

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**FRANCISCO JACKES RODRIGUES DA SILVA**

**CULTIVO EXPERIMENTAL DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, NA FASE DE  
RECRIA, MANTIDOS EM ÁGUA COM ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE  
AMÔNIA IONIZADA ( $\text{NH}_4^+$ )**

**FORTALEZA**

**2011**

**FRANCISCO JACKES RODRIGUES DA SILVA**

**CULTIVO EXPERIMENTAL DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, NA FASE DE RECREIA, MANTIDOS EM ÁGUA COM ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIA IONIZADA (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Trabalho Supervisionado –  
Modalidade A – Monografia –  
submetido a Coordenação do  
Curso de Graduação em  
Engenharia de Pesca da  
Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial para a  
obtenção do título de  
Engenheiro de Pesca.

Área de concentração:  
Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo  
Vinícius do Carmo e Sá.

**FORTALEZA  
2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S58c Silva, Francisco Jackes Rodrigues da.  
Cultivo experimental de juvenis de tilápia do Nilo, na fase de recria mantidos em água com elevada concentrações de amônia ionizada (NH +) / Francisco Jackes Rodrigues da Silva. – 2011.  
35 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.  
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Aquicultura. 2. Qualidade de água. 3. pH. 4. Nitrogênio amoniacal. I. Título.

CDD 639.2

---

**FRANCISCO JACKES RODRIGUES DA SILVA**

**CULTIVO EXPERIMENTAL DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, NA FASE DE RECREIA, MANTIDOS EM ÁGUA COM ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIA IONIZADA (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Pesca. Área de concentração: Aquicultura

Aprovada em \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. MARCELO VINÍCIUS DO CARMO E SÁ (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. MOISÉS ALMEIDA DE OLIVEIRA (Membro)

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. RAFAHEL MARQUES MACEDO FONTENELE (Membro)

Universidade Federal do Ceará – UFC

*A minha família, namorada e amigos*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me mostrado o caminho certo.

Aos meus pais e minha irmã, por estarem ao meu lado durante toda essa fase de graduação me apoiando nos momentos difíceis e comemorando nas vitórias.

A minha namorada Wankelly, por sido uma grande companheira e ter me amado e incentivado a chegar aonde cheguei.

Ao meu filho Lucas, pelo carinho e amor que me deu, não me deixando cair por vencido.

Ao meu orientador e professor Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, pela orientação e conhecimento compartilhado a mim durante todo o período que trabalhei juntos no LCTA.

Aos meus amigos Victor Vasconcelos, Victor Souza, Hallisson Nascimento, Diego Fontenelle e Anderson Mesquita, pela verdadeira amizade prestada durante esses mais de 13 anos de convivência, me incentivando a ser um grande campeão.

Aos meus companheiros e companheiras de Laboratório; Fábio, Rafael, Nayara, Vanessa, Julyana, Frederico de Oliveira, Paloma, Lilian, Mikaely, Davi, Jackeline, Jéssica e Nayagra que ajudaram na concretização deste trabalho.

Aos meus coautores Roberto e Diego, que se esforçaram muito para alcançar os objetivos do experimento.

Aos demais professores ao longo da minha graduação.

Ao DNOCS, por ter fornecido os peixes para a realização deste trabalho.

A todos os colegas que não citei nominalmente, mas que, compartilharam essa experiência única vivida dentro da Universidade Federal do Ceará, me apoiando no amadurecimento pessoal e profissional.

**“Quem acredita sempre alcança.”**

**(Renato Russo)**

## RESUMO

Nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Dentre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, o  $\text{NH}_3$  é considerado tóxico aos peixes, enquanto o  $\text{NH}_4^+$  é tido como atóxico ou apresenta baixa toxicidade. O ensaio foi realizado com o objetivo de determinar se houve prejuízo zootécnico para juvenis de tilápia do Nilo, na fase de recria, mantidos em água de cultivo com elevadas concentrações de amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ). Foram utilizados juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados em 30 tanques de polietileno com volume útil de 100 L, na densidade de 3 juvenis /tanque. O experimento foi composto por 6 grupos controles, sendo dois com três repetições cada, e os demais, com quatro repetições cada, e 2 grupos experimentais em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os peixes foram estocados em tanques com baixa, média e alta concentração de amônia na água e níveis de pH (6 e 9) e dois grupos controle sem controle de pH. O pH da água de cultivo do presente trabalho se manteve dentro da faixa de pH considerada adequada para espécie (6,0 – 9,0). Com a elevação no NAT, houve uma redução no peso final, TCE e produtividade, tanto nos tanques com pH 6 como nos que tinham pH 9. Concluiu-se que, embora haja maior preocupação com a toxicidade da amônia no período da tarde, pela maior proporção da forma  $\text{NH}_3$ , esse é o período do dia mais favorável para remoção de amônia da água por aeração mecânica e que existem interações sinérgicas e antagonistas entre as variáveis de qualidade de água que podem agravar ou abrandar os efeitos nocivos da amônia. Além dos efeitos diretos da amônia sobre a fisiologia dos peixes, deve-se considerar ainda os efeitos indiretos da mesma, tais como a acidificação da água, formação de cloraminas tóxicas, aumento na concentração de nitrito e elevação na condutividade elétrica da água. Esses fatores combinados podem causar retardo no crescimento e má conversão alimentar dos animais.

Palavras-Chave: Aquicultura, Qualidade de Água, pH, Nitrogênio amoniacal.

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola - LCTA	15
FIGURA 2	Área coberta do Laboratório de Ciência e Tecnologia	16
FIGURA 3	Delineamento dos tanques	18
FIGURA 4	Alcalinidade total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )	20
FIGURA 5	Alcalinidade total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )	21
FIGURA 6	Dureza total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	22
FIGURA 7	Dureza total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Em cada nível de NAT (baixo, médio ou alto), as diferenças existentes entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ).	22
FIGURA 8	Concentração de nitrito na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	23

FIGURA 9	Concentração de nitrito na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	24
FIGURA 10	Concentração de CO <sub>2</sub> livre da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para cada valor de pH (6 ou 9), as diferenças existentes entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ).	25
FIGURA 11	Concentração de CO <sub>2</sub> livre na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	25
FIGURA 12	Condutividade elétrica água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); ausência de letras indica que não há diferença significativa entre as médias ( $P > 0,05$ ).	26
FIGURA 13	Condutividade elétrica da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	27
FIGURA 14	Concentração de fósforo reativo na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).	27

FIGURA 15 Concentração de fósforo reativo da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 – 1,16; 0,47 – 2,92 ou 0,61 – 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## LISTA DE TABELAS

	Pág.	
TABELA 1	pH da água e concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) dos tanques experimentais (média $\pm$ d.p.).	17
TABELA 2	Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i> (peso corporal inicial = $0,31 \pm 0,04$ g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média $\pm$ d.p; n = 4).	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Peixes e sistema experimental.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistema de cultivo e delineamento experimental.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Variáveis experimentais e procedimentos analíticos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Qualidade de água.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Desempenho zootécnico.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

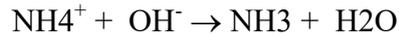
O Nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, tendo sua participação na formação de proteínas. Presente em baixas concentrações, podendo atuar como fator limitante na produção primária desses ecossistemas. Dentre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, considera-se que apenas a forma não-ionizada da amônia total ( $\text{NH}_3$ ) seja tóxica aos peixes, e que sua forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ), atóxica ou apresentaria baixa toxicidade, quando comparada com a forma não-ionizada (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Conforme consta em Esteves (1998), altas concentrações do íon amônio podem ter grandes consequências ecológicas como, por exemplo, influenciando fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido do meio, uma vez que para oxidar 1,0 miligrama do íon amônio, são necessários cerca de 4,3 miligramas de oxigênio e assim., influenciando a comunidade de peixes, pois em pH básico, o íon amônio se transforma em amônia não ionizada.

Segundo Duborow *et al.*(1997), a amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ), difunde-se facilmente através das membranas respiratórias, causando danos ao epitélio branquial e, como consequência, dificultando as trocas gasosas entre o animal e a água, desestabilizando o sistema de osmorregulação. Isso se explica pelo fato de apenas a forma  $\text{NH}_3$  ter livre passagem branquial. Desse modo, muito embora possa haver concentrações elevadas de  $\text{NH}_4^+$  no meio, essa forma química de amônia não teria acesso ao sangue do peixe por não ter trânsito branquial, mas dificultaria a excreção ativa de  $\text{NH}_4^+$  do sangue (WILKIE, 1997).

A amônia é o principal produto da excreção dos peixes, sendo responsável por 80% do total excretado por várias espécies (WESTERS, 2001). Esta molécula é derivada da digestão das proteínas e do catabolismo dos aminoácidos (BOYCE, 1999) e sua síntese é energeticamente mais eficiente que outros produtos de excreção (JOBLING, 1994).

Entretanto, considerando que o pH normal do sangue dos peixes gira em torno de 7,4, a forma química  $\text{NH}_4^+$  é aquela predominante nesse meio (PATERSON *et al.*, 2003). Quando o pH da solução aquosa (como o plasma sanguíneo) é 7,4 e sua temperatura é de 28°C (temperatura bastante comum em águas tropicais), apenas 1,73% da amônia total está na forma não-ionizada. Embora a forma predominante de amônia no sangue seja  $\text{NH}_4^+$ , à medida que o  $\text{NH}_3$  é excretado passivamente, há conversão de  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NH}_3$ , conforme descreve Boyd (1979):



Enquanto a excreção de  $\text{NH}_3$  se faz por difusão simples, a excreção de  $\text{NH}_4^+$  do sangue para a água se faz por transporte ativo, portanto, com gasto energético. As enzimas de membrana  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase e  $\text{H}^+$ -ATPase realizam a troca catiônica entre o  $\text{NH}_4^+$ , que sai do sangue para água e o  $\text{Na}^+$  do meio, que entra da água para o sangue, ocorrendo assim, uma excreção amoniacal e osmorregulação, respectivamente, com gasto de ATP (ALAM; FRANKEL, 2006).

Quando a concentração de  $\text{NH}_4^+$  no meio ultrapassa certo limite, o mecanismo de transporte ativo sofre inibição, perdendo eficiência (BOYD; TUCKER, 1998).

No presente trabalho, adotou-se o termo “íon amônio” para a forma  $\text{NH}_4^+$ , “amônia” para a forma  $\text{NH}_3$  e “NAT” para designar nitrogênio amoniacal total.

Desse modo, o ensaio teve como objetivo determinar se houve prejuízo zootécnico para juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase de recria, mantidos em água de cultivo com elevadas concentrações de amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Peixes e sistema experimental

Um milheiro de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* ( $0,31 \pm 0,04g$ ) foram obtidos junto ao Centro de Pesquisa em Aquicultura do Departamento Nacional de Obras Contra Seca – DNOCS, localizado em Pentecoste, Ceará, Brasil. Os peixes foram transportados em sacos plásticos contendo um terço de água e dois terços de oxigênio, dentro de um isopor, para o Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA, do Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil(Figura 1).



Figura1 - Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA

Ao chegar ao laboratório, os peixes foram aclimatados e transferidos para um reservatório de 1000 L, mantidos com aeração constante. O período de aclimação foi de 4 dias, sem que houvesse o manejo da água. Durante este período, os peixes foram alimentados com ração extrusada em pó (Guabi Nutrição Animal, Fortaleza Ceará), em quatro refeições diárias as 8,11,13 e 16 horas, sendo que a taxa de arraçoamento foi de 10% da biomassa inicial.

O experimento foi realizado no sistema de cultivo em águas claras do LCTA, sem exposição à radiação solar. Esse sistema foi composto por 30 tanques circulares de polietileno de 100 L, servidos por aeração constante (Figura 2). Os tanques foram mantidos com aeração constante através de pequenos compressores de ar conectados a mangueiras de silicones terminadas com pedras porosas. No início do experimento, três alevinos foram estocados nos tanques. Durante a primeira semana, os peixes mortos foram substituídos por outros com peso e comprimento aproximados e foram mantidos no sistema experimental por 8 semanas.



Figura 2 - Área coberta do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola

Não foi realizada nenhuma troca mecânica de água, havendo somente reposição desta para manter o nível do tanque quando necessário, por ação da evaporação e da retirada de amostras para análises limnológicas.

## 2.2 Sistema de cultivo e delineamento experimental

O experimento foi composto por 6 grupos controles, sendo dois com três repetições cada, e os demais, com quatro repetições cada, e 2 grupos experimentais em delineamento experimental inteiramente casualizado (Tabela 1).

Tabela 1 – pH da água e concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) dos tanques experimentais( média  $\pm$  d.p)

Projetado			Observado		
pH da água	[NAT]	Acrônimo	pH da água	[NAT] (mg/L)	
6,0	Baixa	B6	6,2 $\pm$ 0,54	1,16 $\pm$ 0,41	
9,2	Baixa	B9	8,8 $\pm$ 0,38	0,18 $\pm$ 0,18	
6,0	Média	M6	6,3 $\pm$ 0,58	2,92 $\pm$ 1,59	
9,2	Média	M9	8,8 $\pm$ 0,35	0,47 $\pm$ 0,67	
6,0	Alta	A6	6,3 $\pm$ 0,53	3,62 $\pm$ 2,38	
9,2	Alta	A9	8,8 $\pm$ 0,38	0,61 $\pm$ 0,80	
Abastecimento	Média	M7	7,9 $\pm$ 0,71	1,01 $\pm$ 1,31	
Abastecimento	Alta	A7	7,4 $\pm$ 0,84	1,56 $\pm$ 1,07	

Nos tanques com pH 6, a maior parte do nitrogênio amoniacal total esteve na forma de íon amônio( $\text{NH}_4^+$ ). Nos tanques com pH 9, a maior parte do nitrogênio amoniacal total apresentou-se como amônia não-ionizada( $\text{NH}_3$ ) ( $\text{NH}_3$ ; BOYD, 1979).

Nos tanques com pH 6, a água inicial foi lentamente acidificada com solução de ácido clorídrico 10,8N até o pH desejado, monitorando-se a redução do pH da água com o medidor de pH(Marconi PA 200). Nos tanques com pH 9, a água inicial foi lentamente alcalinizada com solução de hidróxido de sódio 1 M, monitorando-se a elevação do pH da água com o medidor de pH(Marconi PA 200). Não houve ajuste do pH na água dos tanques M7 e A7, ficando o pH da água de abastecimento.

Inicialmente, foi respeitado um intervalo de 10 minutos para cada 0,5 unidades de pH alterado, para baixo ou para cima, de modo a permitir a adaptação dos peixes ao novo pH da água. No decorrer do experimento, houve o ajuste do pH dos tanques a cada dois dias na semana com as respectivas soluções de ácido clorídrico concentrado(10,8N) e hidróxido de sódio(1M).

Nos tanques com NAT baixo, não se efetuou adição de solução de cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) à água: a amônia presente na água de cultivo foi proveniente apenas dos processos naturais de excreção e decomposição da matéria orgânica presente nos tanques.

Nos tanques com NAT intermediário, houve adição semanal de 1 L de solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,005 M/tanque, correspondendo a adição aproximada de 0,25 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ /semana.

Nos tanques com NAT elevado, houve adição semanal de 1 L de solução de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,01 M/tanque, correspondendo a adição aproximada de 0,5 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ /semana.

As biometrias dos animais foram feitas a cada 14 dias para o estabelecimento da curva de crescimento dos animais, bem como para ajustar a quantidade de ração ofertada em cada tanque. A restrição alimentar imposta aos peixes, visou produzir baixas concentrações de nitrogênio amoniacal total nos acrônimos B6 e B9 de tal forma a permitir a observação dos efeitos isolados do pH da água no desempenho dos animais(Figura 3).



Figura 3: Delineamento dos tanques experimentais

### 2.3 Variáveis experimentais e procedimentos analíticos

Variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico foram analisadas no presente trabalho. As variáveis experimentais sob análise foram as seguintes: peso corporal final, taxa de crescimento específico ( $\{\% \text{ peso corporal por dia}\} = [(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial})/n^\circ \text{ dias de cultivo}] \times 100$ ), produtividade =  $[\text{biomassa final no tanque (g)}/\text{volume do tanque (m}^3\text{)}]$ , sobrevivência( $\% = 100 \times \text{número de indivíduos final}/\text{número de indivíduos inicial}$ ) e fator de conversão aparente ( $\text{FCA} = \text{ração ofertada}/\text{ganho em peso}$ ) que são as variáveis zootécnicas. As variáveis de qualidade de água analisadas foram: pH, condutividade elétrica e temperatura(2 vezes por semana pela manhã e pela tarde), com o uso

do pHmetro de bancada (Marconi PA 200) e condutivímetro com medidor de temperatura, respectivamente. Além desses, foram analisadas, no período da manhã, a cada duas semanas, as seguintes variáveis: alcalinidade total; oxigênio dissolvido (O<sub>2</sub>D); gás carbônico livre (CO<sub>2</sub> livre); N amoniacal total; nitrito e fósforo reativo, sendo essas determinações analíticas realizadas de acordo com as recomendações da APHA (1999). Nitrogênio amoniacal total foi analisado uma vez por semana as 9 horas da manhã.

## **2.4 Análises estatísticas**

As variáveis de qualidade de água e desempenho produtivo foram analisadas através de ANOVA bifatorial e unifatorial, onde o pH da água e a concentração de NAT são os fatores principais. Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas duas a duas através do teste de Tukey. As pressuposições de distribuição normal e de homogeneidade de variância foram checadas antes das análises. Os dados de percentagem e razão foram analisados após transformação em arcosseno. O nível de significância de 5% foi adotado em todos os testes estatísticos aplicados. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares SigmaStat for Windows (Jandel Statistics) e Excel 2007 (Microsoft Corp.).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Qualidade da água

Quando o pH da água era 6, a elevação do NAT não afetou a alcalinidade da água. Mas quando o pH da água era 9, a elevação do NAT diminuiu progressivamente a alcalinidade da água (Figura 4). Em qualquer NAT (Baixo, Médio ou Alto), a alcalinidade da água dos tanques com pH 9 foi significativamente maior que dos tanques com pH 6 (Figura 5).

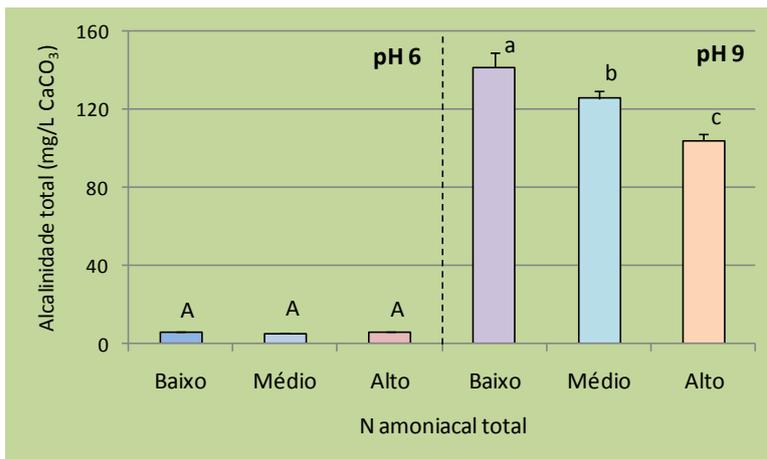


Figura 4 - Alcalinidade total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

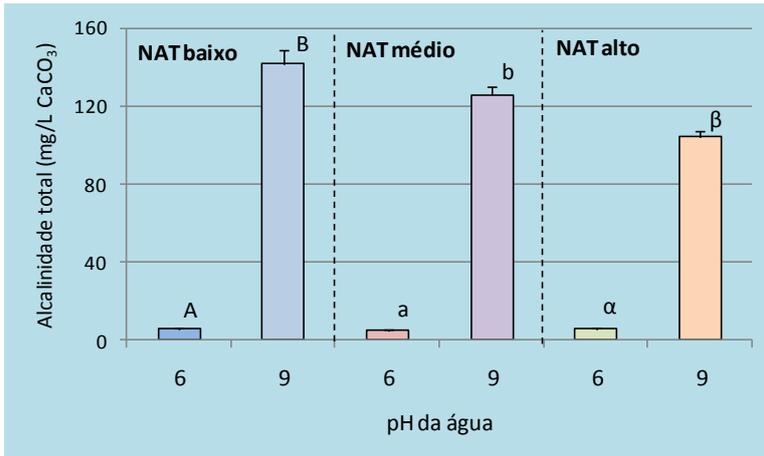


Figura 5.- Alcalinidade total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A queda na alcalinidade da água com o aumento da concentração de amônia tem duas explicações possíveis:

1. O processo de nitrificação bacteriana que libera íons  $H^+$  para água;

2. A ação das cloraminas, produto tóxico formado pela reação entre a amônia e o cloro residual. As cloraminas reagem novamente com o cloro residual, liberando íons  $H^+$  para água. A adição de cloro em águas que contenham nitrogênio amoniacal poderá produzir uma série de reações, que dependerão da relação entre o cloro dosado e o nitrogênio amoniacal presente, do pH, da temperatura e do tempo de reação (Rossin, 1987; Van Bremem, 1984).

Nos tanques com pH 9, a forma predominante de NAT na água era o  $NH_3$ . O  $NH_3$  é justamente a forma que reage com o cloro residual, formando as cloraminas (a reação se dá com o  $NH_3$  e não com o  $NH_4^+$ ).



Essa cloramina posteriormente liberará íons  $H^+$  para água, e conseqüentemente, acidificará a água. A acidificação da água transforma parte dos íons carbonatos em  $CO_2$  livre, reduzindo a alcalinidade da mesma.

A dureza total da água dos tanques com NAT alto foi menor que a dureza total da água dos tanques com NAT baixo e intermediário, tanto no pH 6 como no pH 9. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as durezas dos tanques com pH 6 ou pH 9, dentro de um mesmo NAT (Baixo, Médio ou Alto), como mostra as (Figura 6 e 7), respectivamente.

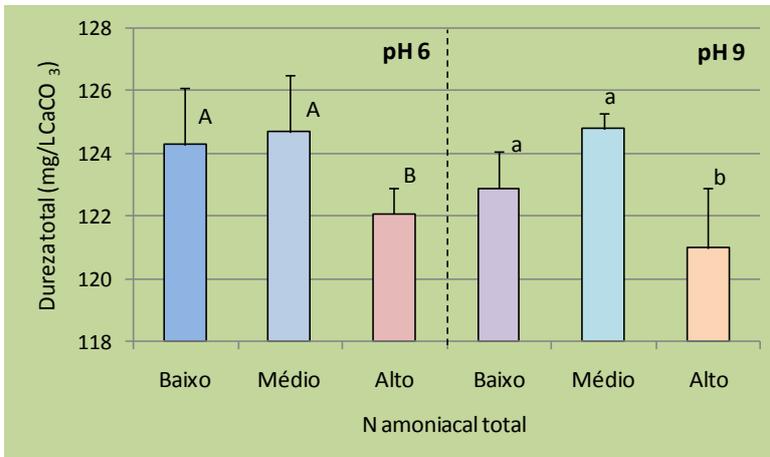


Figura 6 - Dureza total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

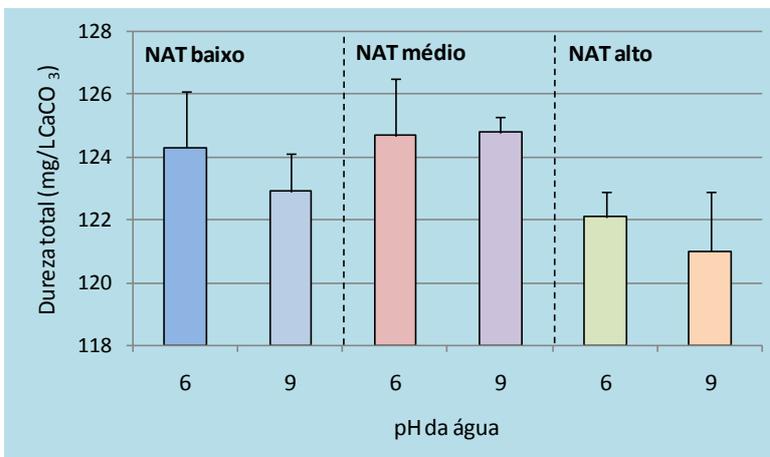


Figura 7 - Dureza total da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Em cada nível de NAT (baixo, médio ou alto), as diferenças existentes entre as médias não são significativas ( $P > 0,05$ ).

Dureza é um termo frequente usado em tratamento de água. Reflete principalmente o teor de íons de cálcio e magnésio que estão combinados a carbonato ou bicarbonato, podendo também estar combinados com sulfatos e cloretos (ESTEVEZ, 1998). Na

presente pesquisa, a acidificação ou alcalinização da água de cultivo não afetaram a dureza da água.

Nos tanques com pH 6, a concentração de nitrito foi maior onde o NAT era alto; não houve diferença significativa, nesse caso, para as concentrações de nitrito entre NAT baixo e NAT médio. Nos tanques com pH 9, a concentração de nitrito do NAT alto foi menor em relação ao NAT médio, não havendo diferença entre as demais comparações(Figura 8).

Em todos os NATs (Baixo, Médio e Alto), a concentração de nitrito dos tanques com pH 9 foi maior do que os com pH 6(Figura 9).

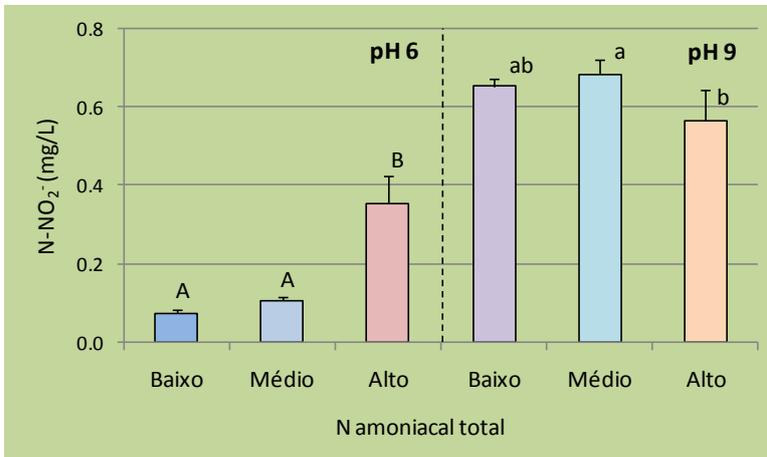


Figura 8 - Concentração de nitrito na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

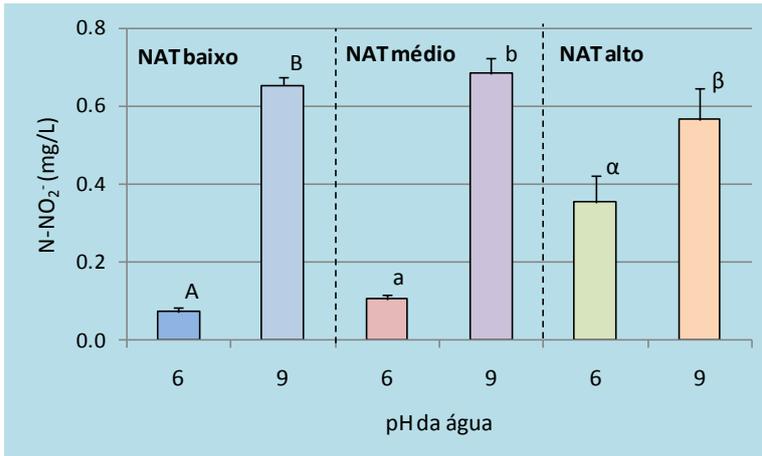
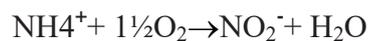


Figura 9 - Concentração de nitrito na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Espera-se mais nitrito quando há mais amônia na água. Logo, o resultado observado para o pH 6 está de acordo com a teoria. A menor concentração de nitrito nos tanques com pH 9 e NAT elevado é de difícil explicação e se deveu, provavelmente, a ação de fatores fortuitos.

O nitrito surge da oxidação parcial da amônia por bactérias *Nitrossomonas*. As significativamente maiores concentrações de nitrito no pH 9 indicam que essas bactérias se utilizam da forma  $\text{NH}_3$  do NAT, e não da forma  $\text{NH}_4^+$ . Já para (ESTEVEZ, 1998), no processo de nitrificação, as bactérias *Nitrossomonas* oxidam o íon amônio à nitrito pela reação:



A média da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na água dos tanques com pH 6 variaram entre 2,5 a  $11,7 \text{ mg.L}^{-1}$ . Nos tanques com pH 6, os níveis crescentes de NAT não influenciaram na concentração de dióxido de carbono livre [ $\text{CO}_2$  livre] da água. Entretanto, houve uma tendência de aumento do  $\text{CO}_2$  livre com a elevação do NAT (Figura 10). Não se apresentou concentrações de  $\text{CO}_2$  livre nos tanques com pH 9 (Figura 11).

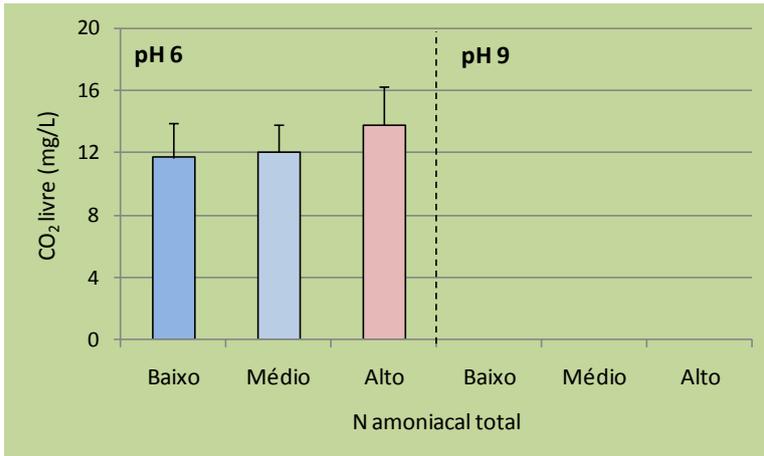


Figura 10 - Concentração de CO<sub>2</sub> livre da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial = 0,31± 0,04 g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média ± d.p; n = 4). Para cada valor de pH (6 ou 9), as diferenças existentes entre as médias não são significativas (P>0,05).

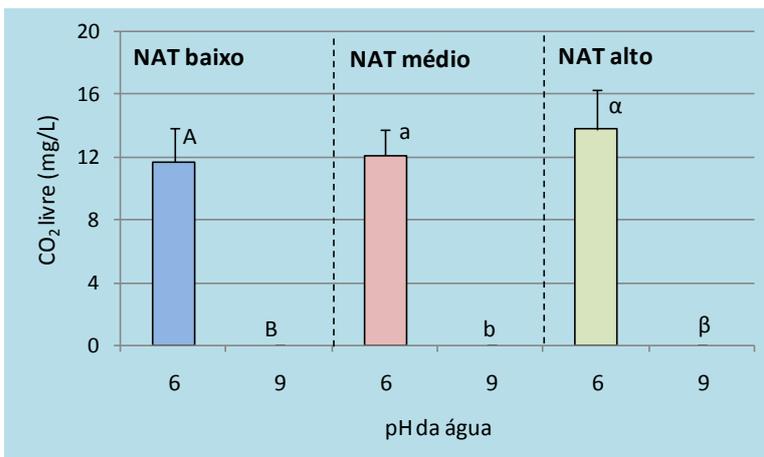


Figura 11 - Concentração de CO<sub>2</sub> livre na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial = 0,31± 0,04 g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média ± d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Concentrações de CO<sub>2</sub> acima de 25 mg/L, aliadas a uma baixa concentração de oxigênio dissolvido podem afetar o desempenho produtivo e, até mesmo consequentemente causar asfixia nos peixes (KUBITZA, 1998).

Com a acidificação da água pelas cloraminas, houve conversão de bicarbonatos em CO<sub>2</sub>. Portanto, amônia além de ser tóxica aos peixes e camarões, ainda pode acidificar a

água na presença de cloro residual. Em pH acima de 8,3, já não há mais CO<sub>2</sub> livre mensurável.

A medida que foi aumentando a quantidade de NAT nos tanques com pH 6, maior foi a condutividade elétrica observada nos mesmos. Já nos que continham pH 9, as concentrações de NAT não afetaram a condutividade elétrica significativamente (Figura 12). Em todos os tratamentos com NAT (Baixo, Médio ou Grande), a condutividade observada nos tanques com pH 9 foi maior do que os tanques que apresentavam pH 6 (Figura 13).

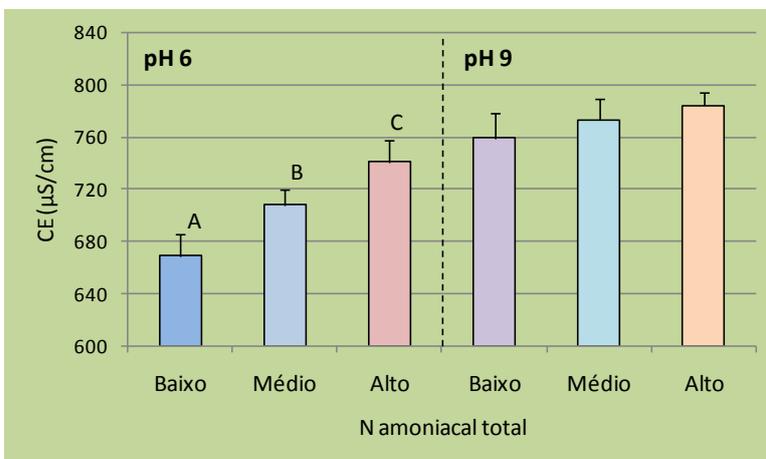


Figura 12 - Condutividade elétrica água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); ausência de letras indica que não há diferença significativa entre as médias ( $P > 0,05$ ).

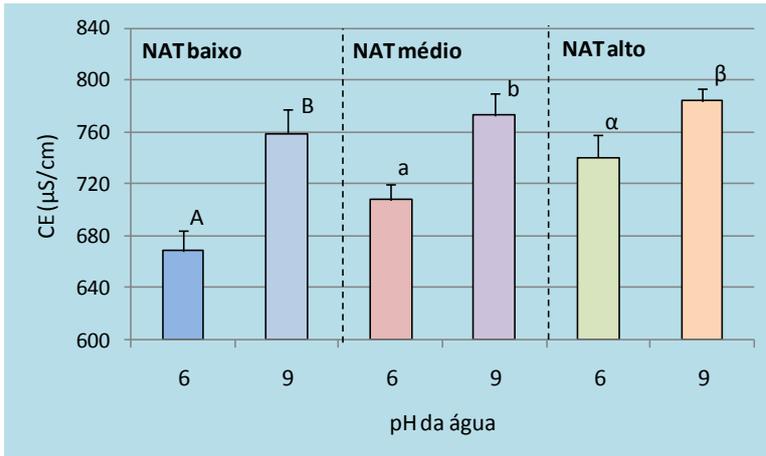


Figura 13 - Condutividade elétrica da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Esteves (1998) relata que a condutividade elétrica da água contribui para detectar fontes poluidoras e avaliar a produtividade primária e a decomposição nesses ecossistemas.

A forma predominante de NAT em pH 6 na água é o íon amônio. Logo, à medida que aumentou a concentração de  $\text{NH}_4^+$  do meio, elevou-se a concentração iônica da água e, com ela, sua condutividade elétrica. Já em pH 9, a forma predominante de NAT é a amônia ( $\text{NH}_3$ ), que não é capaz de elevar diretamente a condutividade elétrica. Apesar disso, quando o pH é 9, a maior concentração da forma  $\text{NH}_3$  produz cloraminas que liberam íons  $\text{Cl}^-$  para água, elevando a condutividade, como mostra a reação:



Tanto o  $\text{NH}_4^+$  quanto o  $\text{NH}_3$  aumentaram a condutividade, o primeiro, diretamente nos tanques com pH 6 e a amônia, indiretamente pela liberação dos íon cloreto. Portanto, o poder de ionização da água por ação dos íons cloretos é maior que o poder de ionização da água por ação dos íons amônio.

Tanto nos tanques com pH 6 como no pH 9, a concentração de fósforo reativo no NAT baixo apresentou menor valor em relação aos tanques com NAT médio, mas, estatisticamente similar aos valores do NAT alto (Figura 14). Em todos os tanques com NAT (Baixo, Médio ou Alto), o fósforo reativo do pH 9 foi menor do que o pH 6 (Figura 15).

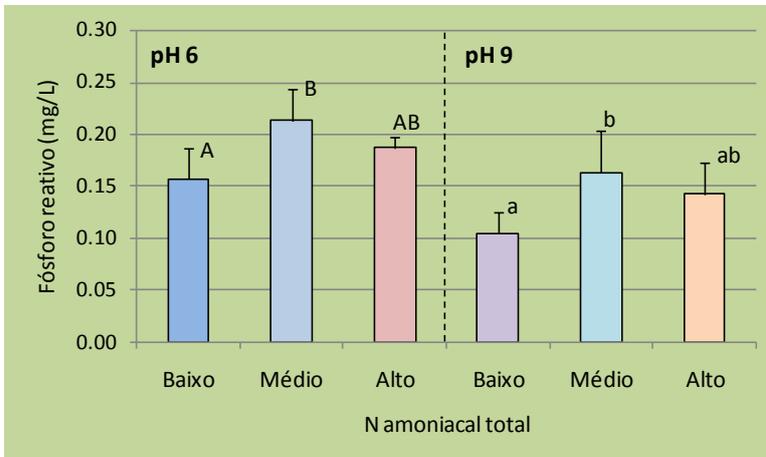


Figura 14 - Concentração de fósforo reativo na água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para um mesmo pH da água (6 ou 9), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

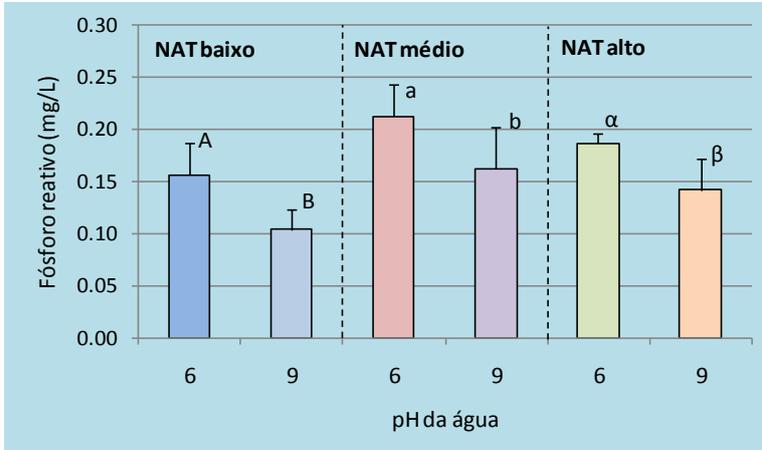


Figura 15 - Concentração de fósforo reativo da água de tanques de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4). Para uma mesma concentração de NAT (baixa, média ou alta), colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Vários fatores físicos, químicos e físico-químicos interferem na precipitação dos íons fosfato no ambiente aquático; entre estes se destacam: a concentração dos íons ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, pH e condições de oxirredução. Entre

todos os íons que interferem na precipitação do fosfato, os de ferro têm o papel mais importante (Esteves, 1998). Em pH da água elevado, há co-precipitação de fosfatos com compostos metálicos, tais como hidróxido de ferro e hidróxido de manganês. Portanto, o menor fósforo no pH 9 em relação ao pH 6 nada tem haver com o NAT, mas sim com o pH elevado da água.

O mesmo padrão parabólico da interação entre a concentração de fosfato na água e a concentração de NAT na água se repetiu nos pHs 6 e 9 e merece investigações posteriores.

A temperatura dos tanques durante o trabalho ficou entre 25 a 27 graus Célsius no período da manhã, e 24 a 28 graus Célsius nas análises realizadas no período da tarde. Esses valores estão na faixa ideal de conforto para a tilápia que é de 27 a 32°C. Temperaturas acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e o crescimento. Abaixo de 20°C, o apetite fica extremamente reduzido e aumenta os riscos de doenças. Temperaturas abaixo de 14°C geralmente são letais as tilápias (KUBITZA, 2000).

### 3.2 Desempenho Zootécnico

Com a elevação no NAT, houve uma redução no peso final, TCE e produtividade, tanto nos tanques com pH 6 como nos que tinham pH 9.

No pH 6, predominava  $\text{NH}_4^+$ ; no pH 9, predominava  $\text{NH}_3$ . Embora haja a sugestão de que as duas formas de amônia tenham sido igualmente tóxicas aos peixes, apontamos os seguintes fatores como os responsáveis pela queda no crescimento dos peixes nos tanques com mais  $\text{NH}_4^+$ :

1. Menor dureza;
2. Maior concentração de nitrito na água [nitrito];
3. Maior CE.

Esses fatores combinados provavelmente agiram sobre a fisiologia osmorregulatória e respiratória dos peixes, prejudicando seu crescimento corporal.

$\text{NH}_4^+$  elevado na água ocorre durante a noite (madrugada). Nessa situação, a excreção de  $\text{NH}_3$  do sangue para a água é facilitada pelas baixas concentrações de  $\text{NH}_3$  no meio. De fato, durante a noite, a taxa de excreção amoniacal pelos organismos cultivados aumenta.

Portanto, íon amônio elevado na água pode causar retardo no crescimento de forma indireta, quando em associação com outras condições desfavoráveis de qualidade de água, como, por exemplo, baixas concentrações de O<sub>2</sub>D (que produz nitrito), e não *per se*.

Não houve diferença no peso final, TCE e produtividade entre os pHs 6 e 9, dentro de um mesmo nível de NAT (Baixo, Médio e Alto).

O pH da água de cultivo do presente trabalho se manteve dentro da faixa de pH considerada adequada para espécie (6,0 – 9,0). Excreção de produtos nitrogenados na água tem como consequência o aumento no nível de amônia no meio de transporte. O aumento na concentração de dióxido de carbono faz com que o pH da água diminua. Em pH baixo, há um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> na água e uma diminuição da forma tóxica de NH<sub>3</sub> (MC FARLAND e NORRIS, 1958; AMEND *et al.*, 1982).

Quando o NAT era médio, a acidificação ou alcalinização da água não reduziram o peso final, TCE (Taxa de crescimento específico) e produtividade.

Mas, quando o NAT era alto, a acidificação ou alcalinização da água reduziram o peso final, TCE e produtividade.

Esses resultados mostram que há interação entre os efeitos danosos do NAT elevado com a alteração do pH da água, tanto para mais ou para menos.

Um mesmo valor de pH da água pode ser inofensivo em concentração de NAT moderada, mas ser maléfico em concentrações de NAT elevada.

Portanto, a tolerância do peixe às condições adversas de qualidade de água depende das interações sinérgicas ou antagonistas existentes entre as diferentes variáveis (O<sub>2</sub>D, pH, NAT, nitrito, condutividade elétrica e etc).

A elevação no NAT prejudicou o FCA dos animais, apenas no pH 6 não havendo diferença entre o NAT médio e o NAT alto;

No pH 9, a elevação no NAT não prejudicou o FCA dos animais.

Esses resultados sugerem que os peixes cultivados nos tanques com pH 6 estavam submetidos a maior estresse que os peixes nos tanques com pH 9. De fato, detectou-se uma concentração muito maior de NAT nos tanques acidificados que nos tanques alcalinizados.

A elevação do pH da água faz predominar a forma NH<sub>3</sub> do NAT, que é um gás. Sob aeração mecânica, como ocorrido no presente trabalho, pode haver desprendimento de amônia da água de cultivo para o ar.

Logo, muito embora a proporção de NH<sub>3</sub> aumente durante o dia, o uso de aeração mecânica nesse período pode ser benéfico ao cultivo pela rápida remoção desse composto da água. Tais discussões estão expressas a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 - Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal inicial =  $0,31 \pm 0,04$  g), mantidos por 8 semanas em tanques circulares de polietileno de 100 L (3 peixes/tanque), em ambiente coberto, submetidos a diferentes valores de pH da água (6,0; 7,5 ou 9,0) e concentrações de N amoniacal total (0,18 - 1,16; 0,47 - 2,92 ou 0,61 - 3,62 mg/L; NAT baixa, média e alta, respectivamente; média  $\pm$  d.p; n = 4).

Variável	[NAT] (mg/L)	pH da água			ANOVA unifatorial P
		6,0	9,0	7,5	
Sobrevivência final (%)	Baixa	100 $\pm$ 0,0	100 $\pm$ 0,0	-	-
	Média	100 $\pm$ 0,0	92 $\pm$ 16,7	100 $\pm$ 0,0	ns <sup>1</sup>
	Alta	92 $\pm$ 16,7	100 $\pm$ 0,0	100 $\pm$ 0,0	ns
Peso corporal final (g)	Baixa	5,31 $\pm$ 1,18 A <sup>2</sup>	4,99 $\pm$ 0,94 A	-	-
	Média	3,64 $\pm$ 1,15 B	3,61 $\pm$ 0,77 B	4,40 $\pm$ 0,13	ns
	Alta	2,83 $\pm$ 0,28 B $\beta$	2,89 $\pm$ 0,44 B $\beta$	4,00 $\pm$ 0,41 $\alpha$	0,002
TCE <sup>3</sup> (% peso corporal/dia)	Baixa	5,11 $\pm$ 0,43 A	4,90 $\pm$ 0,56 A	-	-
	Média	4,23 $\pm$ 0,79 B	4,32 $\pm$ 0,66 B	4,80 $\pm$ 0,30	ns
	Alta	4,14 $\pm$ 0,16 B $\beta$	4,06 $\pm$ 0,37 B $\beta$	4,55 $\pm$ 0,39 $\alpha$	<0,05
Produtividade de pescado (g/m <sup>3</sup> )	Baixa	159,4 $\pm$ 35,4 A	149,8 $\pm$ 28,2 A	-	-
	Média	109,1 $\pm$ 34,5 B	99,3 $\pm$ 29,7 B	131,9 $\pm$ 3,9	ns
	Alta	77,8 $\pm$ 16,5 B $\beta$	86,6 $\pm$ 13,3 B $\beta$	120,1 $\pm$ 12,9 $\alpha$	0,004
FCA <sup>4</sup>	Baixa	1,82 $\pm$ 0,22 A	1,91 $\pm$ 0,15 A	-	-
	Média	2,38 $\pm$ 0,53 B	2,02 $\pm$ 0,13 A	1,96 $\pm$ 0,09	ns
	Alta	2,23 $\pm$ 0,06 B	2,04 $\pm$ 0,14 A	2,14 $\pm$ 0,11	ns

## ANOVA bifatorial P

Fator	Sobrev	PCf	TCE	Prod	FCA
NAT	ns	<0,001	0,008	< 0,001	0,042
pH da água	ns	ns	ns	ns	ns
NAT x pH	ns	ns	ns	ns	<0,05

<sup>1</sup> Não significativo (P>0,05);

<sup>2</sup> Para cada variável, diferentes letras arábicas maiúsculas na mesma coluna indicam que as médias são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05); ausência de letras arábicas minúsculas na mesma linha indica que não há diferença significativa entre as médias; diferentes letras gregas minúsculas na mesma linha, indicam que as médias são diferentes do controle (pH 7,5) pelo teste de Tukey (P<0,05);

<sup>3</sup> Taxa de crescimento específico (% peso corporal por dia) = [(ln peso corporal final - ln peso corporal inicial)/dias de cultivo] x 100;

<sup>4</sup> Fator de conversão alimentar = ração ofertada aos peixes (g)/ganho em peso corporal (g).

Bergmann (1994), quando se refere à presença da amônia não ionizada no ambiente, alerta para o fato de que a toxicidade é resultado da sua interação com outros parâmetros, principalmente o pH, o íon amônio e a atividade microbiana que ocorre no sedimento, podendo apresentar variações diurnas de acordo com a intensidade dos processos de fotossíntese e respiração que ocorrem no ambiente. Piedras *et al.* (2006) analisando a toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma facetum*, verificou que a exposição destes na água a concentrações próximas de 3,0 mg.L<sup>-1</sup> de NH<sub>3</sub> e 7,0 mg.L<sup>-1</sup> de nitrito na água durante 96 horas causaram a mortalidade de 50% dos animais. Os resultados demonstraram que a toxicidade do nitrito e/ou da amônia não ionizada, é muito específica tanto em nível de indivíduo, bem como de tamanho ou idade, sendo que os resultados obtidos podem ser utilizados como referência de risco ambiental para o cará *Cichlassoma facetum*.

## 4 CONCLUSÃO

1. Além dos efeitos diretos da amônia sobre a fisiologia dos peixes, deve-se considerar ainda os efeitos indiretos da mesma, tais como a acidificação da água, formação de cloraminas tóxicas, aumento na concentração de nitrito e elevação na condutividade elétrica da água. Esses fatores combinados podem causar retardo no crescimento e má conversão alimentar dos animais;
2. Embora haja maior preocupação com a toxicidade da amônia no período da tarde, pela maior proporção da forma  $\text{NH}_3$ , esse é o período do dia mais favorável para remoção de amônia da água por aeração mecânica;
3. Existem interações sinérgicas e antagonistas entre as variáveis de qualidade de água que podem agravar ou abrandar os efeitos nocivos da amônia.
4. Embora a forma  $\text{NH}_4^+$  do NAT não seja tóxica *per se*, a mesma em elevadas concentrações pode causar efeitos deletérios aos peixes por afetar outras variáveis de qualidade de água de importância para o crescimento e a saúde animal.

## REFERÊNCIAS

- ALAM, M.; FRANKEL, T. L. Gill ATPase activities of silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell), and golden perch, *Macquaria ambigua* (Richardson): Effects of environmental salt and ammonia. **Aquaculture**, Amsterdam, v.251 , p.118-133, 2006.
- AMEND, D.F. *et al.* Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, Md./USA, v. 111, p.603– 611, 1982.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20<sup>th</sup> ed. Washington: APHA, 1999.
- BERGMANN, U. Chronic toxicity of ammonia to the amphipod *Hyaella azteca*: importance of ammonium ion and water hardness. **Environment Pollution**, [S.l.], v. 86, p. 329-335, 1994.
- BOYCE, S. J. Nitrogenous excretion in the Antarctic plunderfish. **Journal of Fish Biology**, Cambridge, v. 54, n. 1, p. 72-81, 1999.
- BOYD C. E. ; TUCKER C.S. **Pond aquaculture water quality management**. New York : Springer, 1998.
- BOYD, C.E. **Water quality in warm water fish ponds**. Alabama : University of Alabama, 1980.
- DUBOROW, R. M.; CROSBY, D. M.; BRUNSON, M. W. Ammonia in fish ponds. **Southern Regional Aquaculture Center**, [S.l.], n. 463, 1997.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro : Interciência, 1998. 602p.
- JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994. 294 p.
- KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M M. Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da aqüicultura**, Rio de Janeiro, v.10, n.59, jan./fev., p. 44 - 53, 2000

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. **Panorama da aquicultura**, Rio de Janeiro, v.8, n.46, jan./fev., p. 37-40, 1998.

MCFARLAND, W.N., NORRIS, K. The control of pH by buffers in fish transport. **California Fish and Game**, Sacramento, CA/USA, v.44, n.4, p.291-310, 1958.

PATERSON, B.D. *et al.* Physiological responses of the Asian sea bass, *Lates calcarifer* to water quality deterioration during simulated live transport: acidosis, red-cell swelling, and levels of ions and ammonia in the plasma. **Aquaculture**, Amsterdam, v.218, n.1-4, p.717-728, 2003.

PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.31, n.1, p.81-88, 2005.

PIEDRAS, S. R. N. *et al.* Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito a em alevinos de *C ichlasoma facetum* (Jenyns, 1842). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 5, p. 1008-1012, set./out., 2006.

ROSSIN, A. C. Desinfecção. In: AZEVEDO NETTO, José M. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água (Tratamento de Água)**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1976. v.2

VAN BREMEM, J. **Water Quality. International Course in Sanitary Engineering**. Delft: IHE/International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering. Stuttgart, 1984. (Mimeo.)

WESTERS, H. Production. In: WEDEMEYER, G. A. (ed.). **Fish hatchery management**. 2<sup>nd</sup> ed. Bethesda: American Fisheries Society, 2001. p. 31-90.

WILKIE, M.P. Mechanisms of ammonia excretion across fish gills. **Comparative Biochemistry Physiology**, Ottawa, v.118A, p.39-50, 1997.

