

Qualidade da água em locais de pesca artesanal no complexo Billings, São Paulo

*Water quality in artisanal fishing sites in the Billings Dam complex,
São Paulo, Brazil*

Luciana Carvalho Bezerra de Menezes¹
José Ricardo Baroldi Ciqueto Gargiulo¹
Adalberto José Monteiro-Junior¹

RESUMO

A Represa Billings é o maior reservatório da Região Metropolitana de São Paulo, e a pesca artesanal é uma das múltiplas atividades nela desenvolvidas. Apesar de suas águas estarem degradadas, o que compromete a composição e a qualidade do pescado, pescadores artesanais ainda sobrevivem pescando nesse reservatório. Analisou-se a qualidade da água em locais de pesca artesanal, por meio da seleção de 10 pontos amostrais em áreas com maior concentração de pesca, nas quais amostras de água foram coletadas sazonalmente para análises de nitrogênio e fósforo totais, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, e amostras de zoobentos. Calcularam-se abundância relativa, índice de Shannon, riqueza de táxons, uniformidade e índice de dominância de Simpson. Para análise dos dados abióticos, utilizaram-se a Análise de Componentes Principais e o Índice de Estado Trófico, e também forneceram-se dados sobre os perfis de temperatura da água. Utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis para testar se há diferença nas variáveis entre os locais de amostragem. Os pontos próximos ao local de bombeamento do rio Pinheiros tiveram os maiores valores de nitrogênio e fósforo totais e os menores de oxigênio dissolvido, indicando deterioração da qualidade da água nesses locais. Encontrou-se, na maioria dos pontos, dominância de Oligochaeta no zoobentos, que é um grupo indicador de ambientes impactados. A comunidade bentônica e as variáveis

¹ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Instituto de Pesca. Av. Francisco Matarazzo, 455, Água Branca, 05001-970, São Paulo, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: L.C.B. Menezes. E-mail: <lcbm@usp.br>.

abióticas indicaram que a pesca em locais próximos ao bombeamento do rio Pinheiros não é recomendada em função da degradação da qualidade da água.

Palavras-chave: Atividade pesqueira. Limnologia. Qualidade ambiental. Zoobentos.

ABSTRACT

The Billings Dam is the largest reservoir in the São Paulo Metropolitan Area. Artisanal fishery is one of the multiple activities that take place in it. Although its waters are degraded, affecting the quality of the fish catch, fishermen still make a living from fishing in this reservoir. Here, we analyzed the water quality in fishing sites. We selected 10 sampling sites in areas with more active artisanal fishery in which we collected water samples for analysis of total nitrogen, total phosphorus, total dissolved solids, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen water temperature, and zoobenthos samples. We calculated relative abundance, Shannon diversity index, taxa richness, uniformity, and Simpson's dominance. We used Principal Component Analysis and the Trophic State index for abiotic data analysis. We also provide information on the water temperature profiles. We used a Kruskal-Wallis to test for a difference in the variables between sampling sites. The sampling sites closest to the Pinheiros River pumping area had the highest levels of total nitrogen and total phosphorus and the lowest dissolved oxygen values, indicating deterioration of the water quality. The Oligochaeta were the dominant benthic macroinvertebrates in most of the sites. This is an indicator group for environmental impact. The environmental conditions are degraded in locations close to the Pinheiros River pumping area and fishery is not recommended.

Keywords: Fishery. Limnology. Environmental quality. Zoobenthos.

INTRODUÇÃO

A crise hídrica atingiu proporções mundiais e cada vez mais compromete a saúde pública, o desenvolvimento social e econômico, bem como coloca em risco a capacidade de sustentar a vida neste planeta (Tundisi, 2005; Ribeiro, 2008). No âmbito das questões ambientais, a eutrofização é um problema mundial cuja resolução está longe de ser alcançada, apesar do grande número de estudos documentando suas causas e consequências (Sayer & Roberts, 2001; Battarbee *et al.*, 2005).

O reservatório Billings está localizado na porção Sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), na bacia hidrográfica do rio Tietê, sendo o maior reservatório de água da região, com área de 127 milhões de m² e profundidade máxima de 19m. Devido à sua importância estratégica e às mudanças na qualidade de suas águas ao longo do

tempo, o reservatório Billings foi e continua sendo alvo de diversos estudos (Minte-Vera & Petrere, 2000; Capobianco & Whateley, 2002; Alves da Silva *et al.*, 2009; Cardoso-Silva *et al.*, 2014). Seu entorno apresenta intensa ocupação urbana, agrícola e industrial, e está sujeito aos mais diversos impactos antrópicos, o que ocasiona alterações significativas na qualidade hídrica, refletindo na ictiofauna, tanto em sua composição como na qualidade do pescado. Apesar do efeito significativo das atividades antrópicas, esse reservatório conta com a presença de pescadores artesanais que sobrevivem dessa atividade.

Alves da Silva *et al.* (2009) e Castro *et al.* (2009) identificaram os principais núcleos pesqueiros e o número de pescadores regularmente operantes na região, com um contingente de mais de 100 famílias que vivem exclusivamente da atividade pesqueira artesanal. Alves da Silva *et al.* (2009)

observaram problemas como a redução da quantidade e qualidade do pescado, atribuída, entre outros fatores, à poluição no reservatório. Castro *et al.* (2009) mostraram que as espécies mais representativas na pesca foram: acará (42,9%) (*Geophagus brasiliensis*, Quoy & Gaimard, 1824), tilápia (25,2%) (especialmente *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758; mas também *Tilapia rendalli*, Boulenger, 1897) e lambari (16,3%) (*Astyanax* spp., especialmente *Astyanax eigenmanniorum*, Cope, 1894 e *Astyanax scabripinnis*, Jenyns, 1842). Embora no entorno do reservatório existam áreas com boa preservação e presença de Mata Atlântica, muitas regiões mostram intensa ocupação antrópica, o que contribui para a degradação da qualidade da água. Outro fator que colabora com parte da incidência de poluentes é o bombeamento de água da transposição do rio Pinheiros para o reservatório Billings. Essa transposição ocorre para o controle de inundações na época das chuvas (Empresa Metropolitana de Águas e Energia, 2014), sendo que o Rio Pinheiros apresenta um alto grau de eutrofização e estresse ambiental, pois recebe água por bombeamento proveniente do rio Tietê, no seu trecho mais poluído.

Vários autores alertam para a questão da eutrofização (Cardoso-Silva *et al.*, 2014) e contaminação por metais no reservatório Billings, tanto no pescado (Rocha *et al.*, 1985), como no sedimento (Hortellani *et al.*, 2013). O órgão ambiental estadual - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) -, através de seus relatórios anuais, classificou o reservatório Billings com condições de graus de trofia variando de mesotrófico para hipereutrófico, dependendo do compartimento analisado (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2013).

O biomonitoramento é uma ferramenta amplamente utilizada na avaliação e gestão da qualidade e integridade dos ecossistemas aquáticos através de sua biota, complementando métodos físicos e químicos tradicionais (Karr, 1999; Linke *et al.*, 2005). Dentre as comunidades utilizadas no biomonitoramento, os macroinvertebrados bentônicos são organismos empregados na avaliação de impactos ambientais (Fonseca-Gessner &

Guereschi, 2000), tendo em vista que esses organismos apresentam várias características que os tornam indicadores biológicos. Segundo Hellawell (1989), a simples presença ou ausência de organismos indica características do habitat e do meio ambiente, tais como organismos tolerantes a baixas concentrações de oxigênio, poluição orgânica ou metais. Segundo Rosenberg & Resh (1993), o comportamento sedentário de muitas espécies permite a análise espacial dos efeitos de perturbação, e seus ciclos de vida relativamente longos permitem a análise temporal de distúrbios ambientais regulares ou intermitentes. Assim sendo, a análise da estrutura e a distribuição da comunidade bentônica são importantes ferramentas ecológicas para descrever as mudanças espaciais e temporais (Callisto *et al.*, 1998; Leal & Esteves, 1999). Pesquisas mais recentes vêm aprimorando o conhecimento do potencial bioindicador dos macroinvertebrados bentônicos (Pamplin *et al.*, 2006; Carew *et al.*, 2007; Jorcin & Nogueira, 2008; Buss & Vitorino, 2010; Cortelezzi *et al.*, 2011; Miserendino *et al.*, 2011).

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água nos principais locais de atividade de pesca artesanal no complexo Billings, utilizando a comunidade bentônica como ferramenta bioindicadora de qualidade hídrica. O resultado do referido diagnóstico poderá ser utilizado tanto pelos pescadores quanto pelas autoridades na identificação e mapeamento dos locais de melhor qualidade ambiental, disponíveis à prática da pesca neste corpo d'água.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas nos principais locais de pesca do Reservatório Billings, previamente estabelecidos de acordo com dados levantados em Alves da Silva *et al.* (2009) e Castro *et al.* (2009) sobre as áreas de maior concentração de pesca, sendo estas: (a) Pedreira/Alvarenga - corpo central (pontos 10 e 9), (b) Braço do Bororé (pontos 7 e 8), (c) Braço do Taquacetuba (pontos 5 e 6) e (d) Braço do Capivari/Rio Pequeno (Pontos 1 a 4). Dentro

dessas quatro áreas, juntamente com os pescadores, foram georreferenciados 10 pontos de coleta (Figura 1), nos quais amostras de água e de zoobentos foram coletadas nos mesmos locais sazonalmente: Coleta 1: julho 2009, Coleta 2: outubro 2009, Coleta 3: janeiro 2010 e Coleta 4: abril 2010.

As amostragens de água para determinação de Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram realizadas a 0,5m do fundo com garrafa de Van-Dorn, e, para determinação de condutividade elétrica (Cond.), pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura da água (Temp), foi medido o perfil vertical da coluna d'água com sonda multiparâmetros (Horiba U22). Os resultados foram apresentados através de gráficos *box-whiskers plots*, nos quais os limites inferior e superior do box correspondem respectivamente ao 25 e 75 percentis, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e a linha central da distribuição à mediana. Os dados abióticos foram analisados através da Análise de Componentes Principais (ACP), com base em uma matriz de correlação, a fim de se identi-

ficarem as variáveis determinantes na avaliação da qualidade da água nos diferentes pontos amostrados. O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado de acordo com Lamparelli (2004), considerando apenas os valores de fósforo total, que apresentam as seguintes categorias: ultraroligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($47 < IET \leq 52$), eutrófico ($59 < IET \leq 63$), supereutrófico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófico ($67 < IET$). A macrofauna bentônica foi amostrada com pegador Petersen através de 2 unidades amostrais por ponto, selecionadas em malha 250 μ m.

Para a identificação taxonômica dos organismos, foram utilizadas as chaves de Macan (1975), Merritt & Cummins (1995), Pennak (1991), Pérez (1996). Para análise da comunidade, foram calculados os índices de Abundância Relativa, Diversidade de Shannon-Weaver, Riqueza de táxons, Uniformidade e Dominância de Simpson. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi aplicado para verificar a diferença significativa dos índices bióticos entre os pontos amostrados.

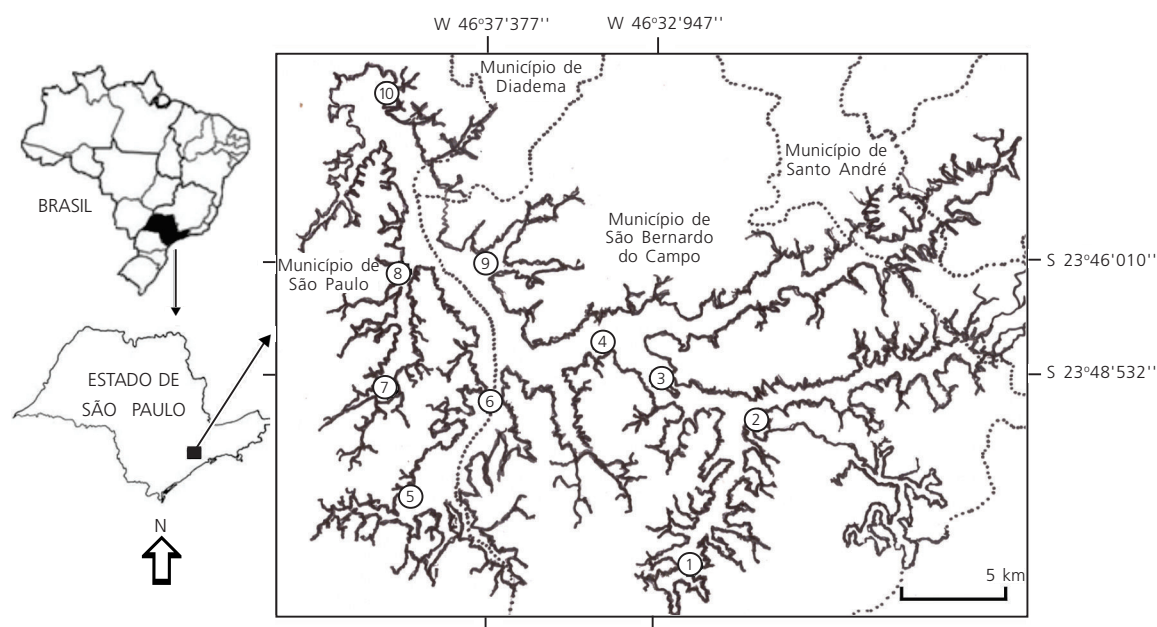


Figura 1. Área de estudo com a localização aproximada dos pontos amostrais no reservatório Billings (SP) em Julho de 2009, Outubro de 2009, Janeiro de 2010 e Abril de 2010. Pontos amostrais: Pedreira/Alvarenga - corpo central (P10 e P9), Braço do Bororé (P7 e P8), Braço do Taquacetuba (P5 e P6), Braço do Capivari/Rio Pequeno (P1 a P4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores máximos, mínimos e a mediana obtida das variáveis estudadas estão apresentados na Figura 2 em gráficos *box-whiskers plots*. Em relação aos dados abióticos, NT em todos os pontos estão em conformidade com o limite da Classe 2 da Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) (inferior a $1,27\text{mg.L}^{-1}$) com maiores valores no P10 ($0,88\text{mg.L}^{-1}$) (NT mín: 0,32 e máx: $0,88\text{mg.L}^{-1}$); para PT todos os pontos estão em não conformidade com a legislação (inferior a $0,03\text{mg.L}^{-1}$) com maiores valores no P10 ($0,19\text{mg.L}^{-1}$) (PT mín: 0,03 e máx: $0,19\text{mg.L}^{-1}$); para STD todos os pontos estão em conformidade com a legislação (inferior a 500mg.L^{-1}) com maiores valores no P10 (420mg.L^{-1}) (STD mín: 100 e máx: 420mg.L^{-1}); para Condutividade elétrica maiores valores no P9 ($448\mu\text{S.cm}^{-1}$) e P10 ($654\mu\text{S.cm}^{-1}$). O pH mostrou-se próximo à neutralidade (mín: 6,0 e máx: 8,0) em conformidade com a legislação (entre 6,0 e 9,0) e para OD os pontos 8, 9 e 10 estiveram em não conformidade em todas as coletas (OD não inferior a 5mg.L^{-1}), com valores mais baixos no P9 ($1,94\text{mg.L}^{-1}$).

Wengrat & Bicudo (2011) também encontraram maiores valores de NT, PT e Cond no corpo central, próximo à Pedreira e também menores valores de OD neste local, condizendo com os resultados encontrados no presente estudo. Cardoso-Silva *et al.* (2014) também encontraram menores valores de OD em Pedreira (próximo à barragem).

Há uma clara variação espacial das condições limnológicas, com melhora gradativa a partir da barragem de Pedreira (corpo central) em direção aos braços do Capivari e Rio Pequeno (do ponto 10 ao ponto 1), o que pode ser verificado através da diminuição dos valores de NT, PT, STD e aumento de OD do ponto 10 ao ponto 1. A região de Pedreira (ponto 10) e dos braços do Bororé (pontos 7 e 8) e do Alvarenga (ponto 9) recebem grandes quantidades de esgoto doméstico, provenientes da ocupação de suas sub-bacias formadoras (Capobianco & Whateley, 2002), além das cargas poluidoras oriundas do Rio Pinheiros através do bombeamento realizado na barragem de Pedreira.

Esse bombeamento, muito frequente no passado, continua a existir, embora atualmente limitado a situações relacionadas ao controle de cheias na Grande São Paulo, por ocasião de chuvas, com sua influência decrescente no percurso das águas, de Pedreira em direção aos braços do Capivari e Rio Pequeno (do ponto 10 ao ponto 1).

Cardoso-Silva *et al.* (2014) também encontraram as águas do Reservatório Billings com sinais de degradação e elevado grau de trofia, e melhor qualidade na água na região de Capivari e pior qualidade próximo à Pedreira.

Os dados dos perfis verticais (Figura 3) indicaram condições de circulação total do sistema na época das chuvas, com uma suave estratificação de superfície na época da estiagem. Tal condição explica a severidade da situação quanto ao nitrogênio total e condições que poderiam ser piores quanto ao fósforo total, uma vez que as condições de oxigenação da coluna d'água favorecem a precipitação desse nutriente, uma vez que as condições de fundo, embora com alguma depleção nas concentrações de oxigênio, não apresentam anoxia. Jesus (2006), aplicando modelagem matemática 3D à represa Billings para avaliação de alterações na qualidade da água, concluiu ser o reservatório polimítico, sujeito à variação das condições climatológicas, do regime de operação do bombeamento e da carga gerada na bacia.

Pelo resultado da análise de componente principal (Figura 4), observa-se que o ponto 10 é influenciado pelas variáveis NT e PT, sendo que esse ponto apresentou elevados valores desses nutrientes; o P9 é influenciado pelas variáveis condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, indicando pior qualidade das águas nesses pontos, corroborando os demais resultados.

De acordo com o Índice de Estado Trófico, o reservatório Billings variou de eutrófico a hipereutrófico, sendo classificados como eutrófico: P1 (62) e P2 (63); como supereutrófico: P3 (64), P4 (64), P5 (64), P6 (65) e P8 (65) e como hipereutrófico: P7 (68), P9 (68) e P10 (74), o que demonstra que os

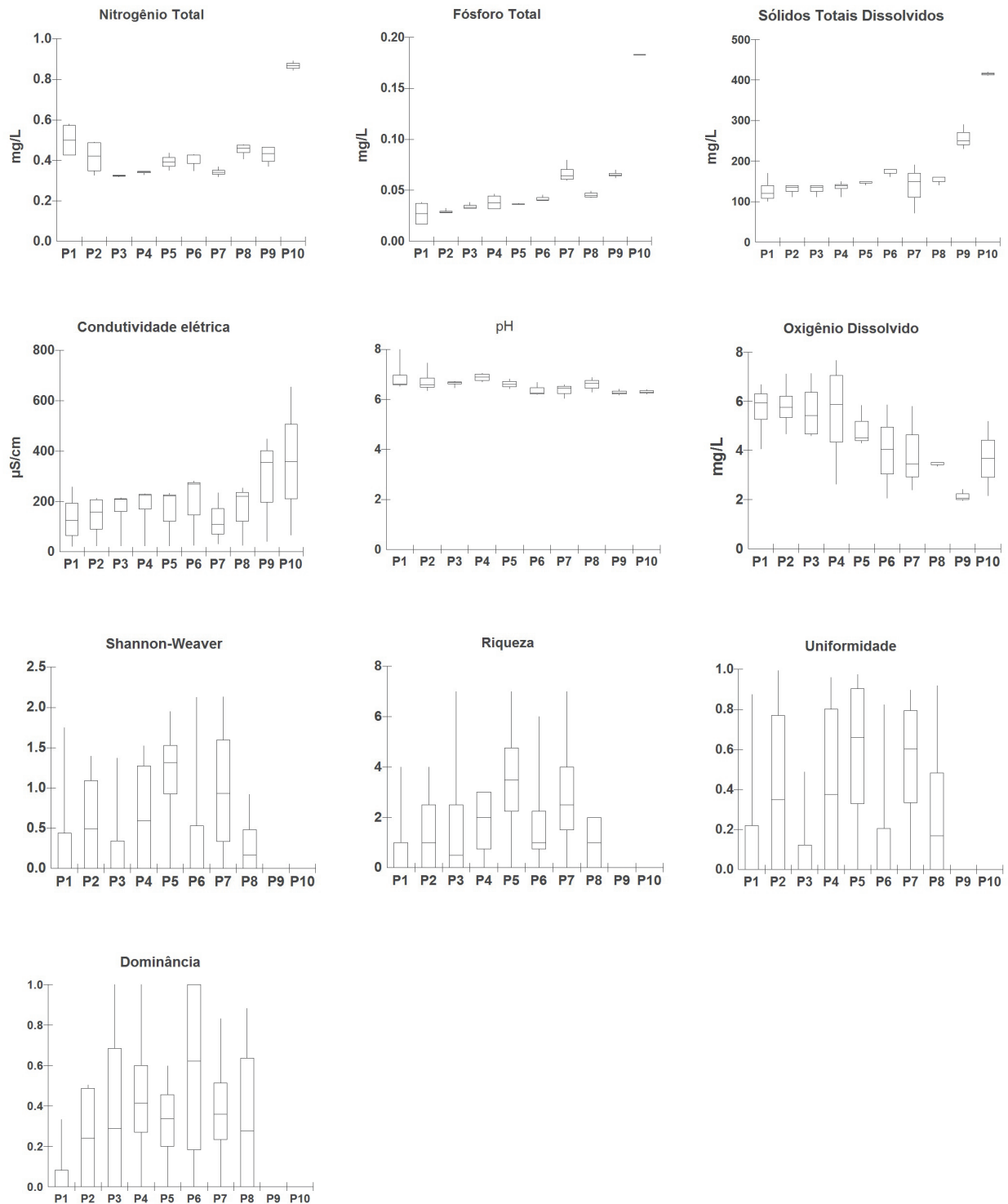


Figura 2. Variáveis abióticas (medidas a 0,5m do fundo) e variação dos índices bióticos nos pontos amostrais no reservatório Billings (SP) em julho de 2009, outubro de 2009, janeiro de 2010 e abril de 2010, representadas por gráficos *box-whiskers plots* onde os limites inferior e superior do *box* correspondem respectivamente aos percentis de 25 e 75, os *whiskers* ao mínimo e ao máximo e a linha central da distribuição à mediana. Pontos amostrais: Pedreira/Alvarenga - corpo central (P10 e P9), Braço do Bororé (P7 e P8), Braço do Taquacetuba (P5 e P6), Braço do Capivari/Rio Pequeno (P1 a P4).

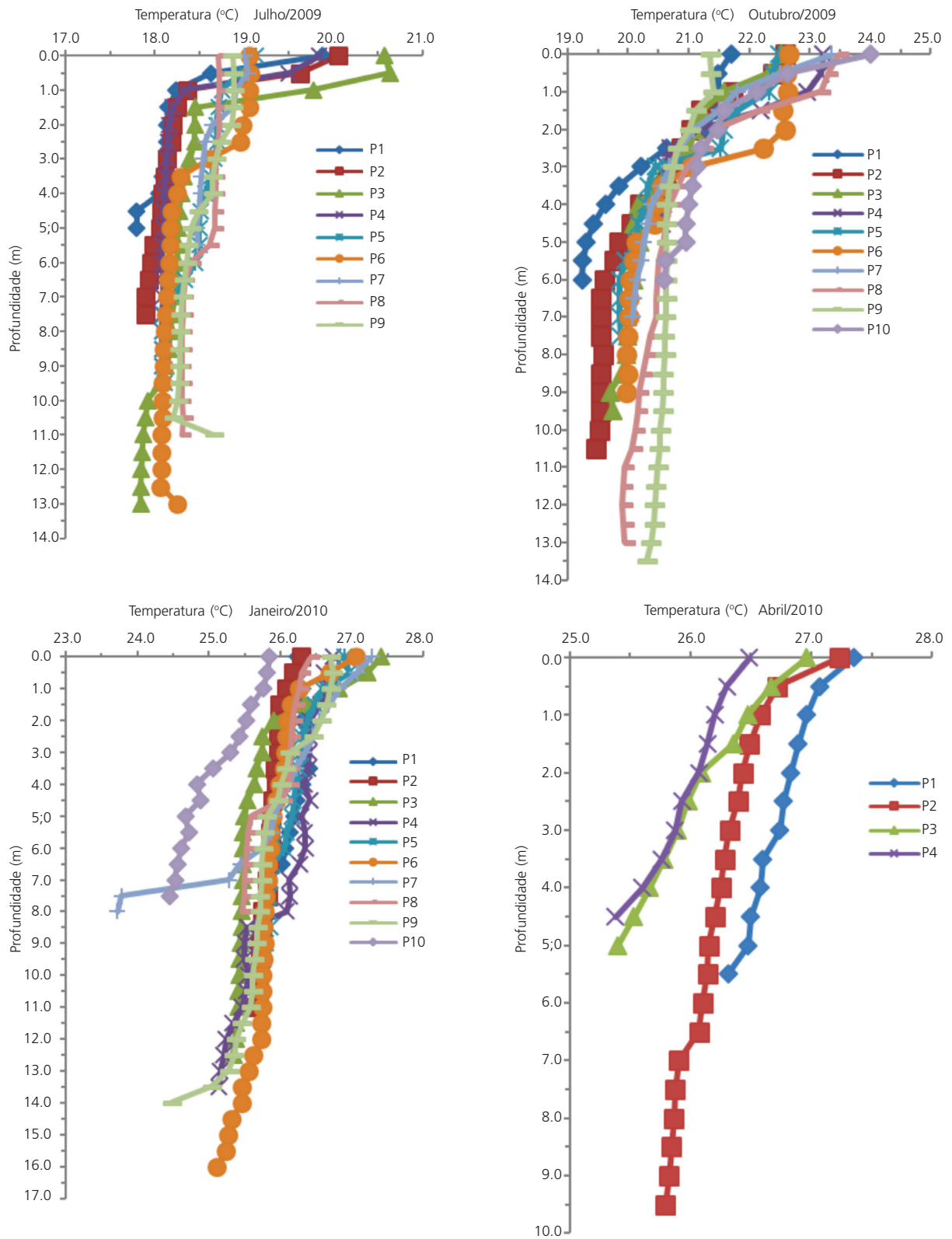


Figura 3. Perfis verticais de temperatura da água por coleta. Pontos amostrais: Pedreira/Alvarenga - corpo central (pontos 10 e 9), Braço do Bororé (pontos 7 e 8), Braço do Taquacetuba (pontos 5 e 6), Braço do Capivari/Rio Pequeno (pontos de 1 a 4), no reservatório Billings (SP) em julho de 2009, outubro de 2009, janeiro de 2010 e abril de 2010.

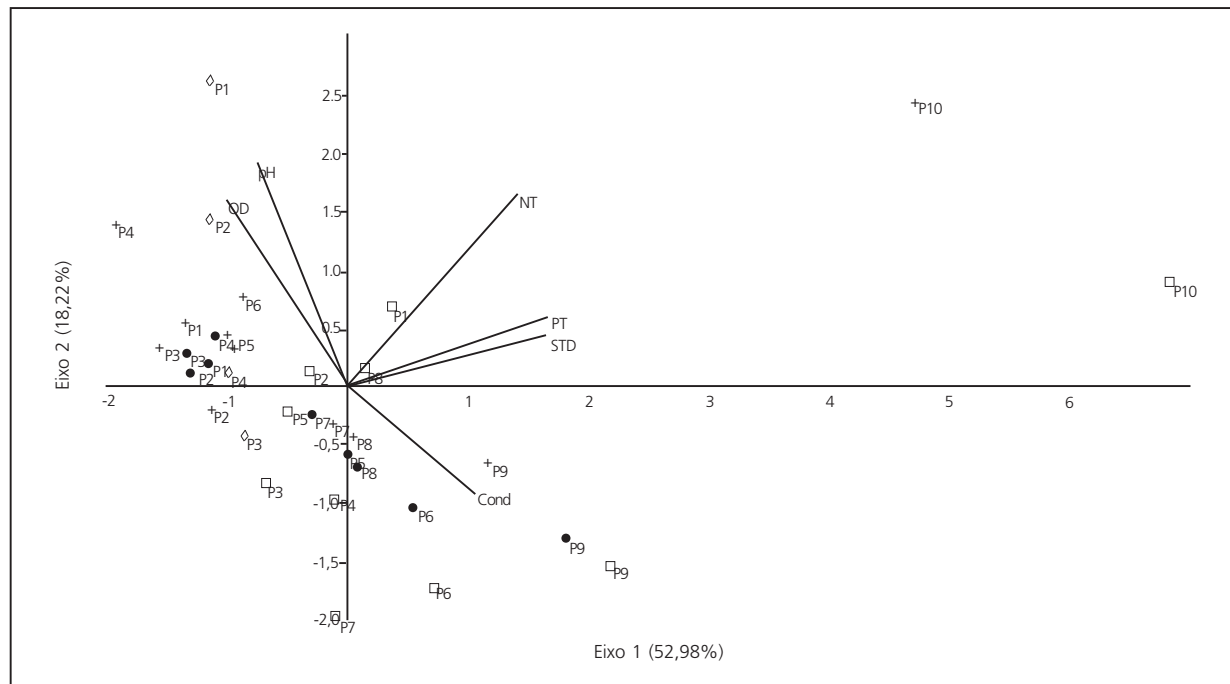


Figura 4. Análise de Componente Principal para verificar a ordenação dos pontos de amostragem em relação às variáveis abióticas obtidas a 0,5m do fundo. Pontos amostrais: Pedreira/Alvarenga - corpo central (P10 e P9), Braço do Bororé (P7 e P8), Braço do Taquacetuba (P5 e P6), Braço do Capivari/ Rio Pequeno (P1 a P4). As coletas são representadas por símbolos: julho de 2009 (●), outubro de 2009 (+), janeiro de 2010 (◊) e abril de 2010 (◻). Os vetores mostram a contribuição das variáveis Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica (Cond), pH e Oxigênio Dissolvido (OD), na formação dos dois primeiros eixos com explicabilidade entre parêntesis. As variáveis (e seus autovalores) que mais influenciaram o arranjo no eixo 1 foram Fósforo Total (0,519), Sólidos Totais Dissolvidos (0,5191) e também condutividade elétrica (0,335). Para o eixo 2: Nitrogênio Total (0,5144), pH (0,5952) e também Oxigênio Dissolvido (0,4986).

locais próximos ao bombeamento do rio Pinheiros P9 e P10 apresentaram grau máximo de trofia e os pontos mais afastados P1 e P2 apresentaram o menor grau de trofia dentro do complexo Billings. A CETESB através de seus relatórios anuais também classifica o reservatório de eutrófico a hipereutrófico (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2013). Wengrat & Bicudo (2011) também encontraram grau máximo de trofia no corpo central do reservatório próximo ao local de bombeamento do rio Pinheiros.

O resultado da análise de abundância relativa de táxons da macrofauna bentônica (Figura 5) indica uma maior abundância de Oligochaeta na maioria dos pontos. Segundo Pérez (1996), esse táxon vive em águas eutróficas, sendo que esses organismos são resistentes a baixos teores de oxigênio (Pennak, 1991). Callisto *et al.* (2005) e Pamplim *et al.* (2006)

também encontraram maiores densidades de organismos resistentes à poluição, tal como Oligochaeta, em estudos realizados em reservatórios sob forte influência antrópica. O segundo táxon mais representativo foi Chaoboridae, que é comum e abundante em ambientes eutróficos por apresentar migração vertical na coluna de água, o que favorece obtenção de oxigênio. O ponto 5 foi exceção, tendo apresentado maior abundância de Polymitarcyidae, táxon sensível à poluição, considerado indicador de boa qualidade da água (Pérez, 1996). Esse táxon também foi encontrado no reservatório Billings, no braço Taquacetuba em 2006, nos estudos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013), pela primeira vez, depois de mais de 10 anos de estudos. A pior qualidade da água nos pontos 9 e 10 refletiu na ausência de organismos bentônicos nesses locais.

Em relação à variação dos índices bióticos descritos por gráficos *box-whiskers plots* (Figura 2), os valores de riqueza de táxons (mín. 1, máx. 7) e diversidade (mín. 0,34 e máx. 2,14) apresentaram valores muito baixos, o que indica um ambiente bastante impactado e eutrofizado. O teste Kruskal-Wallis (H) não indicou diferenças significativas entre os pontos amostrados: Shannon-Weaver ($H=7,8732$; $p=0,547$), riqueza de táxons ($H=10,0052$; $p=0,3501$), uniformidade ($H=7,9463$; $p=0,5396$) e dominância de Simpson ($H=9,8443$; $p=0,3632$).

Pamplim *et al.* (2006) também encontraram baixos valores de diversidade em Americana, que é um reservatório em acelerado processo de degradação e eutrofização; em contrapartida, Barbola *et al.* (2011), em estudo em um reservatório da bacia do rio Pitangui, encontraram valores de riqueza que variaram entre 5 e 25 táxons, sendo que esse reservatório apresenta valores para NT e PT dentro dos limites da Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005), sendo considerado não eutrofizado.

CONCLUSÃO

Os dados limnológicos indicam má qualidade da água próximo à região de Pedreira, estando quase todos os parâmetros em não conformidade com os limites do Conselho Nacional do Meio Ambiente para águas doces de classe 2, reflexo da ocupação do seu entorno e do bombeamento do rio Pinheiros. A qualidade da água melhora a partir de Pedreira no sentido dos braços do Rio Pequeno e Capivari. Dentre os locais de pesca, Pedreira, que apresentou a pior qualidade da água, vem cada vez menos sendo explorado pelos pescadores, o que mostra sua percepção em relação à poluição, uma vez que na ocasião eles relataram sabor e odor ruim do pescado nos locais com maior poluição.

As condições de circulação da coluna d'água favorecem a oxigenação e depuração das águas, o que faz com que se tenha uma melhora da qualidade da água ao se afastar do local de bombeamento do rio Pinheiros (Pedreira).

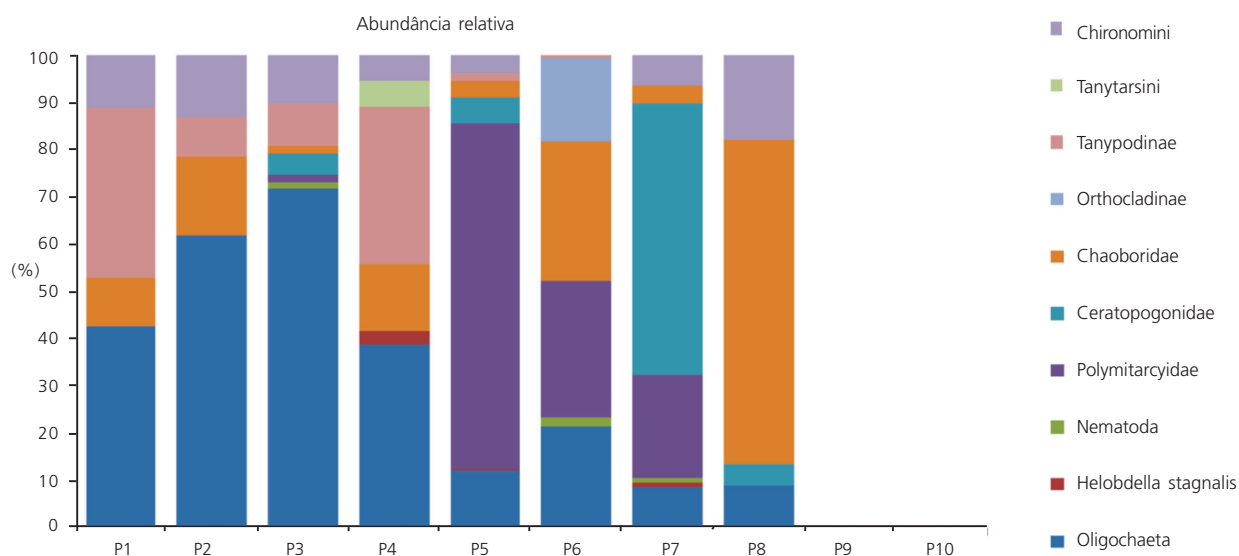


Figura 5. Abundância relativa dos táxons da macrofauna bentônica no reservatório Billings (SP), em julho de 2009, outubro de 2009, janeiro de 2010 e abril de 2010. Pontos amostrais: Pedreira/Alvarenga - corpo central (P10 e P9), Braço do Bororé (P7 e P8), Braço do Taquacetuba (P5 e P6), Braço do Capivari/Rio Pequeno (P1 a P4).

REFERÊNCIAS

- Alves da Silva, M.E.P.; Castro, P.M.G.; Maruyama, L.S. & Paiva, P. (2009). Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(4):531-43.
- Barbola, I.F.; Moraes, M.F.P.G.; Anazawa, T.M.; Nascimento, E.A.; Sepka, E.R.; Polegatto, C.M.; Milleo, J. & Schuehli, G.S. (2011). Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia. Série Zoológica*, 101(1-2):15-23.
- Battarbee, R.W.; Anderson, N.J.; Jeppensen, E. & Leavitt, P.R. (2005). Combining paleolimnological and limnological approaches in assessing lake ecosystem response to nutrient reduction. *Freshwater Biology*, 50(10):1772-80.
- Buss, D.F. & Vitorino, A.S. (2010). Rapid bioassessment protocols using benthic macroinvertebrates in Brazil: Evaluation of taxonomic sufficiency. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(2):562-71.
- Callisto, M.; Esteves, F.A.; Gonçalves Jr., J.F. & Fonseca, J.J.L. (2005). Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapés) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana*, 15(1/2): 1-9.
- Capobianco, J.P.R. & Whately, M. (2002). *Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. Relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99*. São Paulo: Instituto Socioambiental.
- Cardoso-Silva, S.; Nishimura, P.Y.; Padial, P.R.; Mariani C.F.; Moschini-Carlos, V. & Pompêo, M.L.M. (2014). Compartimentalização e qualidade da água: o caso da Represa Billings. *Bioikos*, 28(1):31-43.
- Carew, M.E.; Pettigrove, V.; Cox, R.L. & Hoffmann, A.A. (2007). The response of Chironomidae to sediment pollution and other environmental characteristics in urban wetlands. *Freshwater Biology*, 52(12):2444-62.
- Castro, P.M.G.; Alves da Silva, M.E.P.; Maruyama, L.S. & Paiva, P. (2009). *Produção pesqueira do Reservatório Billings (Bacia do Alto Tietê-SP) nos anos 2005, 2006 e 2007*. São Paulo: Instituto de Pesca. p.1-10. (Série de Relatórios Técnicos, n. 38).
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2013). *Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2013*. São Paulo: CETESB. (Série Relatórios).
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Cortelezzi, A.; Paggi, A.C.; Rodríguez, M. & Capitulo, A.R. (2011). Taxonomic and nontaxonomic responses to ecological changes in an urban lowland stream through the use of Chironomidae (Diptera) larvae. *Science of the Total Environment*, 409(7):1344-50.
- Empresa Metropolitana de Águas e Energia. (2014). *Dados diários de bombeamento de transposição da água do rio Pinheiros para o reservatório Billings (SP) no controle de cheias compartimento Pedreira*. São Paulo: Departamento de Supervisão de Operações.
- Fonseca-Gessner, A.A. & Guerreschi, R.M. (2000). Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antonio, SP, Brasil. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (Eds.), *Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí*. São Carlos: Rima. v.2, p.707-31.
- Hellawell, J.M. (1989). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. London: Elsevier.
- Hortellani, M.A.; Sarkis, J.E.S.; Menezes, L.C.B.; Bazante-Yamaguishi, R.; Pereira, A.S.A.; Garcia, P.F.G.; Maruyama, L.S. & Castro, P.M.G. (2013). Assessment of metal concentration in the Billings reservoir sediments, São Paulo State, southeastern Brazil. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 24(1):58-67.
- Jesus, J.A.O. (2006). *Utilização de modelagem 3D na gestão da qualidade da água em mananciais: aplicação no Reservatório Billings*. Tese em Saúde Ambiental (Saúde Pública), Universidade São Paulo, São Paulo.
- Jorcin, A. & Nogueira, M.G. (2008). Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema Reservoir cascade (southeast Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 68(4):1013-24.
- Karr, J.R. (1999). Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41(2):221-34.
- Lamparelli, M.C. (2004). *Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos (Biociências), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Leal, J.J.F. & Esteves, F.A. (1999). Density and biomass of *Campsurus* sp. (Ephemeroptera) and other macroinvertebrates in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Lago Batata, Pará, Brazil). *Amazoniana*, 15(3-4):193-209.
- Linke, S.; Norris, R.H.; Faith, D.P. & Stockwell, D. (2005). ANNA: A new presicion method for bioassessment programs. *Freshwater Biology*, 50(1):147-58.
- Macan, T.T. (1975). *Invertebrados de agua dulce: Guia de animales*. Pamplona: Universidad de Navarra.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (Ed.). (1995). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

- Minte-Vera, C.V. & Petrere, M. (2000). Artisanal fisheries in urban reservoir: A case study from Brazil (Billings Reservoir, São Paulo Metropolitan Region). *Fisheries Management and Ecology*, 7(6):537-49.
- Miserendino, M.L.; Casaux, R.; Archangelsky, M.; Di Prinzio, C.Y.; Brand, C. & Kutschker, A.M. (2011). Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. *Science of the Total Environment*, 409(3):612-24.
- Pamplin, P.A.Z.; Almeida, T.C.M. & Rocha, O. (2006). Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir (SP, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(2):121-32.
- Pennak, R.W. (1991). *Freshwater invertebrates of United States: Protozoa to Mollusca*. 3rd ed. New York: Wiley.
- Pérez, G.R. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Presencia.
- Ribeiro, W.C. (2008). *Geografia política da água*. São Paulo: Annablume.
- Rocha, A.A., Pereira, D.N. & Pádua, H.B. (1985). Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Revista de Saúde Pública*, 19(5):401-10.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (1993). Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (Ed.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. p.1-9.
- Sayer, C.D. & Roberts, N. (2001). Establishing realistic restoration targets for nutrient-enriched shallow lakes: Linking diatom ecology and paleoecology at the Attenborough Ponds, U.K. *Hydrobiologia*, 448(1):117-42.
- Tundisi, J.G. (2005). *A água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima.
- Wengrat, S. & Bicudo, D.C. (2011). Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, Southeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 23(2):200-16.

Recebido: dezembro 15, 2015

Versão final: junho 28, 2016

Aprovado: outubro 7, 2016

