

Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil

Márcia Noélia ELER¹, Paulo Sérgio CECCARELLI², André Gustavo Mazzini BUFON² & Evaldo Luiz Gaeta ESPÍNDOLA³

RESUMO

O florescimento de microorganismos aquáticos, principalmente de cianobactérias, é consequência da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo originados de restos de ração e metabólitos dos peixes que caem na coluna d'água dos viveiros de piscicultura. O objetivo deste trabalho foi relatar a causa da mortandade de peixes em pesque-pague (Descalvado, SP, Brasil). Para análise, foram coletados ao acaso 10 peixes moribundos e examinados as vísceras e esfregaços da pele e das brânquias. Monitoraram-se o pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, clorofila *a*, nitrogênio total e fósforo total e análises quali e quantitativa do fitoplâncton. Observaram-se algas na pele e nas brânquias, muco e hemorragia nas brânquias e na pele, brânquias e córneas com manchas esbranquiçadas e fígado com coloração anêmica com hiperplasia, sinais clínicos característicos de intoxicação. O fitoplâncton apresentava dominância das espécies *Anabaena spiroides* e *Microcystis aeruginosa*. A mortandade de matrinxã e de pacu foi associada ao florescimento de *A. spiroides* e *M. aeruginosa*, algas potencialmente tóxicas, fato corroborado pelo exame histopatológico.

Palavras-chave: Mortandade de peixes; Cyanobacteria; Qualidade de água; Piscicultura.

1. Rua dos Andradas, 1239, CEP 13634-015, Pirassununga, SP. E-mail: marciane@abelha.zoot.usp.br.
2. Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais – CEPTA/IBAMA, Rod. SP 201, km 6,5, C. P. 64, CEP 13630-970, Pirassununga, SP.
3. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – CRHEA/USP, C. P. 292, CEP 13566-590, São Carlos, SP.

ABSTRACT

Fish kill (matrinã, *Brycon cephalus*, and pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associated to cyanobacteria in a sports fishing facility in Descalvado, State of São Paulo

The blooming of aquatic microorganisms, especially Cyanobacteria, result from the availability of nitrogen and phosphorus produced by fish's fed remained and metabolites that fall into the water column of fishponds. The purpose of this work was to report the reason for fish's kill in a sports fishing facility (Descalvado, SP, Brazil) associated to cyanobacteria's bloom. For analysis, 10 dying fish were collected randomly and the visceral organs, skin and gills were done. Quantitative and qualitative analyses on phytoplankton were done, while the pH, dissolved oxygen; water temperature, chlorophyll *a*, total nitrogen and phosphorus were also monitored. Algae were found on the skin and gills, mucus and hemorrhage in the gills and skin, whitish spots on the gills and cornea were observed. The liver showed an anemic coloring and swelling, which are typical clinical signs of poisoning. Phytoplankton during the mortality was found to be predominantly composed by *Anabaena spiroides* and *Microcystis aeruginosa*. The mortality of matrinã and pacu was associated by *A. spiroides* and *M. aeruginosa* bloom, which are potentially toxic algae, a fact that was corroborated by the histopathologic exam.

Key words: Fish kills; Cyanobacteria; Water quality; Fish culture.

INTRODUÇÃO

A manutenção da qualidade de água em viveiros de piscicultura é requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo. Esta qualidade pode ser influenciada por vários fatores, como por exemplo a origem da fonte de abastecimento de água e manejo alimentar. Entretanto, o emprego de alimentos industrializados é o maior responsável pela queda na qualidade da água. De acordo com Smith (1988), o florescimento de algas, principalmente de cianobactéria, é consequência da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo originados de restos de ração não consumida, além do pó fino que se desintegra dos pletes de ração e cai direto na coluna d'água (Kibria et al., 1998). Contribuindo, ainda, para o aumento nas concentrações de nutrientes, ressaltam-se os restos metabólicos dos peixes, bem como as entradas de carbono no sistema via respiração do zooplâncton, das bactérias e dos peixes, que também colaboram para o aumento da produção primária do fitoplâncton (Drapcho & Brune, 2000).

Durante o florescimento das algas, a comunidade é dominada por poucas espécies, geralmente por gêneros de cianobactérias, e os mais comuns são *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Oscillatoria*. Os gêneros *Anabaena*

e *Oscillatoria* conferem sabor desagradável à carne do peixe devido à produção de geosmina e 2-metilisoborneol, o que pode comprometer o valor de mercado do peixe (Boyd, 1990; Paerl & Tucker, 1995). Outro fator negativo a ser ressaltado é a produção de compostos metabólitos liberados ao meio por algumas espécies ou cepas de cianobactérias, sendo estes altamente tóxicos e tendo sido responsáveis pela intoxicação de animais domésticos e selvagens (Charmichael, 1994; Saker et al., 1999; Sivonen & Jones, 1999), zooplâncton (Hawser et al., 1992) e seres humanos (Pouria et al., 1998; Codd, 2000).

Pouco se sabe sobre a influência das toxinas das algas nos estoques dos viveiros de piscicultura. De acordo com Paerl & Tucker (1995), a mortandade em um viveiro povoado pelo bagre de canal, nos Estados Unidos, coincidiu com uma floração cuja espécie dominante era *Aphanizomenon flos-aquae*. Ainda nos Estados Unidos, foi relatada mortandade inexplicável de peixes e crustáceos após florescimento de algas caracterizado pela dominância de *Anabaena* e *Microcystis*. De acordo com Paerl & Tucker (1995), essas mortes poderiam estar relacionadas à capacidade de ambos os gêneros possuírem espécies ou cepas altamente tóxicas. Por outro lado, outros fatores associados à floração, como o aumento nas concentrações de amônia nos viveiros, podem causar a mortandade coletiva dos peixes quando em níveis tóxicos (Boyd, 1990)

Em mortandade de peixes registrada no município de Descalvado, SP, cuja principal suspeita recaía sobre os organismos patogênicos (bactérias, fungos e parasitas), após a autópsia de alguns exemplares a causa da mortandade permanecia inexplicável. Estudo mais detalhado dos peixes mortos e do lago de pesca mostrou que a péssima qualidade da água do viveiro, principalmente associada à intensa floração de algas antes e depois da mortandade, pode ter sido o fator determinante na mortandade.

Poucos casos de mortes de organismos envolvendo cianobactérias em aquíicultura foram relatados. Dentre estes, poucos em ambientes tropicais e a maioria em ambientes temperados (Sevrin-Reyssac & Pletikosic, 1990), não tendo sido relatada nenhuma ocorrência no Brasil. A falta desses relatos no Brasil, tanto em piscicultura de produção como em sistemas de pesca esportiva, dificultou o diagnóstico inicial do caso.

Este trabalho teve por objetivo a descrição do caso de mortandade de peixes num pesque-pague de Descalvado, SP, procurando fornecer alternativas para investigar as prováveis causas de mortandades em viveiros de piscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Em julho de 1998 ocorreu mortandade de matrinxã (*Brycon cephalus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no pesque-pague Santa Elisa, município de

Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. O proprietário notificou a ocorrência e solicitou ajuda técnica ao Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais (CEPTA/IBAMA). Foram enviados dois pesquisadores ao pesque-pague e iniciou-se investigação em campo. A primeira medida foi interrogar o proprietário sobre o manejo, bem como o período no qual foram observados os primeiros peixes mortos e a continuidade de tais mortes. Examinaram-se o entorno do pesque-pague, a origem da água de abastecimento, a ocorrência de atividades agrícolas próximas ao pesque-pague, bem como as condições físicas e comportamentais de cada espécie de peixe no lago (vivas, moribundas, mortas).

A área do lago de pesca é de 17.000 m², com profundidade média de 1,80 m, tendo sido estocado no lago de pesca 10.000 matrinxãs, com peso médio de 1,5 kg, e 2.500 pacus, com peso médio de 1,0 kg. Para análise, foram coletados ao acaso 10 peixes moribundos, os quais foram acondicionados em sacos plásticos e transportados ao laboratório em caixas térmicas, onde foram pesados e medidos. As lâminas contendo esfregaços da pele e das brânquias foram observadas em microscópio óptico. Para o exame das vísceras, foi feito corte longitudinal na parte ventral do abdômen e cada órgão retirado foi transferido para uma placa de Petri contendo solução salina a 10%, para exames posteriores. Foram monitoradas, nos viveiros, as seguintes variáveis: pH (potenciométrico), oxigênio dissolvido e temperatura da água (medidor de oxigênio YSI, modelo 57) e transparência da água (disco de Secchi). A água coletada para análise de nutrientes e de clorofila a (Nush, 1980) foi estocada em frasco de vidro âmbar, acondicionada em caixa de isopor e transportada para o laboratório. Foram determinadas as concentrações simultâneas de fósforo total e de nitrogênio total (Valderrama, 1980).

Para análise qualitativa do fitoplâncton, a água foi coletada com um balde graduado e 10 litros foram filtrados em rede malha com 20 µm de abertura. As amostras foram fixadas com formol a 4% e a identificação foi feita em microscópio binocular da marca Zeiss, tipo AXIOSKOP, equipado com contraste de fase e filtros. Os exemplares foram microfotografados usando-se filme da marca T-MAX, preto-e-branco, ASA 100, regulado no microscópio para ASA 50. Foram tomadas medidas de largura e comprimento celular, usando-se informações obtidas pela média das medidas efetuadas em 30 indivíduos de cada táxon. Para classificação e identificação das espécies pertencentes à divisão Cyanophyta foi empregado o sistema de classificação de Komárek & Anagnostidis (1986; 1989). A análise quantitativa do fitoplâncton foi realizada de acordo com o método de Utermöl descrito em Wetzel & Likens (1991), utilizando-se amostras coletadas na coluna d'água e fixadas em formol (4%).

RESULTADOS

Das informações obtidas na avaliação sobre o manejo do lago de pesca, constatou-se que não houve aplicação de substâncias químicas para controle parasitário, bacteriológico ou virótico no mês e na semana precedentes à mortandade. Segundo o proprietário, os peixes estavam em boas condições físicas e sanitárias. No entorno da propriedade verificou-se a existência de pastagem e agricultura de cultivares anuais. Entretanto, não foi aplicado nenhum tipo de defensivo agrícola ou fertilizante nessas áreas agrícolas. Desta forma, descartou-se a hipótese de contaminação e envenenamento dos peixes pela aplicação de substâncias tóxicas autóctones e alóctones ao sistema. A investigação concentrou-se na qualidade da água do lago, no comportamento dos peixes moribundos e sobreviventes e na autópsia dos peixes mortos.

A água apresentou coloração verde-azulada, com odor característico de terra (ou de BHC, como verificado no local). A coluna d'água apresentou baixa transparência, com 20 cm de profundidade do disco de Secchi. A concentração de oxigênio dissolvido na água (medida realizada às 16 horas) foi elevada na camada superior do viveiro (9,5 mg/l) e no fundo (4 mg/l), mostrando que o ambiente estava oxigenado. O valor obtido para o pH foi 7,0. A concentração de clorofila a foi de 1,5 mg/l e para nitrogênio e fósforo total, de 8,0 e 0,4 mg/l, respectivamente.

Observando-se o lago de pesca, verificou-se que os peixes sobreviventes nadavam de forma errática e descoordenada, isolados do cardume, com pouco reflexo, sendo que alguns nadavam na superfície da água.

No exame parasitológico constatou-se apenas a presença de *Dactylogirous sp.*, variando de 1 a 5 indivíduos por peixe examinado, demonstrando baixa infestação, o que não justificava a mortandade dos peixes.

Entretanto, a análise dos peixes em laboratório mostrou a presença de massas de algas na pele e nas brânquias. Verificou-se, ainda, excesso de muco e hemorragia nas brânquias e na pele, brânquias e córneas com manchas esbranquiçadas e fígado com coloração anêmica e com hiperplasia, cujo tamanho estava visivelmente acima do normal, sintomas estes característicos de intoxicação.

No fitoplâncton observou-se dominância (> 60%) das espécies *Anabaena spiroides* e *Microcystis aeruginosa*, pertencentes à Cyanophyceae. As densidades das duas espécies foram $6,5 \times 10^6$ e $5,0 \times 10^6$ org/l, respectivamente. Foram também observadas as espécies *Scenedesmus bijugus*, *Pediastrum sp.* e *Staurastrum gracile* (Chlorophyta) e os gêneros *Navicula* e *Aulacoseira* (Chromophyta). Entretanto, todos com densidades abaixo de 10%.

As características taxonômicas observadas nas duas espécies dominantes foram:

- *Anabaena spiroides* Kleb. 1985 (Fig. 1): Tricoma solitário, helicoidal; células esféricas; bainha mucilaginosa difluente (distante 10,0 μm da célula). Diâmetro celular médio de 7,6 μm , tendo variado de 6,0 a 8,5 μm , presença de aerótopos. Heterocito esférico, intercalar, diâmetro médio de 8,0 μm . Acineto angular, distante do heterocito, com 15,0 μm de comprimento e 10 μm de largura. O comprimento médio do tricoma foi de 50,0 μm (Fig. 1b-c).

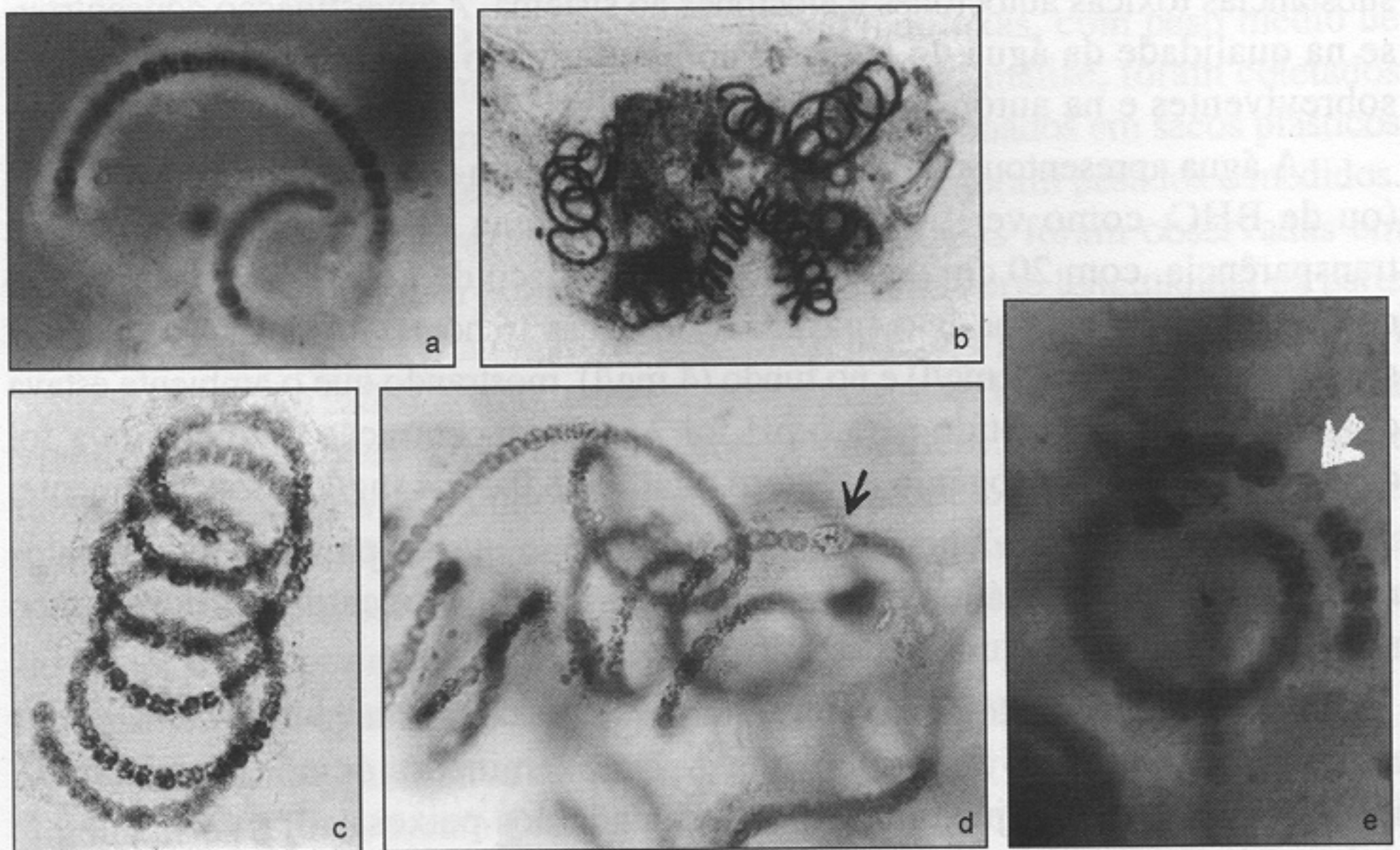


Fig. 1 – a – Filamento de *Anabaena spiroides*, mostrando a bainha mucilaginosa (aumento de 40x); b – grupo de filamentos no esfregaço das brânquias de *Brycon cephalus* (100x); c – filamento completo (200x); d – filamento com acineto (40x); e – filamento com heterocito (400x).

- *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846: As colônias da amostra, em sua maioria, eram de tamanhos macroscópicos, irregulares e alongadas, mucilaginosas, de tamanho médio de 35,0 μm . Células esféricas, variando de 3,0 a 7,0 μm de diâmetro (Fig. 2). Com bainha mucilaginosa difluente. Foi observada a presença de buracos em colônias mais antigas.

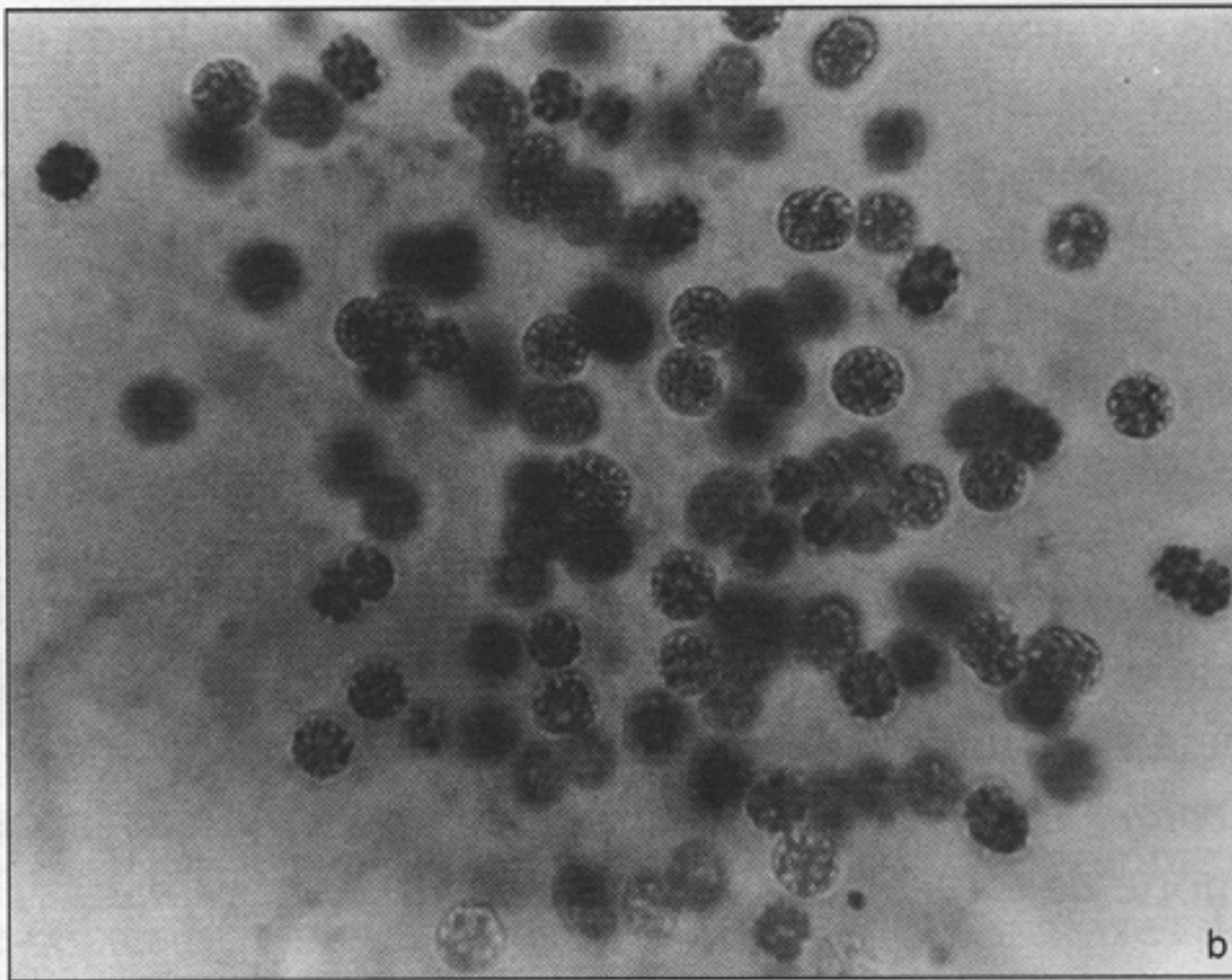
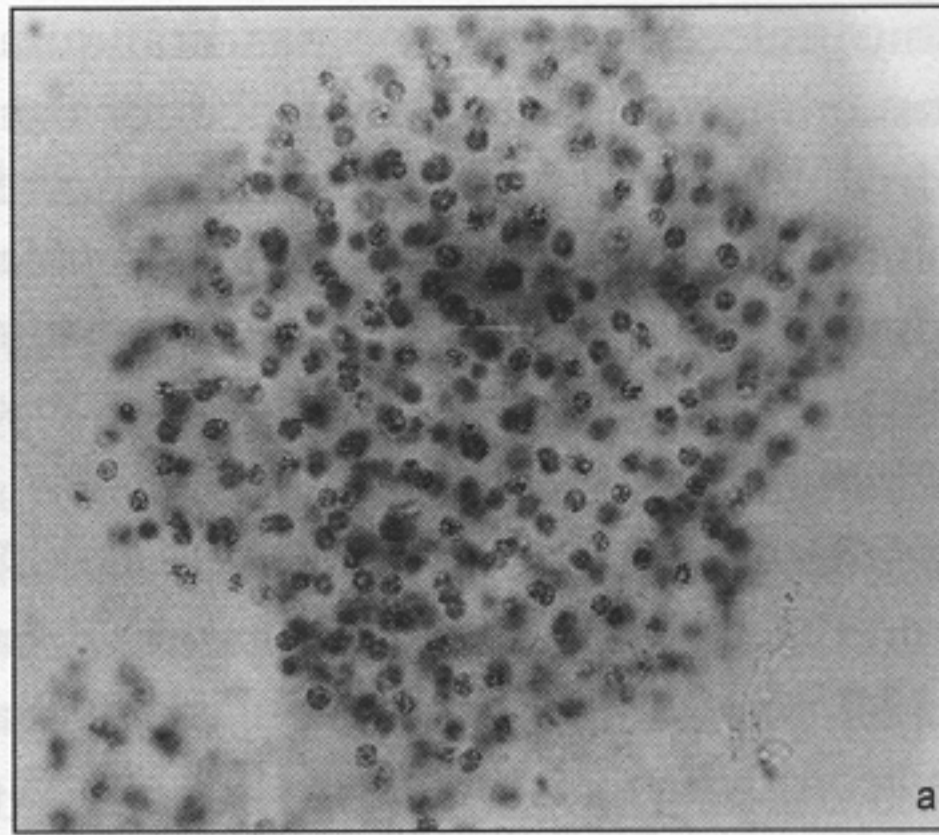


Fig. 2 – a – colônia de *Microcystis aeruginosa* (400x); b – detalhe das células (1.000x).

DISCUSSÃO

As florações de cianobactérias são descritas no mundo todo como causadoras de intoxicação e morte de inúmeros animais domésticos e selvagens (Charmichael, 1994; Codd, 1995; Falconer, 1999; Saker et al., 1999). Foi comprovada a ação nociva de suas toxinas também em seres humanos (Pouria et al., 1998; Falconer, 1999) e foi documentada sua possível bioacumulação ao longo da cadeia trófica (Christoffersen, 1996). A análise do material em laboratório mostrou a presença

de massas de algas no muco dos peixes e nas brânquias. O efeito letal das Cyanophytas sobre os animais aquáticos pode ocorrer das seguintes formas: 1. o peixe é contaminado diretamente pelas substâncias excretadas das células das algas, incluindo as cianotoxinas; 2. o peixe é intoxicado pelas bactérias associadas às Cyanophytas, algumas dessas bactérias secretam substâncias tóxicas, que são ingeridas pelos peixes; 3. os peixes podem morrer pela desoxigenação da coluna d'água, devido à decomposição das algas mortas, e, por último, pelo colapso total da floração (bloom) de algas (Sevrin-Reyssac & Pletikotic, 1990).

A comunidade do fitoplâncton do viveiro esteve dominada pelas espécies *Anabaena spiroides* e *Microcystis aeruginosa*, cujas densidades foram superiores a $11,0 \times 10^6$ org/l. De acordo com Barthelmes (1984), uma concentração de 0,60 g/l de organismos de *Microcystis* apresentou efeito letal para percas com idade inferior a 1 ano. O autor observou que a morte dos indivíduos expostos a essas concentrações ocorria em poucas horas ou no dia seguinte. Foi constatado, também, que a exposição da perca (*Perca* sp.) em água, com concentração de organismos de *Microcystis* 0,03 a 0,30 g/l, não levava o peixe à morte, entretanto, a exposição dos peixes a essas menores concentrações alterava seu metabolismo. De acordo com a literatura (Charmichael, 1992; Charmichael, 1994; Azevedo, 1998), os gêneros *Anabaena* e *Microcystis* apresentam espécies potencialmente tóxicas, tendo sido notificadas grandes mortandades de peixes após a ingestão de *Microcystis aeruginosa* (Herman & Meyer, 1990). A morte dos peixes, observada neste trabalho, além do possível efeito da toxicidade das algas, pode ter ocorrido pela obstrução das brânquias devido à presença dos filamentos de *Anabaena spiroides* e *Microcystis aeruginosa*, impedindo as trocas gasosas. Foi constatada a morte de 6 toneladas de matrinxã (*Brycon cephalus*) neste primeiro período.

Além do possível efeito tóxico das algas, o produtor adicionou sulfato de cobre na concentração de 250 g/1.000 m³ após a morte dos peixes, a fim de tentar controlar a floração, e repetiu a operação sete dias após a primeira. O algicida provocou a morte em massa das algas (die off), tendo as mesmas se precipitado para o fundo do lago de pesca e entrado em decomposição, o que pode ter levado as concentrações de oxigênio dissolvido a cair para níveis próximos da anóxia durante a madrugada e, conseqüentemente, ocasionado a mortandade de mais 4 toneladas de peixes.

Outro fator associado a essa intervenção provocou nos peixes exposições agudas às toxinas. Nessa circunstância, o peixe pode ter morrido pela competição por oxigênio dissolvido e/ou pelo efeito sinérgico entre a qualidade de água e a toxicidade do cobre e a das algas. De acordo com Mazon et al. (2000), uma concentração de cobre de 29 µg/l na água é letal para o *Prochilodus scropha*

(curimbatá). Embora não tenham sido realizados testes para detectar esse metal, esta hipótese não pode ser descartada. No entanto, a resolução 20/86 do CONAMA recomenda como limite máximo a concentração de cobre de 20 µg/l na água de abastecimento (Brasil, 1992).

Sant'Anna & Paiva-Azevedo (2000) salientam que o uso de compostos químicos nem sempre é uma solução para o controle das florações de cianobactérias, pois com a morte das células, de acordo com Ferreira-Filho (1996), estas acabam liberando suas endotoxinas na água, devido à lise da parede celular, acentuando o problema em vez de minorá-lo.

Levando-se em consideração a saúde dos usuários dos pesque-pague, há que se considerar a bioacumulação dessas toxinas nos tecidos dos peixes. Os resultados de Magalhães et al. (2001) mostraram que, mesmo nos períodos de declínio do florescimento de algas na lagoa de Jacarepaguá, RJ, 71,7% dos peixes amostrados estavam contaminados com microcistina, concentrações que variaram de 0,042 a 1,690 µg/kg de peixe, as quais estavam próximas ou acima do limite recomendável (0,04 µg/kg de peso corpóreo/dia), o que confirma o acúmulo e a permanência de hepatotoxinas nos músculos dos peixes e enfatiza o risco potencial do consumo desse pescado.

Um dos mais graves episódios que se conhece sobre a ação nociva dessas toxinas foi o incidente ocorrido na cidade de Caruaru, PE, em 1996, quando 54 pacientes renais crônicos faleceram em virtude da presença de microcistinas na água utilizada nas sessões de hemodiálise (Jochimsen et al., 1998; Pouria et al., 1998).

Ressalta-se, dessa forma, a necessidade urgente de monitorar os sistemas de produção de peixes e de pesca esportiva, uma vez que os peixes desses sistemas podem funcionar como nova rota de intoxicação humana por toxinas de ação direta e acumulativa, como é o caso das microcistinas. Magalhães et al. (2001) salientam que nos monitoramentos da situação de risco à saúde humana deve-se incluir o valor de TDI (Ingestão Diária Tolerável) dos pescados provenientes de represas e de lagos. Contudo, os pescados produzidos nas piscigranjas, bem como os comercializados nos sistemas de pesca esportiva instalados em pesque-pague, hotel fazenda e clubes de pesca, também devem ser considerados no sistema de monitoramento da situação de risco à saúde.

CONCLUSÕES

A mortandade de matrinxã e de pacu está associada ao florescimento de *Anabaena spiroides* e de *Microcystis aeruginosa*, organismos potencialmente tóxicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. Surley, proprietário do Pesque-pague Santa Elisa, pela oportunidade da realização deste trabalho, à FAPESP, pela bolsa de doutorado processo 96/06769-7, e ao Prof. Dr. Francisco Javier Hernandez Blasques (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos-USP), pelo empréstimo do laboratório de microscopia.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, S.M.F.O. Toxinas de cianobactérias: causas e conseqüências para a saúde pública. *Medicina on line*, v. 1, n. 3. 1998. Disponível em: <<http://www.medonline.com.br/microcis.htm>>. Acesso em 16/7/99.
- BARTHELMES, D. Heavy silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stocking in lakes and its influence on indigenous fish stocks. In: SYMPOSIUM SUR L'AMÉLIORATION DES STOKS DANS LE CADRE DE L'AMÉLIORATION DES PÊCHERIES D'EU DOUCE, Budapest, Rome: FAO, 1984. p. 313-324.
- BOYD, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn: Auburn University Press, 1990. 482 p.
- BRASIL. CONAMA. Resolução nº 20, de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. In: CONAMA. *Resoluções de 1984 a 1991*. 4. ed. rev. Brasília: IBAMA, 1992. p. 78-95
- CHARMICHAEEL, W.W. Cyanobacteria secondary metabolites – the cyanotoxins. *J. Appl. Bacteriol.*, v. 72, p. 445-459, 1992.
- CHARMICHAEEL, W.W. The toxins of Cyanobacteria. *Sci. Am.*, v. 270, n. 1, p. 78-86, 1994.
- CHRISTOFFERSEN, K. Ecological implications of cyanobacterial toxins in aquatic food webs. *Phycologia*, v. 35, p. 42-50, 1996.
- CODD, G.A. Cyanobacterial toxins: occurrence, properties and biological significance. *Wat. Sc. Tech.*, v. 32, n. 4, p. 149-156, 1995.
- COOD, G.A. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control. *Ecol. Eng.*, v. 16, p. 51-60, 2000.
- DRAPCHO, C.M.; BRUNE, D.E. The partitioned aquaculture system: impact of design and environmental parameters on algal productivity and photosynthetic oxygen production. *Aquacult. Eng.*, v. 21, n. 3, p. 151-168, 2000.
- FALCONER, I.A. An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreation water. *Environ. Toxic*, v. 14, n. 1, p. 5-12, 1999.
- FERREIRA-FILHO, S.S. Otimização da aplicação do carvão ativado em pó no tratamento de água visando à redução de compostos orgânicos causadores de odor e sabor em águas de abastecimento. *Eng. Sanit. Amb.*, v. 4, p. 131-143, 1996.
- HAWSER, S.P.; O'NEIL, J.M.; ROMAN, M.; CODD, G.A. Toxicity of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium* to zooplankton. *J. Appl. Phycol.*, v. 4, p. 79-86, 1992.

- HERMAN, L.; MEYER, F.P. Fish kills due natural causes. In: *Field manual for the investigation of fish kills*. United States Department of Interior – Fish and Wildlife Service: Resouce Publication 177, 1990. p. 41-44.
- JOCHIMSEN, E.M.; CARMICHAEL, W.W.; NA, J.; CARDO, D.M.; COOKSON, S.T.; HOLMES, C.E.M.; ANTUNES, M.B.C.; FILHO, D.A.M.; LYRA, T.M.; BARRETO, V.S.T.; AZEVEDO, S.M.F.O.; JARVIS, W.R. Liver failure and death after exposure to microcystins at a haemodialysis center in Brazil. *News Engl. J. Med.*, v. 338, n. 13, p. 873-878, 1998.
- KIBRIA, G.; NUGEOGODA, D.; LAM, P.; FAIRLCLOUGH, R. Can nitrogen pollution from aquaculture be reduced? *Naga, the ICLARM Quaterly*, January-March, p. 17-25, 1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. II Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v. 73, n. 2, p. 157-226, 1986.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. IV Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v. 82, n. 3, p. 247-345, 1989.
- MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin contamination in fish from Jacarepaguá lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, v. 39, p. 1077-1085, 2001.
- MAZON, A.F.; PINHEIRO, G.H.D.; FERNANDES, M.N. Contaminação de ecossistemas aquáticos pelo cobre e risco potencial à biodiversidade: estudo da toxicidade do cobre em Curimatá, *P. scrofa* (Teleostei, Prochilodontidae). In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; PASCHOAL, C.M.R.B.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA-NETO, A.L. (Eds.). *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI*. São Carlos: RiMa Editora, 2000. p. 327-340.
- NUSH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arc. Fur Hydrobiology*, v. 14, p. 14-36, 1980.
- PAERL, H.W.; TUCKER, C.S. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *J. World Aquacult. Soc.*, v. 26, n. 2, p. 109-131, 1995.
- POURIA, S.; ANDRADE, A.; BARBOSA, J.; CAVALCANTI, R.L.; BARRETO, V.T.S.; WARD, C.J.; PREISER, W.; POON, G.K.; NEILD, G.H.; CODD, G.A. Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. *The Lancet*, v. 352, p. 21-25, 1998.
- SAKER, M.L.; THOMAS, A.D.; NORTON, J.H. Cattle mortality attributed to the toxic cyanobacterial *Cylindrospermopsis raciborskii* in a outback region of North Queensland. *Environ. Toxicol.*, v. 14, p. 179-182, 1999.
- SANT'ANNA, C.L.; PAIVA-AZEVEDO, M.T. Uma ameaça à qualidade de água. *Pesquisa Fapesp*, p. 29-30, maio 2000.
- SEVRIN-REYSSAC, J.; PLETIKOSIC, M. Cyanobacteria in fish ponds. *Aquaculture*, v. 88, n. 1, p. 1-20, 1990.
- SIVONEN, K.; JONES, G. Cyanobacterial toxins. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Eds.). *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. New York: E & FN Spon, Inc., 1999. p. 41-111.
- SMITH, D.W. Phytoplankton and catfish culture: a review. *Aquaculture*, v. 74, p. 167-189, 1998.
- VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.*, v. 10, p. 130-137, 1980.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. *Limnological analyses*. 2. ed. New York: W.B. Saunders, 1991. 391 p.