

EFEITO DO ÓXIDO DE CÁLCIO SOBRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE *Piaractus mesopotamicus* (PACU) E *Colossoma macropomum* (TAMBAQUI) *

Lúcia Helena SIPAÚBA-TAVARES¹; Cíntia Costa CELESTE¹;
Francisco Manoel de Souza BRAGA²

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do óxido de cálcio na qualidade da água de dois viveiros, um tratado com óxido de cálcio (V₁) e outro sem o tratamento (V₂), contendo espécimes de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), durante o período de seca (julho a outubro) de 1997. O óxido de cálcio afetou diretamente a condutividade, transparência, pH, alcalinidade, bicarbonato, carbonato e ortofosfato. A água de abastecimento contribuiu com elevados aportes de clorofila-*a*, ortofosfato e compostos nitrogenados para os viveiros. O óxido de cálcio, aplicado diretamente no sedimento do viveiro V₁ quando ainda vazio, proporcionou concentrações de magnésio, potássio e cobre inferiores às registradas no V₂. Em geral, o teor de fósforo e de ferro no sedimento do V₁ foi menor que no de V₂. A aplicação do óxido de cálcio nos viveiros de criação de pacu e tambaqui melhorou a qualidade da água e favoreceu as condições de cultivo, diminuindo a transparência e aumentando a alcalinidade. Em geral, observou-se redução das concentrações dos compostos nitrogenados no meio, os quais foram disponibilizados para o fitoplâncton. Os materiais utilizados na calagem são necessários, pois melhoram a qualidade de água e aumentam a produtividade do viveiro.

Palavras-chave: qualidade da água; calagem; fatores físicos e químicos da água; viveiros

EFFECTS OF CALCIUM OXIDE ON LIMNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Piaractus mesopotamicus* (PACU) AND *Colossoma macropomum* (TAMBAQUI) PONDS

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effects of calcium oxide on the water quality of two ponds (V₁: with calcium oxide and V₂: without calcium oxide) populated with pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*), during the draught period from July to October 1997. Calcium oxide influenced greatly the conductivity, transparency, pH, alkalinity, bicarbonate, carbonate and orthophosphate of the water pond. Inlet water carried into the fishponds high levels of chlorophyll-*a*, orthophosphate and nitrogen compounds. Calcium oxide applied on the sediment of empty V₁ resulted in reduced values of magnesium, potassium, and copper concentrations. Phosphorus and iron levels were lower in the sediment of pond V₁ when compared to those registered in V₂. Calcium oxide applied on water pond favoured culture conditions, reduced transparency and increased alkalinity. In general, the concentrations of nitrogen compounds in the pond were reduced, making available the phytoplankton development. The application of liming materials when necessary keeps good records to the improvement of water quality and overall pond productivity.

Key words: water quality; liming; fishponds; physical and chemical parameters

Nota Científica: Recebida em 23/08/2005 - Aprovada em 25/07/2006

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aqüicultura - Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane s/n Jaboticabal, SP, Brasil - CEP: 14884-900 - e-mail: sipauba@caunesp.unesp.br

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia - Av. 24 A 1515, Rio Claro, SP, Brasil - CEP: 13506-000

*Apoio financeiro da CAMPICAL Ltda

INTRODUÇÃO

O óxido de cálcio é utilizado na manutenção do pH alcalino da água, neutralizando a acidez do sedimento e, conseqüentemente, aumentando a alcalinidade e a dureza, melhorando as condições sanitárias e prevenindo doenças de peixes. Os valores de pH e dos teores de minerais da água são o resultado de interações entre o sedimento e a água utilizada (WURTS e MASSER, 2004).

A calagem no fundo dos viveiros geralmente é feita de forma ampla, ao acaso e freqüentemente de maneira imprópria, sem considerar a capacidade dos compostos de neutralizar o sedimento (OLIVA *et al.*, 2001).

O pH alcalino promove grande disponibilidade de nutrientes e de dióxido de carbono na forma de bicarbonato, devido à passagem de componentes inorgânicos liberados neste processo para formas prontamente assimiláveis, acarretando, assim, o desenvolvimento de algas nos sistemas de criação de peixes. A calagem influi diretamente sobre a composição do sedimento dos viveiros, sendo este o depósito de materiais alóctones e autóctones, que por sua vez interferem nas condições da qualidade da água dos viveiros (SONNENHOLZNER e BOYD, 2000).

Devido ao efeito direto na disponibilidade de carbono na água, a calagem influencia diretamente a densidade planctônica dos viveiros, pois propicia o crescimento microbiano, conseqüentemente acelerando a decomposição e mineralização da matéria orgânica nos sedimentos, que serve como recurso direto de cálcio solúvel para a biota aquática, facilitando a floculação e precipitação dos colóides orgânicos e da argila e, assim, melhorando a penetração de luz (BOYD e TUCKEY, 1998).

Um dos materiais que pode ser utilizado na calagem de viveiros de piscicultura é a cal virgem, obtida pela queima do calcário sob alta temperatura, processo esse em que ocorre remoção de dióxido de carbono e produção de óxido de cálcio (BOYD e MUNSIRI, 1997).

O óxido de cálcio é um dos três produtos básicos utilizados na calagem de sistemas de criação de organismos aquáticos, não existindo em muitos países normas que regularizem e controlem a qualidade dos produtos, de forma que as propriedades do agente de calagem são muitas vezes desconhecidas (ARANA, 1997).

Na Região Sudeste do Brasil, o óxido de cálcio é aplicado nos viveiros vazios ou lançado manualmente na superfície da água, para profilaxia nos viveiros. No entanto, esta prática pode ser perigosa, pois o referido óxido, além de altamente corrosivo, pode acarretar rápido aumento do pH a níveis que podem trazer prejuízo à vida aquática (BOYD e TUCKEY, 1998).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do óxido de cálcio sobre variáveis físicas e químicas da água e do sedimento de um viveiro, através da comparação com as características de outro viveiro sem tratamento, durante o período de seca (julho a outubro).

MATERIAL E MÉTODOS

Período e local de coleta

O experimento foi realizado em viveiros do Centro de Aqüicultura (21°15' S; 48°18' W) da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, Brasil, durante o período de seca (julho a outubro de 1997). Dois viveiros com capacidade de 240 m³ e fluxo contínuo de água com taxa de renovação de 5% ao dia foram utilizados, sendo colocados, em cada um, 100 peixes (50 g): 69 exemplares de *Colossoma macropomum* (tambaqui) e 31 de *Piaractus mesopotamicus* (pacu), os quais foram alimentados diariamente, *ad libitum*, com ração extrusada contendo 27% de proteína bruta.

Calagem

A calagem dos viveiros foi realizada com óxido de cálcio "Própeixe", comercialmente utilizado em sistemas de criação de peixes, e sua aplicação foi baseada na recomendação do fabricante.

Foram investigados dois tratamentos: um com óxido de cálcio (Viveiro 1 - V₁) e outro sem óxido de cálcio (Viveiro 2 - V₂). O Viveiro 1, ainda vazio, recebeu cerca de 200 g/m² de óxido de cálcio como medida preventiva. Após três dias da aplicação do óxido de cálcio no viveiro V₁, os dois viveiros, ainda vazios, receberam 14 kg (70 g/m²) de esterco de bovino curtido, sendo, a seguir, preenchidos com água. Ao longo do período de estudos, aplicaram-se, no viveiro V₁, semanalmente, 3,4 kg do óxido de cálcio, lançados sobre o espelho d'água.

Variáveis limnológicas

As amostras de água foram coletadas às 9 horas da manhã, a 60 cm de profundidade, com garrafa de Van Dorn (5 L). Em cada viveiro, as amostragens foram diárias, durante uma semana, em três períodos distintos: julho, setembro e outubro, totalizando 21

dias de amostragens. Também foi avaliada a qualidade da água de abastecimento dos viveiros. As variáveis limnológicas foram medidas utilizando-se aparelho Corning PS 15, 16 e 17, para pH, temperatura e condutividade respectivamente. Oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, ortofosfato e amônia foram determinados segundo as metodologias de GOLTERMAN *et al.* (1978) e KOROLEFF (1976). Clorofila-*a*, alcalinidade e carbonos inorgânicos foram determinados segundo NUSH (1980) e MACKERETH *et al.* (1978). A transparência foi medida pelo disco de Secchi, e o tempo de residência, pela relação área/fluxo (LIND, 1979).

Sedimento

Os sedimentos foram coletados em nove pontos de cada viveiro, em três épocas distintas: 1) antes de iniciar o estudo, com os viveiros ainda vazios, 2) 15 dias após o início do estudo, e 3) no final do estudo. As variáveis analisadas foram: pH, matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), cobre (Cu), ferro (Fe) e fósforo (P), determinadas segundo metodologia descrita em RAIJ *et al.* (1987).

Análise estatística

Para a análise das variáveis limnológicas aplicou-se a "Two-way" ANOVA, comparando os tratamentos, água de abastecimento e período de estudo (FOWLER *et al.*, 1998). Para análise de transparência da água e tempo de residência foram considerados somente os viveiros V_1 e V_2 , sendo, neste caso, utilizada a prova de Mann-Whitney para pequenas amostras, comparando os tratamentos e período de estudo (SIEGEL, 1975). As variáveis do sedimento foram analisadas pelo programa "BASIC STATISTIC" para Windows. O nível estabelecido para significância dos testes utilizados foi $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de transparência, condutividade, pH, alcalinidade, bicarbonato, carbonato e ortofosfato da água foram influenciados pela aplicação do óxido de cálcio.

Devido à calagem, o pH foi mais elevado no viveiro V_1 , diferindo significativamente ($p < 0,05$) do V_2 , porém não diferiu ($p > 0,05$) entre os períodos estudados. O pH da água do viveiro V_2 foi similar ao da água de abastecimento (Figura 1). Em viveiros com valores de pH acima de 8,3 não é recomendada calagem, visto que os componentes do material utilizado na calagem não se dissolvem em água com os referidos níveis de pH (WURTS e MASSER, 2004). No viveiro em que se

realizou calagem foi observado o maior valor de pH do experimento: 9,0.

A alcalinidade foi mais elevada no viveiro tratado com óxido de cálcio - V_1 ($p < 0,01$), variando de 39,00 a 52,00 mg/L, e no V_2 (sem óxido de cálcio) variou de 27,00 a 32,00 mg/litro. O bicarbonato foi a forma dominante nos três ambientes, devido ao pH alcalino do meio. O CO_2 livre foi encontrado em baixas concentrações no viveiro V_1 e em concentrações mais elevadas no V_2 , particularmente nos meses de julho e setembro (Figura 2). No presente trabalho, o maior valor de alcalinidade registrado, 52,00 mg/L - V_1 , é, contudo, inferior aos obtidos por BARRERAS *et al.* (2001).

As variáveis alcalinidade, bicarbonato, carbonato e CO_2 livre foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre viveiros e água de abastecimento, porém não diferiram ($p > 0,05$) entre os períodos estudados.

No viveiro sem tratamento (V_2), a ocorrência de valores de alcalinidade acima de 27 mg/L, valor este recomendado para sistemas de criação de peixes, pode, provavelmente, estar associada ao procedimento de rotina do CAUNESP, que consiste na secagem dos viveiros após a despesca e aplicação de cal hidratada. Este procedimento pode promover a exposição de partículas da cal, que posteriormente entram em contato com a água, elevando a alcalinidade da água dos viveiros (SEO e BOYD, 2001).

A calagem tem por objetivo elevar o pH e conseqüentemente aumentar a produtividade do sistema. É considerada como um grande aporte de carbono inorgânico para a água, sendo o bicarbonato a principal fonte (BRANDRUD, 2002).

As baixas concentrações de CO_2 livre na água do viveiro tratado com óxido de cálcio estão associadas à propriedade da cal de reduzir a solubilidade deste óxido. O material da calagem, em sua quase totalidade, não se dissolve de uma só vez, sendo incorporado ao longo da coluna d'água reagindo com o fósforo, o qual é perdido na reação. É por isso que não se encontram altos valores de pH e elevadas concentrações de CO_2 livre na água (WURTS e MASSER, 2004).

No viveiro tratado com óxido de cálcio (V_1), a transparência da água diminuiu, mantendo-se ao redor de 65 cm no final do estudo (Figura 3), devido à propriedade que o óxido de cálcio tem de flocular e

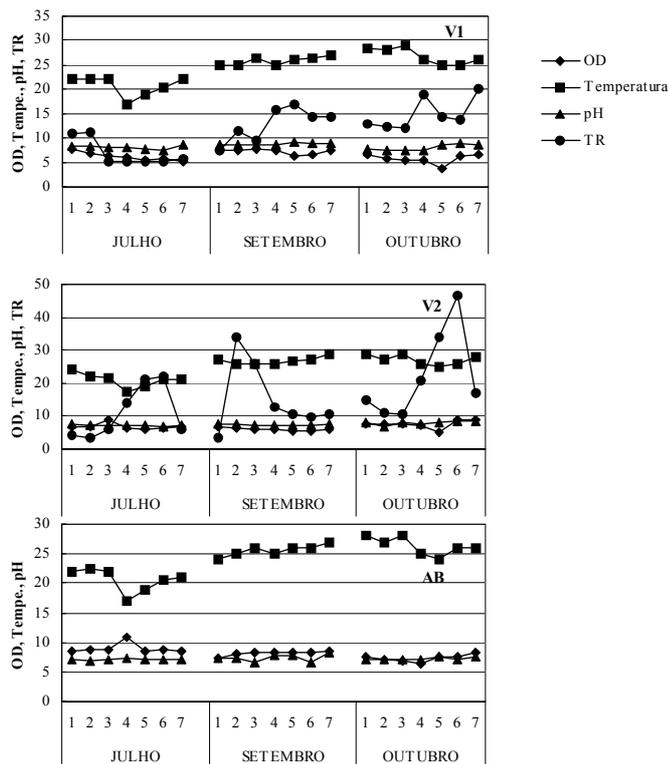


Figura 1. Flutuação dos valores de oxigênio dissolvido (OD; mg/L), temperatura (Tempe.; °C), pH e tempo de residência (TR; dias) da água dos viveiros V₁ (com óxido de cálcio) e V₂ (sem óxido de cálcio) e da água de abastecimento (AB) (exceto TR), em Jaboticabal, SP, no período jul.-out./1997

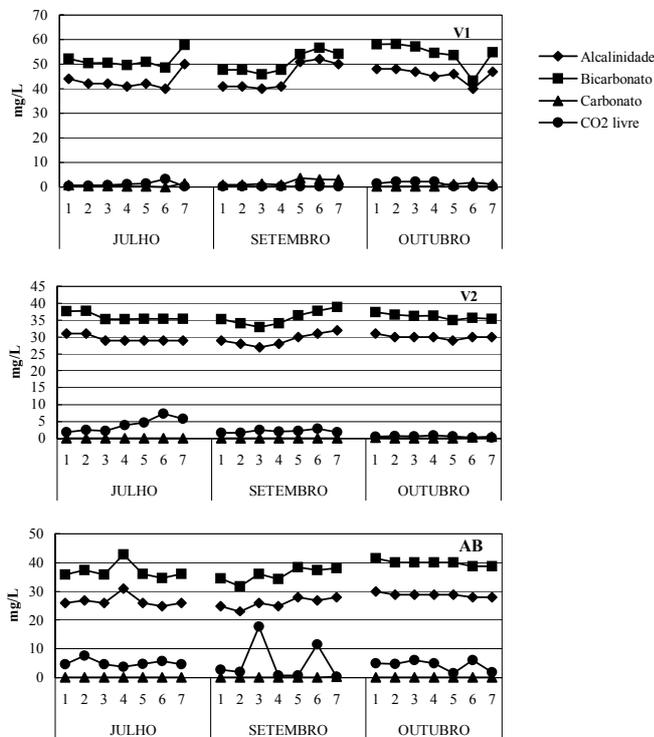


Figura 2. Flutuação dos valores de alcalinidade, bicarbonato, carbonato e CO₂ livre da água dos viveiros V₁ (com óxido de cálcio) e V₂ (sem óxido de cálcio) e da água de abastecimento (AB), em Jaboticabal, SP, no período jul.-out./1997

coagular as substâncias coloidais presentes na água.

Em relação à clorofila-*a*, no viveiro V₂ esta apresentou padrão igual ao do ortofosfato, o mesmo não ocorrendo no viveiro V₁ em setembro, quando foi observada relação inversa entre essas variáveis, em razão de o ortofosfato ter sido incorporado à comunidade fitoplanctônica (Figura 3).

No início do experimento, as concentrações de ortofosfato foram elevadas no viveiro V₁, sofrendo brusca redução e aumentando posteriormente. Esta flutuação do ortofosfato na água pode estar relacionada com as características da água de abastecimento ou, então, ao aporte de fósforo em razão do aumento progressivo das taxas de alimentação com o crescimento do peixe.

Após a despesca, quando os viveiros são secos ocorre melhor contato do sedimento com o oxigênio atmosférico, o que, conseqüentemente, leva ao aumento da atividade microbiana e à oxidação química da matéria orgânica e de outras substâncias redutoras, cuja solubilidade é favorecida pelo potencial redox, removendo o fósforo da água (SEO e BOYD, 2001).

A aplicação do óxido de cálcio no viveiro V₁ influenciou diretamente a condutividade, cujos valores diferiram significativamente ($p < 0,01$) daqueles registrados em V₂ e atingiram concentração máxima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em julho e setembro (Figura 3).

Analisando a figura 4 verifica-se que a amônia não foi registrada no mês de outubro em nenhum dos viveiros, sendo elevada em setembro no viveiro V₂, onde variou de 9,35 a 66,00 $\mu\text{g}/\text{litro}$. Quanto ao nitrato, elevadas concentrações, verificadas no mês de julho, estiveram associadas com a água de abastecimento, cujos valores, neste período, variaram de 43,23 $\mu\text{g}/\text{L}$ a 89,77 $\mu\text{g}/\text{L}$, e, nos meses de setembro e outubro, de 4,88 $\mu\text{g}/\text{L}$ a 11,77 $\mu\text{g}/\text{L}$ e de 4,60 $\mu\text{g}/\text{L}$ a 19,25 $\mu\text{g}/\text{L}$, respectivamente. Em geral, os teores dos compostos nitrogenados foram mais elevados em julho, no viveiro V₁, provavelmente em decorrência da adição do óxido de cálcio. Já no final do estudo, observou-se, no V₂, ligeiro aumento das concentrações destas variáveis.

Os valores dos compostos nitrogenados foram influenciados pela água de abastecimento, que apresentou, em geral, concentrações desses compostos mais elevadas que as registradas nos viveiros. A água de abastecimento, proveniente de outros viveiros e tanques de criação, influenciou

grandemente as variáveis limnológicas, com elevado aporte de clorofila-*a*, ortofosfato e nitrato para os viveiros. Contudo, no viveiro tratado com óxido de cálcio observou-se maior disponibilidade de ortofosfato na coluna de água (Figuras 3 e 4).

O oxigênio dissolvido foi a única variável que não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre viveiros e período de estudo. Já, a temperatura foi a única variável cujos valores diferiram significativamente ($p < 0,01$) ao longo do período estudado. A temperatura da água sofreu influência direta das condições climáticas locais, sendo baixa em julho e gradativamente mais elevada nos meses subseqüentes (Figura 1).

O tempo de residência variou de 5,14 dias a 18,81 dias no viveiro V₁ e de 3,27 dias a 46,58 dias no V₂, não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) ao longo do período de estudo. O mesmo ocorreu em relação à transparência da água, a qual foi mais elevada no viveiro em que não se adicionou óxido de cálcio (V₂) (Figura 1).

Altos valores de transparência da água de viveiros também estão associados ao manejo empregado nestes sistemas de criação de peixes, pois o procedimento de esvaziamento permite a formação de solos agregados, mais estáveis, e, conseqüentemente, com menor dispersão de partículas finas para a água (SEO e BOYD, 2001).

O pH do sedimento tem alta correlação com a alcalinidade total, sendo que o carbonato de cálcio contribui para o aumento da alcalinidade na coluna de água. Vários estudos têm demonstrado que a maioria dos nutrientes (P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, B), alcalinidade total e dureza da água estão quimicamente relacionadas com as características do sedimento (BOYD e MUNSIRI, 1997; SONNENHOLZNER e BOYD, 2000).

No presente trabalho, o pH do sedimento apresentou-se ácido (Tabela 1), com estreita relação com a água, evidenciando aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo do período de estudo. O pH do sedimento no viveiro V₁ aumentou levemente, podendo estar associado ao fato de que sedimentos ricos em matéria orgânica têm alta capacidade tampão, impedindo mudanças drásticas de pH (BOYD *et al.*, 2002).

A matéria orgânica no sedimento aumentou no viveiro V₂ com o passar do tempo. Já no V₁, a adição de óxido de cálcio antes do experimento proporcionou redução significativa da matéria orgânica do

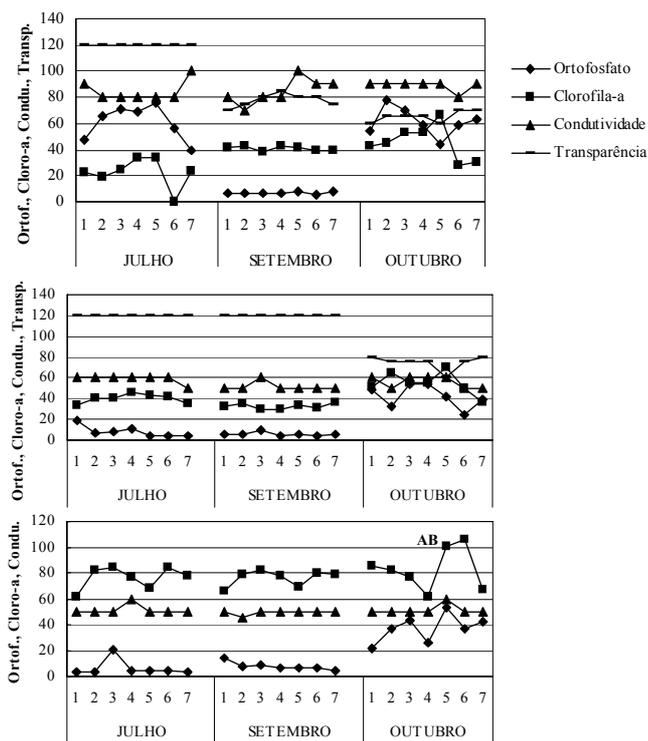


Figura 3. Flutuação dos valores de ortofosfato (Ortof.; $\mu\text{g/L}$), clorofila-a (Cloro-a; $\mu\text{g/L}$), condutividade (Condu.; $\mu\text{S/cm}$) e transparência (Transp.; cm) da água dos viveiros V_1 (com óxido de cálcio) e V_2 (sem óxido de cálcio) e da água de abastecimento (AB) (exceto Transp.), em Jaboticabal, SP, no período jul.-out./1997

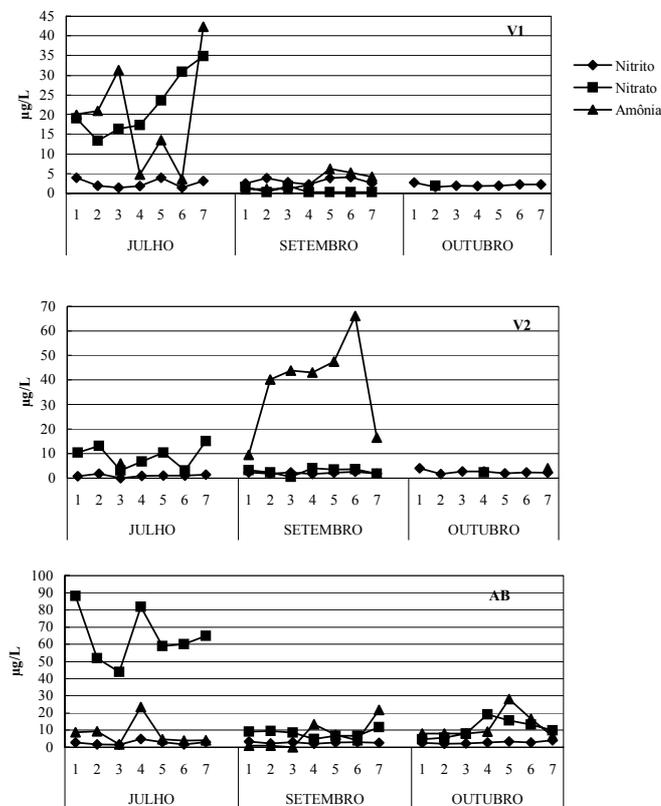


Figura 4. Flutuação dos valores de nitrato, nitrito e amônia da água dos viveiros V_1 (com óxido de cálcio) e V_2 (sem óxido de cálcio) e da água de abastecimento (AB), em Jaboticabal, SP, no período jul.-out./1997

viveiro vazio para o início do experimento ($p < 0,05$): de 2.854 mg/L para 1.754 mg/L, e posterior pequena elevação (Tabela 1). Esta redução da matéria orgânica (mineralização) propiciou a liberação de nutrientes para a água. Este comportamento é de extrema importância, visto que viveiros mais antigos tendem a acumular substâncias no fundo (principalmente substâncias tóxicas reduzidas, como nitrito e sulfito de hidrogênio), resultando em condições anaeróbicas na interface sedimento/água e, assim, impedindo a remoção do fósforo da água (SEO e BOYD, 2001).

Como esperado, o teor de cálcio no sedimento dobrou ($p < 0,05$) no viveiro tratado com óxido de cálcio, alcançando no final do experimento concentrações três vezes maiores que aquelas registradas no viveiro vazio. Já no V_2 , a tendência foi de elevar-se gradativamente. O fósforo apresentou concentrações mais elevadas no viveiro V_2 , não havendo variação significativa ($p > 0,05$) de seu teor entre os três períodos estudados. No V_1 , o teor de

fósforo apresentou diminuição significativa ($p < 0,05$) do viveiro vazio para o início do experimento (15 dias) e posterior aumento no final. As concentrações de ferro apresentaram-se elevadas no sedimento dos viveiros ainda vazios, sofreram brusca redução no início do experimento, novamente elevando-se no final dos estudos. O potássio, o cobre e o magnésio do sedimento apresentaram concentrações mais elevadas no viveiro sem tratamento com óxido de cálcio (viveiro V_2). O magnésio no V_1 sofreu diminuição significativa ($p < 0,05$) nos três períodos pesquisados. Em relação ao potássio e ao cobre, o óxido de cálcio não provocou efeito significativo ($p > 0,05$) (Tabela 1).

A calagem teve efeito direto no sedimento, promovendo maior intercâmbio entre sedimento e água. O fósforo do sedimento tendeu a sofrer forte redução após a calagem do V_1 , sendo disponibilizado para a água, fato que pode ter favorecido o crescimento de algas neste viveiro.

Tabela 1. Valores médios de variáveis do sedimento dos viveiros V_1 (com óxido de cálcio) e V_2 (sem óxido de cálcio): pH, matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), cobre (Cu), ferro (Fe) e fósforo (P), antes do início do experimento (vazio), 15 dias após o início (inicial) e no final do experimento (final), realizado em Jaboticabal, SP, no período jul.-out./1997

Variável	Vazio		Inicial		Final	
	V_1	V_2	V_1	V_2	V_1	V_2
pH	5,63 aA	5,61 aA	5,45 aA	6,22 bB	6,58 bA	5,27 aB
MO (mg/L)	2.854 aA	2.466 aA	1.754 bA	2.699 abA	2.210 bA	3.521 bB
Fe (mg/L)	164,80 aA	143,38 aA	18,27 bA	18,31 bA	70,72 cA	139,97 aB
P (mg/L)	67,11 aA	73,55 aA	21,55 bA	71,11 aB	76,55 aA	82,88 aB
Ca (mg/L)	2.080 aA	1.040 aA	4.360 aA	1.600 bB	7.600 bB	1.905 aB
Mg (mg/L)	205,02 aA	329,29 aA	159,05 bA	221,31 bcA	13,10 bA	280,65 acB
K (mg/L)	94,25 aA	96,99 aA	75,48 aA	82,52 aA	79,00 aA	106,38 aA
Cu (mg/L)	1,52 aA	1,96 aA	1,74 aA	1,91 aA	1,48 aA	2,02 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5%.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5%.

A manutenção da alcalinidade em níveis acima de 20 mg/L e um manejo adequado dos sistemas de criação de peixes podem estabilizar as condições de qualidade da água, equilibrando as flutuações do pH, melhorando a disponibilidade de fósforo para o fitoplâncton, aumentando a quantidade de alimento natural no viveiro e disponibilizando cálcio para a osmorregulação, fortalecimento dos ovos e outras necessidades metabólicas. Portanto, aplicar materiais de calagem em viveiros, quando necessário,

pode promover melhoria da qualidade da água e da produtividade do sistema (WURTS e MASSER, 2004).

No presente trabalho, a aplicação do óxido de cálcio nos viveiros de criação de pacu e tambaqui melhorou as condições de cultivo, diminuindo a transparência e incrementando a alcalinidade. Em geral, observou-se redução dos compostos nitrogenados do meio, os quais foram disponibilizados para o fitoplâncton.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Campical – Indústria e Comércio de Cal Ltda, pelo suporte financeiro, e a Sílvia R. L. de Laurentiz, pela ajuda nos trabalhos de laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANA, L.V. 1997 *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura*. Florianópolis: UFSC editora. 166p.
- BARRERAS, C.C.; VILLA, F.L.; HERNÁNDEZ, R.C.; GÁMEZ, J.C.I. 2001 Efecto de la cal sobre la calidad del agua en el cultivo de camarón sobre las bacterias que lo afectan. *Panorama Acuicola*, 63: 13-14.
- BOYD, C.E. e MUNSIRI, P. 1997 Water quality in laboratory soil-water microcosms with soils from different areas of Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(2): 165-170.
- BOYD, C.E. e TUCKEY, C.S. 1998 *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 700p.
- BOYD, C.E.; BOONYARATPALIN, M.; THUNJAI, T. 2002 Proprieties of liming materials. *Aquaculture Asia*, 7: 7-8.
- BRANDRUD, T.E. 2002 Effects of liming on aquatic macrophytes, with emphasis on Scandinavia. *Aquatic Botany*, 73: 395-404.
- FOWLER, J.; COHEN, L.; JARVIS, P. 1998 *Practical Statistics for Field Biology*. New York: John Wiley and Sons. 259p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. London: Blackwell Scientific Publication. 213p.
- KOROLEFF, F. 1976 Determination of nutrients. In: GRASHOF, E. e KREMLING, E. (Ed.). *Methods of seawater analysis*. New York: Verlag Chemie Weinheim. p.117-181.
- LIND, O.T. 1979 *Handbook of common methods in limnology*. Missouri: The C.V. Mosby Company. 199p.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. 1978 *Water analysis: some revision methods for limnologists*. Oxford: Titus Wilson and Sons Ltda. Freshwater Biological Association. Scientific Publication, n.36. 121p.
- NUSH, E.A. 1980 Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archives of Hydrobiologie*, 14: 14-36.
- OLIVA, L.G.; ACEITUNO, C.; AMAYA, O.; BODREAU, B.; OROZCO, L.F. 2001 Pond preparation report. *Advocate*, 4: 36-38.
- RAIJ, B. VAN; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, J.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.A. 1987 *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargil. 170p.
- SEO, J. e BOYD, C.E. 2001 Effects of bottom soil management practices on water quality improvement in channel catfish *Ictalurus punctatus* ponds. *Aquaculture Engineering*, 25: 83-97.
- SIEGEL, S. 1975 *Estatística não paramétrica (Para ciências do comportamento)*. São Paulo: Editora Mc Graw-Hill do Brasil Ltda. 350p.
- SONNENHOLZNER, S. e BOYD, C.E. 2000 Chemical and physical properties of shrimp pond bottom soils in Ecuador. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31: 358-375.
- WURTS, W.A. e MASSER, M.P. 2004 Liming ponds for aquaculture. *SRAC Publications*, 4100: 1-5.