

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**



**PALOMA DAMASCENO PINHEIRO**

**APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE CÁLCIO NA ÁGUA DE CULTIVO  
E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA EM CONDIÇÕES  
LABORATORIAIS**

**FORTALEZA  
2010**

**PALOMA DAMASCENO PINHEIRO**



**APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE CÁLCIO NA ÁGUA DE CULTIVO  
E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA EM CONDIÇÕES  
LABORATORIAIS**

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  
de Pesca.

APLICAÇÃO DE FONTES  
ALTERNATIVAS DE CÁLCIO  
NA ÁGUA DE CULTIVO E  
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO  
DE JUVENIS DE TILÁPIA EM  
CONDIÇÕES LABORATORIAIS  
Paloma Damasceno Pinheiro.

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

**FORTALEZA**

**2010**

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

---

P721a Pinheiro, Paloma Damasceno.  
Aplicação de fontes alternativas de cálcio na água de cultivo e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia em condições laboratoriais / Paloma Damasceno Pinheiro. – 2010.  
31 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.  
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Dureza da água. 2. Cálcio. 3. Aquicultura. I. Título.

CDD 639.2

---

**APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE CÁLCIO NA ÁGUA DE CULTIVO  
E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA EM CONDIÇÕES  
LABORATORIAIS**

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.

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

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. RAFAHEL MARQUES MACEDO FONTENELE (Membro)

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. MOISÉS ALMEIDA DE OLIVEIRA (Membro)

Universidade Federal do Ceará – UFC

## AGRADECIMENTOS

A Jesus, pelo fôlego de vida e salvação.

À minha mãe, pelo amor, carinho e atenção.

Ao meu pai, pelo apoio material e por acreditar na realização de um sonho.

Aos meus irmãos, pela companhia e incentivo.

Ao meu orientador e professor Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, pela atenção e dedicação.

As pessoas que se tornaram mais que amigas de faculdade, Manuella, Perla, Georgiani, Iara, Suellen, Larissa e Mirna.

Aos meus colegas de laboratório, Vanessa, Nayara, Davi e Diêgo, pelo companheirismo, pelas poucas, porém importantes conversas, e pela convivência diária.

Aos meus amigos, Renan Barros, Priscila Nascimento, Aline Rodrigues e Cibelle pelos momentos marcantes que vivemos, por todos os conselhos e apoio.

Ao meu tio Edilberto Rocha que sempre depositou em mim toda confiança e me ajudou a chegar até aqui.

Aos demais alunos que fazem parte do LCTA, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aqueles que, não foram citados nominalmente, mas de alguma forma contribuíram para este sucesso profissional.

## RESUMO

O íon cálcio é muito importante para os sistemas biológicos e participa de várias reações enzimáticas. Os peixes absorvem cálcio diretamente do seu ambiente, através do epitélio das brânquias, nadadeiras e por via oral. Além do carbonato de cálcio, outros compostos, tais como o cloreto de cálcio e o sulfato de cálcio, podem ser utilizados na calagem em aquicultura, com a finalidade de aumentar a dureza da água. O trabalho teve por objetivo buscar fontes alternativas de cálcio para uso em aquicultura, sendo este dividido em três fases. O teste piloto foi realizado para confirmar a efetividade do EDTA como agente quelante do cálcio presente na água e avaliar seu efeito no pH da água. No teste principal cinco taxas de aplicação de Na-EDTA (25; 50; 75; 100 e 125 mg L<sup>-1</sup>) foram avaliadas. A concentração de cálcio na água foi determinada inicialmente (antes da aplicação de EDTA) e após uma hora. A expressão  $y = -0,0911x + 3,3628$  ( $R^2 = 0,933$ ) foi obtida a partir da regressão realizada na qual x representa a concentração desejada de cálcio na água e y a relação EDTA/razão de EDTA necessário/dureza cálcica inicial da água. A primeira fase teve por objetivo avaliar a elevação da dureza da água com diferentes fontes alternativas de cálcio. No teste principal três diferentes produtos (CaCO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub> e CaSO<sub>4</sub>), de qualidade analítica, foram aplicados à água mole, na concentração de 1 mg L<sup>-1</sup>. Após a aplicação dos produtos na água, a dureza total, dureza cálcica e alcalinidade total da água foram determinadas após 15 minutos, 24, 72 e 168 horas. Visualizou-se que à medida que a taxa de aplicação aumentou, houve grande elevação na dureza cálcica da água tratada com cloreto de cálcio. Para o carbonato e sulfato de cálcio observou-se baixa elevação na dureza da água, estando este relacionado à solubilidade. A segunda fase teve por objetivo avaliar a qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a diferentes fontes alternativas de cálcio. Os três diferentes produtos (CaCO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub> e CaSO<sub>4</sub>) de qualidade analítica, foram aplicados à água mole, na concentração de 30 mg L<sup>-1</sup>. Após a aplicação dos produtos na água, os parâmetros de qualidade de água, bem como os parâmetros zootécnicos foram analisados durante o período do experimento. Logo, foi possível observar que não há vantagem zootécnica em substituir o carbonato de cálcio pelo cloreto de cálcio ou sulfato de cálcio na correção da dureza da água de cultivo de tilápias. Além disso, observou-se que apesar da aplicação de cloreto de cálcio elevar significativamente a dureza da água, não há benefício aparente para o desempenho zootécnico se os animais são alimentados com ração balanceada contendo percentual significativo de cálcio.

Palavras-chave: Dureza da água, cálcio, aquicultura

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1	24
Valores da média e ANOVA P de fósforo reativo, transmitância ótica, alcalinidade total, dureza cálcica e dureza total da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, submetidos a diferentes tratamentos de água, durante 8 semanas.	
Tabela 2	27
Valores da média e ANOVA P da temperatura, condutividade elétrica, pH, amônia total e amônia tóxica da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, submetidos a diferentes tratamentos de água, durante 8 semanas.	
Tabela 3	28
Valores da média e ANOVA P do desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo, submetidos a diferentes tratamentos de água, durante 8 semanas.	

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Concentração de cálcio solúvel em água após a aplicação de Na-EDTA em três doses diferentes(100, 250 e 500 mg L <sup>-1</sup> ; n = 3 ).	16
Figura 2	pH da água depois da aplicação de Na-EDTA em três doses diferentes(100,250e500 mg L <sup>-1</sup> ; n = 3).	18
Figura 3	Relação entre a concentração de cálcio desejada na água e a razão de EDTA necessário/dureza cálcica inicial.	19
Figura 4	Dureza cálcica da água após a aplicação inicial de 1 mg L <sup>-1</sup> de diferentes fontes p.a. de cálcio (carbonato de cálcio, CaCO <sub>3</sub> ; cloreto de cálcio, CaCl <sub>2</sub> ; sulfato de cálcio, CaSO <sub>4</sub> ; n = 3)	20
Figura 5	Dureza cálcica da água após uma semana da aplicação de concentrações crescentes de fontes de cálcio (carbonato de cálcio, CaCO <sub>3</sub> ; cloreto de cálcio, CaCl <sub>2</sub> ; sulfato de cálcio, CaSO <sub>4</sub> ; n = 3).	22



## SUMÁRIO

	Pág.
1 <b>INTRODUÇÃO</b>	09
2 <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	11
2.1 <b>Teste-piloto: EDTA e produção de água mole e água isenta de cálcio</b>	11
2.2 <b>Primeira fase: Elevação de dureza da água com diferentes fontes alternativas de cálcio</b>	11
2.3 <b>Segunda fase: Qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de Tilápia do Nilo, submetidos a fontes alternativas de cálcio</b>	13
2.3.1 Peixes e sistema experimental	13
2.3.2 Sistema de cultivo e delineamento experimental	14
2.3.3 Variáveis experimentais sob análise	14
3 <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	16
3.1 <b>Prova Piloto: Relação entre a concentração de cálcio desejada na água e a razão de EDTA necessário/ dureza cálcica inicial.</b>	16
3.2 <b>Primeira fase: Elevação de dureza da água com diferentes fontes alternativas de cálcio</b>	20
3.3 <b>Segunda fase: Qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia submetidos a fontes alternativas de cálcio</b>	23
4 <b>CONCLUSÕES</b>	29
<b>REFERÊNCIAS</b>	30

# APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE CÁLCIO NA ÁGUA DE CULTIVO E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS

Paloma Damasceno Pinheiro

## 1. INTRODUÇÃO

O íon cálcio é muito importante para os sistemas biológicos e participa de várias reações enzimáticas. Está envolvido na neurotransmissão, contração muscular e coagulação sanguínea, influi sobre a permeabilidade das membranas, além de ser o principal cátion da estrutura cristalina dos ossos (CYRINO et al., 2004).

Os peixes absorvem cálcio diretamente do seu ambiente, através do epitélio das brânquias, nadadeiras e por via oral (NRC, 1993). Enquanto o processo de transporte de cálcio da água através do sangue é realizado de forma rápida, o cálcio proveniente da ração deve, primeiramente, ser ingerido e depois assimilado. Água de boa dureza (rica em cálcio solúvel) pode atenuar as intoxicações em peixes pela presença de substâncias nocivas na água ou por pH baixo (CYRINO et al., 2004).

A calagem é realizada em viveiros de aquicultura para neutralizar a acidez do solo e aumentar a alcalinidade total e a dureza total da água (QUEIROZ; BOYD, 2004). Normalmente, águas de cultivo que possuem pH baixo (menor que 6,5) e alcalinidade e dureza total abaixo de 30 mg de  $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$  devem ser submetidas à calagem. A calagem além de corrigir o pH, reforça o sistema tampão da água. Os produtos mais comuns utilizados para a calagem em aquicultura são o calcário agrícola (carbonato de cálcio;  $\text{CaCO}_3$ ), a cal virgem (óxido de cálcio;  $\text{CaO}$ ) e a cal hidratada (hidróxido de cálcio;  $\text{Ca(OH)}_2$ ). Esses materiais frequentemente possuem um pouco de magnésio em suas composições, em adição ao cálcio (KUBITZA, 2003).

Por outro lado, a calagem em excesso pode ser prejudicial ao cultivo, pois retira dióxido de carbono da água e promove a precipitação do fosfato dissolvido na água (QUEIROZ; BOYD, 2004). Consequentemente, poderá haver queda na produtividade primária e o pH alto poderá favorecer a toxidez da amônia para os peixes cultivados. Portanto,

a calagem, quando corretamente realizada, é um manejo eficaz para aumentar as produtividades primária e de pescado, em viveiros com baixa alcalinidade e dureza (QUEIROZ; BOYD, 2004).

A fonte-padrão de cálcio e carbonato em aquicultura é o carbonato de cálcio. As taxas de aplicação de carbonato de cálcio para a calagem de viveiros de peixe variam de 1000 a 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Logo após a aplicação do calcário agrícola, forma comercial do carbonato de cálcio, há elevação apenas moderada na alcalinidade e dureza da água, pois o mesmo tem baixa solubilidade em água. Por isso, a calagem da água ou do solo com calcário pode apresentar resultados pouco satisfatórios (QUEIROZ; BOYD, 2004). Vogel (1981) constatou que os carbonatos geralmente são insolúveis em água e que os mesmos somente existem em solução aquosa pela ação de algum composto ácido presente em solução. No caso dos ecossistemas aquáticos, tal como os viveiros de peixes, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o composto ácido que aumenta a solubilidade do carbonato de cálcio utilizado na calagem (QUEIROZ; BOYD, 2004).

Além do carbonato de cálcio, outros compostos, tais como o cloreto de cálcio e o sulfato de cálcio, podem ser utilizados na calagem em aquicultura, com a finalidade de aumentar a dureza da água. A adição de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) e de gesso agrícola (CaSO<sub>4</sub>) à água de transporte de alevinos de peixes aumenta a concentração de íons Ca<sup>+2</sup> e/ou Cl<sup>-</sup> da água, contrabalançando as perdas de íons corporais pelos peixes (KUBTIZA, 1999). Segundo Vogel (1981), a maioria dos cloretos, assim como o cloreto de cálcio, é bastante solúvel em água.

A aplicação de gesso agrícola (CaSO<sub>4</sub>) na água de cultivo de peixes é prática, barata e vem sendo usada constantemente na produção de peixes. Um dos principais usos de gesso em aquicultura é na redução da turbidez mineral causada por colóides de argila e silte em suspensão na água. O gesso também pode ser usado para aumentar a dureza total da água, sem causar alteração na alcalinidade total. Além disso, o gesso pode reduzir a concentração de ortofosfato solúvel na água, diminuindo, dessa forma, a abundância de fitoplâncton (KUBTIZA, 1998). Quanto à sua solubilidade em água, Vogel (1981) assevera que o sulfato de cálcio é levemente solúvel em água.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de fontes alternativas de cálcio (cloreto de cálcio e sulfato de cálcio) na elevação da dureza da água de recria de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em condições laboratoriais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes foram realizados no Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA do Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, (Fortaleza, Ceará).

### 2.1 – *Teste-piloto: EDTA e produção de água mole e de água isenta de cálcio*

Inicialmente, realizou-se teste-piloto para confirmar a eficácia do EDTA como composto complexante de cálcio, em meio aquoso, e avaliar o efeito de sua aplicação no pH da água. Neste ensaio, várias amostras de águas de 1000 mL foram tratadas com Na-EDTA p.a. (Dinâmica Reagentes Analíticos, São Paulo), nas concentrações de 100, 250 e 500 mg L<sup>-1</sup>. Sete períodos de observação experimental foram realizados após a aplicação de EDTA (15 minutos, 1 h, 6 h, 24 h, 48 h, 72 h e 1 semana). Além disso, o pH da água também foi monitorado ao longo do período de observação.

No ensaio principal, cinco taxas de aplicação de EDTA (25, 50, 75, 100 e 125 mg L<sup>-1</sup>) foram testadas. A concentração de cálcio na água foi determinada no início (antes da aplicação de EDTA) e após 1 hora. Havia três repetições por tratamento e a determinação da concentração de cálcio na água foi realizada de acordo com orientações apresentadas pela APHA (1999).

A água de abastecimento municipal da cidade de Fortaleza (CAGECE- Companhia de água e esgoto do Estado do Ceará) foi usada como água inicial no teste-piloto. A composição química da água inicial era a seguinte: concentração de cálcio ( $13,2 \pm 1,1$  mg L<sup>-1</sup>), dureza cálcica ( $32,9 \pm 2,6$  mg L<sup>-1</sup>CaCO<sub>3</sub><sup>-1</sup>), dureza total ( $70,7 \pm 0,64$  mg L<sup>-1</sup>CaCO<sub>3</sub><sup>-1</sup>), alcalinidade total ( $48,0 \pm 2,8$  mg L<sup>-1</sup>CaCO<sub>3</sub>) e pH ( $7,2 \pm 0,04$ ), de acordo com metodologias da APHA(1999). As mesmas metodologias analíticas foram aplicadas nas águas experimentais.

No ensaio piloto, os resultados de cálcio e pH da água foram analisados em cada momento por meio da análise de variância (ANOVA) para experimentos inteiramente

casualizados, para detectar se havia diferenças significativas entre as taxas de aplicação do EDTA. Quando as diferenças eram significativas, as médias foram comparadas duas a duas pelo teste de Tukey. No ensaio principal, a análise de regressão linear foi realizada para descobrir a relação existente entre a concentração de cálcio desejada na água e a razão entre EDTA necessário/dureza cálcica inicial.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico SigmaStat 2,0 (Jandel Estatística) e do Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation). O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises estatísticas.

## *2.2 – Primeira fase: Elevação da dureza da água com diferentes fontes alternativas de cálcio*

Inicialmente, foi feita a preparação de água mole para o abastecimento dos aquários experimentais. Em uma caixa de água de polietileno de 1000 L, contendo água livre de cloro residual, aplicou-se EDTA p.a a  $0,1 \text{ g L}^{-1}$ . Em seguida, determinou-se a dureza cálcica da água. Após a preparação da água mole, os doze aquários experimentais de polietileno, com volume de 25 litros, foram abastecidos com 20 litros de água mole cada. Nesse experimento, não houve o povoamento dos aquários com peixes. Em seguida, três diferentes produtos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{CaSO}_4$ ), de qualidade analítica, foram aplicados à água, na concentração de  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . Havia quatro repetições por tratamento.

Após a aplicação dos produtos na água, a dureza total, dureza cálcica e alcalinidade total da água foram determinadas após 15 minutos, 24, 72 e 168 horas. As determinações destes parâmetros foram feitas de acordo com metodologias padrões (APHA, 1999).

### 2.3 – Segunda fase: *Qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia submetidos a fontes alternativas de cálcio*

#### 2.3.1 Peixes e sistema experimental

Alevinos pós-revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, foram obtidos junto ao Centro de Pesquisa em Aquicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, Pentecoste, Ceará). Os peixes foram transportados em sacos plásticos contendo água e oxigênio 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. Após a chegada dos peixes ao laboratório, os mesmos foram transferidos para um reservatório com volume de 1000 L, servido de aeração constante, para aclimação. O período de aclimação foi de 5 dias e durante este período os peixes foram alimentados com ração extrusada em pó (Guabi Nutrição Animal, Fortaleza Ceará), em quatro refeições diárias.

Após 24 horas, foi feita uma aplicação de permanganato de potássio na concentração de  $4 \text{ mg L}^{-1}$ , por 48 horas, para desinfecção. Após o período de desinfecção, foi feita uma aplicação de tiosulfato de sódio na concentração de  $4 \text{ mg L}^{-1}$  para neutralização do permanganato de potássio residual.

O experimento foi desenvolvido em área aberta do laboratório, exposta de radiação solar. Essa condição fez com que o cultivo ocorresse em águas verdes. Os juvenis de tilápia foram estocados em 20 aquários de polietileno com volume útil de 25 L e área de fundo de  $0,25 \text{ m}^2$ , na densidade de 5 juvenis ( $0,61 \pm 0,03 \text{ g}$ ) por aquário ( $20 \text{ peixes/m}^2$ ). Os aquários foram mantidos com aeração somente no período noturno (18 h às 8 h) através de pequenos compressores de ar conectados a mangueiras de silicone e pedras porosas. Em todos os aquários, foram colocadas telas de proteção para evitar possíveis predadores ou a fuga dos peixes ali presentes. Durante a primeira semana de cultivo, os peixes mortos eram substituídos por outros peixes com comprimento e peso similar aos primeiros. Os peixes foram mantidos no sistema experimental durante oito semanas.

### 2.3.2. Sistema de cultivo e delineamento experimental

No presente trabalho, havia 3 grupos-controle e 2 grupos experimentais, cada um com 4 repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos foram assim designados: controle positivo (água de abastecimento da torneira, livre de cloro residual); controle negativo (água mole pela aplicação de EDTA na água de abastecimento em  $0,1 \text{ g L}^{-1}$ );  $\text{CaCO}_3$  (aplicação de carbonato de cálcio p.a. na água mole em  $30 \text{ mg L}^{-1}$ );  $\text{CaCl}_2$  (aplicação de cloreto de cálcio p.a. na água mole em  $30 \text{ mg L}^{-1}$ ); e  $\text{CaSO}_4$  (aplicação de sulfato de cálcio p.a. na água mole em  $30 \text{ mg L}^{-1}$ ). A taxa de aplicação de carbonato de cálcio buscou atingir a concentração de cálcio da água de abastecimento (controle positivo).

No início do experimento, os aquários foram abastecidos com água livre de cloro residual. Nos três primeiros dias de cultivo, foram feitas trocas de água de acordo com o tratamento, nas proporções de 1/3, 2/3 e 3/3 a cada dia. Decorrido os três dias, as trocas de água eram realizadas semanalmente e o volume retirado era de 40% do total no aquário.

Os peixes cultivados foram alimentados com ração em pó (Pirá Alevino 55, Guabi Nutrição Animal, Fortaleza, Ceará). Os peixes eram alimentados cinco vezes ao dia, às 8, 10, 13, 15 e 17 horas. As biometrias eram realizadas a cada 15 dias, para a determinação da biomassa total presente em cada aquário e ajuste da quantidade de ração fornecida aos peixes. As taxas de arraçoamento utilizadas foram as seguintes: 17% da biomassa estocada na primeira, segunda, terceira e quarta semana experimental; 13 – 15% na quinta e sexta semanas e 10 – 12% na sétima e oitava semana. As taxas de arraçoamento seguiram as orientações constantes da tabela de arraçoamento do laboratório.

### 2.3.3. Variáveis experimentais sob análise

No presente trabalho, foram observadas variáveis limnológicas e zootécnicas. Diariamente, no início da manhã, o pH, temperatura e condutividade elétrica da água dos aquários experimentais foram monitorados com a ajuda de medidor de pH de bancada, termômetro digital e condutímetro, respectivamente. Semanalmente, realizou-se determinações analíticas de alcalinidade total, dureza total, dureza cálcica, amônia total e

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Prova Piloto: Relação entre a concentração de cálcio desejada na água e a razão de EDTA necessário/ dureza cálcica inicial.

Independentemente da taxa de aplicação de EDTA empregada (100, 250 ou 500 mg L<sup>-1</sup>), a concentração de cálcio na água foi reduzida expressivamente logo após 15 minutos (0,25 h) de aplicação de EDTA. Na verdade, um teste mostrou ainda que a complexação do EDTA com o cálcio é instantânea. Embora a concentração de cálcio na água tenha sido reduzida a zero para as taxas de aplicação de EDTA de 250 e 500 mg L<sup>-1</sup>, a taxa de aplicação de 100 mg L<sup>-1</sup> levou a concentração de cálcio para  $2,7 \pm 0,29$  mg L<sup>-1</sup> após 15 minutos (Figura 1).

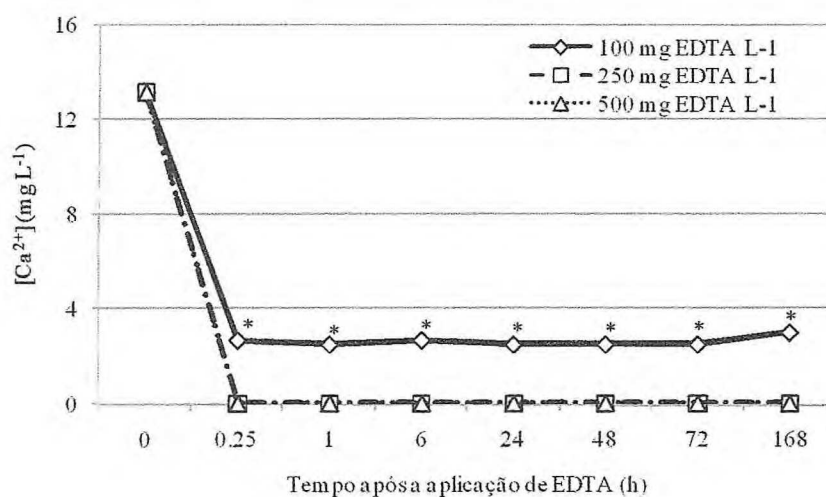


Figura 1 - Concentração de cálcio solúvel em água após a aplicação Na-EDTA com grau analítico em três doses diferentes (100, 250 e 500 mg L<sup>-1</sup>). Concentração inicial de cálcio na água =  $13,2 \pm 1,1$  mg L<sup>-1</sup>. As linhas de 250 e 500 mg L<sup>-1</sup> EDTA se sobrepõem. Em cada época, os meios com um asterisco indicam que há diferença estatisticamente significativa entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Cada valor representa a média de três repetições.



Posteriormente, as concentrações de cálcio na água permaneceram estáveis durante todo o período de observação. Depois de uma semana, as concentrações de cálcio final para as taxas de aplicação de EDTA de 100, 250 e 500 mg L<sup>-1</sup> foram de 3,0 ± 0,43, 0,0 ± 0,0 e 0,0 ± 0,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma, a aplicação de EDTA na água reduziu a sua dureza de cálcio de 32,9 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> para 6,7 ± 0,72 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>, EDTA) e 0,0 ± 0,0 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (250 e 500 mg EDTA L<sup>-1</sup>) após 15 minutos de aplicação. Depois de uma semana, a dureza cálcica da água foi de 7,5 ± 1,07 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup> EDTA) e 0,0 ± 0,0 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (250 e 500 mg L<sup>-1</sup> EDTA). Estes resultados demonstram claramente que o EDTA é um produto muito eficaz para retirar o cálcio da solução. Além disso, é também evidente que a redução do efeito de EDTA sobre a concentração de cálcio na água é estável ao longo do tempo.

Gopal et al. (2009), Di Palma e Mecozzi (2007) também observaram a eficácia do EDTA de complexar cátions divalentes como o cálcio. Os autores concluíram que CaNa<sub>2</sub>-EDTA foi um eficiente agente complexante para eliminar níquel da água no cultivo do peixe de água doce *Cirrhinus mrigala*. Di Palma e Mecozzi (2007) também comprovaram a eficácia do EDTA na mobilização de metais (Pb, Zn e Cu) ligado a sedimentos portuários. Atualmente, o EDTA é usado em diversos produtos nacionais e em processos industriais para ligar íons metálicos (SILLANPAA et al., 2001). Os resultados do presente trabalho também são apoiados por Bucheli-Witschela e Eglia (2001), que afirmaram que o EDTA é capaz de formar complexos estáveis solúveis em água com íons metálicos di e trivalentes.

Portanto, o EDTA mostrou-se como um produto eficiente e estável para a obtenção de água isenta de cálcio e água mole para a experimentação da aquicultura. Além disso, trabalhos anteriores feitos com moluscos (UTTING; HELM, 1985), crustáceos (LAWRENCE et al., 1981; LICOP, 1988) e peixes (ROBINSON et al., 1984, 1986, 1987), mostraram que a utilização de baixos níveis de EDTA têm também comprovado a sua segurança para a vida aquática.

Após 15 minutos de aplicação de EDTA, o pH da água diminuiu de 7,2 ± 0,04 para 6,14 ± 0,06 (100 mg L<sup>-1</sup> EDTA), 5,19 ± 0,01 (250 mg L<sup>-1</sup>, EDTA) e 4,92 ± 0,03 (500 mg L<sup>-1</sup> EDTA; Figura 2). Os resultados de pH da água para estas três taxas de aplicação de EDTA (100, 250 e 500 mg L<sup>-1</sup>) demonstraram diferença estatisticamente significativa, em cada tempo de observação (P<0,05). Além disso, as diferenças estatísticas entre o pH da água para as três taxas de aplicação de EDTA permaneceu inalterada durante todo o período de observação. O aumento das taxas de aplicação de EDTA empregada (250 e 500 mg L<sup>-1</sup>)

produziram uma maior queda no pH da água do que a observada para a menor taxa de aplicação de EDTA ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ). Mais notável, porém, foi que o pH da água manteve-se estável ao longo do tempo para os tratamentos com EDTA de  $250 \text{ mg L}^{-1}$  e  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , mas aumentou ao longo do tempo na taxa de aplicação de EDTA a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2). Após 1 semana de aplicação de EDTA a  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , o pH da água foi de  $8,1 \pm 0,08$  (o pH inicial da água foi de  $7,2 \pm 0,04$ ).

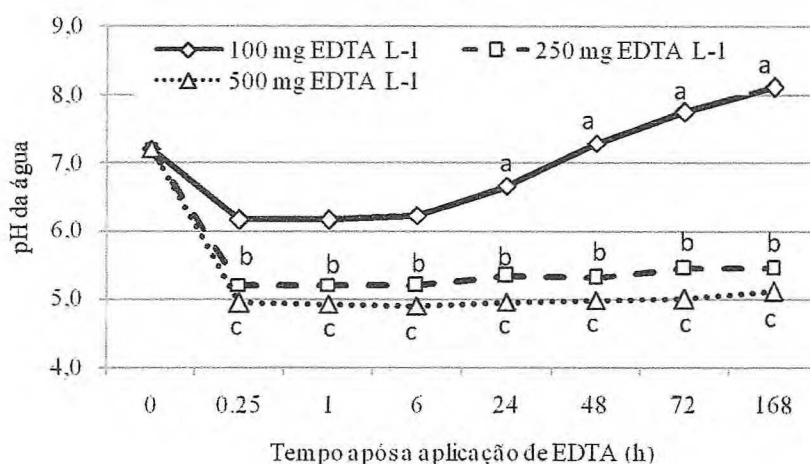


Figura 2 – pH da água depois da aplicação de Na – EDTA em três doses diferentes ( $100$ ,  $205$  e  $500 \text{ mg L}^{-1}$ ). Ph inicial da água =  $7,2 \pm 0,04$ . Em cada época, os meios com letras diferentes indicam que há diferença estatisticamente significativa entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Cada valor apresneto a média de três repetições.

A diminuição do pH da água após a aplicação do EDTA já era esperado uma vez que o EDTA é um ácido. Além disso, foi também previsto que a maior aplicação de EDTA utilizado resultou em um efeito maior na redução do pH da água. O expressivo aumento no pH da água após 24 h apenas na taxa de aplicação de EDTA a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  pode ser explicada pela relação entre  $\text{CO}_3^{-2}$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Neste caso, como o EDTA retirou  $\text{Ca}^{+2}$  da solução,  $\text{CO}_3^{-2}$  tornou-se livre para reagir com a água e liberar  $\text{OH}^-$  de acordo com a seguinte reação:  $\text{CO}_3^{-2} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$  (BOYD, 1979).

O mesmo, porém, não aconteceu nas taxas de aplicação de EDTA de  $250 \text{ mg L}^{-1}$  e  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , pois as concentrações significativamente mais elevadas de  $\text{H}^+$  na água foram capazes de neutralizar o efeito de  $\text{OH}^-$  e abaixar o pH da água. Este fenômeno também foi relatado por Schmidt e Brauch (2004), que observaram que os sais de sódio de

aminopolicarboxilatos, como utilizado no presente trabalho, podem ter uma reação alcalina com a água.

O efeito do aumento das taxas de aplicação de EDTA sobre a dureza da água do cálcio foi realizada para estabelecer uma expressão matemática válida que representa a relação entre a concentração de cálcio desejada na água e EDTA necessário: relação de dureza inicial de cálcio. Com base nos dados obtidos, a expressão:

$$y = -0.0911x + 3,3628 \quad (R^2 = 0,933)$$

foi obtida a partir da análise de regressão linear realizada (Figura 3).

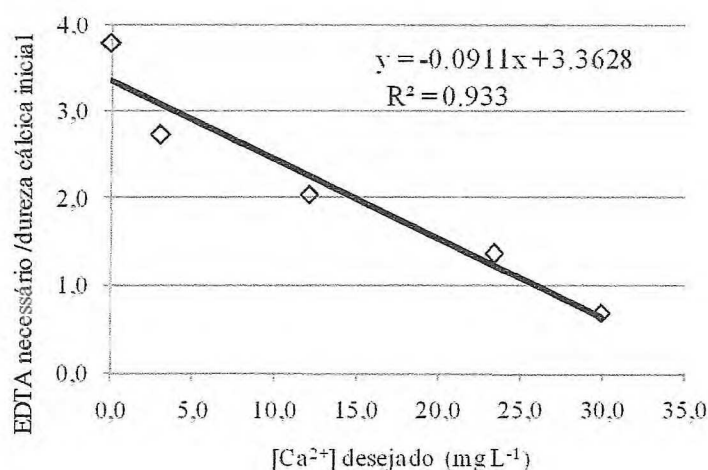


Figura 3 - Relação entre a concentração de cálcio desejada na água ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e a razão de EDTA necessário/dureza cálcica inicial. Cada ponto representa a média de 3 repetições.

Nessa expressão,  $x$  representa a concentração de cálcio na água desejada e  $y$  é a relação entre a quantidade de EDTA necessária / dureza cálcica inicial. Portanto, uma vez que a concentração de cálcio na água desejada é definida, a expressão acima dá o EDTA necessário: a relação de dureza inicial de cálcio que induz a isso. Por exemplo, se a dureza cálcica inicial da água é  $50,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  e deseja-se produzir água isenta de cálcio ( $x = 0$ ), a taxa de aplicação de EDTA necessário é igual a  $3,3628 \cdot 50,0$  ou  $168,1 \text{ mg L}^{-1}$ . Se o objetivo é a produção de água mole a  $5 \text{ mg L}^{-1}$  ( $x=5$ ), seria necessário  $2,9073 \cdot 50,0$  ou  $145,4 \text{ mg L}^{-1}$  de EDTA.



Essa expressão matemática, no entanto, precisa ser reforçada com mais dados experimentais, a fim de ter uma ampla aplicação. Apesar de algumas inconsistências que podem ocorrer, ela pode dar uma boa aproximação para os verdadeiros valores para os pesquisadores que trabalham sobre a água isenta de cálcio e água mole para experimentos em aquicultura.

### 3.2 – Primeira fase: Elevação de dureza da água com diferentes fontes alternativas de cálcio

A dureza cálcica da água mole, antes da aplicação dos sais, foi de  $4,1 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 4). A maior dureza cálcica foi obtida após a aplicação de  $\text{CaCl}_2$ ,  $8,4 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  após 1 semana, havendo diferença significativa quando comparado aos sais  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSO}_4$ , em todos os tempos analisados. Não se verificou diferença significativa entre a dureza cálcica da água após a aplicação de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaSO}_4$ . Carbonato de cálcio e sulfato de cálcio não aumentaram a dureza cálcica de forma tão eficaz quanto o  $\text{CaCl}_2$ .

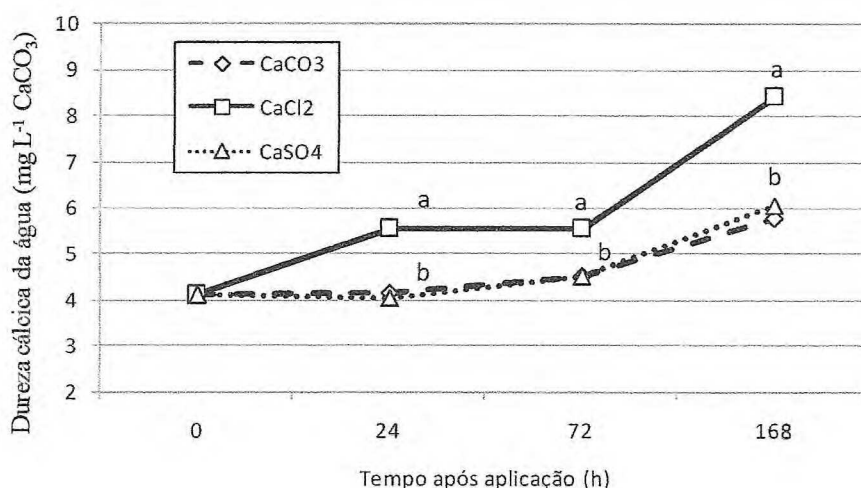


Figura 4 - Dureza cálcica da água após a aplicação inicial de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de diferentes fontes p.a. de cálcio (carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ ; cloreto de cálcio,  $\text{CaCl}_2$ ; sulfato de cálcio,  $\text{CaSO}_4$ ;  $n = 3$ ). Dureza cálcica inicial da água =  $4,1 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ . Em cada tempo após a aplicação, médias com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A maior dureza cálcica da água tratada com cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) se deve a grande solubilidade desse sal em água. Segundo Vogel (1981), a maioria dos cloretos é bastante solúvel em água e o cloreto ligado ao cálcio apresenta efeito semelhante ou até maior, quanto à solubilidade em água. Desse modo, a dureza cálcica da água tratada com cloreto de cálcio ( $8,4 \text{ mg L}^{-1}$ ) se diferenciou significativamente da dureza cálcica da água tratada com carbonato de cálcio ( $5,78 \text{ mg L}^{-1}$ ) e sulfato de cálcio ( $6,06 \text{ mg L}^{-1}$ ). A solubilidade do carbonato de cálcio em água é semelhante a do sulfato de cálcio. Segundo Vogel (1981), os carbonatos são insolúveis em água e os sulfatos são levemente solúveis em água.

Em etapa posterior, aplicou-se na água os produtos em teste (carbonato de cálcio, cloreto de cálcio e sulfato de cálcio), em diferentes taxas ( $0,050$ ;  $0,075$ ;  $0,100$ ;  $0,125$  e  $0,150 \text{ g L}^{-1}$ ), em água mole (dureza cálcica =  $12 \text{ mg L}^{-1}$ ; Figura 5). Não houve diferença significativa entre dureza cálcica das águas tratadas com carbonato de cálcio ou cloreto de cálcio na taxa de aplicação de  $0,050 \text{ g L}^{-1}$ . À medida que a taxa de aplicação aumentou, observou-se grande elevação na dureza cálcica da água tratada com cloreto de cálcio. O sulfato de cálcio não aumentou a dureza cálcica da água com mesma efetividade do cloreto de cálcio. O carbonato de cálcio foi dos três produtos avaliados (carbonato de cálcio, cloreto de cálcio e sulfato de cálcio), aquele que menos elevou a dureza cálcica da água. Na maior taxa de aplicação realizada ( $0,150 \text{ g L}^{-1}$ ), a dureza cálcica da água tratada com cloreto de cálcio foi significativamente maior que o observado nas águas tratadas com sulfato de cálcio ou carbonato de cálcio (Figura 5).

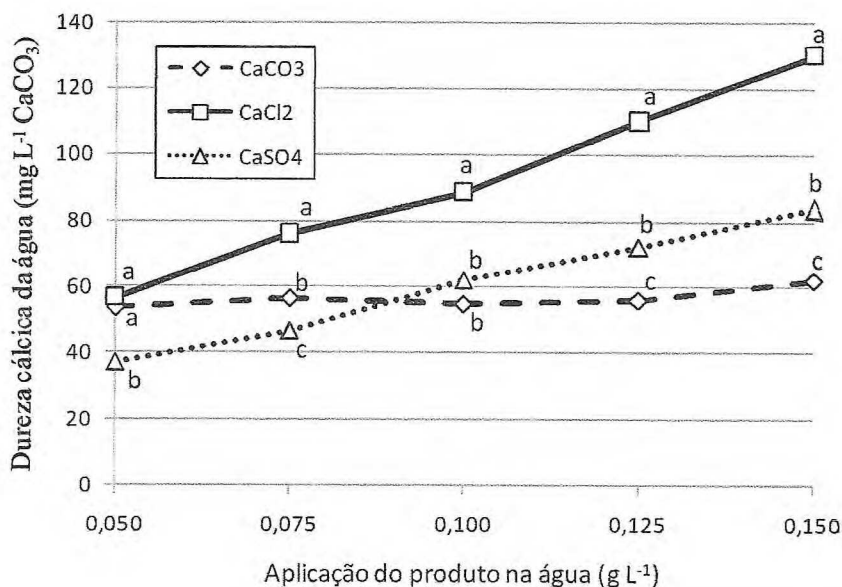


Figura 5 - Dureza cálcica da água após 1 semana da aplicação de concentrações crescentes de diferentes fontes p.a. de cálcio (carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>; cloreto de cálcio, CaCl<sub>2</sub>; sulfato de cálcio, CaSO<sub>4</sub>; n = 3). Dureza cálcica inicial da água = 12 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> eq. Em cada taxa de aplicação, médias com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

Dos três compostos estudados no presente trabalho (carbonato de cálcio, sulfato de cálcio e cloreto de cálcio), o cloreto de cálcio é o único solúvel em água (VOGEL, 1981). Portanto, a dureza da água aumenta de forma diretamente proporcional à taxa de aplicação de cloreto de cálcio.

O carbonato de cálcio não elevou a dureza cálcica da água de forma tão efetiva quanto o cloreto de cálcio, devido à insolubilidade do primeiro composto em água. O carbonato de cálcio se solubiliza apenas na presença de ácidos em solução aquosa (VOGEL, 1981). Por isso, necessita-se de maiores quantidades de carbonato de cálcio para elevar a dureza cálcica da água ao nível desejado (QUEIROZ; BOYD, 2004). Como nesse teste não havia organismos vivos que liberassem CO<sub>2</sub> dissolvido para água, o carbonato de cálcio adicionado à água pouco se dissolveu. Na água, CO<sub>2</sub> livre geralmente está combinado com outros compostos. A reação do CO<sub>2</sub> com o carbonato de cálcio é a seguinte: CaCO<sub>3</sub> (s) + H<sub>2</sub>O (l) + CO<sub>2</sub> (g) ↔ Ca<sup>+2</sup> (aq.) + 2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (aq.). Portanto, havendo gás carbônico na água em concentrações apreciáveis, o mesmo reagirá com o carbonato de cálcio, solubilizando-o na água (ESTEVES, 1998).

O comportamento químico do sulfato de cálcio na água é semelhante ao do carbonato de cálcio, fato esse relacionado à solubilidade dos mesmos. Segundo Vogel (1981), os sulfatos são levemente solúveis em água. Sais como carbonatos, fosfatos e sulfatos de

cálcio se precipitam quimicamente, favorecidos por alta temperatura e altos valores de pH (MEDEIROS et al., 2003).

### *3.3 – Segunda fase: Qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia submetidos a fontes alternativas de cálcio*

Não houve diferença significativa entre os tratamentos experimentais para fósforo reativo e transmitância óptica (Tabela 1). A maior alcalinidade total foi encontrada na água mole tratada com  $\text{CaCO}_3$ , sendo esta significativamente diferente dos demais tratamentos. Observou-se também que não houve diferença significativa entre a alcalinidade total do controle positivo (água de abastecimento) e controle negativo (água mole), demonstrando que a aplicação de Na-EDTA na água de abastecimento não influenciou na sua alcalinidade.

Os maiores valores de dureza cálcica foram observados nos tratamentos água mole tratada com  $\text{CaCl}_2$  e água mole tratada com  $\text{CaCO}_3$ , não havendo diferença significativa entre eles (Tabela 1). A dureza total da água seguiu os padrões da dureza cálcica. Os maiores valores de dureza total foram observados nos tratamentos água mole tratada com  $\text{CaCl}_2$  e água mole tratada com  $\text{CaCO}_3$ , não havendo diferença significativa entre ambas. Não houve diferença significativa entre o controle positivo (água de abastecimento) e água mole tratada com  $\text{CaSO}_4$  para dureza total. A dureza total da água mole foi significativamente menor quando comparada aos demais resultados.

Tabela 1- Fósforo reativo, Transmitância óptica, Alcalinidade total, Dureza cálcica e Dureza total da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, submetidos a diferentes tratamentos de água, mantidos em aquários de 25 L durante 8 semanas (média  $\pm$  d.p.; n=4).

Tratamento	Fósforo reativo (mg L <sup>-1</sup> )	Transmitância óptica 670 nm (%)	Alcalinidade total (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	Dureza cálcica (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	Dureza total (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )
Água de abastecimento <sup>1</sup>	0,08 $\pm$ 0,03	67,63 $\pm$ 4,83	46,59 $\pm$ 2,09 b <sup>6</sup>	28,50 $\pm$ 2,40 c	74,38 $\pm$ 4,54 b
Água mole <sup>2</sup>	0,14 $\pm$ 0,04	62,43 $\pm$ 2,80	46,97 $\pm$ 3,68 b	13,81 $\pm$ 2,17 d	57,17 $\pm$ 2,15 c
Água mole + CaCO <sub>3</sub> <sup>3</sup>	0,11 $\pm$ 0,04	63,00 $\pm$ 4,02	64,05 $\pm$ 2,01 a	42,72 $\pm$ 3,70 a	88,05 $\pm$ 4,69 a
Água mole + CaCl <sub>2</sub> <sup>4</sup>	0,15 $\pm$ 0,02	60,71 $\pm$ 1,20	41,93 $\pm$ 1,93 b	48,50 $\pm$ 4,84 a	88,82 $\pm$ 1,19 a
Água mole + CaSO <sub>4</sub> <sup>5</sup>	0,15 $\pm$ 0,04	61,50 $\pm$ 2,52	41,78 $\pm$ 2,30 b	35,68 $\pm$ 3,93 b	76,10 $\pm$ 3,27 b
ANOVA P	ns <sup>7</sup>	ns	<0,001	<0,001	<0,001

<sup>1</sup> Água municipal da Cagece, (Companhia de água e esgoto do Ceará), livre de cloro residual com Dureza cálcica = 40,40  $\pm$  2,17 e Alcalinidade total = 53,25  $\pm$  5,19; <sup>2</sup> Água de abastecimento com dureza artificialmente reduzida pela aplicação de EDTA numa concentração de 0,1g L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio p.a. à água mole; <sup>4</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio p.a. à água mole; <sup>5</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de cálcio p.a. à água mole; <sup>6</sup> Para cada variável, letras diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (<0,05); <sup>7</sup> Não há diferença significativa entre as médias.

Os valores da transmitância óptica da água a 670 nm foram relativamente baixos (Tabela 1). Esta diminuição se deve ao desenvolvimento de fitoplâncton nos aquários experimentais. Com o aumento na biomassa fitoplanctônica, houve diminuição na transparência da água e, conseqüentemente, menor transmitância ótica (CAVALCANTE et al. 2009). Como a concentração de fitoplâncton era alta, observou-se baixa concentração de fósforo reativo, já que o fósforo é ativamente assimilado pelos produtores primários (ESTEVEZ, 1998; Tabela 1).

O calcário agrícola (CaCO<sub>3</sub>) é usado na calagem de viveiros com baixa alcalinidade e dureza (QUEIROZ; BOYD, 2004). Alcalinidade total se refere à concentração total de bases tituláveis presentes na água, sendo os bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) os principais íons (KUBITZA, 2003). Quando o carbonato de cálcio reage com a água e dióxido de carbono, há liberação de cálcio e bicarbonatos solúveis para água (BOYD, 1979)



Com a liberação de cálcio e bicarbonato na água, há um aumento simultâneo na dureza cálcica e alcalinidade total da água, respectivamente. Sulfato de cálcio e cloreto de cálcio não elevaram a alcalinidade da água porque os mesmos não liberam íons bicarbonatos ou carbonatos quando reagem na água. Segundo, Kubitzka (2003), o gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ) pode ser muito utilizado para aumentar apenas os valores de dureza total, não alterando a alcalinidade total da água.

A aplicação de cloreto de cálcio ou carbonato de cálcio à água foi mais eficiente na elevação da dureza cálcica quando comparado com a aplicação de sulfato de cálcio. Para o cloreto de cálcio, explica-se o aumento na dureza cálcica devido a sua maior solubilidade em água (VOGUEL, 1981). O carbonato de cálcio elevou a concentração de cálcio na água pela reação do carbonato de cálcio com o  $\text{CO}_2$  liberado pela respiração das algas, peixes e do zooplâncton, bem como pelos processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica. Ao longo do cultivo, a respiração e decomposição podem exceder a atividade fotossintética, aumentando consideravelmente a concentração de  $\text{CO}_2$  no sistema (BOYD & TUCKER, 1998).

A menor dureza cálcica foi da água mole, demonstrando a eficiência do EDTA na redução da dureza cálcica da água (Gopal et al., 2009). Os resultados de dureza total seguiram os padrões dos resultados de dureza cálcica. As maiores durezas totais foram observadas nas águas tratadas com cloreto de cálcio e carbonato de cálcio. A não observação de diferença entre os tratamentos água de abastecimento e água mole tratada com  $\text{CaSO}_4$  para dureza total se deve, provavelmente, ao efeito do cálcio presente na ração ofertada aos peixes cultivados. Sendo assim, sugere-se que a incorporação de cálcio na água através da ração foi maior nos aquários com água da torneira que nos aquários tratados com  $\text{CaSO}_4$ , havendo, dessa forma, nivelamento entre esses dois tratamentos para dureza total.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos experimentais do presente trabalho para temperatura da água (Tabela 2). Os relativamente baixos valores de temperatura da água encontrados se devem ao horário de sua medição que ocorreram no início da manhã. Segundo as recomendações da Emater (2004) a tilápia do Nilo se desenvolve bem quando a temperatura de água de cultivo está entre 26 a 30°C. Portanto, os resultados de temperatura da água do presente trabalho estão na faixa ideal para o cultivo de tilápias. A significativamente maior condutividade elétrica da água foi observada para água mole tratada com cloreto de cálcio. Isso confirma os resultados da fase anterior do experimento, demonstrando a maior

solubilidade do cloreto de cálcio em água, frente os demais compostos testados (carbonato de cálcio e cloreto de cálcio).

Os resultados de pH da água mostraram que a água de cultivo estava adequada quanto a esta variável, pois segundo Arana (1997), águas com valores de pH compreendidos na faixa de 6,5 a 9,0, são adequadas ao cultivo de peixes.

Não houve diferença significativa entre o pH da água mole tratada com  $\text{CaCO}_3$  e o pH da água mole tratada com  $\text{CaSO}_4$ . Por outro lado, o pH da água tratada com  $\text{CaCO}_3$  ou com  $\text{CaSO}_4$  foi significativamente maior que o observado na água de abastecimento, água mole e água mole tratada com cloreto de cálcio (Tabela 2). A elevação do pH da água tratada com carbonato de cálcio em relação à água de abastecimento se deve a reação alcalina entre o carbonato e a molécula de água (BOYD; TUCKER, 1998). A elevação do pH da água tratada com sulfato de cálcio foi inesperada e deveria ser melhor investigada em estudos posteriores. .

Houve diferença significativa para concentração de amônia total na água entre os tratamentos experimentais (Tabela 2). As diferenças observadas entre as concentrações de amônia da água foram provavelmente afetadas pela excreção nitrogenada dos peixes. Segundo Kubitzka (2003), a amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes para água. A água mole apresentou o maior valor médio de amônia total, não havendo diferença significativa para a água tratada com sulfato de cálcio. A qualidade da água de cultivo pode afetar, positiva ou negativamente, o aproveitamento dos alimentos pelos animais. É possível que os peixes cultivados em água mole tenham excretado maior quantidade de amônia para água por conta da condição desfavorável em que viviam. Outra possibilidade é que a digestão da ração ingerida tenha sido menor nos peixes cultivados em água mole. Nesse caso, a maior decomposição fecal teria elevado a concentração de amônia na água.

A concentração de amônia tóxica ( $\text{NH}_3$ ) na água dos aquários tratados com  $\text{CaSO}_4$  ou  $\text{CaCO}_3$  foram significativamente maiores que dos demais tratamentos Segundo Kubitzka (2003), as concentrações de amônia tóxica, capazes de matar 50% dos peixes em noventa e seis horas variam 0,3 a 3,8  $\text{mg L}^{-1}$ , em função da espécie, tamanho dos peixes, etc. A maior concentração de  $\text{NH}_3$  nos aquários tratados com carbonato de cálcio ou sulfato de cálcio se deveu, provavelmente, ao pH da água. A amônia pode ser encontrada na água na forma do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou amônia não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ). O pH é o principal fator determinante das proporções em que as duas formas de amônia se encontram na água. Quanto maior o pH, maior será a porcentagem da forma tóxica ( $\text{NH}_3$ ), (DIEMER et al., 2010).

Tabela 2 - Temperatura, Condutividade elétrica, pH, Amônia total e Nitrito da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, submetidos a diferentes tratamentos de água, mantidos em aquários de 25 L durante 8 semanas (média  $\pm$  d.p.; n=4).

Tratamento	Temperatura (°C)	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	Amônia total ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Amônia tóxica ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Água de abastecimento <sup>1</sup>	26,2 $\pm$ 0,2	374 $\pm$ 16,9 d	8,2 $\pm$ 0,1b <sup>6</sup>	0,53 $\pm$ 0,01 c	0,03 $\pm$ 0,01 b
Água mole <sup>2</sup>	26,3 $\pm$ 0,0	375 $\pm$ 18,6 b	8,2 $\pm$ 0,1b	0,88 $\pm$ 0,05 a	0,05 $\pm$ 0,01 b
Água mole + CaCO <sub>3</sub> <sup>3</sup>	26,6 $\pm$ 0,1	404 $\pm$ 4,1 c	8,5 $\pm$ 0,2a	0,81 $\pm$ 0,07 b	0,13 $\pm$ 0,01 a
Água mole + CaCl <sub>2</sub> <sup>4</sup>	26,4 $\pm$ 0,1	479 $\pm$ 10,6 a	8,2 $\pm$ 0,1b	0,78 $\pm$ 0,04 b	0,04 $\pm$ 0,01 b
Água mole + CaSO <sub>4</sub> <sup>5</sup>	26,4 $\pm$ 0,1	446 $\pm$ 23,7 b	8,4 $\pm$ 0,1a	0,82 $\pm$ 0,07 ab	0,13 $\pm$ 0,01 a
ANOVA P	ns <sup>7</sup>	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05

<sup>1</sup> Água municipal da Cagece, (Companhia de água e esgoto do Ceará), livre de cloro residual com Dureza cálcica = 40,40  $\pm$  2,17 e Alcalinidade total = 53,25  $\pm$  5,19; <sup>2</sup> Água de abastecimento com dureza artificialmente reduzida pela aplicação de EDTA numa concentração de 0,1g L<sub>-1</sub>; <sup>3</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio p.a. à água mole; <sup>4</sup> Aplicação de 30 mg L<sub>-1</sub> de cloreto de cálcio p.a. à água mole; <sup>5</sup> Aplicação de 30 mg L<sub>-1</sub> de sulfato de cálcio p.a. à água mole; <sup>6</sup> Para cada variável, letras diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (<0,05); <sup>7</sup> Não há diferença significativa entre as médias.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para nenhuma das variáveis de desempenho zootécnico observadas no presente trabalho (Tabela 3). A presença de cálcio solúvel na água contribui positivamente para o crescimento dos peixes. Vários autores verificaram que o cálcio presente na água é capaz de proteger o peixe contra a ação de pH ácidos e alcalinos (YESAKI & IWAMA, 1992 ; WOOD, 2001). Verificou-se, além disso, que águas com dureza moderada tendem a reduzir os efeitos de metabólitos tóxicos em peixes (SPRAGUE, 1985). O fato de não ter havido diferença significativa quanto aos parâmetros zootécnicos observados no presente trabalho, foi devida, provavelmente, a elevada porcentagem de cálcio na ração em pó ofertada aos animais cultivados (5% máx.). Portanto, a remoção de cálcio da água pela aplicação de Na-EDTA não foi suficiente para interferir negativamente nas variáveis zootécnicas da tilápia do Nilo pela compensação via absorção intestinal.

Tabela 3 - Desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em aquários de polietileno de 25 L submetidos a diferentes tratamentos de água, (média  $\pm$  d.p.; n = 4).

Tratamento	Peso final (g)	Ganho em peso (g/semana)	Comp. corporal final (cm)	Sobrevivência (%)	Biomassa total final (g/m <sup>2</sup> )	FCA
Água de abastecimento <sup>1</sup>	5,41 $\pm$ 1,57	0,60 $\pm$ 0,19	7,07 $\pm$ 0,65	80 $\pm$ 16,33	84,19 $\pm$ 18,22	0,24 $\pm$ 0,04
Água mole <sup>2</sup>	4,89 $\pm$ 0,35	0,54 $\pm$ 0,04	6,63 $\pm$ 0,12	85 $\pm$ 10,00	82,91 $\pm$ 8,11	0,25 $\pm$ 0,01
Água mole + CaCO <sub>3</sub> <sup>3</sup>	4,33 $\pm$ 0,87	0,47 $\pm$ 0,11	6,73 $\pm$ 0,33	90 $\pm$ 11,55	77,17 $\pm$ 12,08	0,27 $\pm$ 0,03
Água mole + CaCl <sub>2</sub> <sup>4</sup>	4,81 $\pm$ 0,65	0,52 $\pm$ 0,08	6,69 $\pm$ 0,42	80 $\pm$ 16,33	75,52 $\pm$ 7,16	0,27 $\pm$ 0,03
Água mole + CaSO <sub>4</sub> <sup>5</sup>	5,91 $\pm$ 1,49	0,66 $\pm$ 0,19	7,15 $\pm$ 0,76	85 $\pm$ 19,15	96,20 $\pm$ 3,22	0,21 $\pm$ 0,02
ANOVA P	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Água municipal da Cagece (Companhia de água e esgoto do Ceará) livre de cloro residual com Dureza cálcica = 40,40  $\pm$  2,17 e Alcalinidade total = 53,25  $\pm$  5,19; <sup>2</sup> Água de abastecimento com dureza artificialmente reduzida pela aplicação de EDTA numa concentração de 0,1g L<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio p.a. à água mole; <sup>4</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio p.a. à água mole; <sup>5</sup> Aplicação de 30 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de cálcio p.a. à água mole; <sup>6</sup> Não há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (<0,05).

Robinson et al. (1984) determinaram para larvas de *Tilapia aurea* cultivadas em águas isentas de cálcio, que a ração ofertada aos animais deveria ter entre 0,17% e 0,65% de cálcio e que, para cada espécie, deve existir uma concentração ideal dessa substância na água e no alimento ofertado para manter boas condições fisiológicas. No presente trabalho, o delineamento experimental permitiu avaliar apenas a influência da dureza cálcica na água, sem considerar a absorção intestinal de cálcio do alimento, sobre o crescimento dos juvenis de tilápia do Nilo.

Estudos mostraram o aumento na sobrevivência e na produtividade de peixes cultivados em função da concentração de cálcio na água (ARCE E BOYD, 1975). Outros estudos relataram que larvas de *Oreochromis aureus* criadas em águas com baixas concentrações de cálcio (< 1mg Ca<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup>), reduziram significativamente o ganho de peso e a composição de minerais dos tecidos, quando não havia suplementação de cálcio na dieta (O'CONNELL e GATLIN III, 1994). Portanto, há aumento na sobrevivência dos peixes cultivados quando existem maiores quantidades de cálcio na água. Porém, para que se observe

queda significativa no crescimento, faz-se necessário retirar ao mesmo tempo a entrada de cálcio via água e via alimento,

#### 4 – CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho permitem concluir o que segue:

1. O EDTA é um produto muito eficaz para retirar o cálcio da solução. Além disso, é também evidente que a redução do efeito de EDTA sobre a concentração de cálcio na água é estável ao longo do tempo.
2. O EDTA produz efeitos significativos do pH da água, portanto é importante usá-lo com cautela em águas destinadas à criação de peixes experimentalmente. Outra alternativa é corrigir o pH da água após a aplicação de EDTA com uma solução ácida ou alcalina, dependendo do caso.
3. Não há vantagem zootécnica em se substituir o carbonato de cálcio (calcário agrícola) pelo cloreto de cálcio ou sulfato de cálcio (gesso agrícola) na correção da dureza da água de cultivo de tilápias;
4. Apesar da aplicação de cloreto de cálcio na água elevar significativamente mais a dureza cálcica da água que as aplicações de carbonato de cálcio e de sulfato de cálcio, não há benefício aparente para o desempenho zootécnico se os animais cultivados são alimentados com ração balanceada contendo percentual significativo de cálcio na mesma;
5. O cultivo de juvenis de tilápia do Nilo na fase de recria poderá ocorrer de forma satisfatória em água mole desde que se alimente os animais com rações balanceadas contendo teor elevado de cálcio.

## REFERÊNCIAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20th ed. Washington: APHA, 1999.

ARANA, L.V. **Princípios Químicos de Qualidade de Água em Aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Ed. Da UFSC, 1997. 166p.

ARCE, R. G.; BOYD, C. E. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity and fish production in soft-water ponds. *Trans. Am. Fish.Soc.*, Alabama, v. 104, n. 1; p. 308-312, 1975.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Ponds aquaculture water quality management**. Springer, 1998. 700 p.

BOYD, C.E. **Water quality in warmwater fish ponds**. Auburn University: Auburn, 1979. 359 p.

BUCHELI-WITSCHELA, M.; EGLIA, T. Environmental fate and microbial degradation of aminopolycarboxylic acids. *FEMS Microbiology Reviews*, v.25, n.1, p. 69-106, 2001.

CASTILLE JR., F.L.; LAWRENCE, A. L. The effects of EDTA (ethylene dinitrotetracetic acid) on the survival and development of shrimp nauplii (*Penaeus stylirostris* Stimpson) and the interactions of EDTA with the toxicities of cadmium, calcium, and phenol. *The Journal of the World Aquaculture Society*, v.12, n.2, p.292-304, 1981.

CAVALCANTE, D. H. **Elevação isolada ou combinada da alcalinidade e da dureza total da água de cultivo de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, mantido em condições laboratoriais**. 2009. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

CYRINO, J. E. P., FRACALOSSO, D.M., BARROS, M. M., PEZZATO, L. E., **Nutrição de peixes**. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, editado por CYRINO, J.E.P., *et al* . São Paulo: TecArt, 2004. 533p.

DI PALMA, L.; MECOZZI, R. Heavy metals mobilization from harbour sediments using EDTA and citric acid as chelating agents. *Journal of hazardous materials*, v.147, n.3, p.768 - 775, 2007.

DIEMER, O.; NEU, D.H.; FEIDEN, A.; LORENZ, E.K.; BITTENCOURT, F. BOSCOLO, W.R. Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas em ambiente de criação de peixes em tanques-rede. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.1, p.24-31, 2010.

EMATER divulga modelo de produção de tilápia. Agência de notícias estado do Paraná, Toledo, nov.2004.

Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/module/noticias/article.php?storyid=9472&tit=Ema-ter-divulga-modelo-de-producao-de-tilapia>>. Acesso em: 9 nov. 2010.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª edição. Interciência :Rio de Janeiro, 1998. 602p.

GOPAL, R.; NARMADA, S.; VIJAYAKUMAR, R.; JALEEL, C.A. Chelating efficacy of CaNa<sub>2</sub>-EDTA on nickel-induced toxicity in *Cirrhinus mrigala* (Ham.) through its effects on glutathione peroxidase, reduced glutathione and lipid peroxidation. **Comptes Rendus – Biologies**, v.332, n.8, p.685-696, 2009.

KUBTIZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v.8, n.46, p. 38, 1998.

KUBTIZA, F. **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: Degaspari, 2003. 229 p.

KUBTIZA, F. **Técnicas de transporte de peixes vivos**. Jundiaí, p. 51, 1999.

KUBTIZA, F. Transporte de peixes vivos. **Panorama da Aquicultura**, v.7, n.43, p. 26, 1997.

LAWRENCE, A. L.; FOX, J.; CASTILLE JR., F.L. Decreased toxicity of copper and manganese ions to shrimp nauplii (*Peaeus stylirostris* Stimpson) in the presence of EDTA. **The Journal of the World Aquaculture Society**, v.12, n.1, p.271-280, 1981.

LICOP, M. S. R. Sodium-EDTA effects on survival and metamorphosis of *Penaeus monodon* larvae. **Aquaculture**, v.74, n.3-4, p.239-247, 1988.

MEDEIROS, J.F. de et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi .Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MIRANDA, E. C.; PEZZATO, A. C.; PEZZATO, L. E.; *et al.* Relação cálcio/ fósforo em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zool.** v.29, n.6, p. 2162-2171, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy Press, 1993.

O'CONNELL, J. P.; GATLIN III, D. M. Effects of dietary calcium and vitamin D3 on weight gain and mineral composition of the blue tilapia (*Oreochromis aureus*) in low-calcium water. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 125, p. 107-117, 1994.

QUEIROZ, J.F de., BOYD, C.E., Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**, editado por CYRINO, J.E.P., *et al.* São Paulo: TecArt, 2004. 533p.

ROBINSON, E. H. *et al* An estimate of the dietary calcium requirement of fingerling *Tilapia aurea* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.41, n.4, p.389-393, 1984.

ROBINSON, E. H. *et al* Dietary calcium requirement of channel catfish *Ictalurus punctatus*, reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.53, n.3-4, p.263-270, 1986.

ROBINSON, E.H. *et al* Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.64, n.4, p. 267-276, 1987.

ROBINSON, E. H. *et al.* An estimative of the dietary calcium requirement of fingerling *Tilapia aurea* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 41, p. 389-393, 1984.

SCHMIDT, C.K.; BRAUCH, H.-J. Impact of aminopolycarboxylates on aquatic organisms and eutrophication: Overview of available data. **Environmental toxicology**, v.19, n.6, p.620 - 637, 2004.

SILLANPAA, M.; ORAMA, M.; RAMO, J.; OIKARI, A. The importance of ligand speciation in environmental research: a case study. **The Science of the total environment**, v.267, n.1-3, p.23-31, 2001.

SILVA-NETO, J.F.; TORRES, V.M.; LIMA, P.W.C.; FARIAS, W.R.L. Cultivo experimental de pós-larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* submetidas a três estratégias de alimentação. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.3, p.410-415, 2008.



SPRAGUE, J. B. Factors that modify toxicity. In: Rand G. M., Petrocelli S. R. (Eds). **Fundamentals of Aquatic Toxicology**. Haper and Row. New York. p. 124 – 163, 1985.

UTTING, S. D.; HELM, M. M. Improvement of sea water quality by physical and chemical pre-treatment in a bivalve hatchery. **Aquaculture**, v.44, n.2, p.133-144, 1985.

VAHATALO, A. V.; WETZEL, R. G.; PAERL, H. W. Light absorption by phytoplankton and chromophoric dissolved organic matter in the drainage basin and estuary of the Neuse River, North Carolina (USA). **Freshwater biology**, v.50, n.03, p.477 - 493, 2005.

VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. São Paulo, 5ª edição, p. 328 – 379, 1981.

WOOD, C. M. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D., Benson, W. H., Organs, V. I. (Eds), **Target organ toxicity in marine and freshwater teleosts**. Taylor & Francis, London, p. 1-89, 2001.

YESAKI, T. Y. & IWAMA, G. K. Survival, acid-base regulation, and ammonia excretion in rainbow trout in highly alkaline hard water. **Physiol. Zool.** n. 65, p. 763-787, 1992.