apresentaram alterações histopatológicas. Foi observado vasodilatação das lamelas que proporcionou ruptura celular com perda na capacidade de suporte das lamelas. Esse tipo de lesão caracterizou-se pela condensação dos núcleos e ruptura das membranas celulares (Figura 4A). Destaca-se a proliferação do epitélio filamentar, vasodilatação do seio venoso central e da região basal do eixovascular das lamelas e no epitéliolamelar edema intersticial (Figura 4 B, D) dos animais infectados. A necrose constituiu outro tipo de lesão observado, a qual foi mais acentuada na base do epitélio filamentar estendendo-se, por vezes, na sua totalidade (Figura 4 B, D). Foi constatada inflamação caracterizada por infiltração leucocitária (Figura 4 B). A proliferação do epitélio filamentar estendeu-se a toda a área epitelial conduzindo à fusão lamelar (Figura 4 D). As brânquias apresentavam alterações circulatórias caracterizadas por hiperemia e aneurisma (Figura 4C).

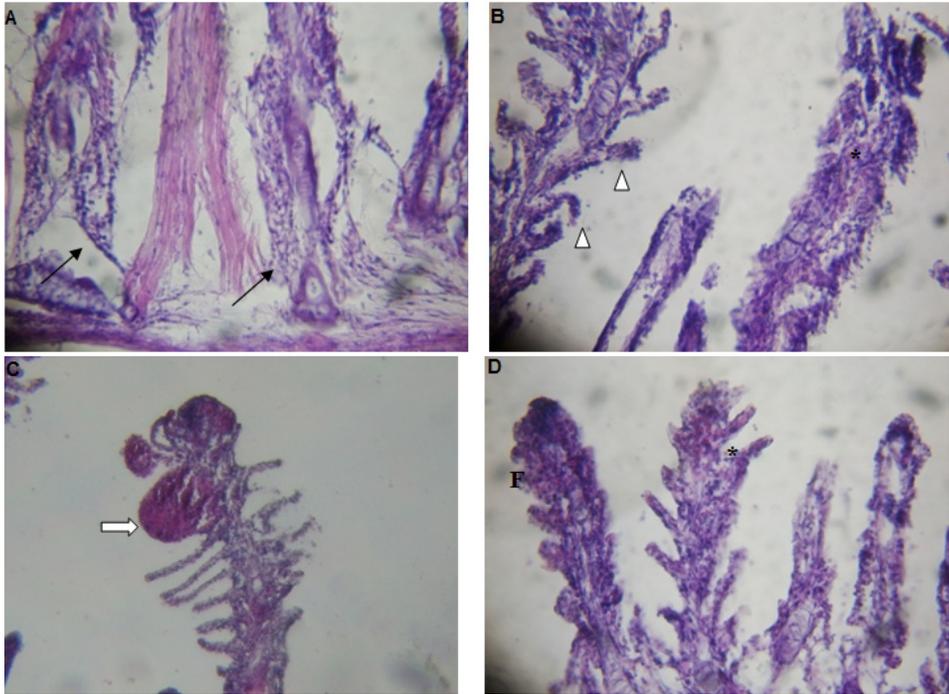


Figura 4. Filamentos brânquias de *Betta* infectados por *Aeromonas Hydrophila*. A - ruptura de membranas celulares (setas pretas), característicos de necrose. Necrose na base do epitélio filamentar HE, 200x. B – Destacamento do epitélio lamelar (cabeça de setas), aneurisma (*) HE, 200x. C - vasodilatação do eixo vascular das lamelas com perda da capacidade de suporte das células pilar e formação de aneurismas (setas) HE, 200x. D - Proliferação generalizada do epitélio filamentar com fusão (F) das lamelas branquiais. Edema Intersticial (*) HE, 400x.

Variações de pH

Fatores de qualidade de água como alcalinidade e pH são fatores que alteram a homeostasia dos peixes ornamentais. Uma das maiores influências na saúde do peixe está relacionada ao metabolismo nitrogenado. Os peixes ornamentais excretam predominantemente amônia por difusão através das brânquias, ou trocam NH_4^+ por Na^+ com o meio, excretando assim compostos nitrogenados e mantendo o equilíbrio osmótico. A produção de amônia está relacionada com o catabolismo de proteína, que aparentemente parece ser a fonte primária de energia em espécies aquáticas. O catabolismo de substâncias nitrogenadas leva a formação de produtos intermediários que devem ser eliminados para preservação da saúde dos peixes.

A concentração de resíduos nitrogenados, especialmente de amônia e nitrito, é um fator determinante na qualidade da água do ambiente de criação. Amônia pode ser encontrada como o íon amônio (NH_4), ligeiramente tóxico para peixes e NH_3 , que podem atingir concentrações tóxicas em sistemas intensivos inadequadamente manejados (RANDALL TSUI, 2002). A concentração de NH_3 aumenta em pH elevado (EMERSON et

al., 1975). Em sistemas de agricultura de alta densidade, a toxicidade da amônia total pode ser reduzida pelo CO₂ produzido metabolicamente, o que diminui o pH da água.

Um elevado nível de amônia na água reduz a excreção de amônia de plasma no peixe, promove a absorção do NH₃ do ambiente e aumenta a amônia do corpo (TOMASSO, 1994). O aumento de amônia no sangue (e do pH intracell) altera diversas funções fisiológicas, alterando o comportamento dos peixes, diminuindo o seu crescimento e sobrevivência (ISRAELENSE-WEINSTEIN KIMMEL, 1998) e aumentando a susceptibilidade do peixe a doenças (BERKA, 1986; WENDELAAR BONGA, 1997).

Em *Carassius aurata* submetidos a 1,0 mg.L⁻¹ de cloreto de amônia por 24 horas, não foram observados diferenças no pH e nos níveis de bicarbonato sanguíneo, no entanto houve uma queda de 30% na H + nmol.L⁻¹, o que reflete que se a exposição for crônica certamente ocorrerá mudanças no pH sanguíneo .

O pH é um fator fundamental no equilíbrio da reação de dissociação da amônia NH₃ + H₂O ↔ NH₄⁺ + OH⁻. O aumento do pH implica em deslocamento do equilíbrio de reação no sentido de formação de amônia (NH₃). Essa forma nitrogenada é capaz de se difundir livremente através das membranas celulares, se tornando mais tóxica que o íon amônia (NH₄⁺). Esta forma protonada é menos permeável às membranas impondo a excreção através da troca pelo íon sódio, reduzindo o teor plasmático de sódio.

A dificuldade de excreção nitrogenada na forma de amônia, em função da elevação de pH, deve levar o organismo a utilização de outras estratégias bioquímicas de detoxificação deste metabólito.

Osmorregulação

O cultivo de peixes ornamentais são geralmente realizado em tanques de pequenos volumes, com baixa renovação de água, que sofrem grandes variações ao longo do dia, sendo um fator estressante aos peixes. A disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos pode ser detectada pela condutividade elétrica. Quando os valores de condutividade elétrica são altos é um indicativo de elevada decomposição de matéria orgânica do sistema. A condutividade possui grande proporcionalidade com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade como cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, sulfatos e cloretos. Essa correlação existe principalmente em águas continentais ricas em carbonatos.

Grande parte dos peixes ornamentais vivem em ambientes com concentrações iônicas diferentes da constituição do sangue. Estas diferenças nas concentrações iônicas quando são muito elevadas podem resultar em diminuição da homeostasia afetando o desenvolvimento e em casos extremos aumentando a probabilidade de mortalidade.

Peixes teleósteis de água doce mantêm seus fluidos corporais mais concentrados do que o meio em que vivem denominados hiperosmóticos. Devido a esta diferença de concentração osmótica, ocorre uma entrada de água por osmose e perda passiva de íons. Este problema é resolvido através da produção de uma urina diluída e captação de sais por transporte ativo (íons monovalentes) através das brânquias.

Para diminuir os efeitos das diferenças na concentração iônica do meio e o plasma vem se propondo a utilização de sal em pequenas doses. O uso do sal comum (NaCl) durante o manejo produtivo de peixes ornamentais tem se mostrado como boa alternativa para reduzir o estresse causado por fatores como captura, transporte e alterações na qualidade da água. A adição de sal à água reduz problemas osmorregulatórios, entre outras respostas fisiológicas ao estresse, podendo diminuir a mortalidade dos peixes. Cabe ressaltar que os peixes têm capacidade de permanecer por um longo período em águas salinizadas com no máximo 9g/L.

Aparentemente a adaptação à mudança de salinidade implica na sua capacidade de ajustar os mecanismos de transporte de íons a permeabilidade de membrana e a permeabilidade de água pelas brânquias, rins e intestino. As perdas de soluto são compensadas através da alimentação e captação direta de íons do meio. A água em excesso é excretada na forma de urina que pode ser produzida em quantidades de até 1/3 do peso vivo.

Para que a membrana esteja em equilíbrio é essencial que os níveis séricos de Na e K sejam cuidadosamente regulados. Para manter o potencial elétrico da célula, esta precisa de uma baixa concentração de íons de sódio e de uma elevada concentração de íons de potássio, dentro da célula. Fora das células existe uma alta concentração de sódio e uma baixa concentração de potássio, pois existe difusão destes componentes através de canais semi-abertos existentes na membrana celular. Para manter as concentrações ideais dos dois íons, a bomba de sódio potássio ATPase bombeia sódio para fora da célula e potássio para dentro dela, contra seus gradientes de concentração..

Em termos de funções fisiológicas, a bomba de sódio-potássio está ligada diretamente a processos de contração muscular e condução dos impulsos nervosos. Além disso, através desse tipo de transporte, a célula controla a entrada e saída de íons sódio e potássio, provocando, assim, a estabilidade do volume celular e a concentração de água no interior da célula.

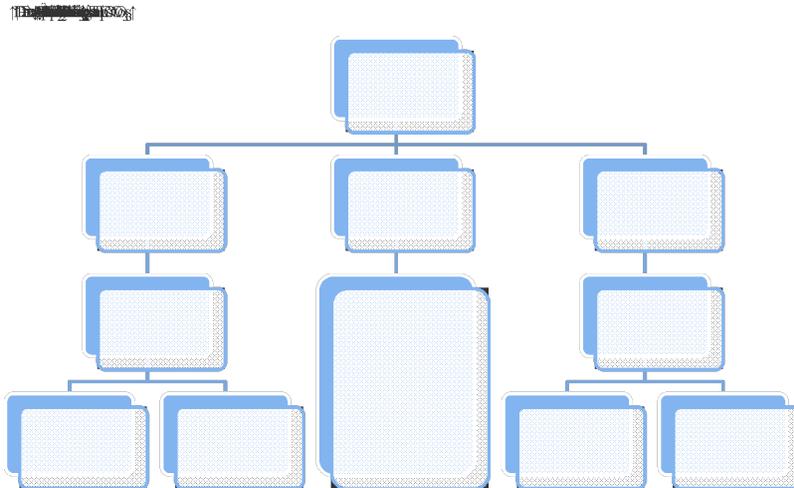


Figura 5 - Fluxograma de abordagem diagnóstica inicial dos distúrbios do equilíbrio ácido base (CARLOTTI, 2012).

A faixa de tolerância dos peixes à água salinizada depende de características como a espécie, a idade e o tamanho do peixe (LUZ; SANTOS 2008) e as características osmorregulatória de cada espécie (ZUANON et al. 2009). *O. C. aurata* quando exposto a concentrações de cloreto de sódio de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; e 25,0g.L⁻¹ (NaCl) e um controle por 96 horas apresentou sobrevivência de 100% até a concentração de 10g.L⁻¹ de NaCl, a partir da concentração de 15g.L⁻¹ de NaCl ocorreu mortalidade de todos os peixes. O tempo médio de sobrevivência para *C. auratus* foi significativamente menor (P<0,01) a partir da salinidade de 15g. L⁻¹. A partir de 15g.L⁻¹ a sobrevivência foi de 4 horas e em 25g.L⁻¹ foi de 5 minutos.

A transferência dos *C. auratus* para água doce após o período de exposição a salinidade foi considerada satisfatória uma vez que houve 100% de sobrevivência (Figura 6).

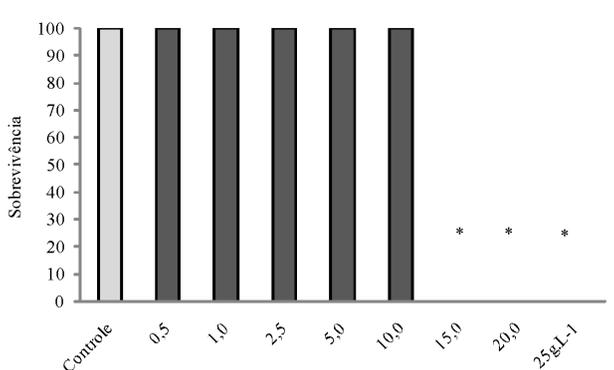


Figura 6. Sobrevivência de adultos de *Carassius aurata* durante 96h em recuperação a exposição a níveis crescentes de salinidade em água doce. (* ausência de peixes devido a mortalidade durante a exposição à salinidade).

A transferência dos *C. auratus* para água doce revelou a adaptação dos peixes à troca de ambientes. A sobrevivência do *C. auratus* em água salobra (10g de NaCl. L⁻¹) e posterior transferência para água doce permite inferir que esta espécie possui uma ampla faixa de adaptação à salinidade da água. Aparentemente o *C. auratus* apresenta alta regulação osmótica e iônica.

Na análise histopatológica do *C. aurata* no controle e expostos até 10,0 g.L⁻¹ apresentaram as brânquias, histoarquitetura constituídas por lamelas primárias que, em intervalos regulares, formavam as lamelas secundárias. Estas formadas por duas camadas de células epiteliais pavimentosas, células pilares, células-cloreto e as células mucosas (Figura 7A). Na concentração de 10,0 g.L⁻¹ ocorreu hiperplasia das células de revestimento no espaço interlamelar e hipersecreção de muco (Figura 7B). Na concentração de 15,0 g.L⁻¹ ocorreu hiperplasia das células de revestimento, desenvolvimento do epitélio interlamelar e fusão apical das lamelas secundárias. Nas concentrações de 20 e 25g.L⁻¹ ocorreram necrose da estrutura de colágeno de sustentação o que provocou desprendimento das células da mucosa da estrutura lamelar (Figura 7 C, D).

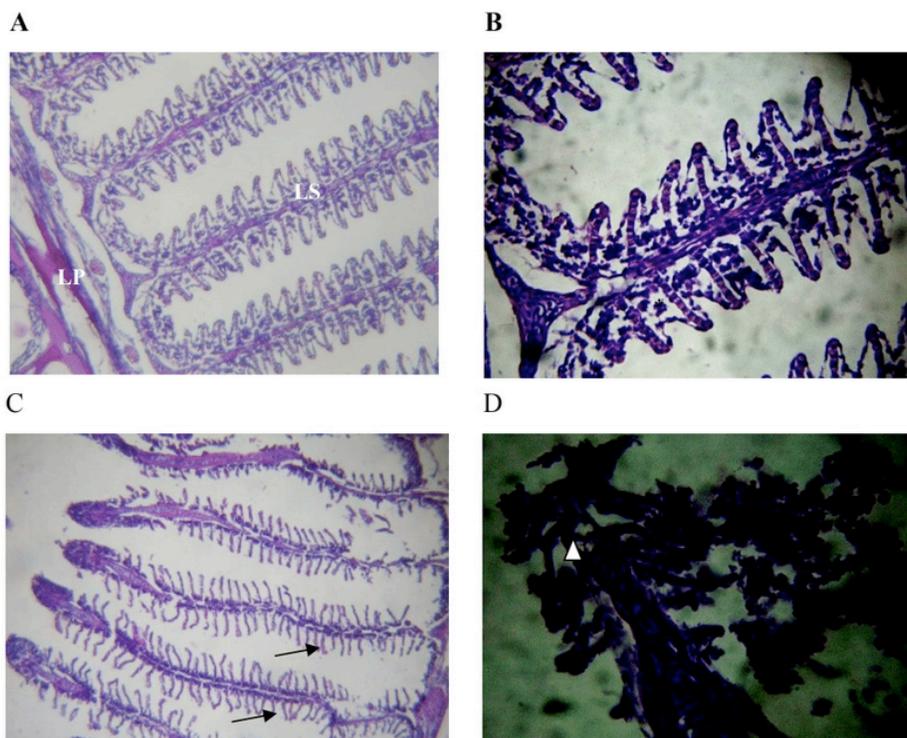


Fig.7. Fotomicrografia da brânquia no (a) tratamento-controle evidenciando as lamelas primárias (LP) e lamelas secundárias (LS) HE, 200x; (b) tratamento 15,0 mg.L⁻¹ ocorrência de hiperplasia das células de revestimento das lamelas secundárias (*); (c) tratamento 20,0 mg.L⁻¹ Destacamento do epitélio lamelar (setas pretas). (d) tratamento 20,0 mg.L⁻¹ ruptura de membranas celulares (cabeça de setas), Necrose na base do epitélio filamentar HE, 400x.

Na avaliação da tolerância aguda de juvenis de acará-bandeira *Pterophyllum scalare* foram obtidos os valores de salinidade letal mediana de $11,11\text{g.L}^{-1}$, valores muito inferior ao observado para Bettas (*Betta splendens*) fêmeas adultas expostos a salinidade a salinidade letal mediana foi de 15g.L^{-1} (ZUANON et al., 2009). As diferenças entre o tempo de sobrevivência das diferentes espécies de peixes ornamentais pode ser decorrente da fase de desenvolvimento dos peixes ou em função de características osmorregulatórias inerentes das espécies em questão.

Durante exposição aguda (96 h), espera-se maior tolerância à salinidade da água do que em exposição subcrônica e crônica. Sendo que a exposição por longos períodos necessita de outros mecanismos de adaptação. Para machos adultos de Bettas (*Betta splendens*). (Figura 8) com peso de $4,53\pm 0,94$, submetidos a concentrações de NaCl na água de controle (sem NaCl), 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0 g de sal comum. L^{-1} durante 15 dias.

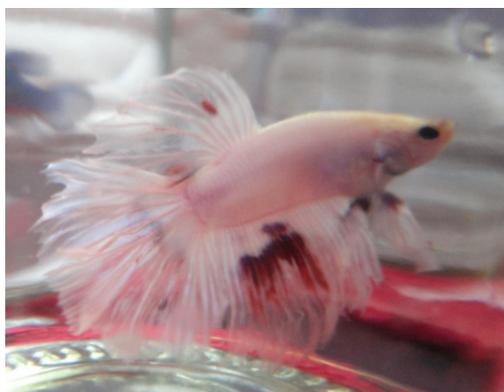
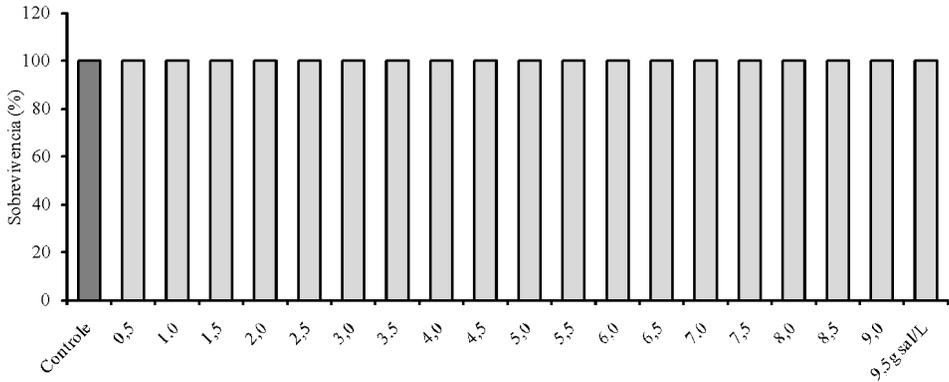


Figura 8. Exemplar de *Betta splendens* submetidos a 15 dias em água com 5g.L^{-1} NaCl.

Nos Bettas submetidos até $9,5\text{g.L}^{-1}$ de NaCl (Figura 9) não foi observado mortalidade e nem mudança no comportamento durante o período experimental. No entanto, a transferência dos peixes para água doce após o período de exposição à salinidade foi de 100% até a concentração de $7,5\text{g.L}^{-1}$ de NaCl (Figura 9) índice considerado satisfatório. Acima de $8,0\text{g.L}^{-1}$ de NaCl houve mortalidade de 33%.

A



B

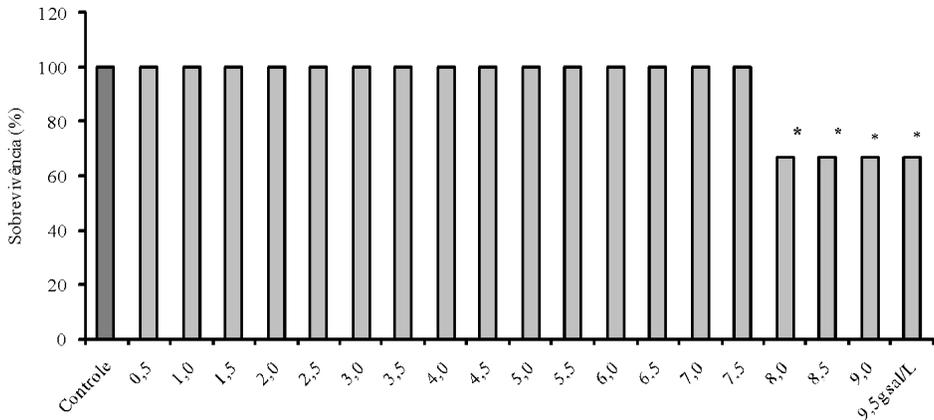


Figura 9. A) Percentual de sobrevivência de Bettas machos submetidos à NaCl na água e a recuperação em água doce. B) Sobrevivência de Bettas machos após a exposição a níveis crescentes de salinidade em água. (*)apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o quinguio (*Carassius auratus*) a exposição crônica ao NaCl estes apresentavam-se letárgicos e apáticos, o que refletiu no consumo de alimento, estes consumiram $0,47\text{g}$ de ração por peixe/ dia⁻¹ (Figura 10). A diminuição do consumo de ração dos peixes expostos a $5\text{gNaCl}\cdot\text{L}^{-1}$. A diminuição da ingestão de alimentos por peixes expostos a longos períodos de água salinizada foi reportado por De Boeck et al. (2000) que observaram diminuição de 70% de ingestão. Zuanon et al. (2009) para Bettas até 11 dias de exposição a água salinizada de 9g de sal comum. L^{-1} também observou o mesmo comportamento de diminuição da ingesta. Esta pode ser atribuída a comportamento de ingestão de água para osmorregulação após a transferência para água salinizada, influenciando a capacidade de ingestão, digestão e tempo de passagem do alimento. As alterações de comportamento dos peixes em exposição crônica ao NaCl podem estar associadas às disfunções do

sistema nervoso central pelas mudanças nas concentrações iônicas. Vieira Neto; Moysés Neto (2003) descrevem que as primeiras manifestações da hipernatremia são a agitação, letargia e irritação.

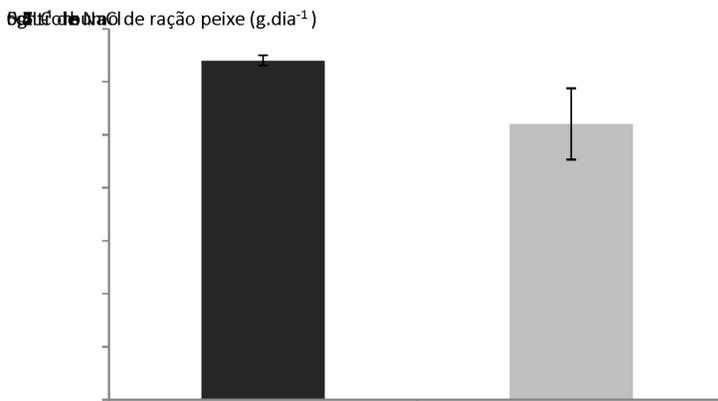


Fig. 10. Consumo de ração de *Carassius aurata* durante 21 dias.

A exposição crônica de *C. auratus* ao NaCl promoveu acidose, diminuição nas concentrações de bicarbonato sanguíneo. Nos parâmetros respiratórios houve aumento de na pressão de oxigênio e consequentemente na saturação de O₂ e também aumento na concentração de H⁺. Se a concentração de H⁺ no plasma estiver aumentada (pH < 7,40), o animal tem acidemia, que pode ser secundária à acidose metabólica ou respiratória. A acidose metabólica é o resultado de um processo que aumenta a concentração de H⁺ e diminui a concentração de HCO₃⁻ (CARLOTTI, 2012).

Os eletrólitos sanguíneos apresentaram mudanças em relação à exposição crônica a 5gNaCl.L⁻¹. A concentração de sódio sanguíneo elevou-se em 5% e de cloreto em 25% dos peixes em exposição crônica de NaCl, promovendo um quadro de hipernatremia e hiperclorêmia. A concentração de potássio sanguíneo dos peixes em exposição crônica apresentou diminuição de 66% em relação ao controle, promovendo um quadro de hipotassemia. O sangue de peixe tem salinidade próxima a 9% sendo que 77% dos sais no sangue são sódio (Na) e cloreto (Cl) (WURTS 1995) o que permite a regulação com o meio ambiente. Para os peixes expostos a salinidade de 5 g.L⁻¹ por 21 dias observou perda do equilíbrio eletrolítico.

O estresse em peixes

A resposta ao estresse envolve a ativação de dois eixos neuroendócrinos, o eixo hipotálamo sistema nervoso simpático - células cromafins (HSC), que libera catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) como produtos finais e o eixo hipotálamo-hipófise-interrenal (HHI) que libera os corticosteróides (cortisol e cortisona) (OBA; MARIANO; ROMAGUEIRA, 2009).

O estresse é definido como “um conjunto de reações que o organismo desenvolve ao ser submetido a uma situação que exige esforço para adaptação”, e estressor “é todo agente ou demanda que evoca reação de estresse, seja de natureza física, mental ou emocional” (SEGANTIN; MAIA, 2007).

Segundo Silveira et al. (2009) o conceito de estresse representa uma condição em que o animal é incapaz de manter um estágio fisiológico normal devido a fatores chamados estressantes. Gallhardo e Oliveira (2006) complementam que o estresse pode ser considerado um conjunto de respostas não específicas do organismo a situações que ameaçam desequilibrar a sua homeostase. Os agentes de estresse ou estressores em peixes podem ser de inúmeros tipos, entre os quais contam: Natureza física como o transporte, o confinamento e o manuseio, Natureza química como os contaminantes, o baixo teor de oxigênio ou pH da água: ácido ou alcalino, reduzido ou elevado e percebidos pelo peixe, como por exemplo, a presença de predadores.

Silveira et al. (2009) afirma que os agentes estressores também podem ser classificados como de curta (moderada) duração ou longa (prolongada) duração podendo apresentar diferentes intensidades, a exposição moderada a esses agentes pode produzir nos peixes uma resposta adaptativa, que restitui ao equilíbrio do organismo, contudo se estiverem sujeitos a agentes de estresse prolongados a resposta pode tornar-se mal adaptativa, com conseqüências negativas para o seu estado de saúde.

Processos de estresse

Alguns autores (ABREU; URBINATI, 2006; LIMA, et al., 2006; OLIVEIRA; GALHARDO, 2007) relatam que um animal estressado passa por três fases distintas, que ele denominou de Síndrome Geral da Adaptação (SGA). O primeiro estágio da SGA é uma reação de alarme, usualmente caracterizada por uma rápida resposta fisiológica, seguida de um segundo estágio de resistência. Durante a segunda fase, o organismo se adapta ao distúrbio com o objetivo de recuperar a homeostase. Se o estresse é muito intenso ou persiste por longo prazo, a adaptação pode não ser mais possível e o organismo entra no terceiro estágio, que é o de exaustão.

As respostas fisiológicas de estresse são estimuladas em sistema de cascata, o qual desencadeia respostas em defesa do organismo, estimulando o hipotálamo, que secreta o fator liberador de corticotrofina (CRH), que por sua vez estimula a hipófise a liberar o

hormônio adrenocorticotrófico (ACTH). Uma vez na corrente sanguínea, o ACTH atinge o tecido interrenal, promovendo a liberação do cortisol. As catecolaminas, adrenalina e noradrenalina, são liberadas pelas células cromafins, estimuladas diretamente pelo sistema nervoso simpático (FAGUNDES, 2005).

A resposta ao estresse envolve a ativação do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, estimulando o tecido adrenocortical a sintetizar e secretar glicocorticóides em maior quantidade (POPP, 2006). Uma das funções do cortisol durante o estresse é suprir a demanda energética dos peixes, mas deprimem o sistema imunológico, os corticosteróides têm ação antiinflamatória inibindo o aumento da permeabilidade vascular e a migração de leucócitos para o foco lesado (BAGLIOLI, 2008)

Oba et al. (2009) descreve que as brânquias, o intestino e o fígado são órgãos alvo do cortisol em peixes, estes órgãos refletem as principais ações do cortisol ou seja, balanço hidromineral, e metabolismo energético, outras ações do cortisol incluem redução do crescimento e a supressão do sistema reprodutivo e imune.

As respostas fisiológicas a agentes estressantes em peixes são similares a verificada em outros vertebrados e tem sido descrita em três níveis e muitas delas têm sido descrita como indicadores de estresse em peixes, essas respostas são divididas em três categorias, primárias, secundárias e terciárias (SILVEIRA; LOGATO; PONTES, 2009).

FISIOLOGIA DA NUTRIÇÃO

Pouco se sabe sobre os peixes ornamentais. Uma vez que os estudos das diferentes espécies ainda são escassos. No entanto, pelo hábito alimentar das espécies ornamentais arriscamos a formular as dietas que possivelmente estão muito acima do requerido. Sendo um obstáculo para formulação de rações. Entende-se como formulação de rações como um processo de cálculo para se conseguir uma mistura de diversos alimentos ou ingredientes, em proporções que possam somar quantidades de nutrientes e que atendam as exigências nutricionais diárias dos animais, de acordo com suas funções produtivas (ANDRIGUETO, 1981). Devido a grande diversidade das espécies, a nutrição de peixes é uma grande área de estudos, onde não cabem generalizações, sendo cada caso merecedor de atenção específica.

Os estudos nutricionais têm demonstrado que a dieta influencia o comportamento, a integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e crescimento dos peixes. Assim, a determinação das exigências qualitativas e quantitativas dos nutrientes essenciais é imprescindível para uma adequada formulação de dietas para os peixes.

O aproveitamento alimentar dos peixes também está associado à temperatura da água de cultivo. A eficiência da digestão nos animais ectotérmicos é afetada pela temperatura da água através de, pelo menos, cinco processos: consumo, nível de secreção de sucos gástricos, atividade enzimática, motilidade do trato gastrointestinal e

taxa de absorção intestinal. O aumento na temperatura, dentro dos limites de tolerância térmica, aumenta a taxa metabólica, intensificando a busca pelo alimento, o consumo e provavelmente a digestão e a assimilação dos nutrientes, proporcionando maior velocidade de desenvolvimento. Portanto, o manejo alimentar deve estar relacionado com os fatores que influenciam a ingestão de alimentos, bem como a quantidade de alimento a ser fornecido, horário de arraçoamento, frequência e ritmo de alimentação, nos diferentes sistemas de criação.

As atividades relacionadas à alimentação estão: a procura de alimento, reconhecimento dos alimentos, movimentos para atingir o alimento, qualidade sensorial dos alimentos (figura xxx), iniciativa de comer, ingestão dos alimentos, digestão, absorção e metabolização de nutrientes.

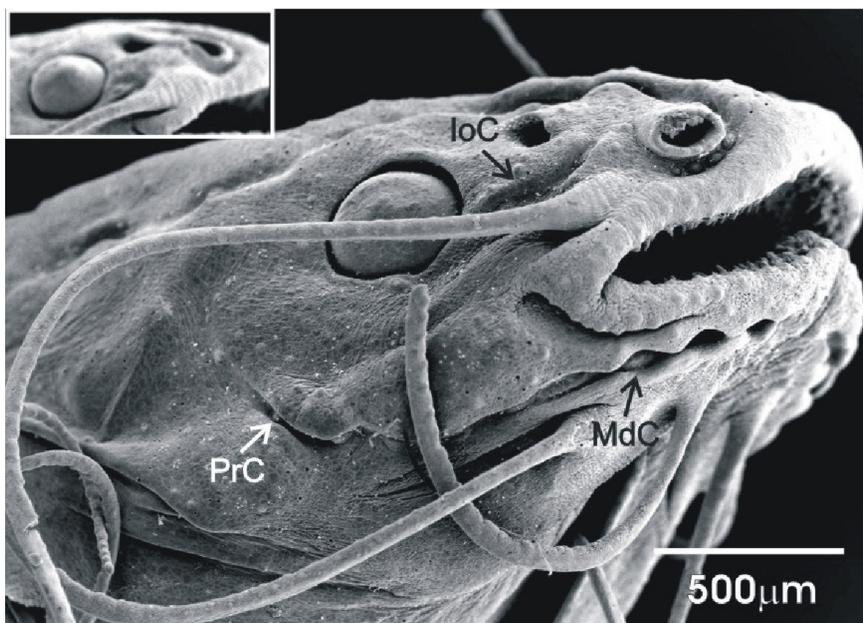


Foto da dissertação de mestrado Carlos Sestaroli. Demonstrando as estruturas sensoriais.

A formulação de dieta para peixes sofre interferência direta da espécie que vai ser alimentada, da fase de desenvolvimento assim como pelo sistema de cultivo adotado (Tabela 1). No intuito de fornecer uma boa alimentação para os peixes, ainda observa-se a prática de utilizar dietas com alto nível de proteína acima da exigência. No entanto, o simples fato de uma ração possuir 40%PB não assegura que esta seja de melhor qualidade que uma dieta de 30%PB. Esta avaliação de qualidade de dieta fatores como tipo de ingredientes e qualidade da proteína (digestibilidade e qualidade de aminoácidos), relação proteína digestível e energia digestível são alguns dos fatores que interferem no valor nutritivo das dietas e que devem ser o ponto de partida da formulação.

A formulação no que tange às diferentes fases do cultivo de peixes está muito abaixo do que se poderia considerar como ideal. É de conhecimento geral que existe uma diferença marcante na exigência nutricional de cada fase de cultivo, no entanto são poucos os trabalhos que apontam essas diferenças. A fase de terminação é uma das que apresentam grande escassez de dados o que leva a obtenção de peixes com alto teor de gordura corporal e com baixa eficiência produtiva chegando a problemas mais graves como morte súbita.

Comumente encontram-se disponíveis no mercado dietas para peixes ornamentais com teores de proteína em torno de 50 a 60%PB. Porém, essas dietas apresentam índices de digestibilidade menor que 50%, acarretando assim problemas tanto para o peixe como para o meio ambiente que recebe essa carga de nitrogênio.

Atento a isto, atualmente as investigações estão voltadas para exigência de cada espécie com impacto direto na formulação das dietas Albernaz (2000). Para atingir tal objetivo o uso das informações de digestibilidade de ingredientes se tornou fundamental para que não ocorra super dosagens, que aumenta os custos de produção, e nem em sub-dosagens, que podem reduzir as taxas de crescimento.

Considerando de forma clara que não se pode mais transpor os dados de uma espécie para outra, estão sendo conduzidos os ensaios de digestibilidade de ingredientes para as principais espécies ornamentais. Para espécies de cultivo de hábitos alimentares diferentes observa-se diferenças drásticas nos valores de digestibilidade dos ingredientes. Que se deve a diferenças na habilidade de digestão e absorção de nutrientes.

A disponibilidade de enzimas digestivas específicas em quantidades ajustadas permite ao organismo a transformação e a disponibilização dos nutrientes. Além disso, os ajustes metabólicos da espécie frente às alterações nutricionais tornam-nas mais ou menos aptas às restrições alimentares impostas. Portanto, o conhecimento das exigências nutricionais de cada espécie baseado em sua capacidade digestiva e em suas adaptações metabólicas frente às variações alimentares é fundamental nos ajustes mais finos das demandas nutricionais (LUNDSTADT et al., 2003). O conhecimento exato da quantidade de enzimas digestivas no trato digestório, sua especificidade, a otimização de suas atividades e suas limitações adaptativas, permitem prever, com maior exatidão, o aproveitamento de alimentos usuais e até mesmo de novas fontes de alimento (GLASS et al., 1989).

Os peixes apresentam uma capacidade específica de adaptação ao processo digestivo, tais como ajustes do perfil e da secreção enzimáticos, da absorção e do transporte de nutrientes. Essa capacidade lhes permite adequar-se às mudanças da dieta e aperfeiçoar as estratégias alimentares, (KAPOOR et al. 1975; HOFER, 1979 a, b). Porém, esta habilidade varia entre as espécies. A capacidade específica de produzir e alterar o perfil e a atividade de suas enzimas digestivas permite o uso de diferentes tipos de alimentos, razão pela qual a estrutura digestiva da espécie reflete o seu hábito alimentar (CHAKRABARTI et al., 1995).

Provavelmente as diferenças no desempenho dos peixes sejam, até certo grau, atribuídas às diferenças inter-específicas das características de seus trato digestórios e à eficiência com que o alimento ingerido é capaz de ser digerido e assimilado. Existe uma correlação entre a estrutura do trato digestório e a distribuição das enzimas digestivas (CHESLEY 1934).

O hábito alimentar está intimamente ligado ao comprimento do trato digestório. Em peixes herbívoros este é mais longo que em carnívoros. Esta característica está ligada ao tempo de trânsito e à consequente exposição do alimento à ação das enzimas. Isto mostra uma correlação entre as atividades enzimáticas digestivas e o tipo de dieta que é processada. As enzimas digestivas são usualmente indutivas (HSU; WU 1979). As maiores atividades de carboidratases deverão ser, portanto encontradas no trato digestório de peixes herbívoros e as maiores atividades proteolíticas em carnívoros. A capacidade de adaptação dos processos digestivos nos peixes, tais como perfil e secreção enzimáticos, absorção e transporte de nutrientes (KAPOOR et al., 1975; HOFER, 1979), varia entre as espécies. Os carnívoros, por exemplo, parecem ter uma capacidade limitada em alterar sua função digestiva e de transporte de nutrientes de acordo com a composição da dieta, enquanto os onívoros exibem uma habilidade muito maior em modular sua fisiologia digestiva e absorviva.

O trato digestório dos peixes apresenta uma diferenciação funcional na maioria das espécies, destaca-se que para espécies ornamentais não é usual realizar ensaio que tenha que matar os peixes para retirada dos órgãos. As atividades enzimáticas observadas no trato digestório dos peixes se devem provavelmente à pequena massa de tecido pancreático difusa ao longo do intestino anterior e, nos adultos, às infiltrações pancreáticas do fígado (CATALDI et al. 1987).

Na maioria dos peixes, a maior parte da digestão ocorre no intestino (ROTTA, 2003), porém, tanto o estômago quanto a mucosa intestinal, o pâncreas e os cecos pilóricos são fontes de enzimas proteolíticas (PHILLIPS, 1969). Os cecos pilóricos são embriologicamente equivalentes ao pâncreas exócrino e podem ter um papel fisiológico equivalente em alguns casos CHESLEY (1934a). Portanto, essa estrutura é muito importante no processo digestivo dos peixes, já que um grande número de enzimas como tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidases (proteolíticas), amilases, lipases e quitinase são aí produzidas (DE SILVA; ANDERSON, 1995). O tecido pancreático também pode estar associado ao tecido adiposo que reveste os cecos pilóricos ou disperso no mesentério, assim como ocorre em muitos teleosteos (KAPOOR et al. 1975). A secreção dessas enzimas é medida por estímulos neurais e hormonais, que geralmente provocam um aumento da secreção enzimática para a luz do trato digestório (FANGE; CHIOU, 1989).

A secreção das enzimas digestivas é mediada por estímulos neurais e hormonais, que geralmente provocam um aumento da secreção enzimática para a luz do tubo digestório. Os dois principais hormônios envolvidos no processo digestivo são a gastrina e a colecistocinina (CCK) (MUTT; JORPES, 1971). A liberação do hormônio gastrina produzido pelas células

gástricas do estômago provoca a liberação de ácido clorídrico pelas células parietais. O aumento da concentração de ácido clorídrico no estômago é um estímulo para a secreção de pepsinogênio (precursor da pepsina) pelas células pépticas (GUYTON; HALL, 2002). A CCK produzida pelas células I do intestino anterior é a responsável pelo aumento secreção de enzimas digestivas do pâncreas exócrino (DESBOIS et al., 1999), pelo aumento da contração da vesícula biliar (CHEESEMAN; TSANG, 1996), pelo peristaltismo intestinal e pela inibição da secreção do ácido gástrico e do hormônio gastrina (LIDDLE, 1997). A liberação destes hormônios está diretamente relacionada com a ingestão de alimento (REHFELD; VAN SOLINGE, 1994). Entretanto, outros fatores de natureza química, distinta dos sinalizadores endógenos, podem estar relacionados ao estímulo de produção e/ou secreção das enzimas digestivas.

A digestão das proteínas envolve a ação de diferentes enzimas, cada qual com sua ação específica sobre diferentes sítios de ligação peptídica resultando na formação de peptonas, proteases e polipeptídeos menores (GAUTHIER et al., 1982). A hidrólise dos polipeptídeos resultantes se faz por ação das aminopeptidases, carboxipeptidases e dipeptidases com a formação final de aminoácidos livres. Assim, os aminoácidos livres podem ser finalmente absorvidos (HALVER; HARDY, 2002). A digestão de proteínas começa pela ação da pepsina produzida no estômago, sendo completada pela ação de proteases alcalinas, como tripsina e quimiotripsina, produzidas ao longo do intestino (FANGE and CHIOU, 1989).

A digestão dos lipídios nos peixes pode ocorrer no estômago, nos cecos pilóricos e no intestino pela ação de uma variedade de lipases e colipases (SMITH, 1989). As gorduras neutras são hidrolisadas em ácidos graxos e glicerol que são absorvidos e utilizados como fonte de energia ou armazenados para fins de reserva. Outras formas de lipídios, como esteróides, fosfolipídios, lipídios complexos e ceras podem igualmente ser degradados e ou fazerem parte da composição lipídica dos peixes.

A digestão de carboidratos em peixes ocorre no estômago, nos cecos pilóricos e no intestino pela hidrólise de moléculas de polissacarídeos complexas (WILSON; POE, 1985). A digestão de carboidratos é realizada por algumas enzimas, sendo a amilase a mais relevante, e produzindo uma variedade de oligossacarídeos e monossacarídeos como produtos da reação (LOVELL, 1988). A utilização dos carboidratos difere entre as espécies e depende principalmente da complexidade da fonte de carboidrato ingerida (YAMAMOTO et al., 2001).

Para espécies de peixes ornamentais como Betta (*Bettas splendens*) a atividade das principais enzimas digestivas é responsiva a presença de alimento no trato digestório (Figura 12).

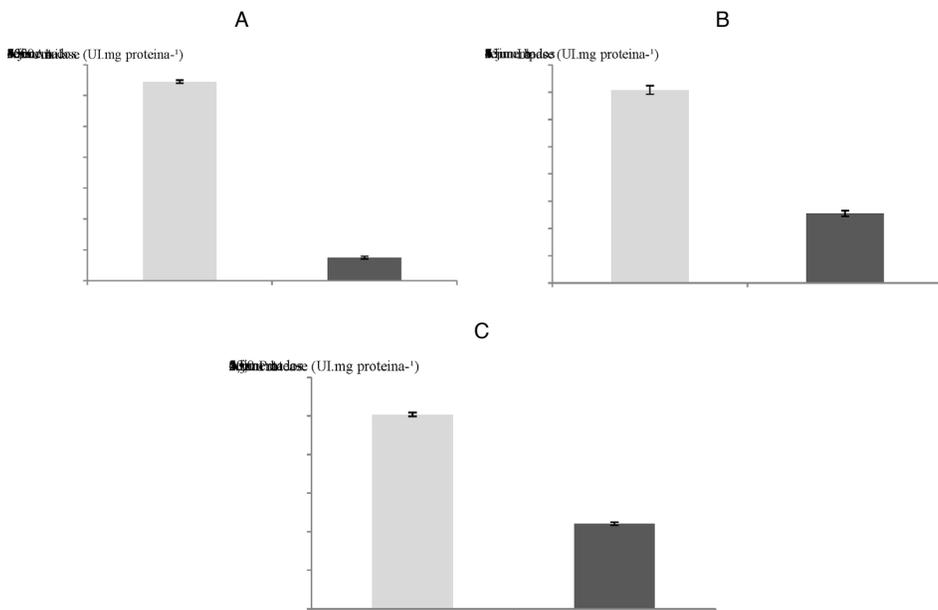


Figura 12 - Atividade específica (UI/mg proteína) da protease (A), amilase (B) e lipase (C) do trato digestório de *Betta splendens* em resposta à privação de alimento.

Observa-se que o jejum de 21 dias em *Betta* depreciou a atividade da lipase digestiva (Figura 13). Estes resultados revelam que fontes de lipídeos são

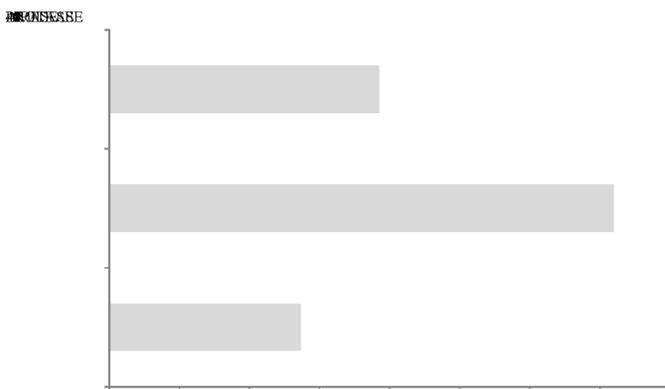


Figura 13 – Percentual de perda da atividade das enzimas digestivas de *Betta* submetidos a privação de alimento.

Para quinguios (*Carassius aurata*) a atividade da amilase e lipase digestivas foram menores para os peixes em jejum por 21 dias. No entanto, a atividade da protease digestiva não demonstrou responsividade a presença ou ausência de alimentos no trato digestório (Figura 14). A atividade proteolítica de quinguios é menos dependente da presença de

reguladores, ou até mesmo do alimento, ainda que mesmo uma pequena diminuição ao longo do jejum seja observada. Este fato pode estar ligado à falta de células do sistema endócrino em alguma porção do trato digestório desta espécie. Porém a relação entre a dieta, a estrutura e a função dos cecos pilóricos (principal local de digestão proteica no trato digestório) é muito complexa e ainda pouco entendida (DREWE *et al*, 2004), necessitando assim de mais estudo.

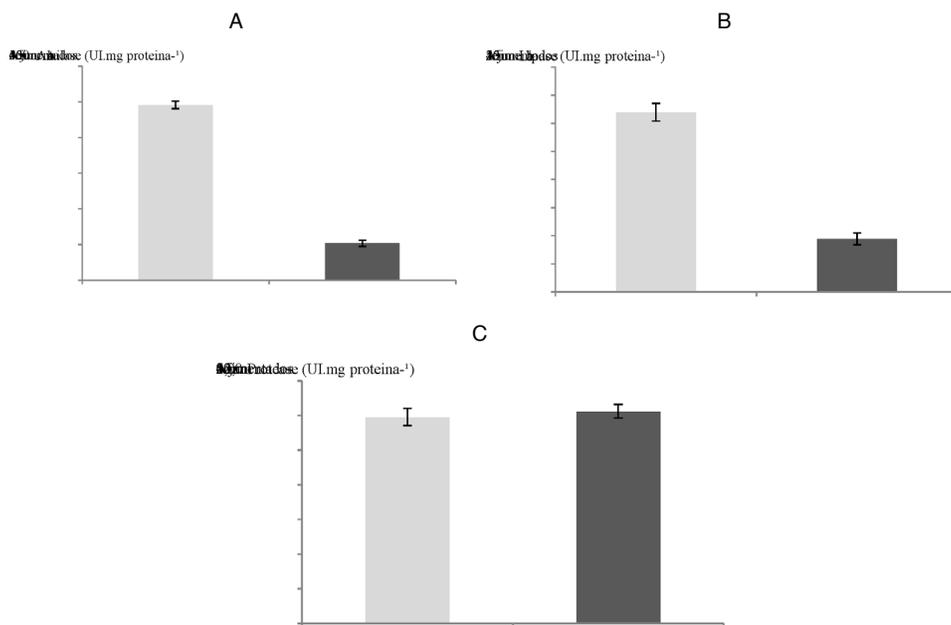


Figura 14 - Atividade específica (UI/mg proteína) da protease (A), amilase (B) e lipase (C) do trato digestório de Quinguios (*Carassius aurata*) em resposta a privação de alimento.

Os baixos níveis de atividade enzimática do trato digestório dos peixes em jejum, evidenciam que a presença de alimento nas cavidades gastrintestinais é importante para a secreção de enzimas. Devido a grande diferença observada no perfil enzimático da protease digestiva entre kinguios e Bettas ressalta-se que a capacidade digestiva é interespecífica.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O CONHECIMENTO DOS ASPECTOS FISIOLÓGICOS E A CRIAÇÃO COMERCIAL DE ORGANISMOS ORNAMENTAIS

Adaptação fisiológica: é o processo de ajustamento do próprio peixe a outro ambiente. Ao produzir peixes ornamentais em sistema intensivo, que necessariamente requer aumento de densidade e utilização de alimento artificial, a adaptação é uma fator primordial de sobrevivência. Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), para que a aqüicultura produza benefícios reais e permanentes, esta terá que encontrar formas de se desenvolver, aumentando os seus rendimentos e

diminuindo os seus efeitos adversos. Para tanto, será necessário identificar formas adequadas principalmente de produção e de conservação do meio ambiente.

Algumas exigências para o desenvolvimento da aquicultura ornamental são primordiais, como adequação da capacidade de suporte ambiente aquático, emprego da produção primária na alimentação dos peixes; emprego de dietas de alta digestibilidade que atenda as exigências adequadas a cada espécie de peixe ornamental.

Qual seria a resposta fisiológica de adaptação? Qual seria a resposta comportamental de adaptação? Qual o nível de tolerância ao agente agressor das espécies de peixes ornamentais? Quais as consequências destas condições adversas (alimento, qualidade de água, etc)?

Enquanto mudanças drásticas no ambiente de cultivo resultam em altas taxas de mortalidade. Porém a exposição de peixes ornamentais a exposição crônica a qualquer situação de estresse (alimentar ou de ambiente), comprometem as funções fisiológicas, ocasionando diminuição de crescimento e menor resistência a doenças. É incontestável que a tolerância dos peixes ornamentais é interespecífica.

Portanto, faz necessário e urgente estudos sobre fisiologia de peixes ornamentais nativos submetidos a distintos fatores de estresse com a finalidade de reduzir os fatores nocivos para otimizar esta cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

ABREU, S. J.; URBINATI, E.C. Physiological responses of matrinxã (*Brycon cephalus*) fed different levels of vitamin C and submitted to air exposure. **Acta Amazônica**, Manaus, v.36, p.519-524, 2006.

ALBERNAZ, N. D. S. **Efeito do processamento da ração sobre os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes para Piau Verdadeiro (*Leporinus elongatus* CUV & VAL, 1864)**. 2000. 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

ANDRIGUETTO, J.M., PERLY, L. ; MINARDI, I. ET AL. **Nutrição animal**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1985. v.1, p.71-134, 1981.

BAGLIOLI, B. **Vitamina C na dieta e influencia nas respostas de estresse e resistência de juvenis de jundiás expostos ao ictio**. Curitiba, 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná, UFPR.

BERKA, R. **The transport of live fish. A review**. Rome: FAO, 1986. 52p. (EIFAC Technical Papers, 48).

CARLOTTI, A. P. C. P. Abordagem clínica dos distúrbios do equilíbrio ácido base. **Medicina Ribeirão Preto**, v. 42, n. 2, p. 244-62, 2012.

CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia para alevinos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. 1990. 59f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

- CATALDI, E., CATANDELLA, S., MONACO, G., ROSSI, A., TAUCIONI, L. A study of the histology and morphology of digestive tract of the sea-bream, *Sparus aurata*. **Journal of Fish Biological**, v. 30, p. 135-145, 1987.
- CHAKRABARTI, I.; M.A. GANI; K.K. CHAKI; R. SUR ; K.K. MISRA. Digestive enzymes in 11 freshwater teleost fish species in relation to food habit and niche segregation. **Comparative Biochemistry and Physiology – Part A**, v. 112, p. 167-177, 1995.
- CHEESEMAN, C.I.; TSANG, R. The effect of GIP and glucagon-like peptides on intestinal basal membrane hexose transport. **Animal Journal Gastrointestinal Liver Physiology**. v. 271, n. 3, p. 477-482, 1996.
- CHESLEY, I. The concentrations of proteases, amylases end lipase in certain marine fishes. **Biology Bull**, v. 66, n. 2, p. 133-144, 1934.
- DE BOECK, G.; VLAEMINCK, A.; LINDEN, A. et al. The energy metabolism of common carp (*Cyprinus carpio*) when exposed to salt stress: an increase in energy expenditure or effects of starvation? **Physiological and Biochemical Zoology**, v.73, n.1, p.102-111, 2000.
- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquiculture**. London: Chapman ; Hall, Aquiculture série 1, 1995, p319.
- DESBOIS, C. et al. The CCKB/gastrin receptor is coupled to the regulation of enzymes secretion, protein synthesis and p70 S6 kinase actives in acinar cells from ElasCCKB transgenic mice. **European Journal of Biochemistry**, v. 266, n. 3, p. 1003-1010, 1999.
- DREWE, K. E. HORN, M. H.; DICKSON, K. A.; GAWLICKA. Insectivore to frugivore: ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. **Journal of Fish Biology**. v. 64, n. 4, p. 890–902, 2004
- ESTEVES, K.E.; ARANHA, J.M.R.; Ecologia trófica de peixes e riachos. **Oecologia Australis**, v.6, 1999.
- FAGUNDES, M. **Respostas Fisiológicas do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) a Estressores Comuns na Piscicultura**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista UNESP, Jaboticabal SP, 2005.
- FANGE, I.S., CHIOU, S. F. Effects of salinity on the actives of digestive protease from the tilapia fish, *Oreochromis niloticus* in different culture environments. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 93A, p. 439-443, 1989.
- GALHARDO, R; OLIVEIRA, R. Bem Estar Animal: Um Conceito Legítimo para Peixes? **Revista de Etologia**, Ribeirão Preto v.8, n.1p. 51-61, 2006.
- GARCIA, F.; MORAES, F. R. Hematologia e sinais clínicos de *Piaractus mesopotamicus* infectados experimentalmente com *Aeromonashydrophila*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 17-21, 2009.
- GARCIA,L.M.; ADELMAN, R. Na in situ estimate of daily food consumption and alimentary cnal evacuation rates of common carp *Cyprinus carpio* L. **Journal of Fish Biology**, v. 27, p. 487-493, 1985.
- GAUTHIER, S.F., VACHON, C., JONES, J.D., SAVOI, L. Assessment of protein digestibility by in vitro enzymatic hydrolysis with simultaneous dialysis. **Journal Nutrition**, v. 112, p. 1718-125, 1982.

GLASS, H. J. Et la. Digestive of protein in different marine species. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 94, n. 3, p. 607-611, 1989.

GUYTON, A. C.; HALL J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Décima edição. Guanabara Koogan. pag 973. 2002.

HALVER, J.E.; HARDY, R.W. Nutrient Flow and Retention. In: Halver, J.E.; Hardy, R.W. (eds). **Fish Nutrition**. 3 ed, Academic Press. Pp. 755-770, 2002.

HOFER, R. The adaptation of the digestive enzymes to temperature, season and diet in roach, *Rutilus rutilus*, and rudd, *Scardinius erythrophthalmus*, Proteases. **Journal Fish. Biology**, v. 15, p. 373-379, 1979.

Hsu, Y.L.; Wu, J.L. The relationship between feeding habits and digestive proteases of some freshwater fishes. **Bull. Inst. Zool.**, v.18, 45-53. 1979

INOUE, L.A.K., SANTOS NETO, C.; MORAES, G.. Clove oil as anaesthetic for juveniles of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869). **Ciência Rural**. v. 33C, p. 943-947, 2003.

ISRAELI-WEINSTEIN, D.; KIMMEL, E. Behavioral response of carp *Cyprinus carpio* to ammonia stress. **Aquaculture**, v.165, p.81-93, 1998.

JATOBÁ, A., SILVA, B. C., DO NASCIMENTO VIEIRA, F., MOURIÑO, J. L. P., ; SEIFFERT, W. Q. Isolamento e caracterização de bactérias hemolíticas de Acará Disco e Neon Arco-Íris. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 763-768, 2012.

KAPOOR, B.G.; SMIT, H.; VERICHINA, I. A.. The alimentary canal and digestion in teleosts. **Adv. Mar. Biol.**, v. 13, p. 109-239, 1975.

LIDDLE, R. A. Cholecystokinin cells. *Anna Rev. Physiology*. V. 59, n. 1, p. 221-242, 1997.

LIMA, F. C.T. Subfamily bryconinae In: R.R.K. Reis, S.O; FERRARIS, JR., c. j. (Ed). **Check List of the Freshwater fish of south and central American**. Porto Alegre: EDPURCS, P. 174-181, 2003.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Chapman ; Hall, 260p, 1989.

LUNDSTEDT, L.M., MELO, J.F.B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 137B, 331-339. 2004.

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. Avaliação da tolerância de larvas do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1877 (Pisces: Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta. Sci. Biol. Sci.** v. 30, n. 4, p 345-350. 2008.

LUZ, R.K.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, R.M.; PEDRO, N.; DELGADO, M.J. Growth, food intake regulation and metabolic adaptations in goldfish (*Carassius auratus*) exposed to different salinities. **Aquaculture**, v.276, p.171-178, 2008.

MORAES, G.; BIDINOTTO, P.M. Induced changes in the amylohydrolytic profile of the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of soluble carbohydrate: its correlation with metabolic aspects. **Revista de Ictiologia**, v. 8, p. 47-51, 2000.

OBA, T. E; MARIANO, S. W; ROMAGUEIRA, L. **Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável**. In: TAVARES, D.M (Orgs), 2009. Embrapa, Amapá, Macapá.

- OLIVEIRA, R.F.; GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento especial, p.77-86, 2007.
- PHILLIPS, A.M.JR. **Nutrition, digestion and energy utilization**. In: Fish Physiology, vol. 1. (Hoar, W.S. ; Randall, D.J. eds), p. 391-432. Academic Press, 1969.
- RANDALL, D.J.; TSUI, T.K. Ammonia toxicity in fish. **Marine Pollution Bulletin**, v.45, n.1-12, p.17-23, 2002.
- REHFELD, j.f.; VAN SOLINGE, w.w. **The tumor biology of gastrin and cholecystokinin**. In: (ed) Advances in Cancer Research,1994, v. 63, p. 295-347.
- ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestório dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá, EMBRAPA-CPAP. 48 p. 2003.
- SEGANTIN, O.G.; MAIA, L.F.M. **Estresse vivenciado pelos profissionais que trabalham na saúde**. Londrina, 2007, 49 f. Monografia - Instituto de Ensino Superior de Londrina INESUL, Londrina PR, 2007. Disponível em:< www.inesul.edu.br>. Acesso em: 28 out 2009.
- SILVEIRA, S.U; LOGATO, R.P; PONTES, C.E. Fatores Estressantes em Peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.4, p 1001-1017, 2009. Disponível em:< http://www.nutritime.com.br/home/?pg=revista_nutritime> Acesso em 28 out 2009.
- SMITH, L.S. **Digestive functions in teleost fish**. In **Lecture presented at the FAO/UNDP Training Course in fish feed technology**, ACDP/REP/ 80/11. p. 3-17, 1989.
- TANCK, M.; BOOMS, G.; EDING, E.; WENDELAAR BONGA, S.; KOMEN, J. Cold shocks: a stressor for carp. **Journal of Fish Biology**, v. 57, p. 881-894,2000.
- TOMASSO, J.R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. **Reviews in Fisheries Science**, v.2, p.291-314, 1994.
- VIEIRA NETO, O. M. E MOYSÉS NETO, M. Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico. Urgência e emergência nefrológica. **Medicina, Ribeirão Preto**, v. 2, n. 36, p. 325-337, 2003.
- WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v.77, n.3, p.591-625, 1997.
- WILSON, R. P.; POE, W. E. Apparent digestibility Protein and energy coefficients of common feed ingredients for Channel Catfish. **Prog. Fish-Cult.** v. 47, p. 155-158. 1985.
- WURTS, W. A. Using salt to reduce handling stress in channel catfish. **World Aquaculture**, v. 26, n. 3, p. 80-81, 1995.
- YAMAMOTO, T.; KONISHI, K. SHIMA, T.; FURUITA, H.; SUZUKI, N., TABATA, M. Influence in dietary fat and carbohydrate levels on growth and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* under self- feeding conditions. **Fisheries Science**, v.67, p.221-227, 2001.
- ZUANON, J. A. S., SALARO, A. L., VERAS, G. C., TAVARES, M. M., ; CHAVES, W. Tolerância aguda e crônica de adultos de Betta, *Betta splendens*, à salinidade da água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.11, p. 2106-2110, 2009.
- ZUANON, J. A. S., ASSANO, M.; FERNANDES, J.B.K. Desempenho de tricogaster (*Trichogaster trichopterus*) submetido a diferentes níveis de arraçamento e densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.6, p. 1639-1645, 2004.