



45 mm

PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DURANTE O ANTROPOCENO EM REPRESA URBANA TROPICAL COM BASE NO REGISTRO SEDIMENTAR DE DIATOMÁCEAS

Denise de Campos Bicudo¹, Sandra Vieira Costa¹, Helen Bennion² & Ana Luiza Spadano Albuquerque³

E-mail: dbicudo@terra.com.br

¹Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Instituto de Botânica (SMA/SP), ²University College London, ³Universidade Federal Fluminense

¹Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Instituto de Botânica. Av. Miguel Stéfano, 3687 - CEP 04301-902 - Água Funda, São Paulo - SP

Palavras-chave: diatomáceas, eutrofização, sedimentos, fósforo, reservatórios.

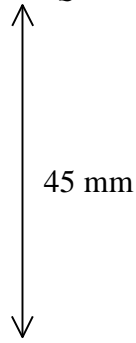
Apoio: FAPESP (processo nº 04/08675-8) e CNPq (processo nº 472035/2006-1)

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno mais marcante no planeta Terra durante o século XX ficou conhecido como “Grande Aceleração” desencadeada em muitas partes do mundo em função do aumento exponencial da população e, conseqüentemente, maior uso dos recursos naturais, aumento da produção agrícola, produção industrial, entre outros. Os efeitos da “Grande Aceleração” são claramente visíveis em escala global: alterações da composição atmosférica, mudanças climáticas, degradação dos serviços ecossistêmicos, comprometimento da quantidade e qualidade da água e, particularmente, do fornecimento de água de qualidade para abastecimento (Costanza *et al.* 2011; Carpenter & Bennett 2011). Dentro desse contexto, destaca-se a eutrofização artificial como um dos problemas ambientais mais bem documentado em âmbito global. Geralmente resulta das atividades humanas e do aumento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, oriundos de efluentes domésticos, industriais e da agricultura.

Em função de diversas pressões, a crise da água doce vem sendo considerada como um dos grandes desafios do século XXI. Esta crise tem grande interesse global, uma vez que impõe dificuldades ao desenvolvimento, aumenta a incidência de doenças hidroveiculadas, produz estresse econômico e social, aumenta as desigualdades entre regiões e países, além de colocar em risco a manutenção da vida no planeta (Tundisi 2005, UNESCO-WWAP 2006, Ribeiro 2008).

Para um gerenciamento efetivo dos ecossistemas aquáticos faz-se necessário contemplar o conhecimento das condições básicas anteriores a qualquer impacto ou distúrbio, sua variabilidade natural e em que níveis os impactos se manifestaram ao longo do tempo. Embora a paleolimnologia tenha sido considerada um instrumento fundamental dentro desse



contexto, estudos que abrangem a reconstrução do processo de eutrofização com base nas diatomáceas em lagos tropicais escassos (Brenner, 1995) e inexistentes na área tropical da América do Sul.

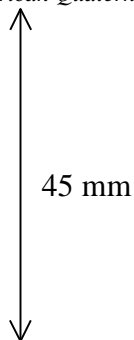
Esta contribuição visa reconstruir o histórico de eutrofização de uma represa urbana tropical e inclui registros desde a época pré-industrial no Brasil até os dias atuais. Esta represa, conhecida como Lago das Garças, está localizada em uma unidade de conservação (23°38' S, 46°37' W) inserida na malha urbana da cidade de São Paulo, uma das maiores megalópoles do mundo. Esta represa é oriunda de um reservatório que foi utilizado para abastecimento urbano no início do século passado. A partir da década de 50, este sistema foi dividido em outros cinco, dando origem ao atual Lago das Garças, presentemente, um ambiente hipereutrófico. Este sistema vem sendo monitorado mensalmente desde 1997 (Bicudo *et al.* 2007; Crossetti *et al.* 2008), sendo que nenhum estudo ecológico foi realizado antes do processo de eutrofização. Assim, este estudo é a primeira tentativa de investigar o histórico de eutrofização e suas causas em uma escala de tempo centenária em represa tropical na América do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os testemunhos foram coletados em julho de 2005 com o auxílio de mergulhadores, no local mais profundo da represa com tubo acrílico modelo Plexiglas (8 cm X 100 cm) e fatiados em campo em intervalos regulares de 1 cm. A geocronologia foi realizada a partir do decaimento do ^{210}Pb (contagem alfa/beta) conforme Cazotti *et al.* (2006). O histórico do uso e ocupação da bacia e informações sobre as mudanças das características limnológicas do reservatório ao longo do tempo foram obtidos mediante informações documentais (museus, bibliotecas, levantamento bibliográfico e entrevista com a população local) e pelo programa de monitoramento recente da represa.

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram obtidos de acordo com Hedges & Stern (1984) e de fósforo total (PT), segundo Valderrama (1981) e Andersen (1976). A granulometria foi realizada através do aparelho CILAS 1064 L (Blott & Pye 2001). A análise quali e quantitativa das diatomáceas seguiu Battarbee *et al.* (2001).

A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para ordenar as abundâncias de diatomáceas em relação ao tempo. As relações entre as espécies de diatomáceas e a química da água foram avaliadas a partir da análise de correspondência canônica (ACC) (ter Braak 1986). A zonação das assembléias de diatomáceas foi elaborada pela análise de agrupamento CONISS (*Constrained incremental sum of squares cluster analysis*), sendo que a distância Euclidiana foi utilizada como coeficiente de dissimilaridade. Tais análises foram implementadas pelos programas TILIA e TILIAGRAPH (Grimm 1987; 1991). Para a elaboração do diagrama final, foram plotadas as espécies de diatomáceas com abundância relativa maior ou igual a 5% em cada fatia sedimentar, bem como os teores de PT, COT e NT, com o uso do programa C2, versão 1.5 (Juggins 2003).



RESULTADOS E CONCLUSÃO

Com base na distribuição das assembléias de diatomáceas, quatro zonas e duas subzonas de trofia foram reconstruídas ao longo de 110 anos. Tais zonas também foram destacadas pelas análises da ACP e ACC.

A base do testemunho foi composta por areia, provavelmente indicando um período de alto fluxo de água e energia (Abraham *et al.* 1999), sugerindo a fase córrego do sistema e o período de construção da represa iniciado em 1894. O aumento simultâneo dos teores de NT a partir de ~1912 com a alta razão C/N (21) provavelmente também indicam a fase inicial do reservatório associada à inundação da vegetação, considerando que a razão C/N acima de 20 geralmente está relacionada à matéria orgânica de plantas vasculares (Meyers 2003).

A eutrofização do Lago das Garças foi desencadeada pelas construções e o aumento de cargas de esgoto não tratadas oriundas do zoológico (desde 1958) e da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (desde 1975), ambos localizados na bacia do Lago das Garças. As mudanças na qualidade da água foram marcadamente aceleradas após ~1975.

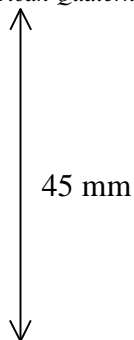
O fósforo, com base na CCA, foi o fator que mais explicou a variação das diatomáceas ao longo do perfil sedimentar, e duas associações bioindicadoras foram identificadas: (a) espécies oligotróficas (*Diadsmis contenta*, *Luticola mutica* e *Pinnularia dubitabilis*), até ~1975; e (b) espécies eutróficas/hipereutróficas (*Planothidium rostratum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Achnanthisdium catenatum* e *Amphora libyca*), a partir de ~1989 a 2005.

Aulacoseira granulata var. *granulata* foi a espécie mais comum no perfil estratigráfico, estando associada a ambientes com maior fluxo e a eventos de erosão decorrentes de desmatamentos e da ocupação da bacia hidrográfica. Assim sendo, esta espécie não foi indicadora da eutrofização, porém de eventos de perturbações físicas no ambiente.

Como síntese, o histórico de uso e ocupação da bacia, seguido pelo programa de monitoramento mensal de 14 anos ininterruptos foram primordiais para validar a geocronologia, interpretar os impactos antrópicos e, portanto, reconstruir o histórico de eutrofização do Lago das Garças.

Ainda, a análise *multi-proxy* dos sedimentos (geoquímica, granulometria e diatomáceas) permitiu rastrear múltiplos estressores. Todavia, a estrutura das diatomáceas foi o marcador mais importante para reconstrução do processo de eutrofização, destacando o potencial desta ferramenta para o gerenciamento, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos tropicais.

Considerando, por fim, que os teores de fósforo nos sedimentos não correspondem à sua disponibilidade na coluna d'água, as associações de diatomáceas de sedimentos podem ser utilizadas para estabelecer valores-referência ou fases pré-distúrbio e, assim, para traçar metas de recuperação de ecossistemas. Desse modo, estudos que visem à criação de bancos de dados para sistemas tropicais, incluindo o ótimo ecológico das espécies de diatomáceas ao longo de gradientes de trofia, tornam-se promissores. A partir destes, pode-se avançar na construção de modelos preditivos de função de transferência de fósforo com base nas diatomáceas, que permita inferir os níveis de fósforo da água ao longo do processo da eutrofização.



REFERÊNCIAS

- Andersen, J.M. 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research*. 10:329-331.
- Battarbee, R.W.; Jones, V.; Flower, R.J.; Cameron, N.; Bennion, H.; Carvalho, L. & Juggins, S. 2001. Diatoms. In: Smol, J.P.; Birks, H.J.B.; Last, W.M. (ed.). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. London: Kluwer Academic Publishers.v.3. p.155-203.
- Bicudo, D.C., Fonseca, B.M., Bini, L.M., Crossetti, L.O., Bicudo, C.E.M., Araújo-Jesus, T. (2007). Undesirable side-effects of water hyacinth control in a shallow tropical reservoir. *Freshw. Biol.* 52:1120-1133.
- Brenner M. (1995). A call for paleolimnology studies in the tropics. *J Paleolimnol* 13:89-92.
- Carpenter, S.R. & Bennett, E.M. 2011. Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environ. Res. Lett.* Disponível em:
- Cazotti R.I., Gomes A.C.F., Nascimento M.R.L., Mozeto A.A. (2006). Geocronologia isotópica (^{210}Pb e ^{226}Ra) de sedimentos límnicos: determinação de velocidades e taxas de sedimentação e de idades. In: Mozeto A.A., Umbuzeiro G.A., Jardim W.F. (eds.). *Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce*. Cubo Editora, São Carlos. pp 37-39.
- Costanza, R., Schimel, D., Redman, C., Dearing, J., Graumlich, L., Leemans, R., Crumley, C., Hibbard, K., Steffen, W. 2011. *Evolution of the human-environment relationship*. In: Cleveland, C. J. (ed.). *Encyclopedia of Earth*. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.
- Crossetti L.O., Bicudo D.C., Bicudo C.E.M., Bini L.M. (2008). Phytoplankton biodiversity changes of a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. *Braz. J. Biol.* 68:631-637.
- Grimm E. C. 1987. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Comp. Geosci.* 13: 13–35.
- Grimm E. C. 1991. TILIA version 1.11. TILIAGRAPH version 1.18. In Gear, A. (ed.). *A Users Notebook*. Illinois State Museum, Springfield, USA.
- Juggins S. 2003. C2 User Guide. Software for Ecological and Palaeoecological Data Analysis and Visualisation. University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, UK, 69 p.
- Meyers, P.A. (2003). Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Org. Geochem.* 34:261-289.
- Ribeiro, W.C. 2008. *Geografia Política da Água*. São Paulo: Annablume, 162p.
- Smol, J.P. 2008. *Pollution of lakes and rivers – a paleoenvironmental perspective*. 2nd. Oxford: Blackwell Publishing. 362 p.
- Tundisi, J.G. 2005. *A água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa. 2 ed. 248p.

*XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA
III Encontro do Quaternário Sulamericano
XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives*



45 mm

UNESCO-WWAP 2006. Human Development Report 2006: *Beyond scarcity – power, poverty and the global water crisis*. New York: The United Nations Development Programme (UNDP). 440p.