

ARTIGO ORIGINAL / RESEARCH REPORT / ARTÍCULO

Proteção de comunidade aquática em efluente tratado por tanques de estabilização de resíduos no rio São Lourenço em São Lourenço da Serra Vale do Ribeira – Estado de São Paulo

Aquatic community protection on treated effluent disposal from waste stabilization ponds on São Lourenço River in São Lourenço da Serra from Vale da Ribeira in the State of São Paulo

Protección de comunidad acuática en disposición de aguas residuales tratada de charcas de estabilización de desecho en del Río São Lourenço en São Lourenço da Serra de Gastos de la Orilla en el estado de San Paulo

*Silvana Audrá Cutolo**
*Roque Passos Piveli***
*Alexandre Alves de Oliveira****
*Lícia Natal Fernandes*****

*Elisabeth Mendes Martins de Moura******
*Francisca Alzira dos Santos Peternella******
*Maria Aparecida Faustino Pires******

RESUMO: O tratamento de esgotos de pequenas cidades por lagoas de estabilização é uma maneira simples, eficiente e de baixo custo. Os esgotos são uma fonte de contaminação das águas e solos e, conseqüentemente, contribuem para a transmissão de doenças, além de serem uma ameaça à preservação do meio ambiente. Surge a necessidade de investigar as condições dos efluentes lançados nos cursos d'água. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma investigação da qualidade das águas residuárias tratadas por lagoas de estabilização de uma estação de tratamento de esgoto localizadas no município de São Lourenço da Serra no Vale da Ribeira no Estado de São Paulo e verificar os riscos sanitários e a comunidade aquática no Rio São Lourenço da Serra. Foram realizadas amostragens para avaliar o conjunto de lagoas anaeróbia e facultativa da estação de tratamento de esgoto do Município de São Lourenço da Serra. Os parâmetros utilizados foram pH, temperatura do ar e da água, condições climáticas, demanda bioquímica de oxigênio e nitrogênio amoniacal, bactérias termotolerantes, pigmentos fotossintéticos e comunidade zooplancônica. Verificou-se que os sistemas de lagoa anaeróbia e facultativa foram eficientes na produção de efluente e apresentou alguns valores de acordo com a Resolução Conama nº 357, que estabelecem os valores limites para lançamento em corpos d'água. O rio São Lourenço está localizado em uma área de proteção ambiental. Os dados são comparados aos limites estabelecidos na Classe 1 e 2 e demonstram processo de eutrofização, colocando em risco à biodiversidade aquática e a saúde da população.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuárias. Biodiversidade. Eutrofização.

ABSTRACT: The treatment of sewer pipes of small cities using waste stabilization ponds is a simple, efficient, and low cost option. Sewer pipes are a fountain of water and ground contamination and consequently they contribute to diseases transmission, besides being a threat to the preservation of the environment. It is thus necessary to investigate the conditions of effluents going to water courses. The present work aims to carry out an investigation on the quality of residual waters treated by stabilization ponds of a sewer pipe treatment facility located in São Lourenço da Serra, Vale do Ribeira, State São Paulo and examine the sanitary risks and the local aquatic community. Samples were taken for evaluating the several anaerobic and facultative ponds of sewer pipe of the treatment facility of São Lourenço da Serra. Parameters used were pH, air and water temperature, climatic conditions, biochemical demand of oxygen and ammoniac nitrogen, thermo-tolerant bacteria, photosynthetic pigments and zooplanktonic community. We observed that the anaerobic and optional pond systems were efficient in the production of effluent and presented values in accordance with the Resolution Conama nº 357, which establish limits for waste disposal in water sources. São Lourenço River is located in an area of environmental protection, and data were compared to limits established in Class 1 and 2 and demonstrate a process of eutrophication, putting in risk aquatic biodiversity and the health of the population.

KEYWORDS: Sewage. Biodiversity. Eutrophication.

RESUMEN: El tratamiento de conductos de alcantarilla de pequeñas ciudades charcas de estabilización de desecho es una opción simple, eficiente, y de bajo coste. Los conductos de alcantarilla son una fuente de contaminación del agua y de la tierra y por consiguiente contribuyen a la transmisión de enfermedades, además de ser una amenaza a la preservación del ambiente. Es así necesario investigar las condiciones de aguas residuales que van a cursos acuáticos. El trabajo actual pretende realizar una investigación acerca de la calidad de aguas residuales tratadas por charcas de estabilización de una instalación de tratamiento de conductos de alcantarilla localizada en São Lourenço da Serra, Vale do Ribeira, estado São Paulo e examina los riesgos sanitarios y la comunidad acuática local. Se tomaron muestras para evaluar varias charcas anaerobias y facultativas del conducto de alcantarilla de la instalación de tratamiento de São Lourenço da Serra. Los parámetros usados fueran pH, aire y temperatura acuática, condiciones climáticas, demanda bioquímica de oxígeno y nitrógeno amoniacal, bacterias termo-tolerantes, pigmentos fotosintéticos y comunidad zooplancónica. Observamos que los sistemas de charca anaerobios y opcionales fueran eficientes en la producción de aguas residuales y presentaron valores de acuerdo con la Resolución Conama nº 357, que establecen límites para la eliminación de desechos en fuentes acuáticas. El Río São Lourenço está localizado en un área de protección ambiental, y los datos fueran comparados con los límites establecidos para las Clases 1 y 2 y muestran un proceso de eutrofización que pone en riesgo la biodiversidad acuática y la salud de la población.

PALABRAS LLAVE: Águas residuales. Biodiversidad. Eutroficación.

* Doutora em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Departamento de Saúde Ambiental. E-mail: cutolosa@usp.br

** Doutor em Engenharia Sanitária. Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Hidráulica da Escola Politécnica da USP.

*** Mestre em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública/USP. Doutorando do Departamento de Engenharia Sanitária e Hidráulica da Escola Politécnica da USP.

**** Bióloga. Mestranda do Departamento de Prática em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública/USP.

***** Bióloga. Mestranda do Departamento de Prática em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública/USP.

***** Bióloga do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública/USP.

***** Doutora em Química, Coordenadora do Projeto e Gerente do Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA do Instituto Pesquisa em Energia Nuclear – IPEN.

Introdução

A importância da água para a saúde tem sido reconhecida desde a antiguidade, porém sua demonstração científica foi somente possível a partir dos estudos sobre cólera, efetuado por Snow em Londres em 1967, conforme citado em Czeresnia (1997). Demonstrou-se, assim, pela primeira vez, a vinculação da ingestão de água contaminada e a transmissão de agentes infecciosos e parasitários (Czeresnia, 1997; Cutolo, Rocha, 2002). Do ponto de vista de saúde pública, o lançamento de despejos de origem doméstica nos sistemas aquáticos resulta na contaminação dos cursos d'água, que servem de abastecimento de água potável para diversas populações, e está diretamente relacionado com a transmissão de doenças infecciosas, parasitárias e aquelas provocadas por intoxicações por substâncias químicas. O meio hídrico é considerado um transmissor passivo de agentes patogênicos, principalmente nos países em desenvolvimento, nos quais mais de três milhões de crianças menores de cinco anos morrem de diarreia pelo consumo de águas contaminadas (Craun, 1996). Para ecologia, a poluição resultante do lançamento de despejos orgânicos pode causar dois tipos de influência nociva sobre o ambiente aquático: a toxicidade sobre a comunidade e deficiência de oxigênio livre. Em consequência, ocorre transição de espécies sensíveis para mais resistentes. Como a água é um meio rico em oxigênio e a comunidade constitui-se por seres aeróbios, com a entrada de despejos com elevada carga orgânica, com deficiência de oxigênio, surge uma flora bacteriana e fauna constituída de protozoários de vida anaeróbia (Branco, 1986; Esteves, 1999).

A falta de disponibilidade de água potável de boa qualidade, a má disposição dos dejetos e uma

inadequada destinação de resíduos sólidos são fatores que contribuem para uma maior incidência de moléstias de veiculação hídrica. Nesse contexto, o conjunto de medidas definido como saneamento visa a preservar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. A promoção da saúde do homem é o objetivo maior do saneamento em seu amplo sentido, ou seja, “um estado de completo bem-estar, físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças” (Mota, 1999).

O manejo e o tratamento de resíduos provenientes das atividades humanas, incluindo industrialização, agricultura, urbanização, destruição de florestas e matas ciliares, têm sido insignificantes na prevenção da poluição e contaminação da qualidade das águas em escala local e global (Abu-Zeid, 1998). O aumento da eutrofização nos ecossistemas aquáticos decorre da produção de nutrientes de origem antropogênica, principalmente em regiões submetidas ao rápido crescimento populacional. A degradação da qualidade das águas tem produzido sérios problemas de saúde pública e destruição de biota aquática (Azevedo, 2002).

O processo de eutrofização pode ser definido como o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos e, como consequência, há o aumento da produtividade. Trata-se de um processo dinâmico, em que ocorrem profundas alterações na comunidade aquática, nas condições físicas e químicas do meio, no nível de produção do sistema. Neste sentido, o tratamento das águas residuárias é de fundamental importância no controle da poluição e contaminação lançados nos cursos d'água, na manutenção da fauna e flora aquáticas, na minimização da transmissão de patógenos e pro-

teção da saúde humana (Esteves, 1998).

As águas residuárias podem ser consideradas como esgotos de origem doméstica e da rede de esgotamento sanitário, sem quantidades apreciáveis de efluentes industriais. No caso do Brasil, existe a separação de águas de rede pluvial, esgotos domésticos e drenagem urbana, e os “esgotos sanitários ou águas residuárias” referem-se à mistura de esgotos de origem domiciliar e comerciais da área urbana (Cutolo, 2002).

As tecnologias existentes para tratamento de esgotos sanitários podem estar divididas em sistemas simplificados e mecanizados. Podem, ainda, ser baseados em processos aeróbios ou anaeróbios. Na depuração dos esgotos domésticos, os tratamentos estão interligados, ocorrem em um fluxo, onde são dimensionados de acordo com a densidade populacional de cada área, o volume de esgoto produzido, tipo de sistema, entre outros fatores. O tratamento de esgoto doméstico implica a remoção de matéria orgânica e inorgânica, em suspensão e dissolvida. Hespanhol (1997) menciona que os processos de tratamento de esgotos são ineficientes na eliminação de patógenos, de nutrientes como nitrogênio e fósforo, de metais pesados e substâncias tóxicas. Essas limitações, aliadas à baixa disponibilidade de recursos orçamentários e financeiros, e ao progressivo aumento da população humana, exigem o desenvolvimento de tecnologias avançadas para conter a poluição e contaminação das águas, como para promover a recuperação e a manutenção da qualidade ecológica e sanitária dos cursos d'água, os quais têm sido alterados de forma irreversível pela própria ação antrópica (Hespanhol, 1997; Branco, 1998).

O conhecimento do sistema de tratamento dos esgotos sanitários

torna-se um instrumento necessário, tanto na caracterização dos esgotos gerados por uma comunidade, como no volume gerado por cada município para o dimensionamento das tecnologias de saneamento mais adequadas para cada localidade. O enfoque ecossistêmico e integral está vinculado a estratégias de gestão integral do meio ambiente com uma abordagem ecológica de proteção dos recursos naturais e promoção da saúde humana (Minayo, 2002). Nesse sentido, o escopo do artigo é avaliar integralmente um ecossistema aquático formado por um conjunto de lagoas, anaeróbia e facultativa, com o intuito de verificar a qualidade do efluente tratado antes do lançamento do corpo aquático superficial, no caso rio São Lourenço da Serra, e comparar com as condições e padrões de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução n. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, Ministério do Meio Ambiente, 2005).

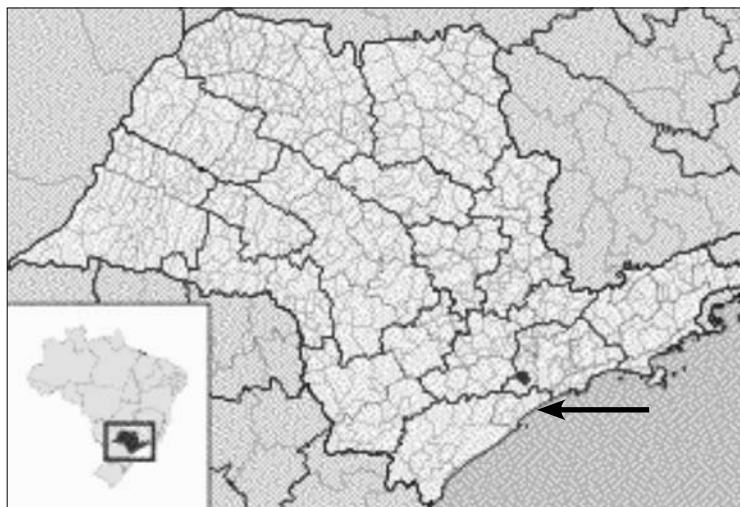
O presente trabalho tem como objetivo realizar uma investigação ecossistêmica da qualidade das águas residuárias tratadas por lagoas de estabilização de uma estação de tratamento de esgoto localizadas no município de São Lourenço da Serra, no Vale da Ribeira, no Estado de São Paulo.

Material e Métodos

Área de estudo

São Lourenço da Serra é um município do Estado de São Paulo, na Região Metropolitana da capital, microrregião de Itapeverica da Serra, com área de 187 km², localizada mais precisamente na Latitude: S 23° 51' 12.5" - 23.85347697° e Longitude: W 046° 56' 36.2" - 46.94340204°.

Figura 1. Mapa do Estado de São Paulo com a localização do município de São Lourenço da Serra na região do Vale da Ribeira-SP



Fonte: Mapas do Google Earth, 2008.

Caracterização socioambiental do município de São Lourenço da Serra

Por meio de informações do IBGE (2007) puderam ser analisados alguns dados sobre a densidade populacional, a economia, as condições climáticas e a composição da biota do município e regiões adjacentes.

Avaliação das Lagoas de Estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Os dados sobre as condições de operacionalização da ETE como processo utilizado, funcionamento, volume de esgoto gerado e tratado no município foram obtidos junto à SABESP. As amostras foram coletadas na entrada e na saída dos sistemas denominados, respectivamente, de afluente e efluente no sistema de lagoas de estabilização no período de 2005 a 2006. Foram realizadas análises da qualidade das amostras por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos, processados no Laboratório de Qualidade da Água e Análises Biológicas do Departamento de Saúde

Ambiental da Faculdade de Saúde Pública-Universidade de São Paulo, de acordo com o Standard Methods (American Water Works, 1998) e CETESB (2004). Para a avaliação trófica da lagoa facultativa, foram realizadas análises de clorofila-a e da comunidade zooplânctônica por amostragem trimestral. Na análise qualitativa e quantitativa do zooplâncton, foram utilizadas as referências de Ward, Whipple (1955) e Fenchel (1987), demonstrados na Tabela 1.

Resultados

Área de Estudo

O município de São Lourenço da Serra está inserido em área limite a outros municípios, como Juquitiba, Ibiúna, Cotia, Itapeverica da Serra e Embu-Guaçu (Figura 2).

A área do município apresenta uma vegetação formada por mata primária e com vegetação de Mata Atlântica, mesmo próxima à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), como pode ser observado na Figura 3.

Tabela 1. Métodos de análise utilizados para o levantamento das variáveis parâmetros físico-químicos

Variáveis	Método de análise	Expressão dos resultados
Temperatura (água)	Termômetro MERCÚRIO	°C
Temperatura (ar)	Termômetro MERCÚRIO	°C
pH	Fita de pH Merck	Mg/L O ₂
DBO	5 dias de incubadora à 20 °C	Mg/L O ₂
DQO	Digestão por dicromato de potássio	Mg/L P
Sólidos em suspensão	Método gravimétrico	Mg/L
Clorofila-a	Espectrofotométrico	µg/L
Coliformes termotolerantes	Técnica dos tubos múltiplos	NMP/100mL
Zooplâncton	Qualitativo e quantitativo	Ind/m ³

Fontes: Standard Methods (APHA, 1998) e CETESB (1993 e 2006).

Figura 2. Mapa do município de São Lourenço da Serra no Estado de São Paulo

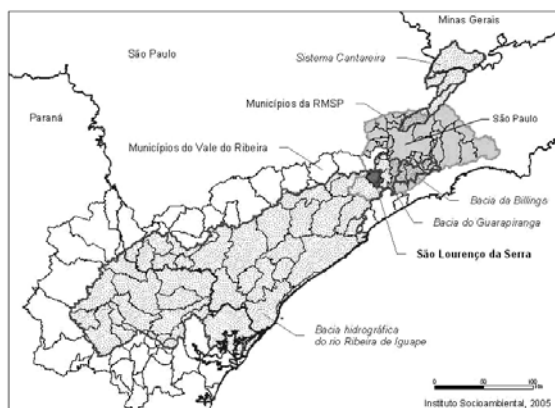
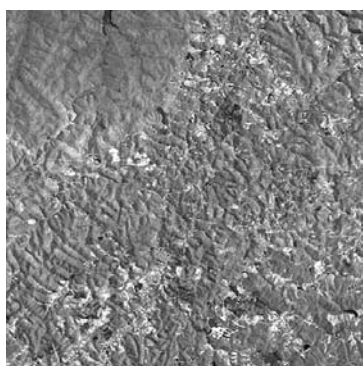


Figura 3. Imagem de satélite do Município de São Lourenço da Serra



Fonte: Google Earth, 2008.

Caracterização Socioambiental de São Lourenço da Serra

São Lourenço da Serra possui 12.185 habitantes, aproximadamente 10.767 habitantes (88,36%) na área urbana, 1.418 habitantes (11,64%) na área rural, com densidade demográfica de 72,97 hab/km² e área da unidade territorial com 187 km².

O clima do município, como em toda a Região Metropolitana de São Paulo, é o subtropical, oceânico e úmido. A média da temperatura do ar no período chuvoso, no verão, é de 22°C. No inverno, período seco, a média da temperatura do ar é de 19°C; podem atingir mínimas próximas a zero grau nos meses de junho e julho com formação de geada. O índice pluviométrico anual tem variação de 2400 a 2700 mm.

De sua área total apenas 0,4 km² constitui área urbanizada. Cerca de 90% do território apresenta cobertura florestal, incluindo significativas áreas com remanescentes de Mata Atlântica e algumas áreas com mata secundária. Conhecida como Morraria do Embu, a região de São Lourenço da Serra possui um cinturão de terrenos cristalinos que circundam a bacia sedimentar da cidade de São Paulo.

O município conta com 2.001 ligações de água para abastecimento público e 882 ligações de esgoto (apenas 44% da água distribuída após o seu uso é coletada e encaminhada para o tratamento antes do lançamento no corpo aquático).

Avaliação das Lagoas de Estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto

As lagoas de estabilização são formadas por duas lagoas em série, sendo uma lagoa anaeróbia e a outra lagoa facultativa. A primeira lagoa, constituída por bactérias anaeróbias, possui eficiência de remoção de 50%, (DBO média

Tabela 2. Resultados das características físico-químicas e microbiológicas do afluente e efluente final antes do lançamento no Rio São Lourenço

Variáveis	Afluente			Efluente		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
pH	6	5,5	7	7	6,5	9
Temperatura do ar (°C)	21	16	24	21	16	24
Temperatura da água (°C)	20	17	24	20,5	16	26
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	293	127	429	32,5	9	49
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	553	450	820	152	91	528
Nitrogênio total (mg/L)	53	36,4	113,4	33	4,9	81,2
Nitrogênio amoniacal (mg/L)*	31	15,7	41,4	9,5	3,6	19,6
Fósforo total (mg/L)*	6,5	4	8,2	3,9	1,9	6,8
Ortofosfatos (mg/L)	4,3	3	6	2,3	1,2	2,3
Bactérias termotolerantes (NMP/100 mL)	7,07x 10 ⁷	5x10 ⁶	3x10 ⁸	1,5 x 10 ⁵	1,3x10 ²	2,6x10 ⁵
Clorofila - a (µg/L)	ND	ND	ND	124	61,5	220,5

Nota: *valores para ambientes lóticos; ND - não determinado; SR - sem referência (MMA/Conama, 2005).

de 339 kg DBO/dia e tempo de detenção de 5 dias); a segunda lagoa, denominada de lagoa facultativa, constituída por comunidade planc-tônica, possui eficiência de remo-ção de 80% (DBO média de 169,5 kg DBO/dia e tempo de detenção de 18,5 dias).

Os resultados das características físico-químicas e bacteriológicas dos esgotos afluente e efluente das lagoas anaeróbia e facultativa, antes do lançamento no corpo d'água no Rio São Lourenço, são apresentados nos valores médio, mínimo e máximo na Tabela 2 e comparados aos valores da Resolução n. 357 (Minis-tério do Meio Ambiente, 2005), que dispõe sobre a classificação dos cor-pos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e pa-drões de lançamento de efluentes, sendo os valores limites expressos na Tabela 3.

Para a análise ecológica da la-go facultativa da estação de trata-mento de esgotos, foram utilizados como indicadores biológicos da qualidade das águas, a concentra-ção de clorofila-a e a caracterização da comunidade zooplanc-tônica, demonstrados na Tabela 4.

Tabela 3. Limites para alguns parâmetros selecionados de acordo com o padrão CONAMA n. 357

Variáveis	Padrão CONAMA			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	≤ 3	≤ 5	10	Não há referência
Nitrogênio amoniacal (mg/L)				
pH ≤ 7,5	3,7	Não há referência	13,3	Não há referência
7,5 < pH ≤ 8,0	2,0	Não há referência	5,6	
8,0 < pH ≤ 8,5	1,0	Não há referência	2,2	
pH ≥ 8,5	0,5	Não há referência	1,0	
Fósforo total (mg/L)*	≤ 0,1*	≤ 0,050**	0,075**	Não há referência
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	≤ 200	≤ 1000	≤ 2500	Não há referência
Demais usos***				
Clorofila - a (µg/L)	10	30	60	Não há referência

Observações: * Valores referentes a ambiente lótico, ** valor para ambiente lêntico; *** Recreação com Contato Primário, Recreação com Contato Secundário, Dessedentação de animais.

Discussão

São Lourenço da Serra abriga a nascente do Rio São Lourenço, que contribui com o Rio Juquiá, principal afluente da margem di-reita do Rio Ribeira. A Companhia

Estadual de Águas e Saneamento Básico de São Paulo (SABESP) possui um plano estratégico para a captação de águas dos Rios São Lourenço e Juquiá para garantir o abastecimento da Região Metro-politana de São Paulo (RMSP). A

Tabela 4. Valores dos pigmentos ($\mu\text{g/L}$) e da densidade dos grupos (ind/m^3) da comunidade zooplânctônica da lagoa facultativa da estação de tratamento de esgoto de São Lourenço da Serra

	24/4/2006	3/7/2006	21/8/2006	23/10/2006
Pigmento ($\mu\text{g/L}$)				
Clorofila-a	61,5	220,5	93,55	119,75
Feofitina-a	212,8	23,66	61,75	144,45
Zooplâncton (ind/m^3)				
Rotíferos	1000	ND	400	5940
Copépodos	5000	ND	300	0
Cladóceros	5400	ND	300	0

Observação: ND – não determinado.

região de São Lourenço da Serra, Juquitiba, Embu-Guaçu e Itapeceira da Serra pode se tornar o maior pólo de produção de água mineral do País (Vitae Civilis, 2005). Entre as principais atividades econômicas do município estão agricultura, pesca, indústria alimentícia e mineração (IBGE, 2007). Atualmente, tem sido constatado o êxodo da população da RMSP para São Lourenço da Serra em busca de melhor qualidade de vida, o que pode ser verificado na Figura 3 com algumas manchas de urbanização na área de proteção ambiental.

Por conta desses atributos e potencialidades, o município de São Lourenço da Serra está sujeito a várias condicionantes de conservação ambiental e de desenvolvimento. O território de São Lourenço da Serra está totalmente inserido dentro da Área de Preservação dos Mananciais (Leis Estaduais 898/75 e 1172/76 e 9866/97); está sujeito às determinações da primeira lei estadual específica de ocupação de solo e proteção de mananciais para uma sub-bacia do Cotia – Guarapiranga, assinada em janeiro de 2006. Integra, também, a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Programa Man and Biosphere da Unesco), e está submetido ao Decreto Federal da Mata Atlântica (n. 750/93), que impede o corte

das florestas remanescentes, inclusive em estágios médio e avançado de regeneração, bem como deve atender a outros instrumentos legais da legislação ambiental brasileira (Vitae Civilis, 2005).

Entretanto, em São Lourenço da Serra, ainda não há nenhuma unidade de conservação de proteção integral, como parque estadual, federal ou estação ecológica prevista no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Embora as áreas de proteção de mananciais configurem-se como casos especiais de Áreas de Proteção Ambiental (APAs), São Lourenço da Serra não se beneficia da lei estadual que proporciona recursos financeiros aos municípios que tenham áreas criadas pelo Estado de São Paulo como a lei do ICMS ecológico (Vitae Civilis, 2005).

De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 2004), o ponto de monitoramento para amostragem dos parâmetros e indicadores de qualidade das água está localizado no Rio Juquiá, após a confluência com o Rio São Lourenço, no município de Juquiá, e possui a Classe 2 na classificação da Resolução n. 357 (Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 2005). Portanto, não há registros para

determinação da classe do corpo d'água do Rio São Lourenço para o lançamento dos efluentes da estação de tratamento de esgotos. Neste sentido, foram utilizadas as Classes 1, 2 e 3 para a comparação dos resultados das amostras de efluentes com os limites propostos na Resolução CONAMA n. 357. Os corpos d'água são classificados em função de seus usos preponderantes; são estabelecidos padrões de qualidade para o enquadramento no lançamento dos efluentes tendo como base as legislações federal e estadual. No Brasil, a maioria dos rios têm como classificação a classe 2 e, para o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora nesses corpos receptores, foram estabelecidos e impostos padrões que garantam qualidade mínima a ser atendida por esses despejos (Oliveira, 2005).

No monitoramento da qualidade do efluente da lagoa facultativa, verificou-se que, dentre as variáveis físico-químicas para comparação com os limites para lançamento dos efluentes, os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio apresentaram valores médios de 32,5 mg/L, mínimo e máximo de 9 e 49 mg/L e os limites para a Classe 1 e 2 são ≤ 3 e ≤ 5 mg/L, indicando a necessidade de polimento final do efluente para lançamento no ecossistema aquático.

Em relação ao Nitrogênio amoniacal, os valores médio (9,5 mg/L), mínimo (3,6 mg/L) e máximo (19,6 mg/L) apresentaram valores na faixa limite entre Classe 1 (3,7 mg/L) e Classe 2 (13,3 mg/L); apenas o valor máximo um pouco acima para Classe 2, de acordo com a resolução CONAMA n. 357/2005 para ambientes lóticos como Rio São Lourenço da Serra, considerado um rio tributário do Rio Juquiá. Pode se concluir que para nitrogênio amoniacal, o efluente está na faixa limite para o lançamento no rio em

questão, pois a amônia, principalmente na forma não ionizada pode ser tóxica aos organismos vivos da cadeia alimentar aquática, como peixes, que vivem no corpo d'água que recebe este efluente (Von Sperling, 1996; Ruffier, Boyle, Kleinsschmidt, 1981; Santos, Oliveira, 1987; Hargreaves, 1998).

Quanto ao fósforo total, apresenta valores no efluente bem acima dos valores acima do proposto na CONAMA n. 357/2005 para ambientes lóticos de Classe 1 ($\leq 0,1$ mg/L) e o valor médio encontrado no efluente foi de 3,9 mg/L, e mínima de 1,9 mg/L e máximo de 6,8 mg/L. Ressalta-se que estamos analisando o lançamento do efluente de lagoa de estabilização no Rio São Lourenço, considerando que a lagoa, com tempo de detenção de 23,5 dias, é ambiente lântico, e os valores limites para o lançamento em corpos d'água Classe 2 e Classe 3 são respectivamente $\leq 0,05$ mg/L e $\leq 0,075$ mg/L. Em relação ao fósforo total, sua presença na lagoa de estabilização em estudo pode ser entendida, uma vez que esse sistema recebe descargas de esgoto sanitário, rico em detergentes superfosfatados, que, segundo Costa (1997), correspondem a cerca de 50 a 70% do fósforo encontrado em águas residuárias domésticas.

A densidade média de coliformes termotolerantes no esgoto bruto situou-se entre 7×10^7 NMP/100mL e os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, 5×10^6 e 3×10^8 NMP/100mL. No efluente final, a densidade média foi $1,5 \times 10^5$ NMP/100mL e os valores mínimos e máximos foram, respectivamente, $1,3 \times 10^2$ e $2,6 \times 10^5$ NMP/100mL. Os valores limites para lançamento em corpos d'água para demais usos, com exceção de usos para recreação com contato primário, recreação com

contato secundário e dessedentação de animais para Classe 1, Classe 2 e Classe 3, são, respectivamente, ≤ 200 , ≤ 1000 e ≤ 2500 NMP/100 ml. Assim, a densidade média do efluente tratado está acima dos padrões indicados na Resolução CONAMA n. 357.

Quanto ao ambiente aquático da lagoa facultativa, foram verificados, em quatro períodos de acordo com a sazonalidade, os valores de clorofila-a e feofitina-a. Os valores encontrados sugerem que o ambiente aquático da lagoa facultativa está eutrófico, segundo Esteves (1998). De acordo com a Resolução CONAMA n. 357, os valores de clorofila-a estão acima dos limites para Classe 1, 2 e 3, respectivamente, 10, 30 e 60 $\mu\text{g/L}$. Os valores de feofitina observados em dois períodos estão acima são apresentados e comparados a clorofila-a. Evidencia-se um processo de transição do estado mesotrófico para eutrófico no ecossistema aquático formado pela lagoa facultativa, principalmente, tanto pela redução da clorofila-a e aumento da feofitina-a como pelo aumento da densidade dos Rotíferos e diminuição de Copépodos e Cladóceros, indicando um aumento de sólidos em suspensão e nutrientes no efluente tratado. Nesse sentido, pode ocorrer o processo de eutrofização nas águas do Rio São Lourenço e, conseqüentemente, colocando em risco a qualidade sanitária das águas de uma região com grandes atrativos turísticos e ambientais, além de contribuir com a produção de água mineral do País.

Conclusão

O presente trabalho permitiu concluir que o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos por lagoas de estabilização do município de

São Lourenço da Serra-SP apresentou valores referentes ao pH, DBO e nitrogênio amoniacal de acordo com os limites para o lançamento de efluentes em corpos d'água, como no Rio São Lourenço. Quanto ao fósforo total, os valores estão bem acima dos limites para rios de Classe 1 e 2. Na Resolução CONAMA n. 357, de 2005, os valores são bem mais restritivos para presença desse nutriente em relação aos anos anteriores, provavelmente, em decorrência do uso de grandes quantidades de detergentes superfosfatados. A quantidade de clorofila-a e o crescimento populacional dos rotíferos na comunidade zooplancônica demonstram que a lagoa facultativa está em processo de eutrofização, indicando a necessidade de tratamentos terciários para o polimento do efluente, a fim de minimizar os efeitos da poluição na comunidade aquática do Rio São Lourenço. Torna-se necessário um programa de monitoramento sistêmico e de controle de qualidade dos efluentes lançados nos ecossistemas aquáticos, buscando tecnologias viáveis e sustentáveis para cidades de pequeno porte como São Lourenço da Serra.

Cabe lembrar que a São Lourenço da Serra está situada em Área de Preservação dos Mananciais e integra a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica com remanescentes na flora e fauna desse habitat, uma região importante para preservação da qualidade das águas, manutenção da biodiversidade e um cinturão verde próximo a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A deterioração da qualidade das águas do Rio São Lourenço está diretamente relacionada com redução da biodiversidade aquática e com a redução da qualidade de vida dos habitantes locais e da própria população da RMSP.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do Projeto de Pesquisa n. 03/06419-1 – “Gerenciamento de Lodos de ETA’s. Influência no processo de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização em cidades de pequeno porte”, sob coordenação da Maria Aparecida Faustino Pires do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); à Sabesp por permitir as amostragens na lagoa de estabilização no município de São Lourenço da Serra; ao Programa Institucional de Iniciação Científica, pela bolsa de Iniciação Científica concedida a Lícia Natal Fernandes; ao Nilson Soares dos Santos pelo auxílio na coleta de amostras na lagoa de estabilização.

REFERÊNCIAS

- Abu-Zeid MA. Water and sustainable development: the vision for the world water, life and the environment. *Water Pol* 1998; 1:9-19.
- American Water Works Association. Standard methods for the examination of wastewater. 18ª ed. Washington, DC: APHA; 1998.
- Azevedo SFO et al. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru – Brazil. *Toxicology* 2002;(181-182):441-6.
- Branco SM. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo: CETESB/ASCETESB; 1986.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Usos preponderantes, classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de efluentes. Resolução n. 357. Diário Oficial da República Federativa do Brasil (17 Mar 2005).
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003. São Paulo: CETESB; 2004.
- Costa RHR. Lagoas de alta taxa de degradação e de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos. Florianópolis: Universidade de Santa Catarina; 1997
- Craun G. Enfermidades transmitidas por el agua en los Estados Unidos de América. In: La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud; 1996. p. 63-88.
- Cutolo AS, Rocha AA. Reflexões sobre o uso de águas residuárias na cidade de São Paulo. *Saúde Sociedade* 2002;11(2):89-105.
- Cutolo SA. Reuso de águas residuárias e a transmissão de helmintíases no município de São Paulo, Brasil [tese]. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 2002.
- Czeresnia D. Do contágio à transmissão: ciência e cultura na gênese do conhecimento epidemiológico. Rio de Janeiro: FIOCRUZ; 1997.
- Esteves FA. Fundamentos de limnologia: interciência. 2ª ed. Rio de Janeiro: FINEP; 1998.
- Fenchel T. Ecology of protozoa: the biology of free – living Phougotriphic Porests. *Cience Tech*; 1987.
- Hargreaves JA. Nitrogen biochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 1998;166:181-212.
- Hespanhol I. Wastewater as a resource. In: *Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles*. WHO; 1997. p. 87-120.
- IBGE. Contagem da população. Rio de Janeiro: IBGE; 2007.
- Minayo MCS. Enfoque ecossistêmico de saúde e qualidade de vida. In: Minayo MCS. *Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2002. p. 173-90.
- Mota S. Saneamento. In: *Epidemiologia e saúde*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Medsi; 1999. p. 405-30.
- Oliveira AA. Avaliação do impacto do lançamento de resíduos gerados na estação de tratamento de água em sistemas de lagoas de estabilização. São Paulo [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005. Mestrado em Saúde Pública.
- Ruffier PJ, Boyle WC, Kleinsschmidt J. Short-term acute bioassays to evaluate ammonia toxicity and effluents standards. *Res J Water Pollut Control Fed*. 1981 Jun; 53(3):367-77.
- Santos MCR, Oliveira JFS. Nitrogen transformations and removal in waste stabilization ponds in Portugal: seasonal variations. *Water Sci Technol* 1987 Dec;19(12):123-30.

Vitae Civilis. Projeto “Ecoturismo em São Lourenço da Serra: águas para São Paulo e Mata Atlântica para o Brasil”. São Lourenço da Serra: Vitae Civilis; 2005.

Von Sperling M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: princípios básicos do tratamento de esgotos. V2. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 215p.

Ward HB, Whipple GC. Fresh-water Biology. W. T. Edmondson; 1955.

Recebido em 26 de março de 2008
Versão atualizada em 22 de abril de 2008
Aprovado em 30 de maio de 2008