



Acta Scientiarum. Biological Sciences

ISSN: 1679-9283

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Alberto, André; Gomes Ribeiro Filho, Basílio

Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo

Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 34, núm. 2, 2012, pp. 173-179

Universidade Estadual de Maringá

.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187123675007>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc



Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo

André Alberto* e Basílio Gomes Ribeiro Filho

Centro Universitário Amparense, Rod. SP-95, Km 46,5, 13901-908, Amparo, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.
E-mail: andrealberto@yahoo.com

RESUMO. Investigar a influência do esgoto orgânico na água do rio Camandocaia. Foram analisadas as seguintes variáveis limnológicas: pH, turbidez, cor, manganês, ferro, oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo totais. Os dados são discutidos em termos de valores médios e foi aplicada a Análise de Componentes Principais. Em nenhum dos 12 pontos estudados, os valores de saturação de oxigênio estiveram abaixo de 70%, com exceção do Ponto 9 (38,8%). Os menores valores de nitrogênio foram detectados nos Pontos 1 a 3 (0,18 a 0,21 mg L⁻¹) e os valores mais elevados nos Pontos 9 e 10 (1,29 e 1,79 mg L⁻¹); o valor mais elevado de fósforo foi detectado no Ponto 9 (345,5 µg L⁻¹). Todas as variáveis correlacionam-se positivamente ao componente principal 1, com exceção da saturação de oxigênio. Os dois componentes principais somados explicam 86,6% do total da variação encontrada. A água do Camandocaia foi pouco impactada pelos esgotos até Amparo. No final dessa cidade foram detectados os níveis mais elevados de poluição, e a tendência foi a depuração parcial do esgoto até a confluência com o rio Jaguari. Entretanto, o local mais poluído do rio, quando comparado a outros rios poluídos, apresentou níveis de poluição inferiores.

Palavras-chave: esgoto doméstico, variáveis físicas e químicas, autodepuração, fósforo total.

Influence of domestic sewage on the limnological characteristics of the Camandocaia river, Piracicaba river basin, São Paulo State

ABSTRACT. The objective of the present study was to investigate the influence of domestic sewage on the water along the Camandocaia River. The limnological variables analyzed were: pH, turbidity, color, manganese, iron, dissolved oxygen, nitrogen and total phosphorus. The data are discussed in terms of average values, and the Principal Component Analysis was employed. At no point were the oxygen saturation values below 70%, with the exception of point 9 (38.8%). The lowest nitrogen values were detected in points 1 to 3 (0.18 to 0.21 mg L⁻¹) and the highest in points 9 and 10 (1.29 and 1.79 mg L⁻¹); the highest phosphorus value was detected in point 9 (345.5 µg L⁻¹). All variables correlate positively to the principal component 1, with the exception of oxygen saturation. The sum of the two principal components explains 86.6% of total variation found. The water of the river was little impacted by domestic sewage until Amparo. The highest levels of pollution were detected at the end of that city, and the trend was partial self-depuration until confluence with the Jaguari River. Nevertheless, the most polluted point of the river, when compared to other polluted rivers, presented lower pollution levels.

Keywords: domestic sewage, physical and chemical variables, self-depuration, total phosphorus.

Introdução

A maioria dos municípios brasileiros ainda não possui tratamento dos seus esgotos domésticos. Dessa forma, registra-se a introdução nos ambientes aquáticos de uma complexa mistura de substâncias orgânicas biodegradáveis e de nutrientes inorgânicos capazes de provocar uma redução na qualidade da água (SCHÄFER, 1985; CAMARGO et al.; 1995, CAMARGO, 1996; SILVA et al., 1998). Cada pessoa ao consumir em média 200 L de água por dia converte cerca de 150 L em esgoto (CAVINATTO,

1992). Os rios são os principais receptores de esgotos domésticos e, quando recebem volumes acima de sua capacidade depuradora natural, apresentam-se com modificações físicas e químicas na água e na biocenose, ao longo de certo trecho (SCHÄFER, 1985).

Dentre as principais alterações destacam-se a proliferação de microrganismos decompositores e a consequente redução do teor de oxigênio dissolvido na água (ESTEVES, 1988; FERNANDES; RANTIN, 1989). O fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, no

qual os compostos orgânicos do esgoto são convertidos em compostos inertes e não-prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON-SPERLING, 1996). Contudo, a autodepuração depende de alguns fatores, tais como a distância da fonte poluidora, o tempo de permanência do esgoto na água e o volume de água do corpo receptor (BRANCO, 1983; SCHÄFER, 1985).

A bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, composta por 57 municípios, comprehende mais de 11% da população do Estado de São Paulo, ou quase 5 milhões de habitantes (CETESB, 2008), possui intensa atividade industrial e agrícola (FERRAZ et al., 2001) e alguns dos rios mais poluídos do interior paulista (POLUIÇÃO, 1995), uma vez que corpos d'água encontram-se em alto grau de eutrofização, em virtude de elevadas cargas de fósforo total, decorrentes em boa parte do lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2008).

O rio Camandocaia, porém, apresenta água considerada com índice de degradação aceitável e contribui para a sobrevida do rio Jaguari, que se junta ao rio Atibaia e forma o rio Piracicaba (CONSÓRCIO PCJ, 2005).

O monitoramento da qualidade da água do rio Camandocaia é realizado somente em cinco pontos distribuídos em três municípios paulistas (CETESB, 2008), além do que inexistem informações a respeito da qualidade de água na região de cabeceiras, embora o Camandocaia se constitua em um importante corpo d'água da bacia do Piracicaba e seja considerado um rio de domínio da União porque passa em dois Estados. Diante desse quadro, o objetivo do presente estudo é investigar a influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas desse rio desde as nascentes até a foz.

Material e métodos

Área de estudo

O rio Camandocaia (Figura 1) tem as suas nascentes localizadas na Serra da Mantiqueira, no Sul do Estado de Minas Gerais, a aproximadamente 1.500 m de altitude e a Noroeste do município de Toledo (MATTOS et al., 1997 apud OLIVEIRA et al., 2003). Denominado como rio da Guardinha no território mineiro, corre no sentido Oeste, entra no Estado de São Paulo e deságua no rio Jaguari, no município de Jaguariúna, Estado de São Paulo.

A área da bacia do rio Camandocaia é de 870,7 km² e integra em seus limites territoriais os municípios de Amparo, Jaguariúna, Monte Alegre do Sul, Pinhalzinho, Serra Negra, Socorro e Toledo, além de ser composta pelos municípios denominados de borda, sendo estes, Pedra Bela,

Pedreira, Tuiuti, Santo Antônio de Posse e Holambra (CONSÓRCIO PCJ, 2005).

Apesar de o rio se constituir no marco natural para a divisa entre municípios, foram considerados para efeito das coletas, de montante a jusante, os municípios que efetivamente são drenados por esse corpo d'água e que podem contribuir com o despejo de efluentes orgânicos: Toledo, Estado de Minas Gerais, Pinhalzinho, Estado de São Paulo, Monte Alegre do Sul, Estado de São Paulo, Amparo, Estado de São Paulo, Pedreira, Estado de São Paulo e Jaguariúna, Estado de São Paulo.

Amostras de água foram coletadas a partir da cabeceira do rio Camandocaia (Figura 1): nascente do córrego Campestre (Ponto 1), situada a 1.455 m de altitude, córrego afluente I do Campestre (Ponto 2) e córrego afluente II do Campestre (Ponto 3), ambos situados a 1.402 m de altitude.

Além desses três pontos, amostras foram coletadas no córrego Campestre (Figura 1), antes dele entrar na cidade de Toledo, Estado de Minas Gerais, à altitude de 1.171 m (Ponto 4); em sua continuação como rio da Guardinha, na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, à altitude de 1.142 m (Ponto 5); antes de o rio Camandocaia entrar na cidade de Pinhalzinho, à altitude de 942 m (Ponto 6); no bairro dos Chaves, Socorro, antes do rio entrar em Monte Alegre do Sul, Estado de São Paulo, situado à altitude de 917 m (Ponto 7); a montante da cidade de Amparo, Estado de São Paulo, a uma altitude de 700 m (Ponto 8); a jusante da cidade de Amparo, Estado de São Paulo, a uma altitude de 650 m (Ponto 9); na divisa de Amparo e Pedreira, Estado de São Paulo, altitude de 600 m (Ponto 10); antes do rio entrar no município de Jaguariúna, situado a uma altitude de 617 m (Ponto 11) e, finalmente, na foz do Camandocaia, próximo da sua confluência com o rio Jaguari, a 611 m de altitude (Ponto 12).

Análise de água

As variáveis físicas e químicas da água foram obtidas a uma distância de aproximadamente 1,5 m da margem e na interface entre o ar e a água do rio, em três repetições. As coletas foram realizadas nos dias 16 e 23/5/2008, 10 e 13/6/2008, 28/7/2008 e 13/9/2008, sendo obtidas 12 amostras de água no total para cada ponto.

As coletas de água referentes ao trecho em que o rio Camandocaia passa pelo município de Amparo foram realizadas em 28 e 30/8/2004 (Ponto 8) e em 10/9/2002 (Pontos 9 e 10). Na ocasião foram obtidas seis amostras de água para cada ponto.

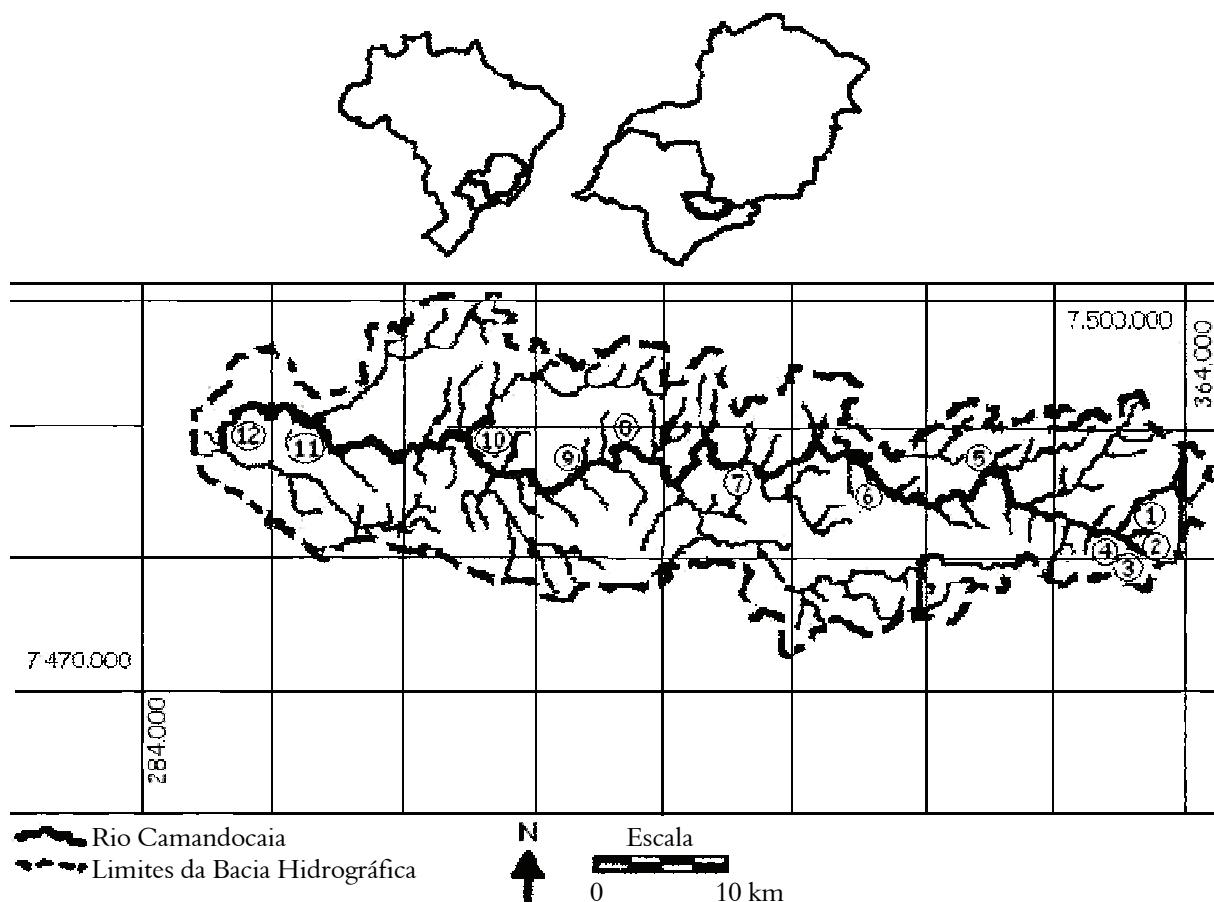


Figura 1. Mapa da Bacia do rio Camandocaia e os 12 pontos de coleta: Pontos 1, 2, 3 e 4 = Toledo, Estado de Minas Gerais; Ponto 5 = divisa do Estado de Minas Gerais com o Estado de São Paulo; Ponto 6 = Pinhalzinho, Estado de São Paulo; Ponto 7 = Monte Alegre do Sul, Estado de São Paulo; Ponto 8 = montante de Amparo, Estado de São Paulo; Ponto 9 = jusante de Amparo, Estado de São Paulo; Ponto 10 = divisa de Amparo e Pedreira, Estado de São Paulo; Ponto 11 = Jaguariúna, Estado de São Paulo; Ponto 12 = foz do Camandocaia. Fonte: modificado de Embrapa (1997).

As concentrações de oxigênio dissolvido na água foram determinadas de acordo com o método de Winkler (GOLTERMAN et al., 1978). Para o cálculo da porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água (% OD) foi considerada a solubilidade de oxigênio em relação à temperatura e aplicado o fator de correção da pressão parcial do gás, de acordo com Schäfer (1985). A temperatura da água foi determinada com o emprego de um termômetro de coluna alcoólica.

O fósforo total (PT) foi determinado, segundo Golterman et al. (1978), e o nitrogênio total (NT) pelo método Kjeldahl, descrito em Mackereth et al. (1978).

A turbidez, a cor e as concentrações de ferro solúvel e de manganês total na água foram obtidas conforme as respectivas metodologias descritas em APHA (1992). As análises de turbidez e da cor e das concentrações de ferro e de manganês foram realizadas com o auxílio de um espectrofotômetro

Hach - DR2000. Os valores de pH foram obtidos utilizando-se um pHmetro, marca Orion710A.

Vazão e altitude

A vazão do Camandocaia foi determinada de acordo com a metodologia descrita em Fill (1987), para os Pontos de 1 a 7, no dia 16/5/2008. Não foi possível determinar a vazão nos demais pontos pela impossibilidade de se efetuar medições da profundidade do rio, uma vez que o mesmo se tornou muito caudaloso e largo. A altitude dos pontos de coleta foi determinada com o emprego do aparelho GPS Garmin eTrex H.

Análise dos dados

Foram calculados a média e o desvio-padrão dos valores das variáveis físicas e químicas obtidas em cada um dos 12 pontos de coleta. A esses valores médios foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP), segundo Ludwig e Reynolds

(1988). Foram consideradas significativas as variáveis que apresentaram correlação maior ou igual a |0,7|.

Resultados e discussão

Os valores médios (\pm o desvio-padrão) de todas as variáveis físicas e químicas da água obtidas ao longo do rio Camandocaia podem ser visualizados na Tabela 1. Todos os valores de pH, turbidez e manganês encontram-se dentro dos limites estabelecidos para a Classe 1 da Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005); com relação à variável ferro, somente os Pontos de 1 a 3 se enquadram nos limites dessa classe.

Destaca-se que em nenhum ponto os valores de % OD estiveram abaixo de 70%, com exceção do Ponto 9 (38,8%). Os menores valores de NT foram detectados nos Pontos 1 a 3 ao passo que os mais elevados foram detectados nos Pontos 9 e 10; os valores mais elevados de PT, acima dos limites estabelecidos para a Classe 1, foram detectados nos Pontos 9, 11 e 12 (Tabela 1).

Na Tabela 2 são apresentadas as correlações entre as variáveis físicas e químicas com os fatores 1 e 2, que somados explicam 86,6% da variação total encontrada. As variáveis pH, turbidez, cor, manganês, ferro, NT e PT estão positivamente correlacionadas ao fator 1, sendo o manganês a variável que alcança a maior correlação (0,9437).

A variável % OD é a única que se apresenta correlacionada negativamente ao fator 1 e nenhuma variável está significativamente correlacionada ao segundo fator (Tabela 2).

É apresentada na Figura 2 a ordenação dos pontos de coleta com os componentes principais 1 e 2. Observa-se a existência de três grupos principais – Pontos 1 ao 3, Pontos 4 ao 7 e Pontos 8, 11 e 12 – e de dois pontos isolados – Ponto 9 e Ponto 10.

Os valores de vazão ($L\ s^{-1}$) calculados foram os seguintes: Ponto 1 = 2,5; Ponto 2 = 10,1; Ponto 3 = 1,3; Ponto 4 = 843,7; Ponto 5 = 3.436,5; Ponto 6 = 5.479,2; Ponto 7 = 5.866,0.

Tabela 1. Valores médios (\pm o desvio-padrão) das variáveis físicas e químicas obtidas a partir das coletas de água em 12 pontos ao longo do rio Camandocaia.

	pH	Turbidez (NTU)	Cor ($Mg\ L^{-1}\ Pt\ Co^{-1}$)	Manganês ($\mu g\ L^{-1}$)	Ferro ($mg\ L^{-1}$)	% OD	NT ($mg\ L^{-1}$)	PT ($\mu g\ L^{-1}$)
Ponto 1	$6,8 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,9$	$3,2 \pm 1,0$	$0,2 \pm 0,6$	$0,04 \pm 0,1$	$87,4 \pm 5,3$	$0,21 \pm 0,08$	$9,8 \pm 4,6$
Ponto 2	$6,1 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,7$	$4,2 \pm 2,4$	$0,3 \pm 0,5$	$0,01 \pm 0,0$	$84,3 \pm 3,4$	$0,18 \pm 0,11$	$9,4 \pm 7,9$
Ponto 3	$6,7 \pm 0,3$	$4,1 \pm 1,5$	$25,5 \pm 7,0$	$4,6 \pm 5,7$	$0,03 \pm 0,0$	$86,8 \pm 7,3$	$0,19 \pm 0,12$	$25,1 \pm 18,5$
Ponto 4	$6,8 \pm 0,2$	$10,7 \pm 5,5$	$67,2 \pm 18,9$	$27,5 \pm 15,3$	$0,63 \pm 0,2$	$89,0 \pm 4,9$	$0,24 \pm 0,21$	$33,2 \pm 19,7$
Ponto 5	$6,8 \pm 0,2$	$7,0 \pm 3,9$	$101,3 \pm 90,2$	$93,8 \pm 137,6$	$1,96 \pm 2,3$	$87,2 \pm 10,2$	$0,22 \pm 0,12$	$14,8 \pm 5,8$
Ponto 6	$6,8 \pm 0,4$	$12,3 \pm 5,9$	$91,8 \pm 28,7$	$22,9 \pm 19,8$	$0,82 \pm 0,3$	$87,7 \pm 8,2$	$0,12 \pm 0,09$	$25,8 \pm 9,0$
Ponto 7	$7,0 \pm 0,4$	$12,8 \pm 6,5$	$86,5 \pm 3,6$	$43,6 \pm 52,6$	$1,01 \pm 0,6$	$88,2 \pm 8,2$	$0,11 \pm 0,07$	$26,5 \pm 4,9$
Ponto 8	$7,6 \pm 0,2$	$16,5 \pm 1,6$	$66,5 \pm 1,6$	$26,7 \pm 5,2$	$1,10 \pm 0,1$	$74,7 \pm 5,6$	$0,18 \pm 0,04$	$69,2 \pm 6,0$
Ponto 9	$7,3 \pm 0,1$	$15,7 \pm 0,6$	$90,3 \pm 3,8$	$66,0 \pm 11,5$	$1,57 \pm 0,2$	$38,8 \pm 1,4$	$1,29 \pm 0,09$	$345,5 \pm 37,8$
Ponto 10	$7,4 \pm 0,0$	$17,0 \pm 1,0$	$93,0 \pm 2,0$	$63,0 \pm 19,1$	$1,80 \pm 0,3$	$83,9 \pm 0,8$	$1,79 \pm 0,11$	$89,1 \pm 18,1$
Ponto 11	$6,9 \pm 0,4$	$11,3 \pm 5,8$	$76,6 \pm 23,5$	$40,8 \pm 12,9$	$0,60 \pm 0,3$	$83,0 \pm 13,1$	$0,95 \pm 0,29$	$179,9 \pm 21,6$
Ponto 12	$7,1 \pm 0,3$	$11,5 \pm 6,0$	$82,0 \pm 22,8$	$46,2 \pm 8,5$	$0,64 \pm 0,3$	$75,2 \pm 7,4$	$0,75 \pm 0,19$	$163,7 \pm 15,3$
Classe 1	$6,0$ a $9,0$	até 40,0	---	100,0	0,3	---	---	100,0

% OD = porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido, NT = nitrogênio total; PT = fósforo total; Classe 1 = valores referenciais para a classificação dos corpos d'água, de acordo com a Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005); --- valor não-estabelecido ou método de análise diferente.

O padrão de distribuição dos pontos de coleta na Figura 2 e as variáveis correlacionadas (Tabela 2) permitem explicar a influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas do rio Camandocaia: os pontos situados sobre os valores negativos do componente principal 1 – Pontos 1 a 7 – representam a existência de águas não-poluídas ou pouco poluídas por esgoto doméstico e na medida em que se distribuem sobre os valores positivos – Pontos 11, 12 e 8 – até os valores positivos mais elevados desse componente – Pontos 10 e 9 – tanto mais poluída será a água, pois, de uma maneira geral, as concentrações de pH, turbidez, cor, manganês, ferro, NT e PT aumentam e há tendência de diminuição da % OD.

O aumento das concentrações de ferro e manganês, todavia, pode estar relacionado à erosão de solos ricos nestes elementos e o aumento nos valores de turbidez e da cor está relacionado principalmente à presença de partículas suspensas e dissolvidas na água, que não necessariamente indicam a presença de esgoto (ESTEVES, 1988).

Os valores de pH obtidos nos locais mais poluídos foram ligeiramente mais alcalinos, provavelmente pela presença de maior quantidade de material orgânico. Silva et al. (1998) encontraram valores de pH que variam entre 9,2 e 9,6 em local do rio Pardo caracterizado pela presença na água de grande quantidade de matéria orgânica.

Por outro lado, Krupek et al. (2008) mediram o pH no preservado riacho Guabiroba, localizado na região Centro-sul do Estado do Paraná, e encontraram valores alcalinos que variam entre 7,1 e 8,2, que não guardavam relação com a presença de esgoto na água.

O padrão observado no presente estudo, principalmente com relação ao aumento nas concentrações de NT, PT e diminuição dos valores de % OD como indicativo da presença de esgoto doméstico, já foi demonstrado em outras pesquisas,

dentre as quais Rios e Calijuri (1995), Camargo (1996), Silva et al. (1998), Alberto et al. (2004, 2005) e Sant'Anna et al. (2007).

Tabela 2. Correlações entre os valores médios das variáveis físicas e químicas obtidas em três repetições, em 12 pontos de amostragem ao longo do rio Camandocaia, com os fatores 1 e 2 na análise de componentes principais.

	Fator 1	Fator 2
pH	0,8096	0,2560
Turbidez	0,8755	0,4266
Cor	0,8010	0,4798
Manganês	0,9437	0,1690
Ferro	0,9070	0,3080
% Saturação de oxigênio	-0,7411	0,6157
Nitrogênio total	0,7722	-0,0845
Fósforo total	0,8212	-0,4936
Variação total explicada por fator (%)	68,4%	18,2%

Os números em negrito representam correlações significativas ($\geq 0,7$).

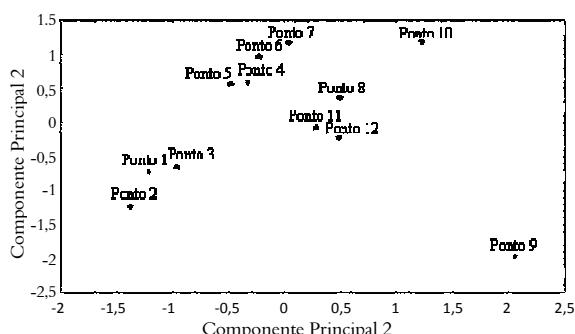


Figura 2. Ordenação por componentes principais dos 12 pontos de coleta de água, utilizando-se os valores médios das variáveis físicas e químicas correlacionadas com os fatores 1 e 2 e obtidas em três repetições, ao longo do rio Camandocaia.

Para o período estudado, os pontos situados na região de cabeceira do rio (Pontos 1 a 3), locais nos quais inexistem habitações e despejo de esgoto a montante, podem ser considerados não-poluídos e até o município de Amparo (Pontos 4 a 7) podem ser considerados pouco poluídos, uma vez que nesses pontos a % OD permaneceu elevada, acima de 80%, as concentrações de NT e PT não ultrapassaram, respectivamente, o valor de $0,25 \text{ mg L}^{-1}$ e de $34,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (Tabela 1).

Sant'Anna et al. (2007) consideraram como sendo não-poluídos ou pouco poluídos corpos d'água da bacia do rio Itanhaém que apresentaram valores de NT de até $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e valores de PT de até $69,0 \mu\text{g L}^{-1}$, para as coletas referentes ao mês de agosto.

A cidade de Amparo é a principal poluidora do rio Camandocaia. São lançados sem tratamento prévio no rio Camandocaia os esgotos domésticos de mais de 65 mil habitantes (ALBERTO et al., 2004). A água coletada no Ponto 9, localizado no final do perímetro urbano dessa cidade, apresentou o maior nível de poluição, com valores de % OD, por

exemplo, inferiores a 40%, e o rio tendeu a se autodepurar até o Ponto 10.

Oliveira et al. (2003) estudaram a poluição no Camandocaia e detectaram a mesma tendência de autodepuração, e a concentração média de ortofosfato na água do rio, por exemplo, diminuiu de $180,8 \mu\text{g L}^{-1}$ no final do perímetro urbano de Amparo para $67,9 \mu\text{g L}^{-1}$ na divisa entre Amparo e o município de Pedreira, que corresponde ao Ponto 10 do presente estudo, e as concentrações de oxigênio dissolvido aumentaram de 3,0 para $6,9 \text{ mg L}^{-1}$.

Por outro lado, era esperada a diminuição nos valores de NT, mas as mesmas aumentaram de $1,29 \text{ mg L}^{-1}$ no Ponto 9 para $1,79 \text{ mg L}^{-1}$ no Ponto 10 (Tabela 1). Provavelmente, existiu lançamento de esgoto contendo compostos nitrogenados entre esses dois locais.

Os Pontos 8, 11 e 12 apresentaram níveis intermediários de poluição. No Ponto 8, o rio recebeu esgotos domésticos que são lançados sem tratamento prévio pelo Distrito de Três Pontes, que possui aproximadamente 5 mil habitantes (ALBERTO et al., 2004). O valor de vazão do rio acima de 6 m^3 e a distância entre o Distrito e a cidade de Amparo, que é de cerca de 4 km, favoreceu a diluição parcial do esgoto.

Nos Pontos 11 e 12, após a passagem pela cidade de Amparo, o rio Camandocaia tendeu a se autodepurar: os valores de NT e PT diminuíram e houve aumento da % OD. A distância de aproximadamente 40 km entre esses pontos e o Ponto 9 e o aumento na vazão do rio favoreceram a degradação do esgoto.

Por outro lado, o rio não conseguiu se autodepurar totalmente até a confluência com o rio Jaguari, pois as concentrações de PT e NT foram superiores às concentrações determinadas nos Pontos de 1 a 7 (Tabela 1), que foram considerados neste estudo como pouco poluídos. Além disso, o rio Camandocaia constitui-se em corpo receptor de parte do esgoto doméstico da cidade de Jaguariúna (CETESB, 2008).

Silva et al. (1998), ao estudarem a autopurificação da água do rio Pardo, concluíram que os produtos da depuração do esgoto, como o fosfato, contribuíram para alterar a qualidade da água daquele rio.

Mattos et al. (1997) apud Alberto et al. (2004) afirmaram que somente os trechos de rios do alto curso da bacia do rio Piracicaba, particularmente o rio Camandocaia, possuem ainda águas pouco impactadas pela poluição e por isso se tornam estratégicos, pois podem suprir demandas futuras de abastecimento de água na região.

Mesmo considerando-se o local mais poluído do rio Camandocaia, constata-se que o mesmo

apresentou níveis de poluição inferiores a outros rios poluídos. A Tabela 3 apresenta a comparação de algumas variáveis obtidas no local mais poluído do rio Camandocaia com as mesmas variáveis obtidas em outros corpos d'água poluídos por esgoto.

Tabela 3. Valores médios de algumas variáveis físicas e químicas obtidas no local mais poluído do rio Camandocaia – final do perímetro urbano de Amparo (Ponto 9) – e em outros corpos d'água poluídos por esgotos domésticos.

	OD (mg L ⁻¹)	% OD	NT (mg L ⁻¹)	PT (µg L ⁻¹)	Referência
Ponto 9	3,1	38,8	1,3	345,5	Presente estudo
Estação 5	0,7	---	2,8	343,0	Sant'Anna et al. (2007)
Estação 8	0,3	---	1,5	1.348,0	Sant'Anna et al. (2007)
Local 6	---	---	10,1	4.400,0	Silva et al. (1998)
Estação 3	---	25,0*	3,0*	520,0*	Camargo (1996)

*valor aproximado.

Some-se a essa constatação o fato de que somente alguns valores de PT e de ferro obtidos em alguns pontos de amostragem do rio Camandocaia estavam acima dos limites estabelecidos para a Classe 1 da Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005), que são referenciais para águas não-poluídas.

Conclusão

Considerando-se o período estudado, de maio a setembro, e toda a extensão do rio Camandocaia, o mesmo pode ser considerado um rio pouco impactado pela poluição provocada por esgotos domésticos até Amparo. No final do perímetro urbano foram detectados os níveis mais elevados de poluição, porque essa cidade é a que despeja esgotos domésticos sem tratamento prévio em maior quantidade no rio, e a tendência foi a depuração parcial do esgoto até a porção final do Camandocaia, na sua confluência com o rio Jaguari. Apesar disso, o local mais poluído do rio Camandocaia, quando comparado a outros rios poluídos, apresentou níveis de poluição inferiores.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Centro Universitário Amparense – UNIFIA, pelo apoio financeiro, aos técnicos Emílio Carlos e Ricardo Eugênio, ambos do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Amparo e ao Dr. Antonio Camargo e ao técnico Carlos Sanches, ambos do Laboratório de Ecologia Aquática da Unesp-Rio Claro, pelo apoio na realização das análises de água.

Referências

ALBERTO, A.; RUGANI, C. A.; CAMARGO, A. F. M. Influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas do rio Camanducaia, bacia

hidrográfica do rio Piracicaba, SP. **Pluralis Multitemática**, v. 1, n. 2, p. 145-162, 2004.

ALBERTO, A.; CAMARGO, A. F. M.; VERANI, J. R.; COSTA, O. F. T.; FERNANDES, M. N. Health variables and gill morphology in the tropical fish *Astyanax fasciatus* from a sewage-contaminated river. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 247-255, 2005.

APHA-American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18th ed. Washington, D.C.: APHA, 1992.

BRANCO, S. M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2. ed. São Paulo: Ascetesb, 1983.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

CAMARGO, A. F. M. Influence of physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 8, n. 2, p. 231-243, 1996.

CAMARGO, A. F. M.; BINI, L. M.; SCHIAVETTI, A. Avaliação dos impactos provocados pelas descargas de esgotos orgânicos em alguns corpos d'água do município de Rio Claro. In: ESTEVES, F. A. (Coord.). **Oecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p. 395-406.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 1992.

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2007**. São Paulo: Cetesb, 2008.

CONSÓRCIO PCJ. **Termo de referência para identificação de aproveitamentos hidráulicos para a regularização de afluentes na bacia do rio Camanducaia à jusantes do sistema Cantareira**. Consórcio Intermunicipal das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Americana, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/TR-Barragens-Rio-Camanducaia.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projeto**: Proposta de implantação da APA da bacia do rio Camanducaia (SP/MG). Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 1997. Disponível em: <<http://www.apacamanducaia.cnpm.embrapa.br/cartogra.html>>. Acesso em: 17 out. 2009.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, 1988.

FERNANDES, M. N.; RANTIN, F. T. Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) to environmental hypoxia under different thermal conditions. **Journal of Fish Biology**, v. 35, p. 509-519, 1989.

FERRAZ, E. S. B.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. **Coletânea de notícias piracena**: a bacia do rio Piracicaba. Piracicaba: C. N. Editora, 2001.

- FILL, H. D. **Informações hidrológicas:** modelos para gerenciamento de recursos hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters.** 2nd ed. Oxford: IBP, 1978.
- KRUPEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z.; PERES, C. K. Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 431-438, 2008.
- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology:** a primer on method and computing. New York: Jonh Willey and Sons Inc., 1988.
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis:** some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association, 1978.
- OLIVEIRA, A. M.; NARDINI, E. C.; RIBEIRO FILHO; B. G.; ALBERTO, A. Autodepuração da poluição no rio Camanducaia, Amparo – SP. **Pluralis Multitemática**, v. 1, n. 1, p. 33-45, 2003.
- POLUIÇÃO. **Revista Tempo**, v. 2, n. 14, p. 18-19, 1995.
- RIOS, L.; CALIJURI, M. C. A bacia hidrográfica do ribeirão do feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 7, n. 1, p. 151-161, 1995.
- SANT'ANNA, E. B.; CAMARGO, A. F. M.; BONOCCHI, K. S. L. Effects of domestic sewage discharges in the estuarine region of the Itanhaém River basin (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 19, n. 2, p. 221-232, 2007.
- SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985.
- SILVA, A. M. M.; HENRY, R.; CARVALHO, L. R.; SANTINI, J. A. J. A capacidade de autodepuração de um curso de água: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu, SP). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 10, n. 2, p. 83-99, 1998.
- VON-SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias:** introdução e qualidade das águas e do tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

Received on March 20, 2009.

Accepted on June 18, 2010.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.