

O EFEITO DA ALCALINIDADE DA ÁGUA SOBRE A SOBREVIVÊNCIA E O CRESCIMENTO DAS LARVAS DO CURIMBATÁ, *Prochilodus lineatus* (CHARACIFORMES, PROCHILODONTIDAE), MANTIDAS EM LABORATÓRIO*

[The effect of water alkalinity on growth and survival of “curimbatá” larvae, *Prochilodus lineatus* (Characiformes Prochilodontidae) in laboratory]

Nilton Eduardo Torres ROJAS^{1,4}, Odete ROCHA², José Américo Bordini do AMARAL³

*Trabalho financiado com recursos do “Criando Peixe – curso sobre piscicultura”

¹ Pesquisador Científico – Centro de Pesquisa em Reprodução e Larvicultura - Instituto de Pesca – SAA

² Professora Doutora – Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva - Universidade Federal de São Carlos

³ Doutorando – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo – Câmpus de São Carlos

⁴ Endereço/Address: Av. Francisco Matarazzo, 455 - CEP 05001-900 - Água Branca - São Paulo - SP - Brasil niltonrojas@uol.com.br

RESUMO

Neste trabalho procurou-se verificar a influência de diferentes níveis de alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento de larvas de *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836. O experimento de laboratório consistiu em três tratamentos, cujos valores médios de alcalinidade foram: **A** – 15,76 mg CaCO₃/L, **B** – 32,37 mg CaCO₃/L e **C** – 55,28 mg CaCO₃/L. Foram monitorados os valores de temperatura máxima e mínima do ar e da água, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, pH e condutividade. O experimento, conduzido durante 42 dias, teve três tratamentos com dezoito repetições cada um. Foram determinadas as curvas de crescimento em comprimento total e em peso seco, as relações peso seco-comprimento total, o fator de condição relativo e a sobrevivência das larvas para cada tratamento. Os resultados obtidos para o crescimento em comprimento total e em peso seco evidenciam diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o tratamento B aquele em que o melhor desempenho foi observado, e os tratamentos A e C foram semelhantes. A sobrevivência das larvas submetidas aos três tratamentos foi semelhante. A manutenção de larvas de curimbatá sob valores médios de alcalinidade de 32,37±3,73 mg CaCO₃/L e de cálcio de 15,73±1,23 mg Ca⁺²/L (tratamento B) é recomendada, por proporcionarem melhor desempenho em crescimento, expresso em comprimento total e em peso seco.

Palavras-chave: larvicultura, alcalinidade, crescimento de peixe, *Prochilodus lineatus*

ABSTRACT

In this work it was tried to verify the influence of different water alkalinity levels on the *Prochilodus lineatus* larvae survival and growth. The laboratory experiment consisted of three treatments whose medium values of alkalinity were: **A** – 15.76 mg CaCO₃/L, **B** – 32.37 mg CaCO₃/L and **C** – 55.28 mg CaCO₃/L. The maximum and minimum values of temperature, alkalinity, hardness, calcium, magnesium, pH and conductivity were monitored. The experiment was carried out in the laboratory during 42 days, and was divided into 3 treatments, each one with 18 repetitions. The growth curves in total length and dry weight, the dry weight-total length relationship, the relative condition factor and the larvae survival rate for each treatment were determined. The growth in total length and dry weight showed significant differences between treatments, being the treatment B, that which permitted the best performance, whereas treatments A and C were similar. The values of survival for the larvae from the three treatments were similar. Curimbata larvae maintenance in medium values of alkalinity of 32.37±3.73 mg CaCO₃/L, and calcium of 15.73±1.23 mg Ca⁺²/L (treatment B) are therefore recommended, for it provides better growth performance, expressed by total length and dry weight.

Key words: larviculture, alkalinity, fish growth, *Prochilodus lineatus*

Introdução

O cálcio tem importante papel na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, por fazer parte de importantes processos químicos e fisiológicos

(ESTEVES, 1988). A calagem, cujo principal efeito é neutralizar a acidez da água, também promove reorganização biológica e influencia os fatores físicos e químicos dos corpos d'água, resultando,

freqüentemente, em respostas favoráveis da biota em curto período de tempo.

Principalmente por razões comerciais, os efeitos da acidificação e calagem sobre os peixes têm recebido mais atenção que a manipulação de outros fatores abióticos, devido ao fato de este procedimento incrementar a sobrevivência de espécies sensíveis à acidez (WEATHERLEY, 1988), interferir na troca iônica que ocorre nas brânquias (FLIK *et al.*, 1996), combater enfermidades de peixes (SINGHAL; JEET; DAVIES, 1986) e atuar no transporte celular ativo durante a fase embrionária e após a eclosão dos ovos (HWANG; TSAI; TUNG, 1994).

Diversas investigações têm reportado o incremento da sobrevivência, após a calagem, de espécies como *Tilapia aurea* (ARCE e BOYD, 1975), *Salmo trutta* (BROWN e LYNAM, 1981), *S. gairdneri* (KRETZER e COLQUHOUN, 1984), *Salmo salar* (WHITE; WATT; SCOTT, 1984) e *Perca fluviatilis* (ERIKSSON e TENGELIN, 1987). Em lagos, cujos estoques de peixes decresceram muito devido à pesca, a calagem pode restaurá-los rapidamente com o efeito positivo do aumento da alcalinidade sobre o crescimento e a reprodução (ERIKSSON *et al.*, 1983; HASSELROT e HULTEBERG, 1984). Isto tem sido atribuído principalmente ao aumento da sobrevivência dos primeiros estágios, especialmente larvas, as quais são mais sensíveis a fatores relativos à acidez (ERIKSSON *et al.*, 1983; GUNN e KELLER, 1984; ROSSELAND e SKOGHEIM, 1984). Contudo, BENGTTSSON; DICKSON; NYBERG (1980) registraram mortalidade de peixes e a relacionaram com a calagem, que, quando realizada com elevada concentração de metais na água, pode provocar a precipitação de hidróxidos nas brânquias e, conseqüentemente, levar os peixes à morte, devido ao estresse sobre os sistemas de osmorregulação e ventilação. Em outras situações, em que rios, cujas águas apresentam altos níveis de pH e alumínio, observou-se que a neutralização por calagem levava à recuperação dos valores normais de íons no plasma dos peixes (ROSSELAND *et al.*, 1986).

Assim, este trabalho procurou verificar se existe influência da alcalinidade da água sobre a sobrevivência e o crescimento de larvas de curimatá, *Prochilodus lineatus*.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nos laboratórios localizados na sede do Instituto de Pesca, em São Paulo - SP.

As larvas, provenientes do Núcleo de Aqüicultura de Pindamonhangaba - SP, após 3 dias da eclosão

dos ovos, permaneceram em aquário por um período de 10 dias, onde receberam tratamento preventivo contra enfermidades, com o medicamento "Clout", utilizado com mais freqüência na criação de peixes ornamentais.

Para o experimento foram utilizados 54 aquários de vidro (23 x 40 x 25 cm), com capacidade de 23 litros, contendo 20 litros de água e com aeração constante. A água utilizada foi proveniente do sistema de abastecimento público (SABESP), declorada e mantida em repouso antes do uso. A cada 5 dias 1/3 da água dos aquários foi renovada. Os aquários foram mantidos em laboratório climatizado, com fotoperíodo de 14 horas, intensidade luminosa de 500 lux e temperatura média do ar de 28±1°C.

Os valores médios empregados nos tratamentos foram: A - alcalinidade natural de 15,76 mg CaCO₃/L, B - alcalinidade corrigida para 32,37 mg CaCO₃/L e C - alcalinidade corrigida para 55,28 mg CaCO₃/L. A alcalinidade do tratamento A representa aquela que ocorre em viveiros de larvicultura da região de Pindamonhangaba, e que recebem apenas uma calagem inicial do solo. Para correção da alcalinidade da água foi utilizado carbonato de cálcio (CaCO₃). A água utilizada nos experimentos foi preparada com 5 dias de antecedência, para que a alcalinidade se estabilizasse. Este período foi definido após testes preliminares.

Diariamente foram registrados a temperatura máxima e mínima do ar e da água e a ocorrência de larvas mortas e, semanalmente, os valores de alcalinidade, dureza total, cálcio, magnésio, pH e condutividade da água dos aquários (APHA, 1975).

No início do experimento um lote de 25 larvas, com 13 dias de idade, foi retirado para realização da biometria inicial, válida para todos os tratamentos devido a homogeneidade de seu tamanho.

A densidade foi mantida em 1,25 larvas/L, ou seja, 25 larvas por aquário, durante os 42 dias de realização do experimento. Semanalmente foi finalizada uma repetição (3 aquários) de cada tratamento, para coleta dos dados biométricos dos indivíduos (A_{1,1}; A_{1,2}; A_{1,3}; B_{1,1}; B_{1,2}; B_{1,3}; C_{1,1}; C_{1,2} e C_{1,3}), e assim sucessivamente até o final do experimento.

Nos aquários em que ocorreu mortalidade de larvas foi realizada reposição para manutenção da densidade de estocagem estipulada, utilizando-se larvas mantidas paralelamente e em condições idênticas, para este fim. A reposição era realizada, semanalmente, após a biometria, nos aquários remanescentes. Foram utilizados, como alimento, náuplios recém-eclodidos de *Artemia* sp., oferecidos,

ad libitum, três vezes ao dia.

Após a finalização do experimento as larvas foram medidas em estereomicroscópio e determinado o peso úmido e o peso seco, após secagem em estufa por 48 horas, em balança analítica.

Cada tratamento teve dezoito repetições, cada uma com 25 indivíduos. Portanto, no experimento utilizaram-se 1350 larvas, ou 450 em cada tratamento. Para verificação do efeito do fator alcalinidade da água no crescimento em comprimento total, em peso seco e no fator de condição relativo das larvas, foram aplicados o Teste de Kruskal-Wallis e, posteriormente, nos casos em que houve diferença significativa entre os tratamentos, o teste não-paramétrico de Dunn. Os resultados de sobrevivência foram submetidos à Análise de Variância. Os procedimentos estatísticos foram realizados de acordo com ZAR (1999), adotando-se níveis de significância de 5%.

Resultados

O tamanho inicial das larvas de *P. lineatus* utilizadas no experimento foi de, em média, 6,57±0,30 mm de comprimento total; 1,43±0,35 mg de peso úmido e 0,17±0,04 mg de peso seco (n = 25).

Os valores médios de temperatura máxima do ar (29,0±0,9°C), mínima do ar (26,0±1,3°C), máxima da água (27,8±0,9°C) e mínima da água (26,3±0,8°C), demonstram que a climatização do laboratório permitiu a estabilidade desta variável.

Os valores médios de alcalinidade da água obtidos durante o experimento foram; 15,76±1,66; 32,37±3,73 e 55,28±1,97 mg de CaCO₃/L, respectivamente para

os tratamentos A, B e C, e os demais valores médios dos parâmetros analisados permitem observar a amplitude de variação, a que as larvas foram expostas (Tabela 1).

As figuras 1 e 2 apresentam as curvas ajustadas com os resultados de crescimento em comprimento total e em peso seco, respectivamente, das larvas de *Prochilodus lineatus*, obtidos nas dezoito réplicas juntas e aqueles da biometria inicial, para cada um dos três tratamentos empregados.

As equações das curvas exponenciais apresentadas na Figura 1 são:

$$\text{Tratamento A: } Lt = 0,5007e^{0,2301.T} \quad r^2 = 0,9700$$

$$\text{Tratamento B: } Lt = 0,5074e^{0,2567.T} \quad r^2 = 0,9660$$

$$\text{Tratamento C: } Lt = 0,4961e^{0,2430.T} \quad r^2 = 0,9670$$

As equações das curvas exponenciais apresentadas na Figura 2 são:

$$\text{Tratamento A: } Wt = 0,0652e^{0,8433.T} \quad r^2 = 0,8891$$

$$\text{Tratamento B: } Wt = 0,0575e^{0,9423.T} \quad r^2 = 0,9115$$

$$\text{Tratamento C: } Wt = 0,0671e^{0,8636.T} \quad r^2 = 0,8816$$

Para os resultados de crescimento em comprimento total e em peso seco foi aplicado, inicialmente, o teste de Kruskal-Wallis, que verificou que as diferenças entre os tratamentos são extremamente significantes (p<0,0001). O resultado da aplicação do teste de Dunn indicou, tanto em comprimento total quanto em peso seco, que o tratamento B diferiu dos demais e representou o melhor crescimento. Os tratamentos A e C foram significativamente semelhantes.

A figura 3 apresenta as curvas potenciais da relação peso seco-comprimento total para os três tratamentos. As equações potenciais para estas

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão (S) de alcalinidade (mg CaCO₃/L), dureza total (mg CaCO₃/L), cálcio (mg Ca⁺²/L), magnésio (mg Mg⁺²/L), pH e condutividade (mS/cm) da água utilizada, e do comprimento total (mm), peso seco e úmido (mg), ao final do experimento com larvas de curimbatá

Variável analisada	Tratamento		
	A	B	C
	Média (± S)	Média (± S)	Média (± S)
Alcalinidade	15,76±1,66	32,37±3,73	55,28±1,97
Dureza total	25,91±2,70	45,52±3,48	67,06±3,79
Cálcio	7,86±0,92	15,73±1,23	24,09±1,51
Magnésio	4,39±0,43	7,24±0,55	10,44±0,55
pH	7,53±0,15	7,88±0,11	8,09±0,07
Condutividade	76,85±4,79	111,42±5,07	153,28±7,96
Comprimento total	13,00±6,20	14,80±8,30	13,70±7,00
Peso seco	6,90±10,00	10,70±15,00	7,60±10,00
Peso úmido	61,80±75,00	114,3±152,20	73,00±84,30

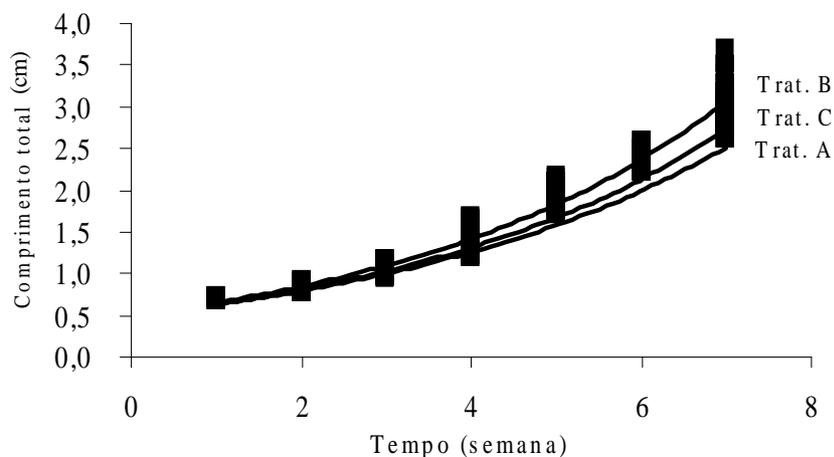


Figura 1. Crescimento em comprimento total de larvas de curimatá, *P. lineatus*, mantidas sob diferentes níveis de alcalinidade da água (Tratamento A = $15,76 \pm 1,66$ mg CaCO_3/L ; Tratamento B = $32,37 \pm 3,73$ mg CaCO_3/L e Tratamento C = $55,28 \pm 1,97$ mg CaCO_3/L). Os pontos amostrais inseridos na figura representam apenas o tratamento B, de melhor desempenho

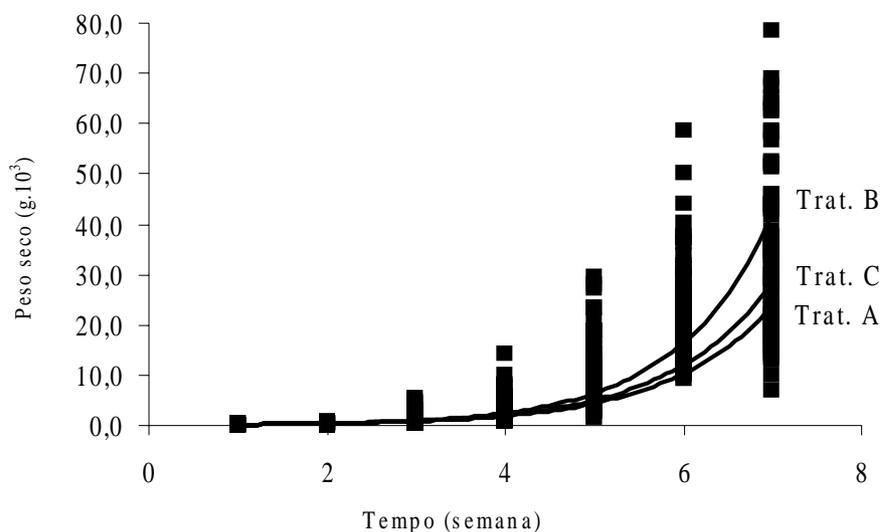


Figura 2. Crescimento em peso seco de larvas de curimatá, *P. lineatus*, mantidas sob diferentes níveis de alcalinidade da água (Tratamento A = $15,76 \pm 1,66$ mg CaCO_3/L ; Tratamento B = $32,37 \pm 3,73$ mg CaCO_3/L e Tratamento C = $55,28 \pm 1,97$ mg CaCO_3/L). Os pontos amostrais inseridos na figura representam apenas o tratamento B, de melhor desempenho.

relações foram: A - $Wt = 1,3099Lt^{3,3657}$ ($r^2 = 0,9955$); B - $Wt = 1,2682Lt^{3,2997}$ ($r^2 = 0,9900$) e C - $1,2555 Lt^{3,3586}$ ($r^2 = 0,9872$). As regressões lineares entre os logaritmos do peso seco e do comprimento total, para os três tratamentos, resultaram nas equações $\text{Ln}(Wt) = 3,3657\text{Ln}(Lt) + 0,1172$ com $r^2 = 0,9955$, para o tratamento A; $\text{Ln}(Wt) = 3,2997\text{Ln}(Lt) + 0,1032$ com $r^2 = 0,9900$, para o tratamento B e $\text{Ln}(Wt) = 3,3586\text{Ln}(Lt) + 0,0988$ com $r^2 = 0,9872$, para o tratamento C.

Os valores obtidos para o fator de condição relativo (Tratamento A = 1,037, B = 1,000 e C = 0,9971), foram avaliados inicialmente pelo teste de

Kruskal-Wallis, que indicou haver diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,0001$). A posterior aplicação do teste não-paramétrico de Dunn, indicou que o valor do fator de condição relativo do tratamento A, é o maior e significativamente diferente dos demais. Os tratamentos B e C foram semelhantes.

Observa-se na tabela 2 que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, com relação à sobrevivência com reposição de larvas. A sobrevivência sem reposição de larvas na última semana do experimento foi elevada, com valores entre 70 e 80%.

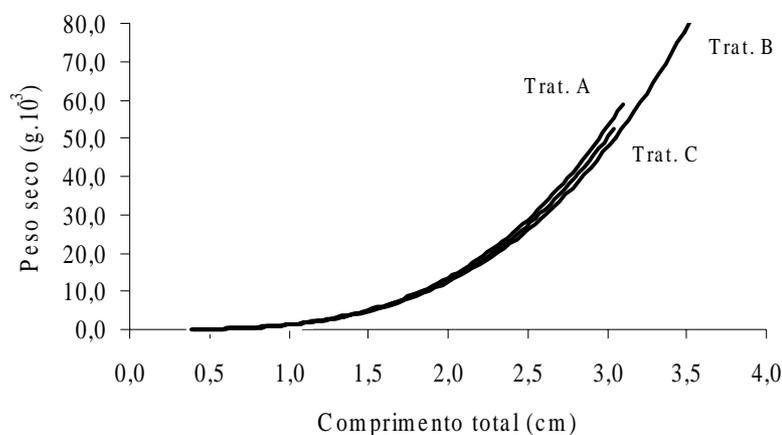


Figura 3. Relação peso seco-comprimento total de larvas de curimbatá, *P. lineatus*, mantidas sob diferentes níveis de alcalinidade da água (Tratamento A = 15,76±1,66 mg CaCO₃/L; Tratamento B = 32,37±3,73 mg CaCO₃/L e Tratamento C = 55,28±1,97 mg CaCO₃/L)

Tabela 2. Valores médios (n = 3 aquários por tratamento/semana) de sobrevivência sem reposição de larvas (calculada levando-se em consideração a mortalidade e sem as larvas repostas); número de larvas repostas por aquário; número final de larvas por aquário (quando do encerramento dos mesmos para biometria) e sobrevivência com reposição de larvas (número de sobreviventes, inclusive com as larvas de reposição), para o experimento com larvas de *P. lineatus* mantidas sob diferentes níveis de alcalinidade da água

Período de manutenção (dias)	Tratamento	Sobrevivência sem reposição (%)	Número de larvas repostas por aquário	Número final de larvas por aquário	Sobrevivência com reposição (% ± D.P.)	F* (calculado)
7	A ₁	86,7	0	21,7	86,7±0,6	4,67
	B ₁	81,3	0	20,3	81,3±0,6	
	C ₁	78,7	0	19,7	78,7±1,2	
14	A ₂	90,7	2,0	24,7	98,7±0,6	1,50
	B ₂	92,0	2,0	25,0	100,0±0	
	C ₂	90,7	1,7	24,3	97,3±0,6	
21	A ₃	92,0	2,0	25,0	100,0±0	1,50
	B ₃	88,0	2,3	24,3	97,3±0,6	
	C ₃	80,0	3,0	23,0	92,0±1,7	
28	A ₄	85,3	3,3	24,7	98,7±0,6	4,67
	B ₄	82,7	2,7	23,3	93,3±0,6	
	C ₄	78,7	3,0	22,7	90,7±1,2	
35	A ₅	82,7	4,0	24,7	98,7±0,6	0,17
	B ₅	85,3	3,3	24,7	98,7±0,6	
	C ₅	77,3	5,0	24,3	97,3±1,2	
42	A ₆	82,7	3,3	24,0	96,0±1,0	0,10
	B ₆	77,3	4,7	24,0	96,0±1,0	
	C ₆	72,0	5,7	23,7	94,7±1,2	

*F corresponde à aplicação do teste de Fisher, para comparar os valores de sobrevivência com reposição de larvas, entre os três tratamentos, em cada período de manutenção (F_{tabelado} = 9,55 foi sempre maior que o observado; p > 0,05). O mesmo teste não foi aplicado para os valores de sobrevivência sem reposição, que não representam o número real de larvas

Discussão

Os valores médios de temperatura máxima do ar ($29,0 \pm 0,9^\circ\text{C}$), mínima do ar ($26,0 \pm 1,3^\circ\text{C}$), máxima da água ($27,8 \pm 0,9^\circ\text{C}$) e mínima da água ($26,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$) variaram pouco, situando-se dentro dos limites favoráveis para desenvolvimento de peixes tropicais, conforme estabelecido por HUET (1973).

O medicamento “Clout” utilizado preventivamente antes do início do experimento, foi eficiente quanto à prevenção de parasitas. A utilização deste produto foi imprescindível, uma vez que em outras três tentativas prévias o experimento foi inutilizado, devido à presença de parasitas.

Os teleósteos dulcícolas absorvem cálcio ativamente do alimento ou do ambiente, para manter constante a concentração dessa substância no plasma, independentemente dos níveis em que ela ocorra na água. HUNN (1985) acredita que, para algumas espécies de peixe, o meio externo é a principal fonte deste íon, ao invés da dieta, em razão de este ser absorvido pelas brânquias, via células cloreto, estimuladas pela prolactina. As brânquias, portanto, são a principal rota de absorção de cálcio da água doce (FLIK *et al.*, 1996). Assim, procurou-se avaliar a influência da concentração de cálcio na água sobre o crescimento de larvas de curimbatá; por isso, o único alimento fornecido foi *Artemia* sp., apesar de as larvas possuírem tamanho para consumirem ração. O alimento utilizado possui apenas 0,03% de seu peso em cálcio (TACON, 1987a), sendo a concentração recomendada deste elemento na alimentação de larvas de peixes onívoros de 2,5% (TACON, 1987b). Deve existir, portanto, para cada espécie, uma concentração ideal de cálcio na água e no alimento (ROBINSON *et al.*, 1984; O’CONNELL e GATLIN III, 1994), para manutenção de melhores condições ambientais e fisiológicas.

Dentre as concentrações utilizadas no presente trabalho, a de $32,37 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ resultou em uma taxa de crescimento bem mais elevada que aquelas obtidas com as demais concentrações. Os resultados evidenciam, portanto, que o ótimo para o crescimento de larvas de *P. lineatus*, em relação à alcalinidade, é ao redor de $30 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$. Contudo o crescimento pode ser até um pouco melhor em concentrações intermediárias, entre 30 e $55 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, as quais não foram testadas, mas poderão ainda ser investigadas futuramente.

CESTAROLLI; PORTELLA; ROJAS (1997) obtiveram larvas de curimbatá com peso variando de $4,47$ a $7,01 \text{ mg}$ e comprimento de $8,49$ a $9,75 \text{ mm}$, quando alimentadas

com rotífero cultivado, e de $10,65$ a $16,08 \text{ mg}$ e $10,38$ a $11,34 \text{ mm}$, quando alimentadas com plâncton natural, para períodos de larvicultura de 21 dias. Os resultados apresentados neste trabalho, para o mesmo período de cultivo, referentes ao crescimento em comprimento são superiores àqueles obtidos por estes autores, quando utilizaram rotífero como alimento, e semelhantes àqueles obtidos com a utilização do plâncton natural. Considerando-se que o alimento planctônico natural oferece requerimentos nutricionais mais adequados, quando comparado apenas com *Artemia* sp., pode-se acreditar que a manutenção das larvas de curimbatá em águas com níveis ótimos de alcalinidade, proporcione um melhor desempenho fisiológico e compense, parcialmente, uma alimentação menos adequada. Isto devido ao fato de as larvas mantidas sob alcalinidade de $32,37 \pm 3,73 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, terem apresentado melhor crescimento que às dos outros tratamentos, embora tivessem recebido o mesmo manejo alimentar.

O tratamento com alcalinidade de $15,76 \pm 1,66 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ (tratamento A) deve ter resultado ainda em uma melhor condição fisiológica, pois os pesos foram mais elevados para larvas de mesmo tamanho, como evidenciado pelas relações peso-comprimento. Estas relações são uma importante ferramenta para análise das condições fisiológicas e do estado nutricional de organismos aquáticos (BOTRELL *et al.*, 1976). Apesar de o fator de condição relativo do tratamento A ter apresentado melhor desempenho, convém salientar que devido ao fato do curimbatá ser uma espécie generalista, por produzir grande quantidade de larvas por período reprodutivo e não apresentar cuidado parental, as larvas empregadas no experimento estavam menos desenvolvidas e em patamares metabólicos distintos, quando comparadas com outras espécies, como a tilápia-do-nilo.

Devido à densidade larval influir diretamente no crescimento, procurou-se, com a reposição de larvas, evitar que eventuais diferenças no número de larvas entre os aquários mascarassem a influência da alcalinidade sobre o seu desenvolvimento. Os resultados indicam que não ocorreu diferença significativa entre os valores de sobrevivência com reposição de larvas, nos diferentes tratamentos e em todos os períodos de manutenção.

GRIZZLE e MAULDIN II (1995) observaram a influência de diferentes concentrações de cálcio e sódio na sobrevivência de larvas e jovens do bagre *Morone saxatilis* e verificaram que o cálcio em concentrações elevadas ($96,9 \text{ mg Ca}^{+2}/\text{L}$) promove sobrevivência ao redor de 100%, mesmo quando os

peixes são submetidos a altas concentrações de sódio (1,78 mg Na⁺/L). CESTAROLLI; PORTELLA; ROJAS (1997), sem levarem em consideração os valores de alcalinidade da água, obtiveram valores de sobrevivência entre 60 e 70%, para larvas de *P. lineatus* alimentadas com rotífero cultivado, e entre 40 e 50%, quando alimentadas com plâncton natural, para um período de larvicultura de 21 dias. Já os resultados de sobrevivência sem reposição de larvas obtidos neste trabalho estão entre 70 e 80%, para um período de larvicultura de 45 dias. FURUYA *et al.*, (1999) obtiveram para larvas de *P. lineatus* valores de sobrevivência entre 94 e 99%, porém trabalhando com larvas com peso inicial maior (44,98 mg), do que aquele utilizado neste trabalho.

Devido aos bons resultados de sobrevivência obtidos neste trabalho, pode-se considerar que a amplitude de variação das variáveis alcalinidade, dureza total, cálcio, magnésio, pH e condutividade seja recomendada para manutenção de larvas de *P. lineatus*, apesar de os resultados de alcalinidade, do tratamento A, e os de cálcio, dos tratamentos A e C, estarem fora dos padrões recomendados por BOYD (1990). Este autor recomenda valores entre 25 a 100 mg CaCO₃/L para alcalinidade e de 12 a 15 mg Ca⁺²/L para a concentração de cálcio.

Conclusões

Larvas de *P. lineatus* devem ser mantidas sob alcalinidade de 32,37±3,73 mg CaCO₃/L e de cálcio de 15,73±1,23 mg Ca⁺²/L, que proporcionam melhor crescimento.

As relações peso-comprimento diferem significativamente em inclinação, para larvas mantidas em laboratório sob diferentes valores de alcalinidade, podendo, portanto, ser utilizadas como ferramenta para avaliação do estado fisiológico de larvas de *P. lineatus*.

A combinação de fatores, como alcalinidade, dureza total, cálcio, magnésio, pH e condutividade, pode ser recomendada para larvicultura de *P. lineatus*, por permitir bons resultados de sobrevivência.

A taxa de sobrevivência obtida para larvas de *P. lineatus* não foi influenciada pelos valores de alcalinidade empregados.

Agradecimentos

À pesquisadora Cleide Schmidt Romeiro Mainardes Pinto, pelo fornecimento das larvas de curimatá. Aos pesquisadores Agar Costa Alexandrino e Maurício Keniti Nagata, pelas sugestões para definição dos tratamentos

preventivos contra parasitos em peixes. Aos técnicos de apoio à pesquisa científica e tecnológica, Luiz Augusto de Mattos e José Plaza, pela colaboração nos procedimentos de laboratório.

Referências Bibliográficas

- ARCE, R.G. e BOYD, C.E. 1975 Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity and fish production in soft-water ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 104(1): 308-312.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION) 1975 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. New York. 1193p.
- BENGTSON, B.; DICKSON, W.; NYBERG, P. 1980 Liming acid lakes in Sweden. *Ambio*, 9(1): 34-36.
- BOTTRELL, H. H.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z. M.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWISKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA, T. 1976 A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, 24:419-456.
- BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama. Ed. Birmingham Publishing Co. 482 p.
- BROWN, D. J.A. e LYNAM, S. 1981 The effect of sodium and calcium concentrations on the hatching of eggs and the survival of the yolk sac fry of brown trout, *Salmo trutta* L. at low pH. *J. Fish Biol.*, 19: 205-211.
- CESTAROLLI, M. A.; PORTELLA, M. C.; ROJAS, N.E.T. 1997 Efeito do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). *B. Inst. Pesca*, 24 (único): 119 – 129.
- ESTEVEZ, F. A. 1988 *Fundamentos de Limnologia*. São Paulo. Ed. Interciência/Finep. 575 p.
- ERIKSSON, F.; HÖRNSTRÖM, E.; MOSSBERG, P.; NYBERG, P. 1983 Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologia*, 101: 145-164.
- ERIKSSON, M.O.G. e TENGELIN, B. 1987 Short-term effects of liming on perch *Perca fluviatilis* populations in acidified lakes in South-West Sweden. *Hidrobiologia*, 146: 187-191.
- FLIK, G.; KLAREN, P. H. M.; SCHOENMAKERS, T. J. M.; BIJVELDS, M. J. C.; VERBOST, P. M.; BONGA, S. E. W. 1996 Cellular calcium transport in fish: Unique and universal mechanisms. *Physiol. Zool.*, 69 (2): 403-417.

- FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M.; SOARES, C. M.; GALDIOLI, E. M. 1999 Influência de plâncton, dieta artificial e sua combinação, sobre o crescimento e sobrevivência de larvas de curimbatá (*Prochilodus lineatus*). *Acta Scientiarum*, 21(3): 699-703.
- GRIZZLE, J. M. e MAUDLIN II 1995 Age-related changes in survival of larval and juvenile striped bass in different concentrations of calcium and sodium. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 123: 1002-1005.
- GUNN, J. M. e KELLER, W. 1984 *In situ* manipulation of water chemistry using crushed limestone and observed effects on fish. *Fisheries*, 9 (1): 19-24.
- HASSELROT, B. e HULTBERG, H. 1984 Liming of acidified swedish lakes and steams and its consequences for aquatic ecosystems. *Fisheries*, 9 (1): 4-9.
- HUET, M. 1973 *Tratado de Piscicultura*. Madrid, Espanha. Ed. Mundi-Prensa. 728 p.
- HUNN, J. B. 1985 Role of calcium in gill function in freshwater fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 82a (3): 543-547.
- HWANG, P-P.; TSAI, Y-N.; TUNG, Y-C. 1994 Calcium balance in embryos and larvae of the freshwater adapted teleost, *Oreochromis mossambicus*. *Fish Physiol. Biochem.*, 13(4): 325-333.
- KRETSEY, W. A. e COLQUHOUN, J. R. 1984 Treatment of New York's adirondack lakes by liming. *Fisheries*, 9 (1): 36-41.
- O'CONNELL, J. P. e GATLIN III, D. M. 1994 Effects of dietary calcium and vitamin D₃ on weight gain and mineral composition of the blue tilapia (*Oreochromis aureus*) in low-calcium water. *Aquaculture*, 125: 107-117.
- ROBINSON, E. H.; RAWLES, S. D.; YETTE, H. E.; GREENE, L. W. 1984 An estimative of the dietary calcium requirement of fingerling *Tilapia aurea* reared in calcium-free water. *Aquaculture*, 41: 389-393.
- ROSSELAND, B. O. e SKOGHEIM, O. K. 1984 Attempts to reduce effects of acidification on fishes in Norway by different mitigation techniques. *Fisheries*, 9 (1): 10-16.
- _____; _____ ABRAHAMSEN, H.; MATZOW, D. 1986 Limestone slurry reduces physiological stress and increases survival of atlantic Salmon (*Salmo salar*) in an acid Norwegian river. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1888-1893.
- SINGHAL, R.N.; JEET, S.; DAVIES, R. W. 1986 Chemotherapy of six ectoparasitic diseases of cultured fish. *Aquaculture*, 54: 165-171.
- TACON, A.G. J. 1987 a *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual. 2. Nutrient sources and composition*. Brasília, Brasil. 129p.
- _____. 1987 b *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – A training manual. 1. The essential nutrients*. Brasília, Brasil. 117p.
- WEATHERLEY, N. S. 1988 Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: A review of the biological consequences. *Water, Air and Soil Pollut.*, 39: 421-437.
- WHITE, W. J.; WATT, W. D.; SCOTT, C. D. 1984 An experiment on the feasibility of rehabilitating acidified atlantic salmon habitat in Nova Scotia by the addition of lime. *Fisheries*, 9 (1): 25-30.
- ZAR, J. H. 1999 *Bioestatistical analysis*. New Jersey. Prentice Hall. 663p.