

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**INTERAÇÃO DA ALCALINIDADE E DENSIDADE DE  
ESTOCAGEM EM JUVENIS DE JUNDIÁ *Rhamdia  
quelen* (HEPTAPTERIDAE)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Luciana Segura de Andrade**

**Santa Maria  
2005**

**INTERAÇÃO DA ALCALINIDADE E DENSIDADE DE  
ESTOCAGEM EM JUVENIS DE JUNDIÁ *Rhamdia quelen*  
(HEPTAPTERIDAE)**

por

**Luciana Segura de Andrade**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Área de Concentração em Bioecologia de peixes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Biológicas.**

**Orientador: Prof. Bernardo Baldisserotto**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

---

© 2005

Todos os direitos autorais reservados a Luciana Segura de Andrade. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Simão Buzato, nº 349, Conj. Karina, Maringá, PR, 87047-250.  
Fone (0xx)44 3031-5762; E-mail: lu\_andrade@onda.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**INTERAÇÃO DA ALCALINIDADE E DENSIDADE DE ESTOCAGEM EM  
JUVENIS DE JUNDIÁ *Rhamdia quelen* (HEPTAPTERIDAE)**

elaborada por  
**Luciana Segura de Andrade**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciências Biológicas**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Bernardo Baldisserotto, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Gilson Luiz Volpato, Dr. (UFRN)**

---

**João Radünz Neto, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 15 de agosto de 2005

Ao meu companheiro Rafael e aos meus filhotes Rayan e Laís, que nasceram junto com este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao grande PAI, por não ter me deixado cair todas as vezes que eu tropecei;

Aos meus pais, Ivanir e José Carlos, pelo carinho, dedicação, preocupação e toda as corujisses peculiares;

Ao meu “pai científico” Bernardo Baldisserotto, por ter acreditado e confiado no meu trabalho, um profissional competente em quem sempre irei me espelhar;

Ao meu filhote Rayan, que teve de dividir toda a minha atenção com os estudos;

Ao meu companheiro Rafael, pela paciência em momentos críticos e pela dedicação comigo, com o Rayan, com nossa casa e com os experimentos;

Aos meus familiares, por terem compreendido a minha ausência em todos os momentos em que eu deveria estar presente;

Aos amigos de laboratório, por terem sido tão prestativos ao me acolherem como novo membro dessa “família”;

Aos estagiários Liana e Juliano, por toda dedicação que tiveram com os experimentos, inclusive nos feriados de natal e ano novo;

Ao professor Radünz e sua esposa Cíntia, Alexssandro e Jamile pela amizade e carinho;

À Neiva e ao Ronaldo, por terem me proporcionado ótimos momentos de descontração;

E finalmente, mas não menos importante, àqueles que tentaram bloquear o meu caminho, porque indiretamente incentivaram ainda mais para que eu conquistasse os meus objetivos.

"De tudo, fica a certeza de que é preciso  
continuar, fazendo de cada obstáculo um  
caminho, do sonho uma ponte e da procura  
um encontro, para que valha a pena existir"

(Anônimo)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **INTERAÇÃO DA ALCALINIDADE E DENSIDADE DE ESTOCAGEM EM JUVENIS DE JUNDIÁ *Rhamdia quelen* (HEPTAPTERIDAE)**

AUTORA: LUCIANA SEGURA DE ANDRADE

ORIENTADOR: BERNARDO BALDISSEROTTO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de agosto de 2005.

Com o objetivo de avaliar a interação da alcalinidade da água com diferentes densidades de estocagem sobre os níveis iônicos corporais, sobrevivência, crescimento e comportamento de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*, delineou-se um experimento de curta duração (96 h) com três níveis de alcalinidade (30, 80 e 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) e quatro densidades de estocagem (4, 8, 16 e 24 g/L). Além disso, em um experimento de crescimento (30 dias) testou-se três densidades de estocagem (4, 8, 16 g/L) e as mesmas alcalinidades. A sobrevivência e os níveis iônicos corporais não foram afetados no experimento de curta duração, mas após 30 dias a sobrevivência foi reduzida no tratamento de maior densidade e menor alcalinidade. Este mesmo tratamento foi o que obteve melhores resultados de peso e taxa de crescimento específico em relação à maior alcalinidade da mesma densidade. O tempo de captura do alimento, em ambos experimentos, foi mais curto nos tratamentos de maior densidade. No experimento de curta duração os peixes se concentravam mais no fundo à medida que se diminuía a densidade de estocagem e com o aumento desta aumentou a velocidade de natação. A coloração dos animais foi significativamente mais clara nas menores densidades do experimento de crescimento. Confrontos laterais predominaram nas menores alcalinidades da densidade de 8 g/L, canibalismos ocorreram apenas na densidade de 8 g/L e alcalinidade de 130 mg/L CaCO<sub>3</sub> do experimento de crescimento. A utilização da densidade de estocagem de 16 g/L e alcalinidade de 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> é a mais adequada para o cultivo de juvenis de jundiá nestas condições experimentais.

**Palavras-chaves:** bicarbonato de sódio, estresse social, qualidade da água.

## ABSTRACT

Master Dissertation  
Post-Graduation in Animal Biodiversity  
Universidade Federal de Santa Maria

### INTERACTION OF ALCALINITY AND STOCKING DENSITY FOR SILVER CATFISH *Rhamdia quelen* JUVENILES (HEPTAPTERIDAE)

AUTHOR: LUCIANA SEGURA DE ANDRADE  
ADVISER: BERNARDO BALDISSEROTTO

To evaluate interaction of water alkalinity and stocking density on body ionic levels, survival, growth and behavior of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles, a short-term experiment (96 h) analyzed the effect of three alkalinity levels (30, 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) and four stocking densities (4, 8, 16, and 24 g/L). In addition, a growth experiment of 30 days verified the effect of three stocking densities (4, 8, 16 g/L) and the same alkalinity levels. Survival and body ionic levels were not significantly affected in the short-term experiment, but after 30 days survival was significantly reduced in the group maintained at the stocking density of 16 g/L and 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>. However, this treatment provided higher weight and specific growth rate compared to the treatment with the highest alkalinity and the same stocking density. The time of capture of the food, in both experiments, was faster in the treatments of high stocking density. In the short-term experiment fish remained mainly in the bottom, and the reduction of stocking density increased swimming speed. The color of the animals was significantly clearer in the lowest densities of the growth experiment. Agonistic side behaviors prevailed in the lowest alkalinities of the stocking density of 8 g/L, and cannibalism occurred only in the stocking density of 8 g/L and alkalinity of 130 mg/L CaCO<sub>3</sub> of the growth experiment. The stocking density of 16 g/L and alkalinity of 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> seems to be the most appropriate for silver catfish juveniles growth in these experimental conditions.

**Key words:** sodium bicarbonate, social stress, water quality.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	09
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1	Considerações sobre <i>Rhamdia quelen</i> (Quoy e Gaimard, 1824) .....	11
2.2	Qualidade da água: alcalinidade .....	11
2.3	Densidade de estocagem .....	13
2.4	Comportamento .....	14
3	ARTIGO 1.....	16
4	ARTIGO 2.....	17
5	DISCUSSÃO .....	18
6	CONCLUSÃO.....	20
7	REFERÊNCIAS .....	21

# 1 INTRODUÇÃO

O jundiá *Rhamdia quelen* tem distribuição geográfica neotropical, possui hábito alimentar onívoro - aceitando facilmente o alimento artificial, alta fertilidade, rápido crescimento e boa aceitação no mercado de peixes (Piaia & Radünz Neto, 1997a,b; Cardoso, 1998; Uliana et al., 2001), o que faz o cultivo da espécie ser crescente no Brasil. Portanto, é importante que se aperfeiçoe técnicas de cultivos que reflitam em sucesso produtivo da espécie, diminuindo os custos para o consumidor e zelando pela qualidade do pescado que chegará à mesa do consumidor.

A qualidade da água é fundamental para a piscicultura, principalmente em sistemas de confinamento, onde os peixes não têm condições de buscar locais com melhor qualidade. Uma das importantes e freqüentes medidas para melhoria da água de cultivo é a calagem, que neutralizando a acidez estimula o ciclo de nutrientes, promove a reorganização biológica, influencia fatores físicos e químicos da água, resultando em respostas favoráveis da biota em curto período de tempo (Rojas et al., 2001). Há registros de que a calagem efetuada em tanques, com aumento da alcalinidade, provoca efeito positivo sobre o crescimento e reprodução dos peixes neles contidos (Eriksson et al., 1983; Hasselrot & Hultberg, 1984).

Todo este cuidado para otimizar a qualidade da água acaba sendo afetado quando, para superaproveitar o espaço disponível para a criação dos peixes, o piscicultor utiliza-se de uma densidade de estocagem inadequada. A densidade de estocagem é um importante fator biológico que atua na sobrevivência, comportamento e desenvolvimento dos peixes, sendo que se faz necessário conhecer seus efeitos, assim como a taxa adequada para cada espécie em todas as fases de crescimento, a fim de racionalizar a criação e reduzir os custos de produção.

Estudos revelam que condições como manejo, variações da temperatura e da qualidade da água, densidades populacionais inadequadas para a espécie, entre outros, caracterizam uma situação de estresse em peixes, levando a um aumento da suscetibilidade a doenças, redução do crescimento, comprometimento da fertilidade etc. (Pickering, 1992). Altas densidades de estocagem, por exemplo, podem comprometer a harmonia entre os animais, aumentando as interações e confrontos em algumas

espécies, causando desuniformidade no peso e comprimento dos peixes, decorrente do maior gasto energético dos animais hierarquicamente submissos (em função das interações agonísticas). Sendo assim, o comportamento dos animais revela informações importantes a respeito de sua saúde e qualidade do meio em que o mesmo está vivendo.

Portanto, para um bom desenvolvimento dos peixes cultivados é indispensável conhecer a amplitude de variação dos parâmetros de qualidade da água, a densidade de estocagem mais adequada para a espécie e o comportamento desta frente às situações de cultivo. É provável que uma variação na alcalinidade da água em uma determinada densidade de estocagem possa influenciar na resposta fisiológica dos animais, sendo que o ajuste de ambas variáveis pode trazer resultados que otimizem a produção.

Com este estudo pôde-se avaliar a faixa de alcalinidade, juntamente com as densidades de estocagens ideais para o bom desenvolvimento dos alevinos de jundiá, levando em conta alterações de comportamento que podem ser influenciadas pelas situações de estresse provocadas por valores de alcalinidade e adensamento populacional que estejam fora do recomendável para a espécie.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Considerações sobre *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824)

A espécie em questão apresenta distribuição neotropical, sendo encontrada do sudeste do México ao norte, centro da Argentina ao sul, Amazônia, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, Peru, Bolívia, Guianas, Venezuela e bacias dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Mucuri, Paraíba e do Prata (Silfvergrip, 1996).

Piaia et al. (1999) observaram que larvas e alevinos de jundiá mantidos em cativeiro apresentavam certa aversão à luz e busca de locais escuros, o que pode ser explicado pelo fato de que em ambiente natural a espécie vive em lagos e poços fundos dos rios, escondendo-se entre pedras e troncos apodrecidos, de onde saem durante a noite à procura de alimento (Gomes et al., 2000).

O crescimento é bastante pronunciado nos primeiros anos de vida, com os machos apresentando taxa de crescimento maior que as fêmeas até o terceiro ou quarto ano de vida. A fase de alevinagem é iniciada com os animais com aproximadamente 2,4 cm, chegando a atingirem aproximadamente 5,0 cm com 30 dias de idade em sistemas artificiais (Gomes et al., 2000).

A espécie apresenta melhor desenvolvimento dos ovos em pH próximo a 9,0 (Ferreira et al., 2001) e larvas apresentam melhor desempenho e sobrevivência em pH de 8,0 a 8,5 (Lopes et al., 2001). Experimentos de Zaions & Baldisserotto (2000) demonstraram que os juvenis de *R. quelen* suportam variação de pH na faixa de 4,0 a 9,0. Além disso, Townsend & Baldisserotto (2001) afirmaram que a tolerância dos juvenis a pH mais ácidos ou alcalinos aumenta com a elevação da dureza da água, porém para larvas esta não deve exceder 70 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Townsend et al., 2003).

### 2.2 Qualidade de água: Alcalinidade

Segundo definição de Alabaster & Lloyd (1982), a alcalinidade reflete a capacidade que um ecossistema apresenta em neutralizar ácidos, referindo-se à concentração total de sais na água que reagem neutralizando íons H<sup>+</sup>. Ainda segundo

estes autores, carbonatos e bicarbonatos são os compostos neutralizantes mais comuns em águas naturais. Segundo Mairs (1996), águas naturais que contêm 40 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ou mais de alcalinidade total são consideradas mais produtivas do que aquelas com baixa alcalinidade. Desse modo, aparentemente, altos valores de alcalinidade proporcionam grande sucesso no cultivo de peixes. Porém, altas produções não resultam diretamente de altos níveis de alcalinidade, mas de altos níveis de fósforo e outros elementos essenciais, cuja disponibilidade aumenta juntamente com o aumento do teor de alcalinidade (Mairs, 1996). Outro fator relevante sobre os benefícios da elevação do teor de alcalinidade é a capacidade que tem de interferir na toxicidade de certos metais pesados, o que tem chamado atenção para esse tipo de pesquisa no mundo todo, com as mais variadas espécies. Por exemplo, uma elevação da alcalinidade de 97 para 194 mg/L  $\text{CaCO}_3$  reduz a toxicidade do cobre em salmonídeos (Welsh et al., 2000), e um aumento de 25 e 24 para 81 e 61 mg/L  $\text{CaCO}_3$  da dureza e alcalinidade, respectivamente, diminui a toxicidade desse metal sobre o rotífero *Philodina acuticornis* (Buikema et al., 1974).

A calagem é o principal método para elevar tanto a alcalinidade quanto o pH da água, pois além de neutralizar a acidez, irá proporcionar aumento na produção primária, fornecer cálcio para a estrutura dos organismos aquáticos e auxiliar na reprodução de peixes, uma vez que os ovos e larvas são muito sensíveis ao pH ácido (Ferreira et al., 2001). Apesar dos benefícios, a calagem com elevação da alcalinidade deve ser controlada, uma vez que elevadas concentrações de metais na água podem levar à precipitação de hidróxido nas brânquias do animal a ser cultivado. Muhammad et al. (1994) verificaram que a atividade da enzima branquial e a precipitação de hidróxido nas brânquias de camarões *Macrobrachium rosenbergii* não foram afetadas quando expostos a água com 250 mg/L  $\text{CaCO}_3$  em relação a água com 25 mg/L  $\text{CaCO}_3$  de alcalinidade. Essa concentração pode variar conforme a espécie, fazendo-se necessário conhecer aspectos da fisiologia da espécie que se pretende cultivar.

### 2.3 Densidade de Estocagem

A densidade de estocagem é um importante fator que afeta a sobrevivência, o comportamento e o desenvolvimento dos peixes, sendo necessário determinar seu valor adequado para cada espécie nas fases iniciais de desenvolvimento, afim de racionalizar a criação e reduzir custos de produção. Segundo Khan (1994), a densidade de estocagem é de grande importância em piscicultura, havendo para cada espécie uma densidade ótima para o melhor desempenho em termos econômicos. Densidades elevadas reduzem o crescimento, exacerbam a heterogeneidade em tamanho, aumentam a conversão alimentar e propiciam estabelecimento de hierarquia social. Por outro lado, densidades adequadas favorecem a sobrevivência e o crescimento. Na condição de agrupamento, interações agonísticas intreespecíficas podem provocar estresse, que pode aumentar a susceptibilidade a doenças, reduzir o crescimento, comprometer a fertilidade e levar à morte (Pickering, 1992).

Khan (1994) submeteu bagres (*Mystus nemurus*) às densidades de estocagem de 105, 195, 285, 375, 465, 555 peixes/m<sup>3</sup> durante 84 dias e observou que as maiores densidades (465 e 555 peixes/m<sup>3</sup>) diminuíram a taxa de crescimento. Nas densidades moderadas (285 e 375 peixes/m<sup>3</sup>), houve maior taxa de crescimento e nas menores densidades (105 e 195 peixes/m<sup>3</sup>) houve menor produção. Haylor (1991), testando as densidades de 50, 100, e 150 larvas/L para o “catfish” africano *Clarias gariepinus*, observou que o aumento da densidade leva a um crescimento mais lento.

Entretanto, vários autores estão verificando o contrário em pesquisas com várias espécies. Luz & Zaniboni Filho (2002) observaram que larvas de *Pimelodus maculatus* apresentaram melhor sobrevivência e desempenho quando estocadas nas menores densidades testadas (5 larvas/L). Já Piaia & Baldisserotto (2000) observaram que alevinos de *R. quelen* apresentaram melhor sobrevivência e desempenho quando estocados nas maiores densidades utilizadas (454 alevinos/m<sup>3</sup>). Piaia & Baldisserotto (2000) explicaram tal fato baseando-se no comportamento alimentar dos juvenis, que permaneciam em grupo na busca de alimentos, diminuindo a formação de território e conseqüente hierarquia social.

## 2.4 Comportamento e estresse em peixes

A captura, manejo, transporte, prática de cultivo e a baixa qualidade da água causam processos traumáticos nos peixes (Barton & Iwama, 1991; Mitton & McDonald, 1994; Sverdrup et al., 1994), desencadeando perturbações bioquímicas e fisiológicas não somente em um único indivíduo, mas também desestruturando toda a comunidade em que ele está contido (Adams, 1990).

De acordo com Fanta (1995), os peixes e outros organismos manifestam seu estado fisiológico através de uma soma de atitudes, movimentos, posturas e reações que caracterizam seu comportamento. Alterações nessas reações podem indicar que o animal esteja estressado. Uma das definições mais aceitas, caracteriza o estresse como “um estado interno de desequilíbrio do organismo que promove respostas fisiológicas e comportamentais específicas frente a um agente estressor” (Volpato e Fernandes, 1994).

O crescimento heterogêneo causado pelo estresse social é decorrente do maior gasto energético dos animais hierarquicamente submissos (em função das interações agonísticas). Freitas (1988) propõe uma redução da interação social como medida para diminuir este fenômeno. Esta idéia é compatível com os dados obtidos por Wirtz e Davenport (1976), que trabalhando com *Blennius pholis*, sugeriram que a simples presença de um coespecífico já é um estressor. Entretanto, Hecht & Uys (1997) e Piaia & Baldisserotto (2000), observando *C. gariepinus* e *R. quelen* respectivamente, notaram que os exemplares permaneciam em grupo, reduzindo os confrontos quando estocados em condições que proporcionavam maior interação social. Hecht & Pienaar (1993) mostraram que a redução da ração para *C. gariepinus* provocou um aumento na territorialidade, elevando as ações agressivas e possivelmente proporcionando um crescimento mais heterogêneo.

Barton & Iwama (1991) afirmam que peixes possuem uma capacidade natural de responder fisiologicamente adaptando-se às alterações provocadas por um estresse moderado; porém, complementam que, no caso de estresse crônico, chamado

“estresse cumulativo” por Bonga (1997), o peixe perde a capacidade de adaptabilidade, levando a conseqüências deletérias à saúde do peixe.

**Comportamento de juvenis de jundiá *Rhamdia  
quelen* submetidos à interação de diferentes  
alcalinidades e densidades de estocagem**

Comportamento de juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* submetidos à interação de diferentes alcalinidades e densidades de estocagem

Behavior of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles submitted to interaction of different alkalinities and stocking densities

L. S. Andrade<sup>1</sup>, R. L. B. de Andrade<sup>1</sup>, L. Barcellos<sup>2</sup>, A. Sosso<sup>2</sup>, B. Baldisserotto<sup>1\*</sup>,

<sup>1</sup> Departamento de Fisiologia, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900. Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, 90050-170. Passo Fundo, RS, Brasil.

\* Autor para correspondência:

Bernardo Baldisserotto

Departamento de Fisiologia

Universidade Federal de Santa Maria

97105-900 Santa Maria, RS, Brasil

Fone (55) 3220-9382 Fax (55) 3220-8241

e-mail – bernardo@smail.ufsm.br

## RESUMO

A proposta deste estudo foi avaliar o comportamento de juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* expostos a diferentes densidades de estocagem e alcalinidade da água. Para tanto, delineou-se dois experimentos casualizados onde três níveis de alcalinidade (30, 80 e 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) interagem com quatro densidades de estocagem (4, 8, 16 e 24 g/L) no primeiro experimento, de 60 h, e três densidades de estocagem (4, 8 e 16 g/L) no segundo experimento, de 30 dias. O tempo de captura do alimento, em ambos experimentos, foi mais curto nos tratamentos de maior densidade. Na maior densidade de estocagem do experimento agudo (24 g/L), a velocidade de natação foi mais rápida que nas menores densidades (4 e 8 g/L) e a distribuição na coluna d'água foi de fundo à superfície, enquanto na menor densidade (4 g/L) a distribuição era predominantemente no fundo. A coloração dos animais foi significativamente mais clara nas menores densidades do experimento crônico. Confrontos laterais predominaram nas menores alcalinidades da densidade de 8 g/L, canibalismos ocorreram apenas na densidade de 8 g/L e alcalinidade de 130 mg/L CaCO<sub>3</sub> do experimento crônico. Conclui-se que nas densidades maiores há uma maior competição por espaço e por alimento, pois a natação é mais rápida e o tempo de captura de alimento é menor. Este efeito é mais evidente na maior alcalinidade.

Palavras-chave: bicarbonato de sódio, estresse social, interação, qualidade de água.

## ABSTRACT

This study evaluated the behavior of silver catfish *Rhamdia quelen* juveniles exposed to different stocking densities and alkalinity of the water. Fish were exposed to three alkalinity levels (30, 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) and four stocking densities (4, 8, 16, and 24 g/L) in the first experiment, of 60 h, and three stocking densities (4, 8 and 16 g/L) in the second experiment, of 30 days. Time of food capture in both experiments was lower in fish maintained in high density. Fish exposed to the highest stocking density in

the experiment acute (24 g/L) showed a higher swimming speed than those exposed to the lowest stocking densities (4 and 8 g/L), and the distribution in the water column was from bottom to surface, while in the lowest density (4 g/L) the distribution was predominantly in the bottom. The color of the juveniles was significantly clearer in the lowest stocking densities of experiment chronic. Agonistic side behavior prevailed in the lowest alkalinities of the density of 8 g/L and cannibalism occurred only in the density of 8 g/L and alkalinity of 130 mg/L CaCO<sub>3</sub> of the experiment chronic. It can be concluded that there is a higher competition for space and food in the higher densities, because swimming is faster and time of food capture is lower. This effect is more evident in the highest alkalinity.

Key-words: sodium bicarbonate, social stress, interaction, water quality.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma produção de qualidade diz respeito ao estado de equilíbrio interno que o animal passou durante todo período de seu desenvolvimento. Agentes considerados estressores, como má qualidade da água e adensamento populacional inadequado para a espécie (Mitton & McDonald, 1994; Sverdrup et al., 1994), desencadeiam respostas fisiológicas e comportamentais que podem prejudicar as vendas e impedir o sucesso produtivo do piscicultor. Estudos comprovam que a carne de peixes submetidos a diferentes níveis de estresse pré-abate apresentou qualidade inferior e maior susceptibilidade aos processos degradativos durante o armazenamento quando comparados à carne de peixes não estressados antes do abate (Nakayama et al., 1992; Lowe et al., 1993; Sigholt et al., 1997).

A heterogeneidade no crescimento de peixes de um mesmo lote é um dos indicativos de que os animais podem ter passado por situações estressantes durante o cultivo. Densidades de estocagens inadequadas para a espécie são capazes de alterar o comportamento alimentar (Jobling, 1994) assim como a harmonia dos indivíduos, gerando uma relação de hierarquia e submissão entre eles.

Piaia e Baldisserotto (2000) submeteram alevinos de jundiá em densidades de estocagem de 0,18; 0,37 e 0,74 g/L e observaram que a maior densidade proporcionou formação de cardumes e redução de confrontos, o que colaborou para que o crescimento dos animais desse tratamento fosse pronunciado em relação aos tratamentos cuja densidade de estocagem era menor. A formação de cardumes, em algumas espécies, impede o estabelecimento de hierarquias, o que, segundo Jobling (1985), faz aumentar a taxa de ingestão de alimentos pelos animais .

O comportamento natural da espécie é caracterizado através de uma soma de atitudes, movimentos, posturas e reações (Fanta, 1995), quando estas reações são diferentes das habituais, pode estar ocorrendo uma situação de estresse. A alteração da quantidade de sais na água pode tanto diminuir como aumentar a demanda de energia com osmorregulação (Wurts, 1995) e caso este efeito metabólico perdure por um longo tempo, poderá desencadear um tipo de estresse crônico (Barton e Iwana, 1991).

A correção da alcalinidade da água com  $\text{NaHCO}_3$  reduz o acúmulo de nitrito (Furamai et al. 1996) e os níveis de amônia, melhorando a qualidade da água (Whangchai et al. 2004) e possivelmente permitindo a utilização de densidades de estocagem mais elevadas. Estando a água de cultivo em condições ideais para a espécie, os processos traumáticos são amenizados e os níveis de estresse reduzidos (Pickering, 1992; Sverdrup et al. 1994), aumentando a produção e rentabilidade do produtor.

Este trabalho avaliou as reações comportamentais de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) causadas por interações de diferentes níveis de alcalinidade e densidades de estocagem.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados 2888 juvenis de jundiá, coletados em viveiros de alevinagem de uma piscicultura da região. Os animais foram acondicionados em tanques com capacidade para 250 litros de água, com aeração constante (aproximadamente 7,7 mg/L oxigênio dissolvido), temperatura controlada em

aproximadamente 24,5 °C, pH 8,0, dureza de 21 mg/L CaCO<sub>3</sub> e 30 mg/L CaCO<sub>3</sub> de alcalinidade.

## 2.1 Experimento Agudo

O experimento inteiramente casualizado testou a interação entre 4 densidades de estocagem (4, 8, 16 e 24 g/L; com 4, 8, 16 e 24 peixes/recipiente respectivamente) e 3 níveis de alcalinidade (30, 80 e 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>), utilizando 4 réplicas para cada tratamento. Cada jundiá, com aproximadamente 30 dias e  $0,99 \pm 0,07$  g, foi distribuído aleatoriamente a uma dessas condições de interação dispostas em recipientes com capacidade para um litro, em regime de escuridão (exceto durante o manejo), permanecendo por 60 h.

A alcalinidade foi controlada por adição de bicarbonato de sódio, sendo que os valores reais foram (em mg/L CaCO<sub>3</sub>):  $29,90 \pm 0,28$ ;  $80,45 \pm 1,77$  e  $131,40 \pm 3,96$ . Valores de temperatura, oxigênio dissolvido (obtidos através de oxímetro DM4 - Digimed, São Paulo, SP, Brasil, com precisão de  $\pm 1$  mg/L) e pH (DMPH-2 pH meter - Digimed, São Paulo, SP, Brasil) foram quantificados diariamente. Alcalinidade e dureza foram obtidas através de testes químicos (Boyd & Tucker, 1992), amônia total e nitrito controlados por método colorimétrico através do kit comercial "Aquamerc NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Nitrit-Test" (Merck), sendo todos mensurados ao início e fim do período experimental.

A ração (Supra Juvenil Gaiola), de origem comercial com 42% de proteína bruta, foi fornecida duas vezes ao dia (início da manhã e final da tarde) até a saciedade aparente. Antes do período de alimentação os recipientes passavam por processo de sifonagem para retirada das excretas e renovação de 50% do volume de água, sendo esta repostada nas mesmas condições de temperatura, pH, dureza e alcalinidade. O comportamento dos animais de cada unidade experimental foi observado por três minutos, durante o fornecimento de ração, às 36<sup>a</sup> e 60<sup>a</sup> horas do período experimental.

## 2.2 Experimento Crônico

Foi testada num esquema experimental inteiramente casualizado a interação de três densidades de estocagem (4, 8 e 16 g/L; com  $23,4 \pm 1,2$ ;  $45,2 \pm 2,6$  e  $82,3 \pm 6,5$  peixes/recipiente respectivamente) e três valores de alcalinidade (30, 80 e 130 mg/L) com cinco réplicas cada. Um total de 2264 juvenis de jundiá, com aproximadamente 45 dias e peso individual de  $1,44 \pm 0,11$  g foram aleatoriamente distribuídos a cada uma dessas condições de interação dispostas em 45 recipientes com capacidade para 8 litros, em regime de escuridão (exceto durante o manejo), onde permaneceram por 30 dias.

Valores reais de alcalinidade obtidos foram (em mg/L  $\text{CaCO}_3$ ):  $30,39 \pm 2,40$ ;  $84,13 \pm 5,65$  e  $130,82 \pm 7,07$ . Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade foram quantificados a cada três dias, enquanto dureza, amônia total e nitrito foram verificados uma vez por semana. O manejo diário foi o mesmo utilizado no experimento agudo, sendo que nesta fase experimental o processo de sifonagem fazia renovação de 80% do volume de água. Foram feitas 5 observações comportamentais com 5 minutos de duração em cada unidade experimental, durante o fornecimento de ração.

## 2.3 Análise comportamental

Com finalidade de evitar viéses durante as análises, quatro observadores avaliaram individualmente uma ou duas repetições experimentais sorteadas ao acaso. Para que a análise comportamental fosse padronizada, elaborou-se uma planilha explicativa com as possíveis situações a serem visualizadas e realizou-se teste de confiabilidade com os observadores.

A coloração dos animais foi classificada de clara a escura em níveis de 1 a 5 (claro, claro a média, média, média a escura e escura), sendo que a cor registrada na planilha de observação era a predominante na unidade experimental. A atividade locomotora foi classificada em velocidade de natação (lenta, lenta a moderada,

moderada, moderada a rápida e rápida), modo de deslocamento (se a natação era paralela ao fundo ou se paralela à parede do recipiente), distribuição na coluna d'água (se os animais deslocavam-se predominantemente no fundo, do fundo à linha mediana, na linha mediana, da linha mediana à superfície, na superfície ou em toda a coluna d'água) e se haviam peixes parados no fundo do recipiente. O comportamento alimentar foi descrito baseado no tempo de captura da ração (cronometrado em segundos), local de captura inicial (superfície ou até chegar ao fundo do recipiente) e tipo de captura (se em grupo ou individual). Ameaças, exclusões de indivíduos (animais fora do cardume), canibalismos (predação de co-específico vivo) e confrontos do tipo frontal, lateral e caudal foram registrados em números e apenas quando eram visualizados durante o período de observação.

## **2.4 Análise Estatística**

A homogeneidade das variâncias entre os diferentes grupos foi realizada pelo teste de Levene. Como as variâncias não foram homogêneas, estes foram comparados por ANOVA Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, com nível mínimo de significância de 95% ( $P < 0,05$ ).

# **3 RESULTADOS**

## **3.1 Experimento Agudo**

Em todas as observações a maioria dos peixes apresentou coloração clara de nível 1 (média geral  $87,5 \pm 9,68\%$ ) seguida de nível 2 (média geral  $12,5 \pm 9,68\%$ ), exceto no tratamento de densidade de estocagem de 4 g/L e alcalinidade de 30 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , onde não foi observada uma presença significativamente maior de um dos níveis de coloração.

Em todas as alcalinidades da densidade de estocagem de 4 g/L e na alcalinidade 80 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 8 g/L não houve predominância significativa de uma

das velocidades de natação. Nas demais alcalinidades da densidade de 8 g/L houve uma predominância significativa de natação moderada a rápida ( $56,25 \pm 8,84\%$ ) e em todas as alcalinidades com densidade de estocagem de 16 g/L houve predominância de velocidade de natação moderada a rápida ( $37,50 \pm 21,65\%$ ) e rápida ( $62,50 \pm 21,65\%$ ). Na densidade de 24 g/L, para todos os valores de alcalinidade, observou-se uma predominância significativa de natação rápida ( $87,50 \pm 12,50\%$ ).

A distribuição dos peixes na coluna d'água foi significativamente predominante no fundo para todas as alcalinidades da densidade de estocagem de 4 g/L ( $91,67 \pm 14,43\%$ ). Para todas as alcalinidades da densidade de 8 g/L e para a alcalinidade de 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 16 g/L a distribuição dos animais na coluna d'água foi de fundo ( $70,83 \pm 19,09\%$ ) a fundo à linha mediana ( $29,17 \pm 19,09\%$ ). Nas alcalinidades de 30 e 80 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 24 g/L a distribuição foi de fundo à linha mediana ( $93,75 \pm 8,84\%$ ). Nas alcalinidades de 30 e 80 mg/L  $\text{CaCO}_3$  da densidade de 16 g/L e na alcalinidade de 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 24 g/L houve distribuição de fundo à linha mediana ( $79,17 \pm 43,30\%$ ) alcançando a superfície ( $16,67 \pm 7,22\%$ ).

A ração era capturada de forma individual, direto na superfície ou até chegar ao fundo do recipiente, exceto nos tratamentos de alcalinidade 30 e 80 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 16 g/L e alcalinidade 80 e 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$  com densidade de 24 g/L, onde a captura se dava sempre na superfície e não houve diferença significativa entre captura individual ou em grupo. O tempo de captura da ração diminuiu com o aumento da densidade de estocagem. Na menor densidade (4 g/L) o menor tempo de captura foi observado na alcalinidade de 30 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (Figura 1).

Não foi encontrada diferença significativa de exclusões de indivíduos, ameaças de confrontos e confrontos laterais em todos os tratamentos. Confrontos do tipo frontal e caudal e canibalismos não foram identificados em nenhuma unidade experimental.

Oxigênio dissolvido ( $7,66 \pm 0,41$  mg/L), temperatura ( $24,50 \pm 0,40^\circ\text{C}$ ), pH ( $8,02 \pm 0,22$ ), dureza ( $21,7 \pm 1,4$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), amônia total (entre 3 e 5 mg/L), amônia não ionizada (entre 0,15 e 0,25 mg/L  $\text{NH}_3$ ) e nitrito (entre 0,10 e 0,25 mg/L  $\text{NO}_2^-$ ) não diferiram significativamente entre os tratamentos.

### 3.2 Experimento Crônico

Na densidade de 4 g/L não houve diferença significativa na coloração entre as alcalinidades de 30 e 80 mg/L CaCO<sub>3</sub>, onde 72% dos animais apresentaram coloração clara de nível 1, entretanto ambos diferiram significativamente da alcalinidade de 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>, que apresentou uma distribuição homogênea entre a coloração dos animais. Na densidade de 16 g/L houve uma predominância de coloração escura de nível 5 na alcalinidade de 130 mg/L CaCO<sub>3</sub> e de níveis 4 e 5 na alcalinidade de 80 mg/L CaCO<sub>3</sub>, sendo que não houve diferença significativa entre estes dois tratamentos. Ainda na densidade de 16 g/L, na alcalinidade de 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>, não foi observada predominância de nenhuma coloração nos animais, sendo que o mesmo ocorreu para todas as alcalinidades da densidade de estocagem de 8 g/L. Na alcalinidade de 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> os animais da densidade de 4g/L apresentaram-se significativamente mais claros (predominância de coloração de nível 1) que os animais das densidades de 8 (distribuição homogênea da coloração) e 16 g/L (predominância de coloração de níveis 4 e 5). Na alcalinidade de 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>, os animais da densidade de 16 g/L apresentaram-se significativamente mais escuros (coloração de nível 5) que os animais das densidades de 8 e 4 g/L (distribuição homogênea da coloração).

Em todos os tratamentos o alimento era capturado direto na superfície (média geral de  $95,9 \pm 6,3\%$ ), sendo que em todas as alcalinidades da densidade de 4 g/L esta captura era realizada predominantemente de forma individual ( $81,3 \pm 9,2\%$ ). O tipo de captura sofreu interferência da densidade de estocagem na alcalinidade de 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>, onde a densidade de 4g/L ( $76,0 \pm 8,9\%$  de captura individual) diferiu significativamente da densidade de 16 g/L ( $75,0 \pm 10,0\%$  de captura em grupo). Nos demais tratamentos não houve predominância significativa de nenhum tipo de captura do alimento. O tempo de captura foi menor com o aumento da densidade de estocagem e sofreu interferência da alcalinidade apenas na densidade de 4 g/L, onde a alcalinidade de 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> apresentou menor tempo de captura em relação à menor alcalinidade (Figura 2).

Em todos os tratamentos a natação apresentou-se com velocidade moderada (média geral  $72,89 \pm 13,08\%$ ) com deslocamento paralelo ao fundo e à parede do recipiente (média geral  $68,67 \pm 14,07\%$ ). A distribuição na coluna d'água também se deu de maneira uniforme em todos os tratamentos. A média geral de peixes parados no fundo do recipiente foi de  $64,11 \pm 10,77\%$ , não sendo encontrada nenhuma diferença significativa entre os tratamentos. Na densidade de estocagem de 8 g/L foram identificadas exclusões de indivíduos ( $16,0 \pm 16,7$  exclusões) apenas na alcalinidade de 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , diferindo significativamente das demais alcalinidades na mesma densidade, onde não foi visualizada nenhuma exclusão. Uma média de  $5,67 \pm 6,02$  exclusões foram observadas na densidade de 16 g/L, não havendo diferença significativa entre as alcalinidades desta densidade. Não foram observadas exclusões de indivíduos em nenhuma alcalinidade da densidade de estocagem de 4 g/L, assim como não houve diferença significativa entre densidades com mesma alcalinidade.

Foram observados confrontos de todos os tipos em todos os tratamentos, porém o número de confrontos do tipo caudal (média geral de  $0,07 \pm 0,10$  confrontos) foi reduzido em relação aos confrontos do tipo frontal (média geral de  $0,50 \pm 0,22$  confrontos) e lateral (média geral de  $1,06 \pm 0,58$  confrontos). Não houve diferença significativa entre os tratamentos quando da análise de confrontos do tipo caudal e frontal. Quanto aos confrontos do tipo lateral, não foram encontradas diferenças significativas entre alcalinidades de uma mesma densidade de estocagem para as densidades de 4 e 16 g/L, já para a densidade de 8 g/L as alcalinidades de 30 e 80 mg/L  $\text{CaCO}_3$  apresentaram um número de confrontos significativamente maior ( $2,0 \pm 0,7$  e  $1,4 \pm 0,5$  confrontos respectivamente) que na maior alcalinidade ( $0,4 \pm 0,5$  confrontos). Na alcalinidade de 30 mg/L  $\text{CaCO}_3$  a densidades de 8 g/L apresentou número de confrontos significativamente maior que a densidade de 16 g/L, sendo que ambas não diferiram da densidade de 4 g/L.

Durante os períodos destinados às observações comportamentais visualizou-se canibalismo apenas no tratamento de densidade de estocagem de 8 g/L e alcalinidade de 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (média de  $2 \pm 1,21$  canibalismos). Entretanto durante o período experimental observaram-se peixes se alimentando de peixes mortos e peixes com outro peixe no conteúdo estomacal.

Os valores de oxigênio dissolvido ( $7,14 \pm 0,70$  mg/L), temperatura ( $24,70 \pm 0,30^\circ\text{C}$ ), pH ( $7,64 \pm 0,34$ ), dureza ( $27,10 \pm 2,20$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), amônia total (entre 3 e 5 mg/L), amônia não ionizada (entre 0,15 e 0,25 mg/L  $\text{NH}_3$ ) e nitrito (entre 0,10 e 0,25 mg/L  $\text{NO}_2^-$ ) foram registrados durante os 30 dias experimentais e não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

## 4 DISCUSSÃO

Confrontos agonísticos são comuns em peixes territoriais e resultam em hierarquia de dominância entre os peixes que, por sua vez, determinam a territorialidade (Merighe et al., 2004). Durante o experimento de 60 horas não foram observadas situações de canibalismo e poucos confrontos ocorreram. Já durante as observações comportamentais no experimento de 30 dias, confrontos do tipo frontal, caudal e lateral foram identificados em todos os tratamentos, porém apenas confrontos laterais sofreram influência da densidade de estocagem e alcalinidade.

Exclusões de indivíduos não diferiram significativamente entre diferentes densidades de estocagem. Confrontos e relações de hierarquia podem resultar em exclusões de indivíduos, mas não houve um número de confrontos significativamente maior nestes tratamentos que pudessem refletir nestas exclusões.

A ocorrência de canibalismos pode ser observada, durante as análises comportamentais, apenas no tratamento de densidade 8 g/L e alcalinidade de 130 mg/L. Entretanto durante o período experimental foram identificados, mas não registrados, sinais de canibalismos em vários outros tratamentos. Ocorreram, entre outras situações, casos de peixes se alimentando do co-específico de igual tamanho, onde ambos acabavam morrendo.

Segundo Pienaar (1990), o canibalismo também pode estar relacionado à turbidez da água, intensidade luminosa e existência de refúgios. Todos os tratamentos permaneceram em completo regime de escuridão, exceto durante o manejo, devido ao fato de que o crescimento da espécie é pronunciado em ambientes escuros (Piaia et al., 1999). Britz e Pienaar (1992) cultivaram alevinos de *Clarias gariepinus* em regime de 24 horas de escuro e afirmam que este tipo de situação resultou em redução do estresse,

da agressão e do canibalismo, além de aumentar o crescimento. O mesmo resultado foi observado para juvenis de jundiá em experimentos de Piaia et al. (1999), onde os autores relataram que após 50 dias, a taxa de crescimento específico, o peso e o comprimento dos animais expostos a 24 horas de escuro foram significativamente maiores em relação aos dos animais expostos a 24 horas de luz ou 10 horas de luz/14 de escuro. Segundo esses autores, o melhor crescimento dos animais em regime de escuridão é provavelmente devido à redução de confrontos e aumento da ingestão de alimento.

O comportamento alimentar é afetado por causa do estresse social (Allen, 1974), e uma densidade de estocagem inadequada para a espécie que se pretende cultivar pode interferir tanto na agressividade como no consumo de alimento dos animais, diminuindo a produtividade. No experimento agudo a ração foi capturada no fundo ou superfície, de forma individual nas menores densidades de estocagem e capturada diretamente na superfície, individualmente ou em grupo nas maiores densidades, indicando a existência de territorialidade nas densidades de 4 e 8 g/L. Quanto ao experimento crônico, a captura do alimento, em todos os tratamentos, realizou-se diretamente na superfície, entretanto na densidade de 4 g/L ainda havia indicativos de hierarquia, uma vez que os animais não formavam cardumes para ir à busca de ração.

Hecht e Uys (1997) observaram que em baixa densidade de estocagem a captura de ração por juvenis de *C. gariepinus* era interrompida por períodos de inatividade ou agressões. Em pesquisa realizada por Piaia e Baldisserotto (2000), alevinos de jundiá submetidos a maior densidade de estocagem (0,74 g/L) permaneciam em grupo na captura de alimento. Já na menor densidade de estocagem (0,18 g/L) os animais formavam territórios distintos e individuais. Barros et al. (1998), ao avaliar o comportamento alimentar da tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) arraçoada com diferentes aditivos, observaram que os peixes na condição de submissos ingeriam maior quantidade de ração, pois os dominantes ocupavam muito tempo defendendo seu território.

O tempo levado para capturar o alimento, além de avaliar o tipo de comportamento dos peixes, revela importantes informações sobre a manutenção da qualidade da água. No experimento de 60 horas, os juvenis expostos às maiores

densidades de estocagem levaram menos tempo para capturar o alimento do que os expostos às menores densidades. Na densidade de 4 g/L, altos valores de alcalinidade estenderam ainda mais este tempo. No experimento de 30 dias, os melhores tempos de captura foram observados nas maiores densidades de estocagem. Um longo tempo para captura da ração pode revelar que neste ambiente há um processo hierárquico em andamento, onde os peixes deixam de ir à busca de alimento para defenderem seu território, o que irá prejudicar não só o desenvolvimento dos animais, mas também o meio de cultivo, devido à lixiviação da ração que pode causar uma piora da qualidade da água.

Os peixes do primeiro experimento mantiveram uma coloração predominantemente clara em todos os tratamentos, já no segundo experimento, os peixes submetidos à maior densidade (16 g/L) e maiores alcalinidades (80 e 130 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) tiveram uma predominância de coloração escura. Volpato et al. (1989) observaram em *Oreochromis niloticus* que indivíduos dominantes apresentavam coloração clara após confrontos agonísticos entre coespecíficos e os submissos adquiriam coloração escura. O mesmo foi verificado por Freitas (1988) ao submeter jovens da espécie à própria imagem refletida no espelho. Contudo, não foram encontrados estudos que permitam relacionar a cor do jundiá com seu nível de estresse e hierarquia social, ou seja, se exemplares com cor mais escura são dominantes e estão menos estressados ou vice-versa.

A velocidade de natação, deslocamento e distribuição na coluna d'água não diferiram entre os tratamentos do experimento crônico. No experimento agudo a velocidade de natação foi mais rápida nos tratamentos com densidade de estocagem de 24 g/L. Ainda neste experimento, a distribuição dos peixes da coluna d'água aproximava-se da superfície à medida que se aumentava a densidade populacional. Pós-larvas de *Stizostedion vitreum*, observadas por Rieger e Summerfelt (1997), apresentaram natação acelerada e próxima da superfície quando cultivadas em águas turvas. Freitas (1988) relatou que a presença do espelho aumentou a locomoção de *Oreochromis niloticus*, como se os espelhos as estimulassem, indicando que algum fator estava presente nesta situação experimental. Porém, permaneceu a dúvida de que o aumento da atividade locomotora promovida pelo espelho tenha decorrido em função

da imagem refletida ou da percepção de profundidade que os espelhos promoviam. Volpato et al. (1989) observaram que indivíduos dominantes de *Oreochromis niloticus* ocupam com maior frequência a região inferior da coluna d'água, nadando mais rapidamente que os submissos, encontrados na região superior.

Os valores de oxigênio dissolvido, temperatura e nitrito permaneceram dentro do recomendável para a aquicultura por Boyd (1998). Teores de amônia e nitrito ficaram abaixo da concentração letal para teleósteos (Tomasso, 1994). Dureza (Townsend et al., 2003) e pH (Lopes et al., 2001) mantiveram-se em níveis ótimos para a criação da espécie aqui estudada. Sendo assim, as reações comportamentais aqui visualizadas não foram influenciadas por estes parâmetros da qualidade da água.

A utilização de altas densidades de estocagem parece evitar o territorialismo em juvenis de jundiá, uma vez que durante o período de alimentação os animais faziam a captura em grupo (cardume) nas maiores densidades e estas não revelaram número de confrontos maior que os encontrados nas densidades mais baixas. Portanto, em sistema de circuito fechado recomenda-se o uso de uma densidade de estocagem de 16 g/L em quaisquer das alcalinidades testadas. Densidades mais elevadas parecem resultar em estresse dos animais, devido à velocidade de natação ser extremamente rápida em relação às menores densidades. Diferentes níveis de alcalinidade parecem não influenciar em muitos aspectos do comportamento dos animais.

## 5 REFERÊNCIAS

ALLEN, K.O. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) in circular tanks. **Aquaculture**. v. 4, p. 29-39. 1974.

BARROS, M. M., PEZZATO, L. E.; SALARO A. L. Comportamento alimentar da tilápia Vermelha (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) arraçoada com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 27, p. 635-641, 1998.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**. v. 10, p. 3-26, 1991.

BOYD C. E. Water quality management for pond aquaculture: research and development. **International Center for Aquaculture and Aquatic environments**. v. 43, p. 1-37, 1998.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Auburn, Alabama: Auburn University, 1992. 183p.

BRITZ, P. J.; PIENAAR, A. G. Laboratory experiments on the effect of light and cover on the behavior and growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Pisces:Clariidae). **Journal of Zoology**. v. 227, p. 43-62, 1992.

FANTA, E. Influence of background color on the behaviour of the fish *Oreochromis niloticus* (Cichilidae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. v. 38, n. 4, p. 1237-1251, 1995.

FREITAS, E. F. L. **Efeito da visão da imagem refletida em espelho sobre o consumo de oxigênio de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 1988. 39 f. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 1988.

FURUMAI, H.; TAGUI, H.; FUJITA, K. Effects of pH and alkalinity on sulfur-denitrification in a biological granular filter. **Water Science Technological**. v. 34, n. 1/2, p. 355-362, 1996.

HECHT, T.; UYS, W. Effect of density on the feeding and aggressive behaviour in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus*. **South African Journal of Science**. v. 93, p. 537-541, 1997.

JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994, 309p.

JOBLING, M. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. **Aquaculture**. v. 44, p. 83-90, 1985.

LOPES, J. M.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. **Aquaculture International**. v. 9, p. 73-80, 2001.

LOWE, T. E.; RYDER, J. M.; CARRAGHER, J. F. and WELLS, R. M. G. Flesh quality in snapper, *Pagrus auratus*, affected by capture stress. **Journal of Food Science**. v. 58, n. 4, p. 770-773, 1993.

MERIGHE, G. K. F. et al. Efeito da cor do ambiente sobre o estresse social em tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 33, n. 4, p. 828-837, 2004.

MITTON, C. J.; MCDONALD, D. G. Consequences of pulsed DC electrofishing and air exposure to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 51, p. 1791-1798, 1994.

NAKAYAMA, T.; DA-JIA, L.; OOI, A. Tension changes of stressed and unstressed carp muscle isometric rigor contraction and resolution. **Nippon Suisan Gakkaishi**. v. 58, p. 1517-1522, 1992.

PIAIA, R.; BALDISSEROTTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824). **Ciência Rural**. v. 30, n. 3, p. 509-513, 2000.

PIAIA, R.; TOWNSEND, C. R.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* exposed to different light regimes. **Aquaculture International**. v. 7, p. 201-205, 1999.

PICKERING, A. D. Rainbow trout husbandry: Management of the stress response. **Aquaculture**. v. 100, p. 125-139, 1992.

PIENAAR, A. G. **A study of coeval sibling cannibalism in larval and juvenile fishes and its control under culture conditions**. 1990 Master's thesis. Rhodes University, Grahamstown, South Africa.

RIEGER, P. W.; SUMMERFELT, R. C. The influence of turbidity on larval walleye, *Stizostedion vitreum*, behavior and development in tank culture. **Aquaculture**. v. 159, p. 19-32, 1997.

SIGHOLT, T. et al. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Science**. v. 62, n. 4, p. 898-905, 1997.

SVERDRUP, A. et al. Effects of experimental seismic shock on vasoactivity of arteries, integrity of the vascular endothelium and on primary stress hormones of the Atlantic salmon. **Journal of Fish Biology**. v. 45, p. 973-975, 1994.

TOMASSO J. R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. **Review of Fisheries Science**. v. 2, p. 291-314, 1994.

TOWNSEND, C. R.; SILVA, L. V. F. BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. **Aquaculture**. v. 215 p. 103-108, 2003.

VOLPATO, G. L.; FRIOLI, P. M. A. CARRIERI. M. P. 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**. v.13, p. 7-22, 1989.

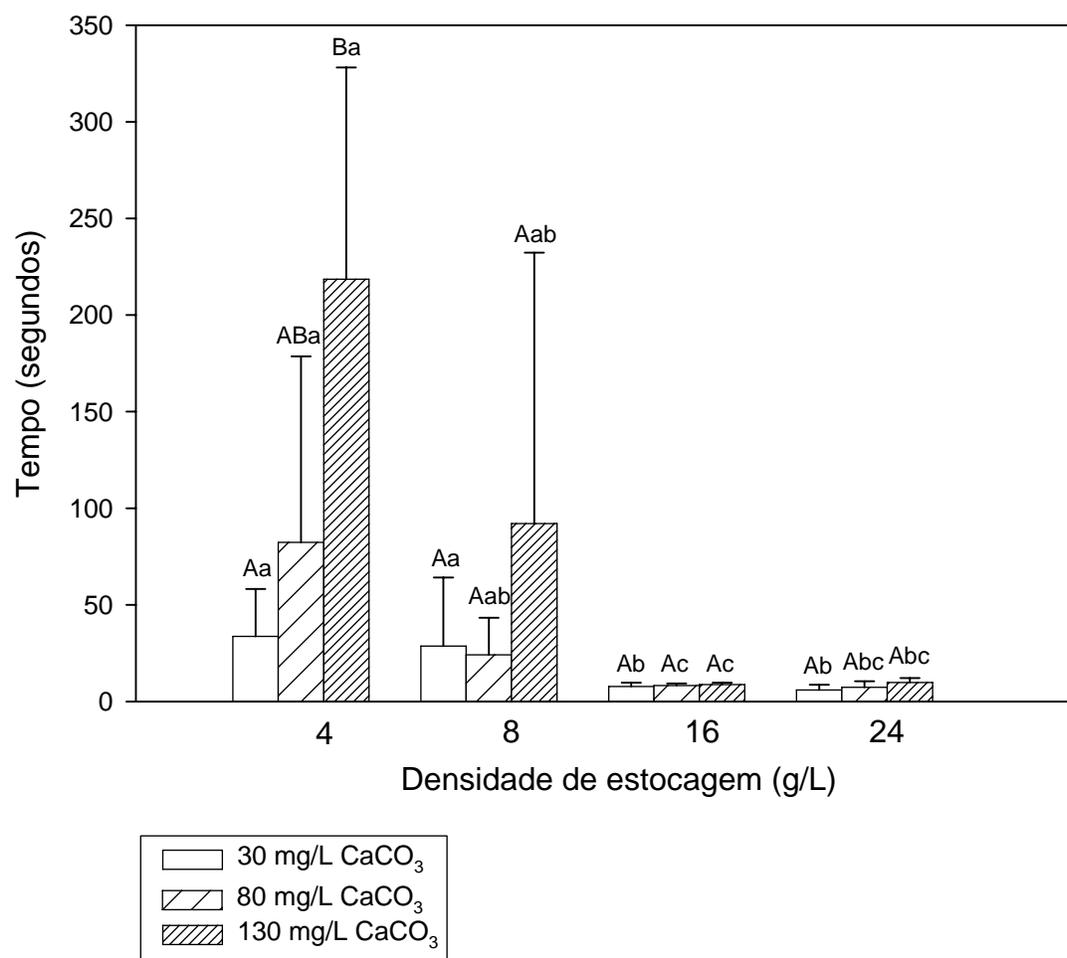
WHANGCHAI, N. et al. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water. **Aquacultural engineering**. v. 30, p. 1-13, 2004.

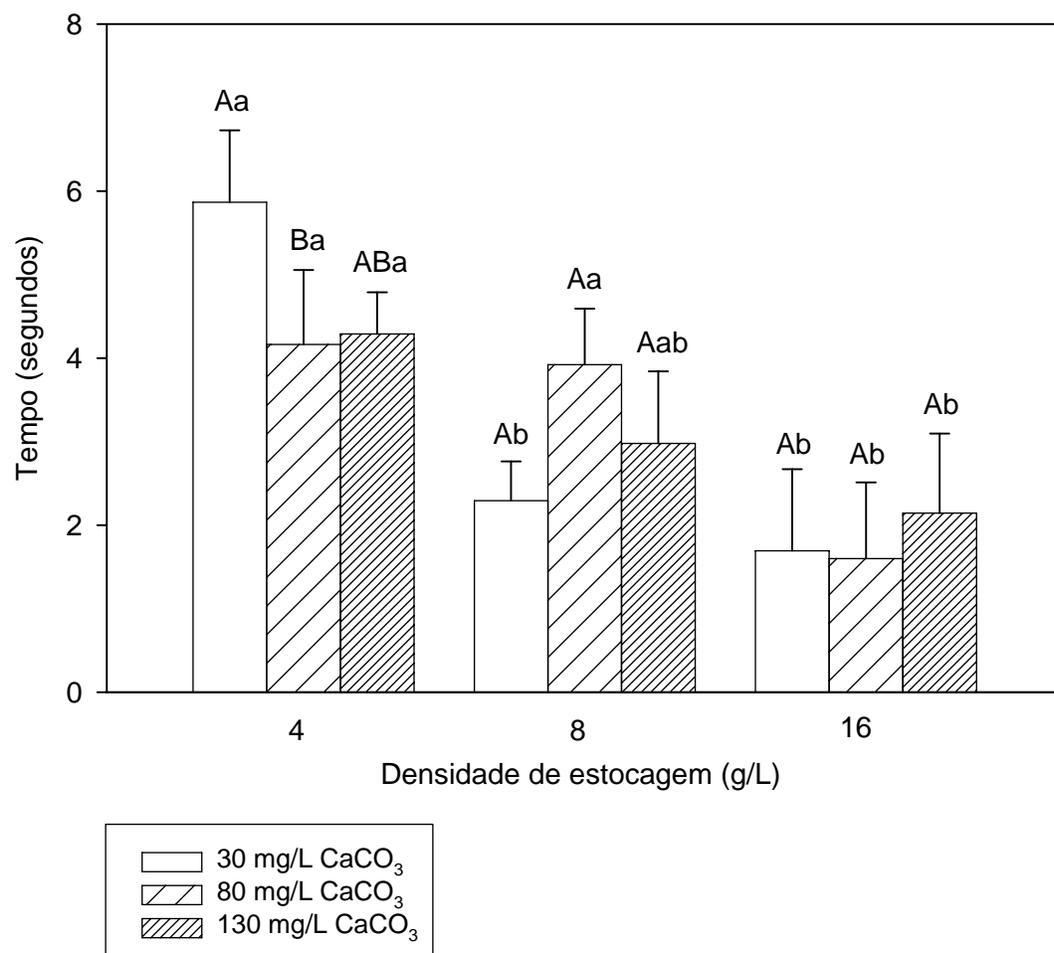
WURTS, W. A. Using salt to reduce handling stress in channel catfish. **World Aquaculture**. v. 26, n. 3, p. 80-81, 1995.

## FIGURAS

Figura 1. Tempo que juvenis de *Rhamdia quelen* levam para capturar alimento quando submetidos a diferentes alcalinidades e densidades de estocagem por um período de 60h. Médias e desvios identificados por diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre diferentes densidades de estocagem na mesma alcalinidade. Letras maiúsculas referem-se à diferença significativa entre alcalinidades na mesma densidade de estocagem.

Figura 2. Tempo que juvenis de *Rhamdia quelen* levam para capturar o alimento quando submetidos a diferentes alcalinidades e densidades de estocagem. Médias e desvios identificados por diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre diferentes densidades de estocagem na mesma alcalinidade. Letras maiúsculas referem-se à diferença significativa entre alcalinidades na mesma densidade de estocagem.





1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19

**Interaction of water alkalinity and stocking density on body ion levels, survival and growth of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles**

Artigo submetido à Aquaculture

1       **Interaction of water alkalinity and stocking density on body ion levels, survival and**  
2                                   **growth of silver catfish, Rhamdia quelen, juveniles**

3

4       Luciana Segura de Andrade, Rafael Luiz Barboza de Andrade, Alexssandro Geferson Becker,  
5                                   Liana Verônica Rossato, Juliano Ferraz da Rocha, and Bernardo Baldisserotto<sup>1</sup>

6       Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Santa Maria, 97105.900  
7                                   – Santa Maria, RS, Brazil

8

9

10     <sup>1</sup>Corresponding author:

11     Departamento de Fisiologia e Farmacologia

12     Universidade Federal de Santa Maria

13     97105.900 – Santa Maria, RS, Brazil

14     Phone: +55-55-3220-9382; fax: 55-55-3220-8241

15     *e-mail address:* bernardo@smail.ufsm.br

16

1 **Abstract**

2

3         This study evaluated the interaction of water alkalinity and stocking density on body ion  
4 levels, survival and growth of silver catfish, Rhamdia quelen, juveniles. Fish were exposed to  
5 three alkalinities (30, 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) and four stocking densities (4, 8, 16 and 24 g/L)  
6 in a short-term experiment (96 hours), and the same three alkalinities as well as the same three  
7 lowest stocking densities (4, 8 and 16 g/L) in a growth experiment (30 days). Neither survival nor  
8 body ion levels were affected in the short-term experiment. The effect of water alkalinity on  
9 survival and growth of silver catfish juveniles was related to stocking density: survival was  
10 lower, but weight and specific growth rate were higher in the treatment of 16 g/L and 30 mg/L  
11 CaCO<sub>3</sub> (compared to higher alkalinities) at the end of the growth experiment. The stocking  
12 density of 16 g/L and water alkalinity of 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> seems to be the most adequate for silver  
13 catfish juveniles growth.

14

15 *Keywords:* alkalinity; stocking density; Rhamdia quelen, silver catfish

## 1 **1. Introduction**

2

3         The use of lime to increase water pH, hardness and alkalinity decreases mortality of  
4 acidic-sensitive species (Weatherley, 1988) because it reduces ion loss by the gills (Flik et al.,  
5 1996; Wilkie et al., 1999) and allows recovery of normal ion plasma levels (Rosseland et al.,  
6 1986). Improvement of water quality also reduces incidence of diseases in fishes (Singhal et al.,  
7 1986) and improves active cellular transport during the embryonic phase as well as hatching of  
8 the eggs (Hwang et al., 1994).

9         Adequate values of water alkalinity can improve the physiological performance of fish  
10 larvae, increasing growth (Rojas and Rocha, 2004). Apparently, alkaline waters entrance  
11 productivity by increasing phosphorus availability and other essential elements (Mairs, 1996).  
12 Moreover, addition of sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) in the water reduces nitrite accumulation  
13 (Furamai et al., 1996) and also ammonia levels, improving water quality (Whangchai et al.,  
14 2004).

15         The use of high stocking densities to maximize available space for production might  
16 impair water quality due to excess of nitrogen residues from fish excretion (Jobling, 1994). In  
17 addition, some species try to establish territories and do not feed properly (Alanärä, 1994). This  
18 process of hierarchy might compromise water quality (degradation of non ingested food), as well  
19 as the fish physiological stability, which spend the necessary energy for growth in stressful  
20 situations.

21         Silver catfish, Rhamdia quelen, accepts artificial food, possesses high fertility, fast growth  
22 and good acceptance in the fish market (Uliana et al., 2001), and consequently its culture is  
23 increasing in Brazil. Juveniles of this species survive in soft water without problems within the

1 4.0-9.0 pH range (Zaions and Baldisserotto, 2000), and the increase of water hardness to 100 –  
2 150 mg/L CaCO<sub>3</sub> improves survival at very acidic and alkaline waters (Townsend and  
3 Baldisserotto, 2001). The best pH range for silver catfish larvae is 8.0 – 8.5 (Lopes et al., 2001),  
4 and water hardness must not exceed 70 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Townsend et al., 2003), but no studies with  
5 alkalinity were made. A previous study verified that stocking density of 0.74 g/L in a closed  
6 system provided better growth of silver catfish than lower stocking densities (Piaia and  
7 Baldisserotto, 2000), but higher densities were not tested.

8 As previously seen, an increase of alkalinity can improve water quality in some situations  
9 (Furamai et al., 1996; Whangchai et al., 2004), and could allow the use of higher stocking  
10 densities. Therefore, this study investigated the influence of water alkalinity and stocking density  
11 for the culture of silver catfish juveniles in a closed system.

12

## 13 **2. Materials and Methods**

14

15 Silver catfish juveniles were bought from a local supplier and transferred to continuously  
16 aerated 250 L tanks, in a stocking density of 4 g/L, for at least one week prior experiments. Fish  
17 were maintained in 24 h darkness and fed twice a day until apparent satiety. Water quality  
18 parameters were around 30 mg/L CaCO<sub>3</sub> alkalinity, 7.7 mg/L dissolved oxygen, 24.5°C, pH 8.0,  
19 and 21 mg/L CaCO<sub>3</sub> water hardness.

20

### 21 *2.1. Short-term experiment*

22

1           This experiment was entirely randomized and tested the interaction among four stocking  
2 densities (4, 8, 16, and 24 g/L; with 4, 8, 16 and 24 fishes/box respectively) and three alkalinity  
3 levels (30, 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>), using four replicates for each treatment. Silver catfish  
4 juveniles (30 days and 0.99 ± 0.07 g) were randomly distributed in forty eight 1 L continuously  
5 aerated polypropylene boxes, and kept for 96 h. Fish were maintained in 24 h darkness (except  
6 during feeding and cleaning of the boxes), because dark environments improved growth of silver  
7 catfish (Piaia et al., 1999).

8           Water alkalinity was increased by addition of sodium bicarbonate. Actual measured  
9 alkalinity values were (mean ± SEM in mg/L CaCO<sub>3</sub>): 29.90 ± 0.28; 80.45 ± 1.77 and 131.40 ±  
10 3.96. Temperature, dissolved oxygen (measured with oximeter DM4 - Digimed, São Paulo, SP,  
11 Brazil) and pH (measured with DMPH-2 pH meter Digimed, São Paulo, SP, Brazil) were  
12 analyzed daily. Water alkalinity and hardness were determined according to Boyd and Tucker  
13 (1992) and total ammonia and nitrite by a colorimetric method (commercial kit "Aquamerc NO<sub>2</sub>-  
14 Nitrite-Test" - Merck), in the beginning and in the end of the experimental period.

15           Fish were fed twice a day until apparent satiety (early morning and in the end of the  
16 afternoon) with commercial food (42% CP, Supra Juvenil Gaiola). Before feeding the boxes were  
17 siphoned to remove uneaten food, as well as other residues and feces, and to remove at least 50%  
18 of the water volume, which was replaced by water in the same conditions (temperature, pH,  
19 alkalinity and hardness) of boxes. Four fish were collected from each replicate at the end of the  
20 experimental period, weighed, killed by section of spinal cord and frozen at -20°C for posterior  
21 analysis of body ion levels.

22           In order to measure body Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> levels, fish were individually digested in 5 N  
23 nitric acid for 5 days at 70°C. Water and whole body samples were analyzed using flame

1 spectrophotometer (Micronal B262) ( $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$ ). The method of Zall et al. (1956) was used for  
2 determining  $\text{Cl}^-$  concentration of these samples.

3

## 4 2.2. *Growth experiment*

5

6 The interaction of three stocking densities (4, 8 and 16 g/L; with  $23.4 \pm 1.2$ ;  $45.2 \pm 2.6$   
7 and  $82.3 \pm 6.5$  fishes/box respectively) and three alkalinity values (30, 80 and 130 mg/L) with  
8 five replicates each were tested in an entirely randomized scheme. Silver catfish juveniles (45  
9 days old and  $1.44 \pm 0.11$  g) were randomly distributed in forty five 8 L continuously aerated  
10 polypropylene boxes, and kept for 30 days in 24 h darkness. Actual measured alkalinity values  
11 were (mean  $\pm$  SEM in mg/L  $\text{CaCO}_3$ ):  $30.39 \pm 2.40$ ;  $84.13 \pm 5.65$  and  $130.82 \pm 7.07$ . Temperature,  
12 dissolved oxygen, pH, and alkalinity were measured every three days, while water hardness, total  
13 ammonia and nitrite were controlled once a week. The daily handling was the same used in the  
14 short-term experiment, but 80% of the water volume was siphoned in the cleaning process.

15 At the end of the experiment (30 days) all remained juveniles were collected and  
16 measured. Specific growth rate and coefficient of variability for weight were calculated according  
17 to Jobling (1994).

18

## 19 2.3. *Statistical analysis*

20

21 Homogeneity of variances among the different groups was tested with Levene test. Data  
22 of whole body ion levels (short-term experiment), weight, biomass, specific growth rate,

1 coefficient of variability for weight, and survival (growth experiment) of treatment groups  
2 presented homogeneous variances and were compared by two-way ANOVA (stocking density X  
3 alkalinity) and Tukey test. Survival in the treatments of the short-term experiment did not present  
4 homogeneous variances, and were then analyzed with ANOVA Kruskal-Wallis and Mann-  
5 Whitney test. All statistical tests were made with the aid of the software Statistica (version 5.0).  
6 Data were expressed as means  $\pm$  S.E.M. and the minimum significance level was set at  $P < 0.05$ .

7

### 8 **3. Results**

9

#### 10 *3.1. Short-term experiment*

11

12 Survival (general mean  $96.27 \pm 13.23\%$ ) and body whole levels of  $\text{Na}^+$  (general mean  
13  $45.42 \pm 13.09$  mmol),  $\text{K}^+$  (general mean  $50.09 \pm 15.72$  mmol) and  $\text{Cl}^-$  (general mean  $130.35 \pm$   
14  $48.48$  mmol) did not present significant difference after 96 hours of exposure to the different  
15 experimental treatments.

16 Dissolved oxygen ( $7.66 \pm 0.41$  mg/L), temperature ( $24.50 \pm 0.40$  C), pH ( $8.02 \pm 0.22$ ),  
17 water hardness ( $21.7 \pm 1.4$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), total ammonia (between 3 and 5 mg/L  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ),  
18 ionized ammonia (between 0.15 and 0.25 mg/L  $\text{NH}_3$ ), and nitrite (between 0.10 and 0.25 mg/L  
19  $\text{NO}_2^-$ ) were not significantly different among treatments.

#### 20 *3.2. Growth experiment*

21

1 Silver catfish juveniles survival, weight and specific growth rate were influenced by water  
2 alkalinity in the stocking density of 16 g/L. In this stocking density, significantly higher survival  
3 was obtained in the water alkalinity of 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>, while weight and standard  
4 growth rate were significantly higher in the water alkalinity of 30 and 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Fig. 1). In  
5 addition, juveniles maintained at water alkalinity of 30 mg/L CaCO<sub>3</sub> and stocking densities of 4  
6 and 8 g/L showed significantly higher survival than those kept at the same alkalinity and stocking  
7 density of 16 g/L.

8 Biomass was not influenced by water alkalinity. Final biomass in the treatments with  
9 stocking density of 4, 8 and 16 g/L was (g):  $63.94 \pm 13.82$ ,  $120.30 \pm 11.32$  and  $182.35 \pm 22.86$ ,  
10 respectively. The coefficient of variability for weight was not affected significantly by the  
11 experimental treatments (general mean of  $29.81 \pm 2.41\%$ ).

12 The values of dissolved oxygen ( $7.14 \pm 0.70$  mg/L), temperature ( $24.70 \pm 0.30$  C), pH  
13 ( $7.64 \pm 0.34$ ), water hardness ( $27.10 \pm 2.20$  mg/L CaCO<sub>3</sub>), total ammonia (between 3 and 5 mg/L  
14 NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ionized ammonia (between 0.15 and 0.25 mg/L NH<sub>3</sub>), and nitrite (between 0.10  
15 and 0.25 mg/L NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) were not significantly different among the treatments throughout 30 days of  
16 experiment.

17

#### 18 **4. Discussion**

19

20 The use of a high stocking density can cause high mortality because degradation of excess  
21 food as well as excretory residues can impair water quality (Jobling, 1994). Addition of NaHCO<sub>3</sub>  
22 to the water present better results than addition of CaCO<sub>3</sub> because the first one reduces ammonia  
23 levels, has good solubility in the water and low cost (Whangchai et al., 2004). Moreover,

1 accumulation of nitrite in waters with 120 to 150 mg/L of NaHCO<sub>3</sub> is higher than in waters with  
2 240 to 300 mg/L of NaHCO<sub>3</sub>, where accumulation of nitrite completely disappears (Furamai et  
3 al., 1996). In the present study survival was not significantly affected by the treatments after 96 h,  
4 but it was reduced in the group exposed to the highest stocking density and lowest alkalinity (16  
5 g/L and 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>) after 30 days. The increase of alkalinity to 80 and 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>  
6 decreased mortality in this same stocking density. However, the highest mortality in the highest  
7 stocking density and lowest alkalinity cannot be credited to the alterations in the water quality,  
8 since there was no significant difference of ammonia and nitrite levels among the treatments.  
9 Exposure to water alkalinity from 15 to 57 mg/L CaCO<sub>3</sub> did not change survival of Nile tilapia,  
10 Oreochromis niloticus (Rojas and Rocha, 2004) and curimbata, Prochilodus lineatus, (Rojas et  
11 al., 2001) larvae.

12 The stocking densities of 0.03, 0.06, 0.09, and 0.12 g/L provoked a linear increase on the  
13 mortality of spotted sorubim Pseudoplatystoma corruscans larvae (Andrade et al. 2004).  
14 However, silver catfish juveniles submitted to the stocking densities of 0.18, 0.37 and 0.74 g/L  
15 did not present significant difference on survival (100%) (Piaia and Baldisserotto, 2000).

16 Even maintaining water quality within adequate levels for fish culture, social interactions  
17 resultant from changes of stocking density might affect fish growth (Huang and Chiu, 1997). The  
18 metabolic effect of social stress is higher in conditions of captivity, high stocking densities and  
19 low quality of the water, influencing the performance of the fish in aquaculture (Friend, 1991).  
20 The stocking densities used in the present study did not change significantly weight and specific  
21 growth rate at the end of 30 days. Nevertheless, in the density of 16 g/L both parameters  
22 presented higher values in the lower alkalinity (30 mg/L CaCO<sub>3</sub>) than in the highest alkalinity  
23 (130 mg/L CaCO<sub>3</sub>). The final biomass in each stocking density was not modified by water  
24 alkalinity. Best growth was also observed in curimbata (Rojas et al. 2001) and Nile tilapia (Rojas

1 and Rocha, 2004) larvae in alkalinity close to 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Silver catfish larvae showed  
2 highest weight and biomass at pH of 8.0 and 8.5, with respective alkalinities of 8.9 and 124.9  
3 mg/L CaCO<sub>3</sub> compared to lower pH values with similar alkalinity to pH 8.0 (Lopes et al., 2001).  
4 Therefore, in this case the effect was of water pH and not of the alkalinity.

5 Silver catfish juveniles maintained in a stocking density of 0.74 g/L presented higher  
6 growth than those in stocking densities of 0.18 and 0.37 g/L (Piaia and Baldisserotto, 2000).  
7 However, in the present study higher stocking densities did not affect growth of this species.  
8 High stocking densities increase the frequency of confrontations and threats for territory dispute,  
9 until the point when the metabolic expense is very high and fish abandon the defense of the  
10 territory, starting to group into shoals (Jobling, 1994). Hecht and Uys (1997), when cultivating  
11 African catfish with approximately 35 g in different stocking densities (0.72; 1.44; 2.88; 5.76 and  
12 23.04 g/L), observed that there was a formation of territory in the lowest stocking densities, but in  
13 stocking densities higher than 2.88 g/L fish formed shoals, decreasing energy waste with  
14 confrontations and increasing growth. Therefore, it seems that for silver catfish only stocking  
15 densities lower than 0.74 g/L might have a negative effect on growth, probably because from this  
16 stocking density fish already shoals and reduce aggressive behavior. A high stocking density  
17 (23.44 g/L) also improved growth of African catfish, Clarias gariepinus juveniles, cultivated in  
18 masonry tanks (Hecht and Uys, 1997). Nevertheless, Paspatis et al., (2003) propose that the  
19 relation between stocking density and fish growth depend on water quality, but the culture system  
20 must also be taken into account.

21 Whole body levels of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> of silver catfish juveniles measured in the present  
22 experiment were similar to values found in previous studies with the same species (Zaions and  
23 Baldisserotto, 2000). This indicates that in case of having some stress due to the increase of

1 alkalinity or to variation of stocking density, the effect was reduced and did not affect silver  
2 catfish osmoregulation in a significant way.

3 In the present study values of dissolved oxygen and temperature remained into the  
4 recommendable range for fish culture (Boyd, 1998). Total ammonia and nitrite were below the  
5 lethal concentration for teleosts (Tomasso, 1994). Water hardness (Townsend et al., 2003) and  
6 pH (Lopes et al., 2001) remained in excellent levels for the culture of silver catfish.

7 The use of the stocking density of 16 g/L and alkalinity of 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> seems to be  
8 the most adequate for the culture of silver catfish juveniles in these experimental conditions,  
9 since the super exploitation of space associated with good survival and growth assures a better  
10 productivity.

11

## 12 **Acknowledgements**

13

14 This study was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico  
15 (CNPq), (process number 475017/03). L. S. Andrade and B. Baldisserotto received fellowships  
16 from Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and  
17 CNPq, respectively. Authors thank Dr. Gilson Volpato, from UNESP – Botucatu and Dr. João  
18 Radünz Neto for critical reading of this manuscript.

## 1 **References**

- 2 Alanära, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the  
3 demand feeding activity of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquaculture* 126, 349-359.
- 4 Andrade, L. S.; Hayashi, C.; Souza, S. R. and C.M. Soares. 2004. Canibalismo entre larvas de  
5 pintado, Pseudoplatystoma corruscans, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem.  
6 *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 26 (3), 299-302.
- 7 Boyd C. E. 1998. Water quality management for pond aquaculture: research and development.  
8 *International Center for Aquaculture and Aquatic environments* 43, 1-37.
- 9 Boyd, C. E. and C. S. Tucker. 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture.  
10 Auburn, Alabama: Auburn University. 183 pp.
- 11 Flik, G.; Klaren, P. H. M.; Schoenmakers, T. J. M.; Bijvelds, M. J. C.; VerbosT, P. M. and S. E.  
12 W. Bonga. 1996. Cellular calcium transport in fish: Unique and universal mechanisms.  
13 *Physiological Zoology* 69 (2), 403-417.
- 14 Friend, T. H. 1991. Symposium: Response of animals to stress: behavioral aspects of stress.  
15 *Journal of Dairy Science* 74, 292-303.
- 16 Furamai, H.; Tagui, H. and K. Fujita. 1996. Effects of pH and alkalinity on sulfur-denitrification  
17 in a biological granular filter. *Water Science Technology* 34 (1-2), 355-362.
- 18 Hecht, T. and W. Uys. 1997. Effect of density on the feeding and aggressive behaviour in  
19 juvenile African catfish, Clarias gariepinus. *South African Journal of Science* 93, 537-541.
- 20 Huang, W. B. and T. S. Chiu. 1997. Effects of stocking density on survival, growth, size  
21 variation and production of tilapia fry. *Aquaculture Research* 28, 165-173.

- 1 Hwang, P-P.; TsaI, Y-N. and Y-C. Tung. 1994. Calcium balance in embryos and larvae of the  
2 freshwater adapted teleost, Oreochromis mossambicus. Fish Physiology and Biochemistry 13  
3 (4), 325-333.
- 4 Jobling, M.1994. Fish bioenergetics. Chapman & Hall: London, England.
- 5 Lopes, J. M.; Silva, L. V. F. and B. Baldisserotto. 2001. Survival and growth of silver catfish  
6 larvae exposed to different water pH. Aquaculture International 9, 73-80.
- 7 Mairs, D. F. A. 1996. Total alkalinity atlas for marine lake waters. Limnology and  
8 Oceanography 11, 86-72.
- 9 Paspatis, M.; Boujard, T.; Maragoudaki, D.; Blanchard, G. and M. Kentouri. 2003. Do stocking  
10 density and feed reward level affect growth and feeding of self fed juvenile European sea  
11 bass. Aquaculture 216 (1-4), 103-113.
- 12 Piaia, R. and B. Baldisserotto. 2000. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de silver  
13 catfish Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824). Ciência Rural 30, 509-513.
- 14 Piaia, R.; Townsend, C. R. and B. Baldisserotto. 1999. Growth and survival of fingerlings of  
15 Rhamdia quelen exposed to different light regimes. Aquaculture International 7, 201-205.
- 16 Rojas, N. E. T.; Rocha, O. and J.A.B Amaral. 2001. O efeito da alcalinidade da água sobre a  
17 sobrevivência e o crescimento da larvas de curimatá, Prochilodus lineatus (Characiformes,  
18 Prochilodontidae), mantidas em laboratório. Boletim do Instituto de Pesca 27 (2), 155-162.
- 19 Rojas, N. E. T. and O. Rocha. 2004. Influência da alcalinidade da água sobre o crescimento de  
20 larvas de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 Perciformes, Cichlidae). Acta  
21 Scientiarum: Biological Sciences 26 (2), 163-167.

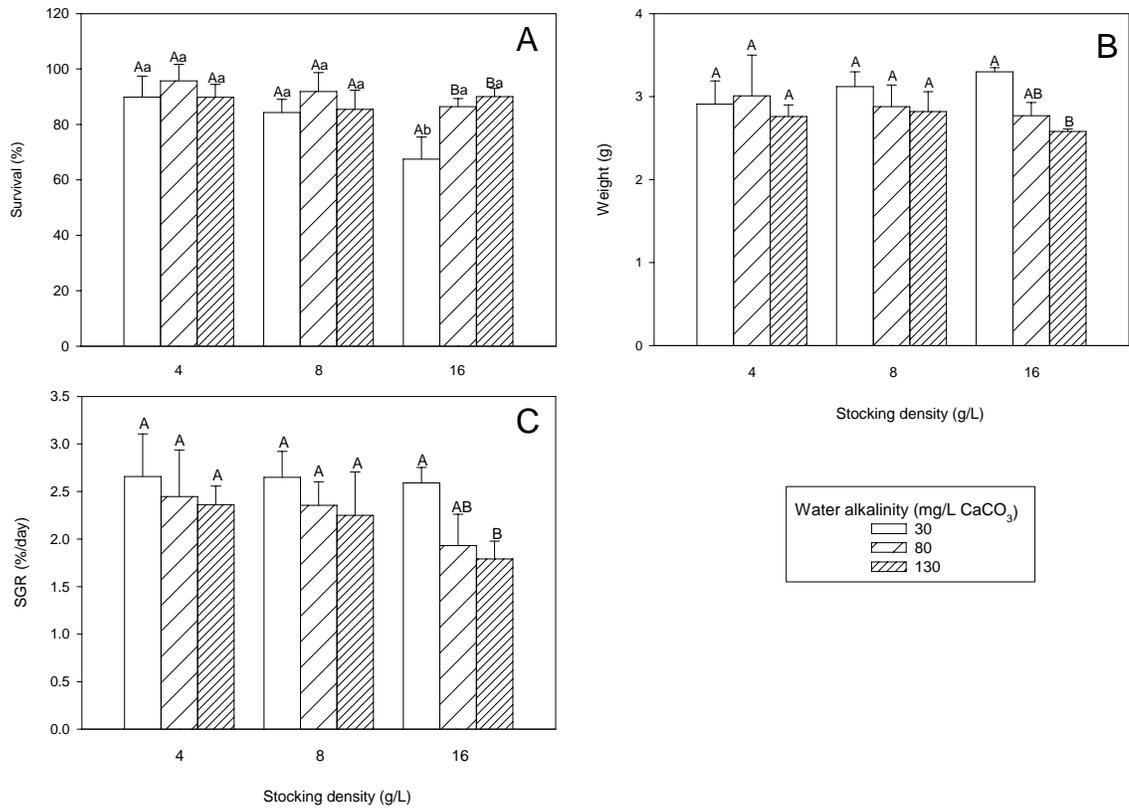
- 1 Rosseland, B. O.; Skogheim, O. K. Abrahamsen, H. and D. Matzow. 1986. Limestone slurry  
2 reduces physiological stress and increases survival of Atlantic Salmon (Salmo salar) in an  
3 acid Norwegian river. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43, 1888-1893.
- 4 Singhal, R. N.; Jeet, S.; Davies, R. W. 1986. Chemotherapy of six ectoparasitic diseases of  
5 cultured fish. Aquaculture 54, 165-171.
- 6 Tomasso J. R. 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Review of Fisheries  
7 Science 2, 291-314.
- 8 Townsend, C. R. and B. Baldisserotto. 2001. Survival of silver catfish fingerlings exposed to  
9 acute changes of water pH and hardness. Aquaculture international 9, 413-419.
- 10 Townsend, C. R.; Silva, L. V. F. and B. Baldisserotto. 2003. Growth and survival of Rhamdia  
11 quelen (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness.  
12 Aquaculture 215, 103-108.
- 13 Uliana, O.; Silva, J. H. S. and J. Radünz Neto. 2001. Substituição parcial ou total do óleo de  
14 canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (Rhamdia quelen), Pisces,  
15 Pimelodidae. Ciência Rural 31 (4), 677-81.
- 16 Weatherley, N. S. 1988. Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: A review of  
17 the biological consequences. Water, Air and Soil Pollution 39, 421-437.
- 18 Whangchai, N.; Migo, V. P.; Alfafara, C. G.; Young, H. K.; Nomura, N. and M. Matsumura.  
19 2004. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water. Aquacultural  
20 Engineering 30, 1-13.

- 1 Wilkie, M. P., Laurent, P., and C. M. Wood. 1999. Differential regulation of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>  
2 movements across rainbow trout gills: the influence of highly alkaline (pH = 9.5) water.  
3 *Physiological and Biochemical Zoology* 72, 360-368.
- 4 Zaions, M. I. and B. Baldisserotto. 2000. Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> body levels and survival of fingerlings of  
5 Rhamdia quelen (Siluriformes, Pimelodidae) exposed to acute changes of water pH. *Ciência*  
6 *Rural* 30 (6), 1041-1045.
- 7 Zall, D. M.; Fisher, M. D. and Q. M. Garner. 1956. Photometric determination of chlorides in  
8 water. *Analytical Chemistry* 28, 1665-1678.

1 Figure caption

2

3 Figure 1. Survival (A), weight (B) and standard growth rate (SGR) (C) of silver catfish juveniles  
4 submitted to different alkalinities and stocking densities for 30 days. Means identified by  
5 different small letters indicate significant difference among different stocking densities in the  
6 same alkalinity. Means identified by capital letters indicate significant difference among different  
7 alkalinities in the same stocking density ( $P < 0.05$ ).



1  
2  
3  
4  
5

Figure 1

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados de peso, crescimento específico (G) e sobrevivência sofreram interferência da alcalinidade na densidade de estocagem de 16 g/L. Entretanto, as melhores porcentagens de sobrevivência foram encontradas nas alcalinidades de 80 e 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>, enquanto peso e G foram maiores nas alcalinidades de 30 e 80 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

Os valores de peso e G encontrados na alcalinidade de 30 mg/L CaCO<sub>3</sub> podem ter sofrido interferência da baixa sobrevivência neste mesmo tratamento, assim como podem estar também relacionados com a coloração corporal dos animais. Os resultados de coloração do experimento crônico demonstram que os animais expostos às maiores alcalinidades da densidade de 16 g/L apresentam coloração predominantemente escura, enquanto os animais expostos à menor alcalinidade não apresentam predominância de nenhuma coloração.

Volpato et al. (1989) e Freitas (1988) observaram que indivíduos dominantes de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (cujo hábito é diurno) apresentam coloração clara e indivíduos submissos apresentam coloração escura após confrontos entre co-específicos. Até o momento não existem estudos que permitam afirmar que a coloração escura ou clara de jundiás (cujo hábito é noturno) seja devido a situações de estresse ou bem-estar e que os animais sejam dominantes ou submissos.

A densidade de estocagem influenciou nos dados de sobrevivência na alcalinidade de 30 mg/L CaCO<sub>3</sub>, onde as densidades de 4 e 8 g/L apresentaram uma taxa de sobrevivência significativamente maior que a densidade de 16 g/L. As observações comportamentais de tipo e tempo de captura do alimento demonstraram que na alcalinidade de 30 mg/L CaCO<sub>3</sub> a densidade de 4 g/L apresentou maior tempo de captura, sendo o alimento capturado individualmente, enquanto a densidade de 16 g/L apresentou formação de cardume e menor tempo de captura. Ainda nesta mesma alcalinidade, houve maior número de confrontos no tratamento de 8 g/L em relação ao tratamento de 16 g/L.

Piaia e Baldisserotto (2000) observaram que alevinos de jundiás submetidos à densidade de 0,74 g/L permaneciam em grupo na captura de alimento. Já os

submetidos à menor densidade (0,18 g/L) formavam territórios distintos e individuais. O tipo de captura relacionado com o tempo de captura da ração pode revelar um processo hierárquico existente no ambiente de cultivo. Porém, estes comportamentos parecem não ter afetado a sobrevivência como se esperava, uma vez que o tratamento onde se imaginava formação de hierarquia e que apresentou maior número de confrontos foi o tratamento com menor mortalidade.

A densidade de 4 g/L apresentou captura individual, sendo que os animais levaram maior tempo para iniciar a captura de alimento que nas densidades de 8 e 16 g/L. Na densidade de 16 g/L houve formação de cardumes, apresentando número reduzido de confrontos em relação à densidade de 8 g/L.

Estes resultados revelam que baixas densidades de estocagem podem ter permitido um estabelecimento de processo hierárquico maior que nas maiores densidades. Altas densidades aumentam a frequência de confrontos e ameaças para disputa de território, até o ponto em que o gasto metabólico é muito elevado e o peixe abandona a defesa de território, passando a se agrupar em cardumes (Jobling 1994).

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo permitiu concluir que:

- Tanto os valores de alcalinidade quanto as densidades de estocagens aqui utilizadas não interferem na sobrevivência de juvenis de jundiá nas primeiras 96 horas experimentais;

- Os níveis iônicos corporais não são afetados pelas densidades de estocagens e alcalinidades quando quantificados na 96<sup>a</sup> hora experimental;

- Altas densidades de estocagem (16 g/L) interferem negativamente na sobrevivência de juvenis de jundiá, porém esta taxa volta à normalidade quando a alcalinidade da água é aumentada (80 e 130 mg/L CaCO<sub>3</sub>);

- Valores de alcalinidade muito altos (130 mg/L CaCO<sub>3</sub>) reduzem o peso individual e o crescimento específico quando os animais estão expostos a altas densidades de estocagem (16 g/L);

- O aumento da densidade de estocagem diminui o tempo de captura do alimento, fazendo com que o processo de lixiviação da ração seja menor.

- A utilização de altas densidades de estocagem parece evitar o territorialismo em juvenis de jundiá *Rhamdia quelen*, uma vez que durante o período de alimentação os animais faziam a captura em grupo (cardume) nas maiores densidades e estas não revelaram número de confrontos maior que os encontrados nas densidades mais baixas.

- A utilização da densidade de estocagem de 16 g/L e alcalinidade de 80 mg/L CaCO<sub>3</sub> pode ser a mais adequada para o cultivo de juvenis de *Rhamdia quelen* nestas condições experimentais. O superaproveitamento de espaço associado à boa sobrevivência, biomassa, peso e taxa de crescimento específico parecem não afetar o estado fisiológico e comportamental dos animais, assegurando uma produção de qualidade.

## 7 REFERÊNCIAS

ADAMS, S.M. Biological indicators of stress in fish. **American Fisheries Society Symposium Series**, v. 8, p. 1-191, 1990.

ALABASTER, J.S.; LLOYD, R. **Water quality criteria for freshwater fish**. 2 ed. Cambridge: FAO, 1982, 361p.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**. v. 10, p. 3-26, 1991.

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

BUIKEMA, A. L. JR.; CAIRNS, J. JR.; SULLIVAN, G. W. Evaluation of *Philodina acutacornis* (Rotifera) as a bioassay organism for heavy metals. **Water Research**. v. 10, p. 648-61, 1974.

CARDOSO, A.P. **Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com fígado bovino e de aves e com hidrolisados de fígado e de peixe**. 1998. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 1998.

ERIKSSON, F.; HÖRNSTRÖM, E; MOSSBERG, P. & NYBERG, P. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. **Hydrobiologia**. v. 101, p. 145-164, 1983.

FANTA, E. Influence of background colour on the behaviour of the fish *Oreochromis niloticus* (Cichilidae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. v. 38, n. 4, p. 1237-1251, 1995.

FERREIRA, A. A.; NUÑER, A. P. O.; ESQUIVEL, J. R. Influência do pH sobre ovos e larvas de jundiá, *Rhamdia quelen* (Osteichthyes, Siluriformes). **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 2, p. 477-481, 2001.

FREITAS, E. F. L. **Efeito da visão da imagem refletida em espelho sobre o consumo de oxigênio de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 1988. 39 f. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 1988.

GOMES, L. C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**. v. 30, n. 1, p. 179-185, 2000.

HASSELROT, B.; HULTBERG, H. Liming of acidified swedish lakes and streams and its consequences for aquatic ecosystems. **Fisheries**. v. 9, n. 1, p. 4-9, 1984.

HAYLOR, G. S. Controlled hatchery production of *Clarias gariepinus* (Burchell 1882): an estimate of maximum daily feed intake of *C. gariepinus* larvae. **Aquaculture And Fisheries Management**. v. 24, p. 473-482, 1991.

HECHT, T.; UYS, W. Effect of density on the feeding and aggressive behaviour in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus*. **South African Journal of Science**. v. 93, p. 537-541, 1997.

HECHT, T.; PIENAAR, A .G. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 24, p. 246-261, 1993.

JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994, 309p.

KHAN, M. S. Effect of population density on the growth, feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Curvier & Valenciennes). **Aquaculture Fisheries Management**. v. 25, p. 753-760, 1994.

LOPES, J. M.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. **Aquaculture International**. v. 9, p. 73-80, 2001.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus lacépède*, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 2, p. 560-565, 2002.

MAIRS, D. F. A total alkalinity atlas for marine lake waters. **Limnology. Oceanography.** v. 11, p. 86-72, 1996.

MITTON, C. J.; MCDONALD, D. G. Consequences of pulsed DC electrofishing and air exposure to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** v. 51, p. 1791-1798, 1994.

MUHAMMAD, A. L., BROWN, J. H.; WICKINS, J. F. Effects of environmental alkalinity on calcium-stimulated dephosphorylating enzyme activity in the gills of postmoult and intermoult giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology.** v. 107, n. 4, p. 597-601, 1994.

PIAIA, R.; BALDISSEROTTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824). **Ciência Rural.** v. 30, n. 3, p. 509-513, 2000.

PIAIA, R.; RADÜNZ NETO, J. Avaliação de diferentes fontes protéicas sobre o desempenho inicial de larvas de jundiá *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural.** v. 27, n. 2, p. 319-323, 1997a.

PIAIA, R.; RADÜNZ NETO, J. Efeito de níveis crescentes de levedura de álcool em ração contendo fígado bovino sobre a performance de larvas de jundiá *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural.** v. 27, n. 2, p. 313-317, 1997b.

PIAIA, R.; TOWNSEND, C. R.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* exposed to different light regimes. **Aquaculture International.** v. 7, p. 201-205, 1999.

PICKERING, A. D. Rainbow trout husbandry: Management of the stress response. **Aquaculture.** v. 100, p. 125-139, 1992.

ROJAS, N. E. T.; ROCHA, O.; AMARAL, J. A. B. O efeito da alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento da larvas de curimatá, *Prochilodus lineatus* (Characiformes, prochilodontidae), mantidas em laboratório. **Boletim do Instituto de Pesca.** v. 27, n. 2, p.155-162, 2001.

SILFVERGRIP, A. M. C. **A sistematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae)**. Stockholm, Sweden, 1996. 156p. (PhD Thesis) – Department of Zoology, Stockholm University and Department of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History, 1996.

SVERDRUP, A. et al. Effects of experimental seismic shock on vasoactivity of arteries, integrity of the vascular endothelium and on primary stress hormones of the Atlantic salmon. **Journal of Fish Biology**. v. 45, p. 973-975, 1994.

TOWNSEND, C. R.; BALDISSEROTTO, B. Survival of silver catfish fingerlings exposed to acute changes of water pH and hardness. **Aquaculture international**. v. 9, p. 413-419, 2001.

TOWNSEND, C. R.; SILVA, L. V. F. BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. **Aquaculture**. v. 215 p. 103-108, 2003.

ULIANA, O.; SILVA, J. H. S. da; RADÜNZ NETO, J. Substituição parcial ou total do óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), Pisces, Pimelodidae. **Ciência Rural**. v. 31, n. 4, p. 677-81, 2001.

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

VOLPATO, G. L.; FRIOLI, P. M. A. CARRIERI, M. P. 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**. v.13, p. 7-22, 1989.

WELSH, P. G.; LIPTON, J.; CHAPMAN, G. A. Evaluation of water-effect ratio methodology for establishing site-specific water quality criteria. **Environmental Toxicology and Chemistry**, vol. 19, n. 6, p. 1616-1623, 2000.

WIRTZ, P.; DAVENPORT, J. Increased oxygen consumption in blennies (*Blennius pholis* L.) exposed to their mirror images. **Journal of Fish Biology**. v. 9, p. 67-74, 1976.

ZAIONS, M. I.; BALDISSEROTTO, B. Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> body levels and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) exposed to acute changes of water pH. **Ciência Rural**. v. 30, n. 6, p. 1041-1045, 2000.