MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO PINHEIROS, RMSP, BRASIL

MONITORING OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY OF SURFACE WATERS IN THE PINHEIROS RIVER, RMSP, BRAZIL

MOURA, Rodrigo Reis de^{1*}; SILVA, Ivone Silveira da²; SANTOS, Juliana Cássia C. dos²; MENEZES, Maria Ângela de B. C.³; FERREIRA, Cláudia Alves³.

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Nuclear (Pós-graduação em Ciências e Técnicas Nucleares), Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, cep 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte – MG, Brasil. (fone: +55 313409-5000; fax: +55 3134096660)

² Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Sustentabilidade), Rua Professor Artur Riedel, 275, cep 09972-270, Diadema – SP, Brasil. (fone: +55 1140440500)

³ Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (Serviços de Técnicas Analíticas), Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, cep 31270-901, Campus da UFMG – Pampulha, Belo Horizonte – MG, Brasil. (fone: +55 3130693434)

³ Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais), Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, cep 31270-901, Campus da UFMG – Pampulha, Belo Horizonte – MG, Brasil. (fone: +55 31 3069 3356)

*Autor correspondente:

e-mail: rodrigoreismoura@gmail.com

Received 08 February 2018; received in revised form 16 March 2018; accepted 16 March 2018

RESUMO

Os contaminantes químicos, físicos e biológicos que são descritos em muitos estudos de impacto em ambientes aquáticos mostram que estes podem ser provenientes de diversas fontes, mas principalmente de atividades antrópicas urbanas. Estes contaminantes podem acumular-se nas matrizes que compõem os ambientes, tais como as águas superficiais. O monitoramento ambiental dessas águas é importante, uma vez que consta da Política Nacional de Recursos Hídricos a necessidade de assegurar integralmente que as mesmas sejam repassadas com qualidade, em seus múltiplos usos, às gerações futuras. A cidade de São Paulo, localizada no sudeste do Brasil, está inserida na principal bacia hidrográfica do Estado de São Paulo - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Dentre os principais rios que compõem essa bacia destaca-se o rio Pinheiros que segundo a Resolução CONAMA 357/05 está classificado, de acordo com o Índice de Qualidade das Águas, como um rio de Classe-4 – de usos menos exigentes da população. Os dados deste estudo foram obtidos com a realização de 2 campanhas de amostragem da água superficial em períodos sazonais distintos. Foram avaliados alguns dos principais parâmetros físico-químicos cujos resultados apresentados refletem o comportamento hidrodinâmico do rio e se evidenciam na péssima qualidade de suas águas.

Palavras-chave: *Alto Tietê, Recursos hídricos, Qualidade das águas, Monitoramento ambiental, Rio Pinheiros.*

ABSTRACT

The chemical, physical and biological contaminants that are described in many impact studies in aquatic environments show that these can come from a variety of sources, but mainly from urban anthropogenic activities. These contaminants can accumulate in the matrices that compound the environments, such as surface waters. The environmental monitoring of these waters is important since the National Policy of Water Resources has the need to ensure that they are passed on with quality, in their multiple uses, to future generations. The city of São Paulo, located in southeastern Brazil, is part of the main hydrographic basin of the State - Alto Tietê Hydrographic Basin. Among the main rivers that make up this basin is the Pinheiros River,

which according to 357/05 CONAMA Resolution is classified, according to the Water Quality Index, as a Class-4 river – less demanding uses to the population. The data of this study were obtained by performing of 2 superficial water sampling campaigns in distinct seasonal periods. Some of the main physicochemical parameters were evaluated whose results reflect the river hydrodynamic behavior and are evidenced by the poor quality of its waters.

Keywords: *Alto Tietê, Hydric resources, Water quality, Environmental monitoring, Pinheiros river.*

INTRODUÇÃO:

A cidade de São Paulo, localizada no sudeste do Brasil, forma a maior conurbação do hemisfério sul e está inserida na principal bacia hidrográfica do Estado de São Paulo – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT). O rio Pinheiros é um dos principais cursos d'água que forma a BHAT no trecho metropolitano e é segundo a Resolução CONAMA 357/05, classificado, de acordo com o Índice de Qualidade das Águas (IQA), como um rio de Classe-4, ou seja, para usos menos exigentes da população. E foi por questões da baixa qualidade de suas águas que o sistema de produção de energia e abastecimento de água da RMS, proporcionado por um engendrado sistema, funcionou normalmente até 1992 quando a Resolução Conjunta SMA-SES 03/92 de 04/10/92 (atualizada pela Resolução SEE-SMA-SRHSO 1 de 13/03/96) limitou o bombeamento das águas dos rios Tietê e Pinheiros para a represa Billings apenas em casos específicos, como para a proteção contra enchentes, crises energéticas, *bloom* de algas ou a necessidade de expulsão da cunha salina na cidade de Cubatão (Baixada Santista).

A péssima qualidade sanitário-ambiental desse curso d'água e de seus principais tributários a partir da década de 70 se dá pela ocupação humana em seu entorno de forma intensa e não planejada, em especial nos seus afluentes da margem esquerda, banhada pelos córregos Morro do S e Pirajussara e do ribeirão Jaguaré. Esses núcleos se caracterizam por criar regiões periféricas através de loteamentos clandestinos e de favelas em fundos de vale que não dispõe de infraestrutura sanitária adequadamente qualificada para os recursos hídricos existentes nelas (LORENZI, 2004; VILELA, 2009; CASTRO, 2010; EMAE, 2012; EMAE, 2013). Dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2012; 2013) indicam que a falta de saneamento básico adequado faz com que parte do esgoto produzido na área da bacia de drenagem do rio

Pinheiros seja lançada *in natura*, comprometendo a qualidade do corpo d'água e do seu sedimento que hoje são classificados como sendo ruim e péssimo. Nesse contexto, suas águas, em vários parâmetros avaliados, revela uma qualidade insatisfatória mesmo para um rio de Classe-4.

1.1. Área de estudo: O rio Pinheiros

O rio Pinheiros que nos primórdios era um rio de planície com característica meandrante sofre a partir da década de 30 inúmeras transformações no seu traçado original para se adequar ao aumento populacional e aos interesses da vida urbana na RMS. A principal delas, a retificação do rio, lhe conferiu a característica de um canal concebido com uma extensão total aproximadamente de 26.000 m se estendendo de sul a norte desde a barragem de Pedreira (montante), que separou as águas do rio das águas que passaram a ser armazenadas na represa Billings até seu encontro com o rio Tietê, cujas águas são separadas pela estrutura do Retiro (jusante). Juntamente com a retificação, o rio recebeu ao longo de sua extensão a construção de estruturas hidráulicas, usinas elevatórias por bombeamento, que possibilitaram controlar o direcionamento de suas águas tanto no sentido natural, para o rio Tietê, quanto no sentido reverso, para represa Billings (ADORNO, 1999; EMAE, 2013; GOLDENSTEIN *et al.*, 2017).

As intervenções ocorridas além de possibilitar o amortecimento das cheias periódicas, possibilitaram o saneamento da várzea do rio através da elevação do terreno, o que impulsionou a urbanização das áreas em ambas as margens (CASTRO, 2010). Com essas intervenções, a planície fluvial do rio Pinheiros tornou-se então, parte importante da malha urbana da cidade de São Paulo, configurando-se atualmente como um espaço de redes de serviços urbanos, sendo um importante eixo de circulação da cidade. (SEABRA, 1987; PMSP, 1993; OSEKI, 2000).

No entanto, estas intervenções foram ainda mais ousadas, pois proporcionaram a implantação de um sistema hidroenergético (Projeto Serra – *Light & Power Co.*) que juntava interesses, importantes para metrópole, de abastecimento e geração de energia por meio da ligação do agora canal Pinheiros a um grande reservatório de águas, a represa Billings, inundada a partir de 1927 com a construção da barragem de Pedreira, no curso do Rio Grande. A Billings é o maior reservatório de águas da RMSP e um dos maiores do mundo em área urbana, usado tanto para abastecimento quanto para acionamento das turbinas da usina hidroelétrica de Henry Borden, localizada na vertente da Serra do Mar, em Cubatão, Baixada Santista (CAPOBIANCO & WHATELY, 2002; CETESB, 2004; WHATELY *et al.*, 2008; VILELA, 2009; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2010; EMAE, 2012; EMAE, 2013).

As estruturas de confinamento construídas no curso do rio Pinheiros (Usina Elevatória de Traição e Usina Elevatória de Pedreira) e as possibilidades oferecidas por elas no direcionamento das águas constituíram a época, uma complexa obra de engenharia, inédita no mundo, que ficou conhecida como Sistema Integrado de Produção de Energia e Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo sendo então operacionalizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia – EMAE (GOLDENSTEIN *et al.*, 2017).

1.2. A qualidade das águas do rio Pinheiros

A Resolução CONAMA 357/05 (alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011) classifica os corpos d'água segundo as diretrizes ambientais e estabelece as condições de uso dos mesmos. Baseando-se nela o rio Pinheiros é classificado como um rio de águas doces, ou seja, águas cuja salinidade é igual ou inferior a 0,5%. Além disso, é um rio de ambiente lântico (água parada, com movimento lento ou estagnado) que eventualmente apresenta-se como lótico (água movente) muito em função da operação do sistema de reversão das águas do canal dentro do que já foi estabelecido pela legislação estadual.

No entanto, a principal classificação de um corpo d'água é em relação a sua qualidade requerida para seu uso preponderante. Neste

sentido, o rio Pinheiros se caracteriza como um rio de Classe-4, cujas águas podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Isso porque esta Resolução estabelece limites individuais das substâncias presentes em maior ou menor quantidade nestes corpos d'água que irá compor um padrão de qualidade dos mesmos. Um conjunto de parâmetros essenciais é pré-estabelecido e segundo a legislação devem ser periodicamente monitorados (CETESB, 2009).

Desde 1974 a CETESB realiza avaliações e monitoramento periódicos da qualidade das águas doces no Estado de São Paulo com objetivo de diagnosticar, avaliar e identificar áreas prioritárias no controle da poluição de forma a atender as condicionantes exigidas pela legislação ambiental no que se refere a esse importante recurso natural. Os dados obtidos são publicados anualmente na forma de um relatório sobre a condição das águas superficiais no Estado. Uma série de critérios e metodologias de avaliação da qualidade das águas é apresentada nestes relatórios que constitui um inventário histórico importantíssimo tanto para conhecimento dos problemas e o que os causam quanto em um instrumento base confiável para a tomada de decisões necessárias na busca pela melhoria da condição sanitário-ambiental dos mesmos.

Este trabalho é parte de um projeto que envolve estudos ambientais na área do rio Pinheiros. Os parâmetros analisados para as águas superficiais do rio fazem parte de um estudo que tinha como foco principal a avaliação dos sedimentos de fundo de sua calha, mais especificamente da segunda parte do canal compreendida entre a Usina Elevatória de Traição até a Usina Elevatória de Pedreira, também conhecida como canal superior. Portanto, os dados obtidos no campo no decorrer desta pesquisa serão comparados com os resultados disponibilizados nos relatórios da CETESB dos anos de 2010 (que antecede o início da pesquisa), 2011 e 2012 que correspondem aos anos base desta pesquisa de forma que possam proporcionar uma discussão em relação às reais condições da qualidade das águas superficiais neste trecho do rio correlacionando os possíveis fatores envolvidos no seu contexto.

MATERIAIS E MÉTODOS:

2.1. Caracterização dos pontos de amostragem

Para a realização da avaliação da qualidade das águas neste estudo, cinco pontos de coleta foram distribuídos ao longo do rio Pinheiros – PNH1, PNH2, PNH3, PNH4 e PNH5 (Tab.1). Destes, 3 (três) estão associados aos pontos utilizados para coletas na rede de monitoramento da CETESB – PINH04100 (Usina Elevatória de Pedreira), PINH04250 (Ponte do Socorro) e PINH04500 (Usina Elevatória de Traição).

Foi escolhida a segunda parte do canal para realização desse estudo. A área denominada de 'canal superior' fica a montante do rio Tietê, entre as Usinas Elevatórias de Traição e Pedreira. A escolha dessa área leva em consideração os principais tributários naturais desse trecho (os Córregos Morro do S, Zavuvus, Olaria e o Canal Guarapiranga) e se justifica por possuir características físicas como extensão (15.461 m), largura (87,4 m) e profundidade (4,5 m) proporcionalmente maiores em relação à primeira parte do canal e também pela sua proximidade com a represa Billings.

Foram realizadas duas campanhas de amostragens diurnas, respeitando a variabilidade sazonal existente em um ciclo hidrológico anual. A primeira campanha foi realizada no início de Agosto/2011 (final da estação de estiagem) e a segunda campanha ocorreu no início de Fevereiro/2012 (final da estação de chuva).

2.1. Procedimentos de amostragem

Os procedimentos realizados no processo de coleta das amostras de águas superficiais para este estudo estão em acordo com o estabelecido pela APHA (2005), MUDROCH & AZCUE (1995) e CETESB (2012).

A realização das medições dos parâmetros das águas superficiais do canal superior (pH, Eh, T °C, CE, OD e Turbidez) foram realizadas no campo em ambas as campanhas de amostragem.

Inicialmente, a amostragem das águas superficiais foi realizada diretamente no corpo d'água do canal com o auxílio de uma embarcação a remo e o uso de equipamentos de

proteção individual (EPIs). Foram utilizados frascos de polietileno limpos, tomando-se o cuidado de não introduzir na água frascos contendo preservantes. A amostragem foi realizada na zona intermediária da largura do canal aproximadamente 44 m das margens) acompanhando as marcações geográficas apresentadas na Tabela 1.

Para realização das medições dos parâmetros físico-químicos das águas superficiais foram utilizados equipamentos específicos da marca Hanna® (medidor de OD modelo HI9147 com calibração contra o ar; medidor de turbidez, modelo HI93703C; medidor de potencial redox, modelo HI8424 e medidor de condutividade, modelo HI8733) e da marca Methrom® (medidor de pH, modelo 826 IRDA). As medições de temperatura foram feitas com um termômetro de imersão contendo coluna de mercúrio metálico, graduado de 0 a 60 °C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A qualidade das águas superficiais do rio Pinheiros é apresentada através de dados dos respectivos parâmetros nos relatórios disponibilizados anualmente pela CETESB. No período de 2010 a 2012, observa-se que em muitos dos parâmetros avaliados a qualidade das águas é insatisfatória em alguns pontos localizados dentro da área de amostragem deste trabalho, como podemos verificar na tabela 2. Se comparados estes valores com os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/05 para águas superficiais de Classe-4, estes valores se colocam muito aquém dos limites estabelecidos como aceitáveis, sobretudo em relação ao OD que segundo relatório da CETESB, as concentrações apresentadas nos pontos monitorados podem sofrer influência do *bloom* de algas, o que pode ser um indicativo de eutrofização desse corpo d'água.

Os dados dispostos na tabela 3 e representados nos gráficos das figuras 1-6 compreendem as amostragens realizadas para este estudo em relação aos dados apresentados pelos relatórios da CETESB (2011, 2012). Verificamos a mesma condição sanitária comprometida se considerarmos os valores médios do Oxigênio Dissolvido – OD (Fig.1), uma vez que esse parâmetro pode proporcionar uma avaliação de quanto O₂ tem sido consumido na decomposição de compostos orgânicos presentes neste curso d'água e é

assim que se estabelece o grau de poluição do mesmo. O limite mínimo estabelecido em legislação é de 2 mg.L⁻¹ (ambiente aeróbio) e quando o OD se apresenta a níveis muito próximos de zero, pode-se dizer que a decomposição da matéria orgânica no ambiente está ocorrendo numa condição próxima do anaeróbio (ausência de O₂), que se caracteriza pelo aparecimento de subprodutos voláteis de forte odor como se verificou *in loco* (ANA, 2005; CETESB, 2009).

A taxa de OD em um corpo d'água natural depende muito do comportamento hidráulico do mesmo e é proporcional à sua velocidade (CETESB, 2009). No caso do rio Pinheiros que hoje se caracteriza como um canal de perfil lântico, na maior parte do tempo, é de se esperar que este apresente baixas taxas de reintrodução de OD. Por essa razão eram aguardados valores muito baixos para esse parâmetro que se confirmaram nos valores determinados para todos os pontos de amostragem da campanha realizada em agosto/2011 (estação de estiagem), variando de 0,25 mg.L⁻¹ em PNH3 (Ponte do Socorro) a 0,65 mg.L⁻¹ em PNH1 (U.E. de Traição).

Portanto, na ausência do bombeamento, situação mais frequente neste período (estiagem), como esperado, observou-se que os valores de OD tenderam quase a 0mg.L⁻¹, caracterizando esse curso d'água como próximo do anaeróbico. De fato, em muitos estudos, o rio Pinheiros é apontado como um rio morto, principalmente, por essa característica. No entanto, as exceções ocorreram na campanha realizada em fevereiro/2012 (estação de chuva) quando os valores para esse parâmetro apresentaram elevação acima do valor classificado para esse tipo de rio, alcançando pico de 4,1 mg.L⁻¹ em PNH3 (Ponte do Socorro). Esse perfil tão diferente pode, contudo, indicar a presença de organismos fotossintéticos (algas e cianobactérias) que se utilizam da matéria orgânica presente no meio para realização da fotossíntese.

Na avaliação do Potencial Redox – Eh (Fig.2) apresentou níveis que acompanharam os resultados reduzidos do teor de OD no ambiente com valores que variaram de -25 mV a -121 mV (agosto/2011) e entre -25 mV a -146 mV (fevereiro/2012). Esse comportamento define uma condição de ambiente redutor para o rio Pinheiros em ambas as estações. Esse

parâmetro é importante para determinar em que condição biogeoquímica o sedimento de um curso d'água se apresenta em relação à capacidade ou não das espécies químicas contidas nele de trocar elétrons (CETESB, 2009).

Já a condutividade elétrica (Fig.3) de um curso d'água depende muito das concentrações iônicas e da temperatura do mesmo a fim de indicar a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes presentes no ambiente. Normalmente, quando o nível ultrapassa 100 µS/cm⁻¹ temos a indicação de um ambiente impactado, pois possivelmente estão ocorrendo modificações químicas na composição mineral desse corpo d'água (ANA, 2005; CETESB, 2009). Como esperado, as medições no rio Pinheiros ficaram muito acima do padrão desejado com valores variando de 267 µS/cm⁻¹ em PNH4 (Ponte Interlagos) a 494 µS/cm⁻¹ em PNH2 (Ponte João Dias). Esses valores são similares aos apresentados no monitoramento da CETESB. É possível sugerir que o grande aporte de matéria orgânica oriunda do esgoto doméstico e de outros tipos de descarga difusa na calha do canal ajuda a elevar esses valores, o que coloca o rio Pinheiros numa faixa característica, na maior parte do tempo, de ambiente aquático corrosivo.

Em estudos no âmbito do saneamento ambiental o pH é um parâmetro extremamente importante uma vez que ele influencia o equilíbrio químico dos ecossistemas aquáticos naturais. Determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados já em outras condições ele pode exercer efeito sobre a solubilidade de nutrientes. As análises do pH (Fig.4) realizadas nas águas superficiais do canal superior do rio Pinheiros, aparentemente se apresentaram adequadas aos valores estabelecidos para as diversas classes de águas naturais (Lei Federal, Resolução nº 20 do CONAMA de 07/86 e Lei Estadual, Decreto nº 8468/76) estando muito próximo a 7, no entanto, em casos como do rio Pinheiros (Classe 4) a faixa estabelecida é mais ampla, podendo variar de 6 a 9 (Resolução CONAMA 357/05). A exceção do PNH1 (Usina Elevatória de Traição) cujo valor de pH foi de apenas 5,1 na campanha realizada em fevereiro/2012 (estação de chuva), os demais pontos de amostragem apresentaram valores para esse parâmetro de qualidade variando entre 6,8 e 7,3. Esse panorama também é visto no

monitoramento da CETESB, o que pode influenciar bastante na atual classificação das águas do rio Pinheiros (de ruim a péssima) ao passo que essas podem se encontrar em desequilíbrio constante, ora um ambiente ácido de água corrosiva e ora um ambiente alcalino de água incrustante, sendo ambos os efeitos indesejáveis para um corpo d'água de tamanha importância.

As variações na temperatura em um curso d'água fazem parte do efeito sazonal diurno (duração da incidência dos raios solares) e da estratificação vertical do mesmo. Na superfície esse parâmetro pode sofrer influência da latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e da profundidade. Esse parâmetro pode influenciar potencialmente na viscosidade e tensão superficial das águas, assim como limitar a biota aquática. As medições de temperatura (Fig.5) realizadas na campanha de fevereiro/2012 (estação de chuva) ficaram na faixa dos 30 °C em todos os pontos, aproximadamente 10 °C acima dos valores medidos para a campanha de agosto/2011 (estação de estiagem). Essa elevação da temperatura diminui a capacidade de alguns fatores importantes para as variáveis físico-químicas da água do rio, como calor específico, calor latente de vaporização e constante de ionização e no aumento de outros como a condutividade térmica e a pressão de vaporização (CETESB, 2009). No âmbito do rio Pinheiros, algumas particularidades podem contribuir com esse aumento da temperatura, tais como despejos industriais e a presença da Usina Termoeletrica (U.T.E.) de Piratininga, localizada as margens do canal superior, próxima a barragem de Pedreira, no PNH5 (U.E. de Pedreira).

Associado à sazonalidade está também a variação da turbidez em decorrência do ciclo hidrológico anual tendo um aumento gradual do material sólido em suspensão, advindos do arraste, tais como areia, silte e argila, bem como de detritos orgânicos (vegetação, lixo urbano em geral, etc.) presentes nas águas na estação chuvosa é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento desse parâmetro. No contexto antrópico do rio Pinheiros, o assoreamento em função do mau uso do solo no seu entorno associado ao lançamento de esgotos e a dinâmica lântica de suas águas confinadas propicia elevadas taxas de turbidez (Fig.6). Sendo assim, temos no geral, em ambas as

campanhas, valores medidos maiores em fevereiro/2012 que em agosto/2011. A exceção ficou para os valores em PNH2 (Ponte João Dias) cujos níveis de turbidez elevados em ambas as campanhas têm a estação seca (72 FTU) sobrepondo a estação chuvosa (66 FTU). A sazonalidade talvez seja a principal responsável por essa dinâmica que hoje acontece com maior frequência no amortecimento de cheias em períodos de chuva, na qual se observa maior variabilidade da turbidez da água, alcançando pico de até 176 FTU em PNH5 (U.E. de Pedreira), devido às variações na dinâmica de vazão do canal.

CONCLUSÕES:

O monitoramento da qualidade ambiental das águas doces é de suma importância, pois nos permite avaliar características fundamentais para delimitar os seus múltiplos usos. Com base nas suas características físico-químicas e bacteriológicas é possível determinar o grau de interferência existente no contexto ambiental em que se insere um determinado curso d'água. Além disso, o monitoramento das águas pode fornecer informações importantes para a sua recuperação e/ou conservação de forma a garantir que elas possam ser disponibilizadas com maior segurança para os usos mais exigentes.

Os dados ora apresentados, tanto nesta pesquisa quanto nos resultados disponibilizados nos relatórios da CETESB, deixam claro que a qualidade das águas do rio Pinheiros é péssima e está associada, principalmente, ao lançamento de esgotos domésticos sem qualquer tratamento prévio, seguido por um conjunto de outras descargas difusas e em menor escala por efluentes industriais.

A amostragem nos permitiu concluir que as águas em cada um dos 5 (cinco) pontos podem ser influenciadas pelas características territoriais dos ambientes drenados por seus respectivos contribuintes ou pelo regime sazonal de operação do canal. Diante disso, é possível verificar que os padrões de qualidade em PNH5 (U.E. de Pedreira) por ter menor influência, dentre os demais pontos amostrados, dos tributários naturais nesta parte do rio. É perceptível que a maior ou menor modificação nos dados para sua qualidade está associada à própria dinâmica de funcionamento do canal com

ênfase na estação chuvosa quando o curso das águas é revertido em sua direção. Em PNH4 (Ponte de Interlagos) há uma influência significativa da área de abrangência, drenada pelo córrego Zavuvus, pois se trata de uma região intensamente adensada e com sérios problemas de infraestrutura sanitária. O mesmo cenário se repete no PNH3 (Ponte do Socorro) no qual toda sua carga de esgoto doméstico é lançada (*in natura*), por seu tributário, córrego Olaria, neste trecho do rio. Em PNH2 (Ponte João Dias) a influência do córrego Morro do S (margem esquerda) e das águas da bacia do córrego Águas Espaiadas (margem direita), com o lançamento de descarga difusa e principalmente de esgoto doméstico não tratado. Por fim, PNH1 (U.E. de Traição) bem na divisa das duas partes do canal com uma elevação de 5 m em relação à primeira parte (canal inferior). Neste ponto há uma grande contribuição de cursos d'água tributários e por isso, há uma maior movimentação de águas lançadas no canal com características diferentes dos demais pontos de amostragem, pois conta com a maior parte do seu esgoto doméstico tratado antes de ser lançado no rio.

Quanto aos parâmetros analisados um parêntese especial deve ser dado à turbidez deste curso d'água. Chama a atenção o espelho negro formado pelas águas do rio Pinheiros, assim como do grande acúmulo de material particulado, disperso nas mesmas, proveniente de descargas difusas de material orgânico. Tal quadro leva a crer que a classificação IV das águas (destinado à harmonia paisagística) deixa a desejar, dada a sua aparência de esgoto a céu aberto reforçado pela sua dinâmica lântica e do odor pútrido que delas emanam. Esse quadro supõe que o grau de atenuação na intensidade dos feixes de luz natural que atravessam essa massa de água escurecida seja altíssimo, devido, talvez, a essa elevada turbidez. Esse cenário desencadeia uma redução dos processos fotossintéticos por parte do fitoplâncton e consequentemente das outras comunidades biológicas aquáticas que são interdependentes. Isso implica dizer também que as taxas de OD e o processo de oxirredução (Eh) sejam influenciados por esse quadro de degradação ambiental, uma vez que na ausência da fotossíntese, uma fonte importante de O₂, tem uma queda da taxa de OD, como podemos observar tanto neste estudo quanto nos relatórios de monitoramento da CETESB. Esse quadro inibe a capacidade de troca de elétrons entre os

constituintes químicos presentes no ambiente tornando-o incompatível com a vida natural.

Por fim, podemos concluir que apesar da engenhosidade do sistema hidroenergético implantado no rio Pinheiros, o mesmo proporcionou consequências pouco favoráveis à qualidade das suas águas, uma vez que, em sua concepção, foi ignorado o potencial gerador de carga poluidora ao longo de intenso processo de urbanização sem qualquer preocupação real com a qualidade ambiental da rede que drena essa bacia e que passou a receber cargas poluidoras diversas. Portanto, hoje existem dois grandes gargalos no que se refere a este sistema: 1° se refere à restrição, por lei, do seu funcionamento, tomado como medida essencial para preservação da qualidade das águas na represa Billings, cujos usos são mais exigentes. Tal medida reduziu em 75% a geração de energia elétrica em Henry Borden; 2° se refere à necessidade periódica de dragagem de sedimentos lixiviados para sua calha, o que gera a formação de pilhas de rejeitos altamente contaminadas.

AGRADECIMENTOS:

Agradecimentos pelo apoio às seguintes instituições: CAPES, FAPESP, EMAE, UNIFESP, UFMG e CNEN/CDTN.

REFERÊNCIAS:

1. ADORNO, V. **Tietê: Uma promessa de futuro para as águas do passado**. São Paulo: Texto Art Gráfica (1999).
2. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, 176p. (2005).
3. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington: [s.n.] (2005).
4. CAPOBIANCO, J. P. R.; WHATELY, M. **Billings 2000: Ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da RMSP**. Relatório do Diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período de 1989-1999. São Paulo: Instituto Socioambiental, ISA. 59 p. (2002).

5. CASTRO, M. M. **Modelação matemática de lagos e reservatórios: caso do Reservatório Billings**. 226p. Escola Politécnica - USP, São Paulo, Dissertação de Mestrado (2010).
6. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas interiores do Estado de São Paulo - 2003**. São Paulo. 273 p. (2004).
7. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Significado Ambiental e Sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem - Apêndice A**. São Paulo. 43p. (2009).
8. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2010**. São Paulo, 298 p. (2011).
9. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (a). **Relatório de qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo 2011**. São Paulo, 356 p. (2012).
10. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (b). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo, 325 p. (2012).
11. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2012**. São Paulo, 370 p. (2013).
12. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **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, DF, 27p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: ago. 2013.
13. EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia. site: <http://ie.org.br/>. Disponível em: <http://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot2650.pdf>. Acessado em nov. (2012).
14. EMAE - Empresa Metropolitana de Águas e Energia. site: <http://emae.com.br/>. Disponível em: <http://emae.com.br/conteudo.asp?id=Sistema-Hidraulico>. Acessado em mai (2013).
15. GOLDENSTEIN, S - Rio Pinheiros e seu território: Conhecer para transformar. Águas claras do rio Pinheiros, 1ª ed, São Paulo (2017).
16. LORENZI, A. S. Abordagens moleculares para detectar cianobactérias e seus genótipos produtores de microcistinas presentes nas represas Billings e Guarapiranga, São Paulo, Brasil. 2004. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, (2004).
17. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20 de 07/86**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional segundo seus usos preponderantes em nove classes. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acessada em jun. 2016.
18. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **LEI Nº 9433/97**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acessada em jun. (2016).
19. MUDROCH, A.; AZCUE, J. **Manual of aquatic sediment sampling**. Lewis: Boca Raton, 219 p. (1995).
20. OSEKI, J. H. A. **A fluvidade do Rio Pinheiros**. Revista de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, v.8, p.168-177 (2000).
21. PMSP - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico cartográfico ambiental - Município de São Paulo**. São Paulo. 35p. (1993).
22. SEABRA, O. C. de L. **Os meandros dos rios nos meandros do poder, Tietê e Pinheiros: valorização das várzeas e dos rios na cidade de São Paulo**. 323p.

- Departamento de Geografia - USP, São Paulo, Tese de Doutorado (1987).
23. SECRETARIA DE ESTADO DA ENERGIA; SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE; SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS. **Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO 1**, de 31 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os limites para os indicadores de qualidade para as águas bombeadas do Canal Pinheiros para o Reservatório Billings. São Paulo, SP, 2p.
 24. SEMA-SP - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO / COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Cadernos de Educação Ambiental**. Edição Especial Mananciais, São Paulo, 150 p. (2010).
 25. SEMA-SP - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto nº. 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/legislacao/Decreto_Estadual_8468_76.pdf. Acessado em jun. 2016.
 26. VILELA, P. A. D. **Reuso de água do rio Pinheiros como elemento de recuperação da represa Billings**. 168p. Faculdade de Saúde Pública - USP, São Paulo, Tese de Doutorado (2009).
 27. WHATELY, M.; SANTORO, P. F. & TAGNIN, R. A. **Contribuição para a elaboração de leis específicas de mananciais: O exemplo da Billings, São Paulo**. Instituto Socioambiental-ISA. Disponível em: www.mananciais.org.br/upload/_billings-2008.pdf. Acessado em jun. (2011).

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos de amostragem.

LOCALIZAÇÃO				CARACTERIZAÇÃO
Referencial		Coordenadas		Área de Abrangência
Ponto	Marco Estrutural	Lat. S	Long. O	Descrição
PNH1	U.E. de Traição	35 43 51	41 39 16	A jusante da divisa com o Canal Inferior e a montante da Represa Billings.
PNH2	Ponte João Dias	38 41 14	43 34 67	A jusante da confluência com o Córrego Morro do S.
PNH3	Ponte do Socorro	39 54 43	42 37 45	A jusante do Canal Guarapiranga e a montante do Córrego Zavuvus.
PNH4	Ponte de Interlagos	41 15 43	41 44 26	A montante do Córrego Zavuvus e a jusante do Córrego Olaria.
PNH5	U.E. de Pedreira	42 00 55	41 05 35	A montante do Córrego Olaria e a jusante da Barragem de Pedreira.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade das águas no rio Pinheiros – PINH04100, PINH04250 e PINH04500 frente ao Padrão CONAMA 357/05¹.

Parâmetros	Unid.	Padrão Conama 357/05	2010			2011			2012		
			PINH 04100	PINH 04250	PINH 04500	PINH 04100	PINH 04250	PINH 04500	PINH 04100	PINH 04250	PINH 04500
OD	mg.L ⁻¹	>2,0*	0,6	1,3	1,6	4,9	1,6	0,9	6,0	0,7	1,0
CE	µS/cm	-	425	306	346	213	359	461	233	300	384
Eh	mV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		6,0 – 9,0*	7,0	7,1	7,1	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2
Temp. (H ₂ O)	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	UNT	-	55,6	34,7	48,1	53,7	35,2	45,3	76,5	73,6	52,6

Fonte: Relatórios CETESB (2010, 2011 e 2012).

Tabela 3. Parâmetros de qualidade das águas no rio Pinheiros – PNH1, PNH2, PNH3, PNH4 e PNH5 frente ao Padrão CONAMA 357/05.

Parâmetros	Unid.	Padrão Conama 357/05	2011 Estiagem					2012 Chuva				
			PNH 1	PNH 2	PNH 3	PNH 4	PNH 5	PNH 1	PNH 2	PNH 3	PNH 4	PNH 5
OD	mg.L ⁻¹	>2,0*	0,65	0,59	0,25	0,55	0,63	2,10	0,50	4,10	1,60	1,40
CE	µS/cm		426	494	348	267	312	428	426	409	314	372
Eh	mV		-121	-30	-92	-40	-25	-92	-146	-25	-86	-48
pH		6,0 – 9,0*	6,8	7,0	7,2	7,2	7,3	5,1	7,3	7,0	7,0	7,0
Temp. (H ₂ O)	°C		19	18	20	19	20	31	33,8	35,2	34,2	32,8
Turbidez	UNT		27	72	23	17	27	37	66	49	96	176

Fonte: Dados obtidos em campo (EMAE - 2011 e 2012).

¹ (*) Valores estabelecidos para rios classificados como sendo de Classe-4 segundo a Resolução do CONAMA 357/05. Os demais parâmetros não apresentam um padrão base para rios nessa categoria.

Figuras 1 e 2. Parâmetros de qualidade das águas no rio Pinheiros: Oxigênio Dissolvido – OD (esq.) e Condutividade Elétrica – CE (dir.).

Figuras 3 e 4. Parâmetros de qualidade das águas no rio Pinheiros: Potencial Redox – Eh (esq.) e Potencial Hidrogeniônico – pH (dir.).

Figuras 5 e 6. Parâmetros de qualidade das águas no rio Pinheiros: Temperatura – T. °C (esq.) e Turbidez – UNT (dir.).