

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO CÓRREGO RECANTO, EM AMERICANA, NO ESTADO DE SÃO PAULO

Gerson Araújo de MEDEIROS ¹, Pablo ARCHANJO ¹
Ricardo SIMIONATO ¹, Fabio Augusto Gomes Vieira REIS ²

(1) Engenharia Ambiental, Centro Universitário Salesiano de São Paulo, UNISAL/Campus Dom Bosco de Americana. Rua Dom Bosco 100 – Bairro Santa Catarina. CEP 13466-327. Americana, SP.

Endereços eletrônicos: araujodemedeiros@ig.com.br; pabloarchanjo@yahoo.com.br; ricardosimionato@yahoo.com.br

(2) Universidade Estadual Paulista, UNESP/Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900.

Ecogeologia Consultoria Ambiental. Rua 8-B, n 842 – Vila Indaiá. CEP 13506-743. Rio Claro, SP.

Endereço eletrônico: fabio@ecogeologia.com.br.

Introdução
Caracterização da Microbacia do Córrego Recanto
Material e Métodos
Resultados e Discussão
Conclusão
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A degradação ambiental verificada na Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá tem sido uma das principais preocupações dos órgãos gestores ambientais no Estado de São Paulo. Nesse contexto, insere-se o município de Americana o qual é cortado por corpos d'água de qualidade inadequada para o consumo humano e outros usos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade hídrica do Córrego Recanto, afluente do Ribeirão Quilombo, no município de Americana – SP. O trabalho foi desenvolvido no período de março de 2007 a março de 2008, quando foi avaliada a vazão e os seguintes parâmetros físico-químicos de qualidade da água: temperatura; turbidez; pH; oxigênio dissolvido (OD); fósforo (P); nitrogênio amoniacal (NH_4); nitrato (NO_3); demanda química de oxigênio (DQO), além de coliformes totais. Os resultados demonstraram uma variação de vazão de 34,3 a 375,2 L s⁻¹, durante o período avaliado. Os parâmetros oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio amoniacal e nitrato apresentaram valores fora dos limites recomendados para rios de classe 3, como o Córrego do Recanto, sugerindo poluição hídrica devido ao lançamento de matéria orgânica.

Palavras-chave: Córrego Recanto, microbacia, qualidade da água, poluição hídrica.

ABSTRACT – *G.A. de Medeiros, P. Archanjo, R. Simionato, F.A.G.V. Reis - Diagnosis of the water quality of the Recanto Creek micro-basin, at Americana, in the state of Sao Paulo, Brazil.* The environmental degradation observed in the Piracicaba, Capivari and Jundiá watershed has been one of the principal preoccupations of the environmental agencies in the state of São Paulo, Brazil. In this context, there is inserted the Americana county which is cut by streams of unsuitable quality for the human consumption and other uses. The main goal of the present work was evaluated the water quality of the Recanto Creek, affluent of the Quilombo stream, at the Americana county, state of São Paulo, Brazil. The research was developed in the period from March of 2007 to March of 2008, when it was measured the flow and the following physical-chemical water quality parameters: temperature; turbidity; pH; dissolved oxygen (OD); phosphorus (P); ammonia nitrogen (NH_4); nitrate (NO_3); chemical demand of oxygen (DQO), besides total coliforms. The results demonstrated a variation of the flow from 34.3 to 375.2 L s⁻¹, during the evaluated period. The parameters dissolved oxygen, phosphorus, ammonia nitrogen and nitrate presented values out of the limits recommended for rivers of class 3, like the Recanto Creek, suggesting water pollution due to the organic matter disposal.

Keywords: Recanto stream, micro-basin, water quality, water pollution.

INTRODUÇÃO

O padrão de desenvolvimento urbano e industrial da sociedade contemporânea se deu de forma desordenada e sem planejamento. Este padrão tem, como um de seus principais reflexos, a degradação ambiental, a qual é fruto de um crescimento vertiginoso das cidades e de uma série de fatores, incluindo a falta de infra-estrutura básica de saneamento, a ocupação

das áreas de várzea e de mananciais, a destruição das matas ciliares dos córregos urbanos etc. (Jacobi, 1998).

Um dos maiores reflexos dos problemas causados pelo crescimento demográfico e padrão de desenvolvimento urbano, industrial e agrícola está relacionado à escassez dos recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade, provocada pelas crescentes

demandas dos usos consuntivos da água e pela poluição. Conseqüentemente, o surgimento de focos de conflitos entre usuários de recursos hídricos exigiu, por parte dos governos estaduais e Federal, medidas para o controle de seu uso e de sua qualidade.

A bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá na qual está inserido o município de Americana, é uma das regiões de maior escassez de água do Estado de São Paulo (CBH-PCJ, 2000). Tal situação foi provocada por um forte quadro de degradação da qualidade e elevado consumo dos recursos hídricos por parte dos diferentes segmentos da sociedade.

Estudos e diagnósticos têm sido conduzidos nessa importante bacia hidrográfica e nos seus maiores afluentes (Moraes et al., 2003; Stacciarini, 2002 entre outros), todavia, pouca atenção tem sido dada para as microbacias hidrográficas. A principal razão da ênfase sobre estudos hidrológicos de abrangência das pequenas e microbacias, diz respeito à ocorrência de problemas ambientais e de excesso ou falta d'água em regiões urbanas (Chaudhry, 2001). Outra razão, mais fundamental, refere-se à importância dessas para o abastecimento de grandes rios e de comunidades urbanas e rurais, além de sofrerem grande influência na mudança do seu regime hídrico devido à alteração do uso do solo.

Apesar da reconhecida importância de estudos dessa natureza, existe uma lacuna na área de hidrologia e recursos hídricos referentes às pequenas e microbacias hidrográficas (Paiva & Paiva, 2001). Tal carência é explicada, em grande parte, pela falta de dados

hidrológicos de pequenas bacias, pois historicamente a rede hidrometeorológica brasileira foi concebida para fornecer informações ao setor de geração de energia elétrica explicando-se, assim, o reduzido número de postos de monitoramento em bacias com menos de 500 km² (Goldenfum, 2001). Além disso, os custos de instalação e manutenção da instrumentação necessária para o monitoramento de pequenas microbacias hidrográficas é maior, pois esses casos demandam equipamentos que registrem dados em intervalos inferiores a um dia (Paiva, 2001).

Goldenfum (2001) ressalta ainda que o monitoramento das pequenas bacias reveste-se de fundamental importância para a complementação da rede de informações hidrológicas, além de sua natural vocação para o estudo do funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes no ciclo hidrológico.

A necessidade de se buscar tratar a questão dos recursos hídricos em áreas homogêneas tanto nos recursos naturais quanto na estrutura sócio econômica, com o envolvimento das comunidades, tem levado ao aumento de programas e projetos em que a microbacia hidrográfica é a unidade básica das atividades de gestão do recurso hídrico.

Portanto, o objetivo do presente trabalho é realizar uma análise da disponibilidade hídrica e da qualidade das águas da microbacia hidrográfica do Córrego Recanto, afluente do Ribeirão Quilombo, na região de Americana, SP.

CARACTERIZAÇÃO DA MICROBACIA DO CÓRREGO RECANTO

A sub-bacia do Ribeirão Quilombo constitui-se num dos maiores mananciais de água que atravessa a área urbana de Americana (CBH-PCJ, 2000). Nessa área destaca-se a microbacia hidrográfica do Córrego Recanto (Figura 1), a qual se localiza na divisa dos municípios de Nova Odessa, Santa Bárbara D'Oeste e Americana. As coordenadas geográficas da seção de controle correspondem à latitude 22°45'50" S e longitude 47°19'13" W, sendo a sua altitude de 540 m, determinados com o auxílio do aparelho GPS Garmim.

Os mapeamentos foram realizados a partir da digitalização das cartas topográficas SF-23-Y-A-V-3-NE-A e SF-23-Y-A-V-3-NE-B, na escala 1:10.000, publicadas pelo Instituto Geográfico Cartográfico. Empregando-se softwares gráficos (Autocad) foi possível determinar a área de influência da microbacia do córrego Recanto-Cachoeira, a qual totalizou cerca de 23,6 km². Trata-se de uma bacia de 3ª ordem, com um perímetro de 22,8 km, uma densidade de drenagem de 1,03 km km⁻², um índice de compacidade de 1,32,

com um comprimento e declividade média do rio principal de 7,73 km e 0,00906 m m⁻¹ respectivamente.

A ocupação da microbacia é em parte urbana, com a presença de residências e pequenas indústrias (20,9% da área ou 4,9 km²) e, em sua maior parte rural (79,1% ou 18,7 km²) constituída basicamente por terrenos com gramíneas, sem a presença de atividade agrícola significativa. Durante a época do levantamento de dados verificou-se a ocupação irregular de parte da área por famílias carentes, sem qualquer estrutura de saneamento básico.

Na microbacia do Córrego Recanto observam-se, ainda, dois reservatórios que servem para abastecer o município de Nova Odessa, o que ressalta a importância dessa área no contexto dos recursos hídricos da região.

Considerando a classificação climática de Köppen, o clima de Americana corresponde a tropical com estação seca (Aw) em que todos os meses do ano têm uma temperatura média mensal superior a 18° C, e

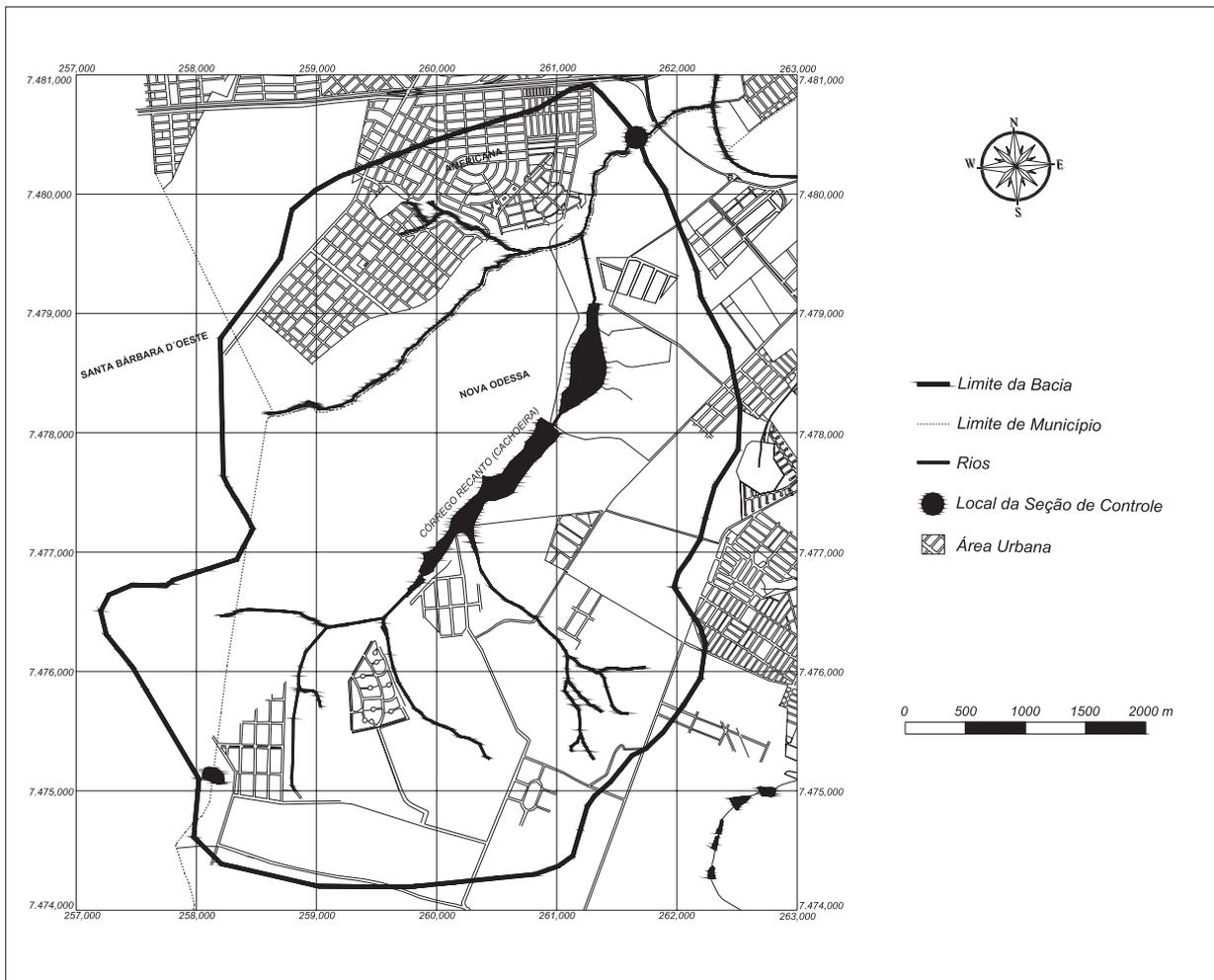


FIGURA 1. Área da microbacia hidrográfica do Córrego Recanto, na divisa das cidades de Americana, Santa Bárbara D'Oeste e Nova Odessa, SP.

pelo menos um dos meses do ano apresenta uma precipitação média total inferior a 60 mm (CEPAGRI, 2008).

A precipitação total anual atinge um valor médio de 1.291,8 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso, alcançando uma precipitação média de 238,7 mm, enquanto o mês mais seco corresponde a julho, quando a média atinge 27,3 mm (CEPAGRI, 2008). As médias anuais da temperatura mínima e máxima alcançam 15,3 e 28,2 °C respectivamente, enquanto a temperatura média anual é de 21,8 °C, sendo o mês mais frio o de julho, o qual apresenta uma média de 18 °C, e o mais quente corresponde a fevereiro, quando se alcança uma média de 24,6 °C (CEPAGRI, 2008).

Segundo o Mapa Geológico elaborado pela UNESP/DAEE (1980), na bacia do Córrego Recanto ocorre as seguintes unidades geológicas:

- Rochas Intrusivas Básicas correlacionáveis a Formação Serra Geral: tem abrangência princi-

palmente nas porções mais próximas a nascente do Córrego Recanto, sendo representada por rochas intrusivas (sills e diques) e vulcânicas. Ocorre na forma de derrame, os basaltos (rochas efusivas) possuem composição toleítica e coloração cinza a negra. As litologias incluem diques básicos, diabásios, dioritos pórfiros, microdioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos.

- Formação Itararé: apresenta ocorrência localizada na bacia, especialmente nas proximidades com a confluência com o Ribeirão Quilombo, sendo formada por duas unidades: a inferior constituída por arenitos finos, siltitos e lamitos; e a superior, formada por arenitos finos a grosseiros e lamitos.
- Depósitos Cenozóicos: também são encontrados ao longo da planície aluvionar do córrego, depósitos de sedimentos inconsolidados formados por areias e argilas aluvionares.

MATERIAL E MÉTODOS

As medições de vazão, num total de doze, foram realizadas com periodicidade mensal, por meio do molinete MLN 7, cujos procedimentos metodológicos e de cálculo são descritos por Tucci (1993).

Nas datas de medição de vazão realizaram-se amostragens de água superficial, a 0,10 m de profundidade, com frasco de vidro estéril, na parte central do canal, para a avaliação de sua qualidade físico química. Os parâmetros mensurados foram: a temperatura; a turbidez; o pH; o oxigênio dissolvido; o teor de fósforo; o teor de nitrogênio amoniacal; o teor de nitrato e a demanda química de oxigênio. Para todos os parâmetros de qualidade de água avaliados foram realizadas doze medições ao longo de todo o monitoramento, com exceção da demanda química de oxigênio, a qual se fez seis amostragens.

As análises foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal, em Espírito Santo do Pinhal, SP, utilizando das seguintes metodologias:

- turbidez: utilizou-se o turbidímetro, marca Hach, modelo 210p.
- pH: a medida foi realizada por meio de pHmetro digital, marca Tecnonpan versão 6.0.
- oxigênio dissolvido (OD): as concentrações de

oxigênio dissolvido foram determinadas através do método titulométrico de Winkler.

- fósforo total (P): empregou-se o aparelho espectrofotômetro Nanocolor 400D.
- nitrogênio amoniacal (NH_4): utilizou-se o aparelho espectrofotômetro Nanocolor 400D.
- nitrato (NO_3): as determinações foram realizadas por meio do aparelho espectrofotômetro Nanocolor 400D.
- demanda química de oxigênio (DQO): utilizou-se o aparelho espectrofotômetro, marca Nanocolor 400D. A metodologia utilizada correspondeu à digestão ácida com dicromato de potássio, utilizando-se um reator de digestão.

A coleta de água para a análise microbiológica da água foi realizada no dia 17 de maio de 2007, na seção de controle da bacia hidrográfica. Coletaram-se duas amostras de 500 mL, por meio de frasco esterilizado, na camada superficial do córrego, para a determinação do número mais provável de coliformes totais, seguindo a técnica de tubos múltiplos, descrita por APHA (2005). A análise microbiológica foi realizada no Laboratório de Biologia do Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL), no campus Dom Bosco de Americana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de precipitação e da medição de vazão realizada no Córrego Recanto, no período do monitoramento, são apresentados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. A vazão variou de 34,3 a 375,2 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$,

cujas datas de ocorrência foram 2 de outubro e 29 de julho de 2007 respectivamente. Essa variação acompanha o regime de chuvas nos períodos próximos às datas de medição.

TABELA 1. Precipitação no período de monitoramento da qualidade da água no Córrego Recanto, em Americana, SP.

Ano	2007										2008		
mês	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
P (mm)	140,8	51,2	106,4	23	99	0	7,2	81,2	124,2	175,1	216,8	132,8	172,9

TABELA 2. Datas e valores medidos de vazão no período de monitoramento da qualidade da água no Córrego Recanto, em Americana, SP.

Ano	2007										2008	
Data	24/03	22/04	07/06	30/06	29/07	25/08	02/10	09/11	16/12	19/01	16/02	29/03
Q ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	140,8	51,2	106,4	23	99	0	7,2	81,2	124,2	175,1	216,8	132,8

Na data correspondente a menor vazão, no dia 2 de outubro, a chuva acumulada nos últimos sessenta dias atingiu 7,2 mm, o qual abrangeu o maior período de estiagem, de 19 de julho a 29 de setembro. Já na data em que se verificou a maior vazão, no dia 29 de julho, ocorreram chuvas no período de 17 a 18 de julho, as quais totalizaram 99 mm.

Durante todo o período do monitoramento, de março de 2007 a março de 2008, as chuvas totalizaram 1330,6 mm, segundo dados fornecidos pela Secretaria de Obras, Unidade de Parques e Jardins, da Prefeitura Municipal de Americana. O mês de maior precipitação foi janeiro de 2008, quando se acumulou 216,8 mm. Já no mês de agosto de 2007 não se observaram chuvas e em setembro, a precipitação total atingiu 7,2 mm. Tal fato justifica a falta de medição fluviométrica nesse mês, pois a vazão mínima necessária para o uso do molinete, empregado no presente trabalho, não foi atingida.

A temperatura da água, medida próxima à superfície, atingiu uma média de 22,5 °C, sendo que a máxima foi de 26 °C, em 24 de março de 2007, e a mínima de 20 °C, observada em 7 de junho e 25 de agosto de 2007.

Por meio da Figura 2 pode-se observar o comportamento da turbidez ao longo de todo o monitoramento. A turbidez da água está associada principalmente à presença de materiais sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, colóides), da matéria orgânica e inorgânica, dos organismos microscópicos e algas, os quais têm origem no solo; na mineração; nas indústrias; ou no

esgoto doméstico, lançados no manancial sem tratamento e que diminuem a claridade e reduzem a transmissão da luz no meio.

Os valores medidos de turbidez variaram de 17,5 a 80,0 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), sendo a média de 36,5 UNT e o coeficiente de variação (CV) de 45,3%. Essa faixa de variação está próxima aos valores observados por Lima & Medeiros (2008), superior aos obtidos por Silveira et al. (2003) e inferior ao verificado por Stacciarini (2002).

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece um limite superior de turbidez, para rios de classe 3, correspondendo a 100 UNT. Tal fato demonstra que o Córrego Recanto apresentou valores inferiores a esse limite, enquadrando-se na classe pré estabelecida.

A variação do pH da água ao longo do tempo é mostrada na Figura 3. Os valores de pH apresentaram uma baixa variabilidade, a qual foi de 6,2 a 8,4, atingindo uma média de 7,2 e CV de 8,8%. Esses valores estão dentro da faixa recomendada pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de Classe 3, a qual varia de 6,0 a 9,0, e concordam com aqueles obtidos por Lima & Medeiros (2008), Silveira et al. (2003), Stacciarini (2002) e Magini & Chagas (2003).

O oxigênio dissolvido (OD) (Figura 4), ao longo do monitoramento, variou de 0,3 a 1,9 mg L⁻¹ O₂, atingindo uma média de 0,85 mg L⁻¹ O₂ e CV de 60,3%. Esses teores de OD estão abaixo do limite inferior estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, para rios de Classe 3, o qual é de 4 mg L⁻¹.

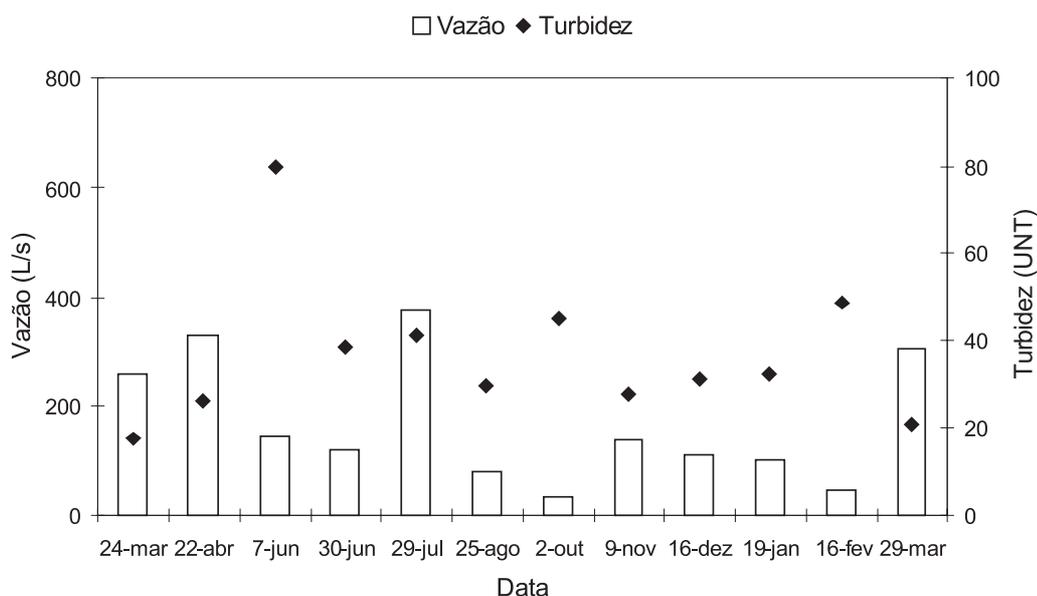


FIGURA 2. Variação da turbidez e da vazão do Córrego do Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

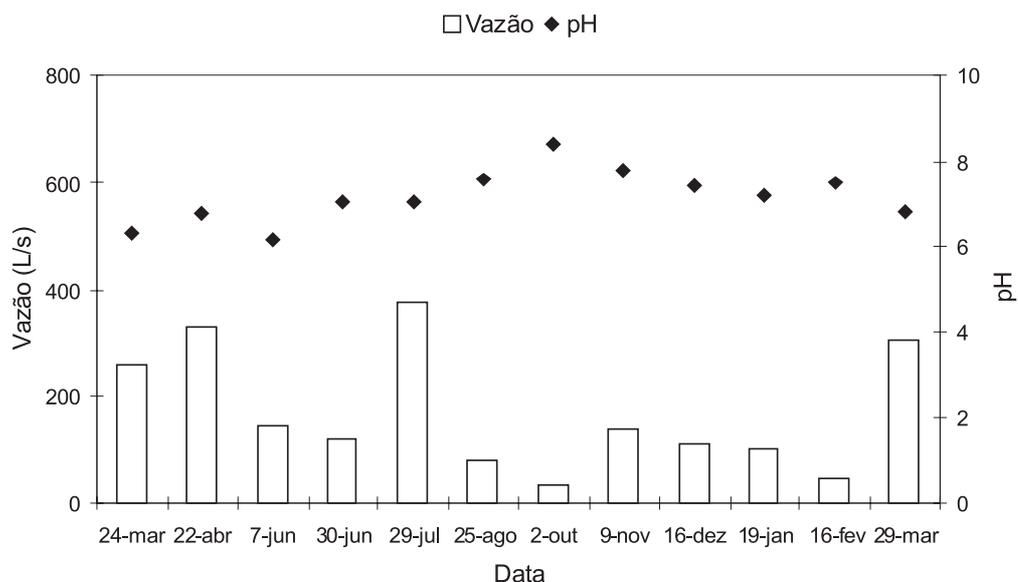


FIGURA 3. Variação do pH e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

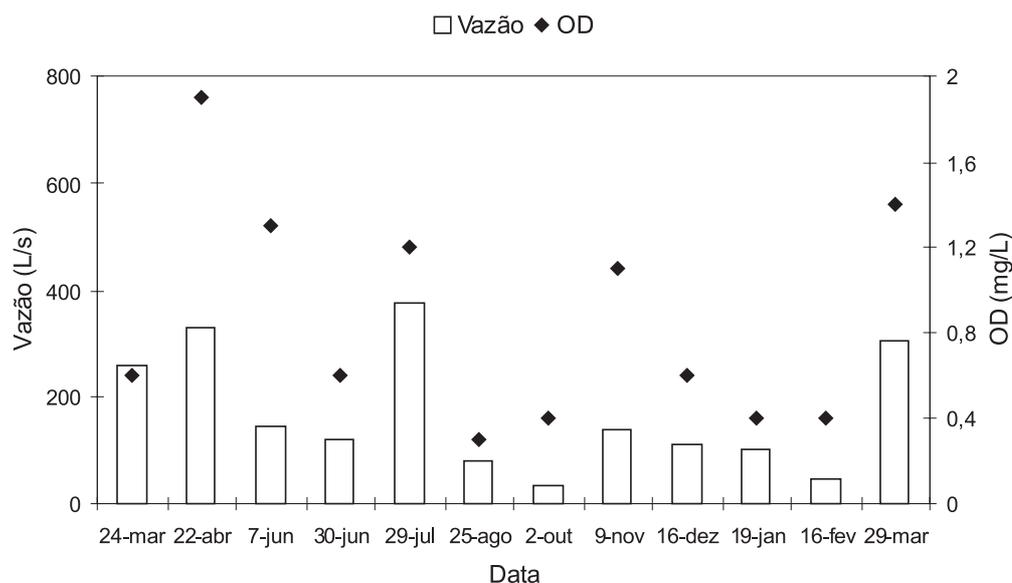


FIGURA 4. Variação do parâmetro de qualidade da água oxigênio dissolvido e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

Os valores obtidos são inferiores àqueles observados em pequenas e microbacias hidrográficas rurais e urbanas, como Madruga et al. (2008), no córrego dos Macacos em Mogi Guaçu – SP; Lima & Medeiros (2008), no rio Jaguari Mirim em São João da Boa Vista – SP; Brites & Gastaldini (2007) e Silveira et al. (2003), em Santa Maria – RS; Magini & Chagas (2003), no ribeirão das Araras, em Araras – SP e Stacciarini (2002), no Ribeirão do Quilombo, em Paulínia - SP. Tal fato demonstra o estado de degradação do córrego

Recanto em comparação com outras bacias brasileiras, cuja magnitude de área e uso do solo são comparáveis.

A Figura 5 apresenta a correlação entre o parâmetro OD e a vazão observados ao longo do levantamento de dados. Apesar da baixa correlação entre esses dois parâmetros avaliados, é possível observar que existe uma tendência do aumento do oxigênio dissolvido em função do incremento da vazão, quando o rio eleva a sua capacidade de depuração da matéria orgânica.

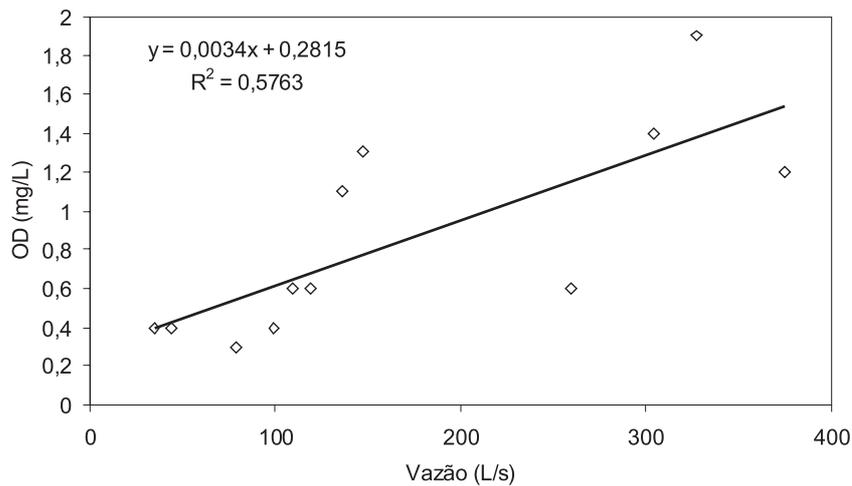


FIGURA 5. Variação dos níveis de oxigênio dissolvido em função da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

Pode-se visualizar, por meio da Figura 6, o comportamento dos níveis de fósforo (P) ao longo do tempo no Córrego do Recanto, em Americana, SP. Os níveis desse elemento químico atingiram um mínimo de 1,5 mg L⁻¹, em 22 de abril e 30 de junho de 2007. Já o teor máximo de fósforo alcançou 5,0 mg L⁻¹, em 29 de julho de 2007, sendo a média dos valores medidos de 3,3 mg L⁻¹ e o CV de 41,3%. Essa faixa de variação é superior àquela verificada por outros autores em rios e córregos urbanos, como Lima & Medeiros (2008), Madruga et al. (2008), Stacciarini (2002) e Borges et al. (2003); em dois córregos no município de Jaboticabal, SP.

Rios e córregos de classe 3 devem apresentar um teor de fósforo máximo de 0,075 mg L⁻¹, portanto, o Córrego Recanto também ultrapassou os limites recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005,

com relação a esse parâmetro químico de qualidade da água.

A carga de fósforo transportada pelo Córrego Recanto variou de 11,9 a 162,1 kg dia⁻¹, o que correspondeu a um valor médio de 53,0 kg dia⁻¹, bem superior àquela verificada por Madruga et al. (2008) e que atingiu 1,8 kg dia⁻¹.

Teores elevados de fósforo em corpos d'água podem estar associados ao carreamento de sedimentos de terras agrícolas adubadas ou a lançamento de esgotos. Na área em questão não se verifica agricultura intensiva, portanto, é mais provável que os níveis de fósforo estejam associados ao despejo de efluentes domésticos, pois um dos afluentes do Córrego Recanto, a montante da seção de monitoramento, atravessa o bairro Jardim Primavera da cidade de Americana.

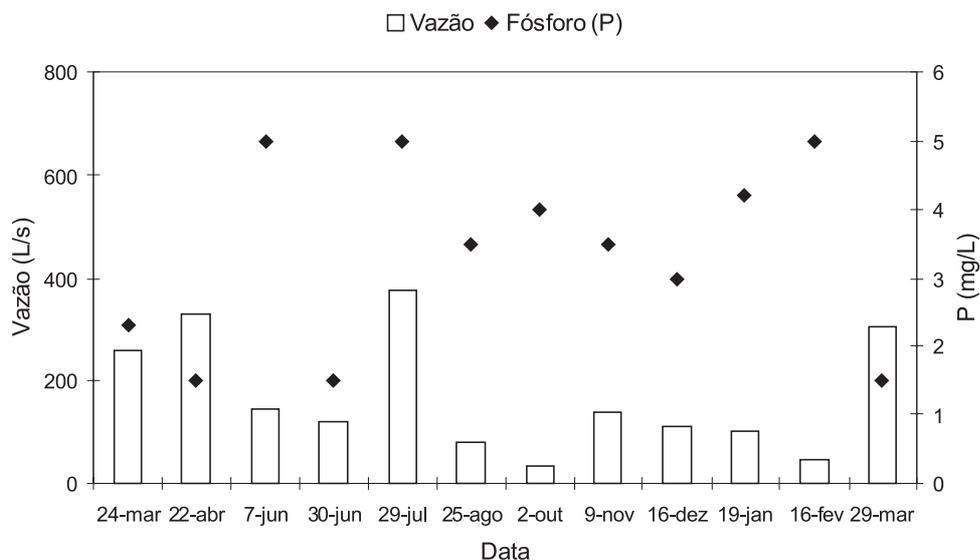


FIGURA 6. Variação do teor de fósforo e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

Em 23 de julho, seis dias antes da data de ocorrência do maior registro de fósforo, verificou-se que um poço de visita de um emissário de esgotos estava vazando à montante da seção de monitoramento do Córrego do Recanto (Figura 7). O efluente doméstico acabou despejado nesse corpo d'água, o que provavelmente justifica os elevados níveis de P, nessa época de medição, e que correspondeu a uma carga de fósforo de 162,1 kg dia⁻¹.



FIGURA 7. Vazamento de esgoto em poço de visita próximo ao Córrego Recanto, no dia 23 de julho, em Americana, SP. (Foto de Ricardo Simionato).

Os limites do parâmetro de qualidade da água referentes ao nitrogênio amoniacal variam em função do pH, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Na Figura 8 é possível visualizar o comportamento desse parâmetro ao longo do monitoramento.

O padrão de variação do nitrogênio amoniacal (NH₄) segue aquele apresentado pelo fósforo, com exceção da medida do dia 24 de março. Esse parâmetro, na água, também está associado às perdas de solos com nitrogênio de áreas agrícolas e ao despejo de esgoto doméstico. Os níveis de NH₄ variaram de 0,5 a 9,5 mg L⁻¹, atingindo um valor médio superior a 5,2 mg L⁻¹ e um CV de 51,0%. Tal faixa de variação foi superior àquela observada por Lima & Medeiros (2008) e Madruga et al. (2008) e inferior àquela obtida por Stacciarini (2002).

Houve uma superação dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 nas medições realizadas no período de agosto a novembro, devido à elevação do pH da água, reduzindo os limites superiores do nitrogênio amoniacal.

A carga de NH₄ transportada pelo Córrego Recanto variou de 5,1 a 226,9 kg dia⁻¹, o que correspondeu a um valor médio de 90,8 kg dia⁻¹, bem superior àquela verificada por Madruga et al. (2008), e que

atingiu uma média de 14,8 kg dia⁻¹, e inferior à faixa observada por Silva & Jardim (2007) no rio Atibaia, em Campinas – SP, a qual variou de 30 a 5.000 kg dia⁻¹. Seguindo a mesma tendência observada para o fósforo, o maior valor de carga de nitrogênio amoniacal foi obtido em 29 de julho de 2007, quando se atingiu 226,9 kg dia⁻¹.

Analogamente ao NH₄ e ao fósforo, o nitrato está associado aos adubos químicos empregados na agricultura e aos efluentes domésticos. Os níveis de nitrato variaram de 0,2 a 5,8 mg L⁻¹ N, atingindo uma média 2,9 mg L⁻¹ N e um CV de 61,3%. Tal faixa de variação foi superior àquela observada por outros autores, como Madruga et al. (2008), Lima & Medeiros (2008) e Stacciarini (2002), e inferior àquela obtida por Romitelli & Paterniani (2007), no córrego Bonifácio, em Jundiá, SP.

A Figura 9 permite visualizar a variação nos níveis de nitrato nas águas do Córrego Recanto, em Americana, no ano de 2007.

O limite superior de nitrato permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 10 mg L⁻¹ N, portanto, esse nível foi superado somente uma vez, em 24 de março de 2007.

Observou-se uma carga de nitrato na seção de controle do Córrego Recanto variando de 3,1 a 359,2 kg dia⁻¹, o que correspondeu a um valor médio de 88,4 kg dia⁻¹, bem superior àquela verificada por Madruga et al. (2008) e que atingiu uma média de 18,1 kg dia⁻¹. Contrariando a tendência observada para o fósforo e o nitrogênio amoniacal, o maior valor de carga de nitrato foi obtido em 24 de março de 2007, quando se atingiu 359,2 kg dia⁻¹.

A demanda química de oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessário para a oxidação da matéria orgânica, por meio de um agente químico. A Figura 10 apresenta a variação da DQO ao longo do tempo e em relação à vazão no Córrego Recanto, em Americana.

A faixa de valores observados de DQO no Córrego Recanto variou de 35 a 140 mg L⁻¹ e atingiu uma média de 94,2 mg L⁻¹ e um CV de 49,3%. Esse valor médio é superior ao relatado por outros autores, como Madruga et al. (2008), Lima & Medeiros (2008), Silveira et al. (2003) e Borges et al. (2003) e inferior ao obtido por Stacciarini (2002), no período da estiagem.

A DQO não é um parâmetro químico considerado na Resolução CONAMA 357/2005, todavia, Chapman & Kimstach (1996) apresentam, como critério de qualificação de águas superficiais, não poluídas, um limite de DQO de 20 mg L⁻¹, ou de até 200 mg L⁻¹ em mananciais que sofrem a descarga de efluentes. Portanto, os valores encontrados de DQO nesse trabalho sugerem a ocorrência de poluição aquática.

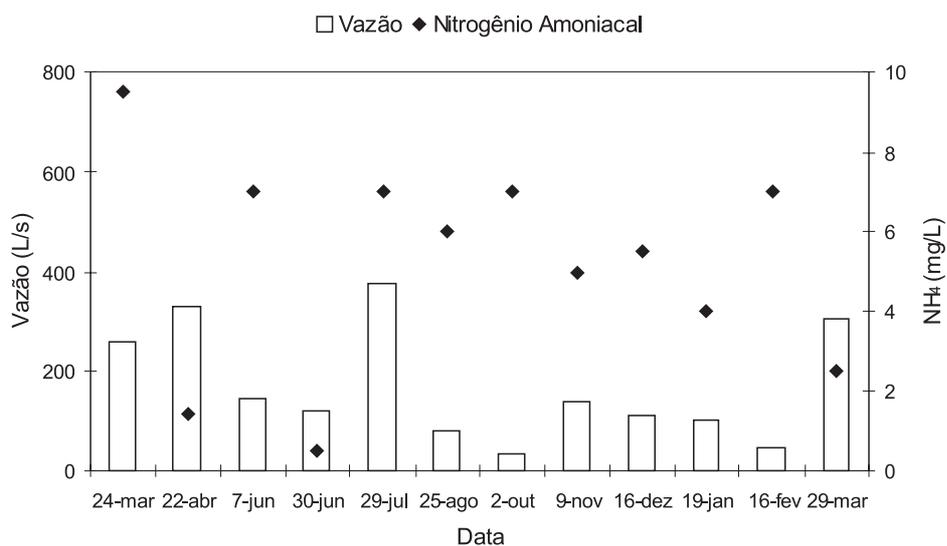


FIGURA 8. Variação do teor de nitrogênio amoniacal e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

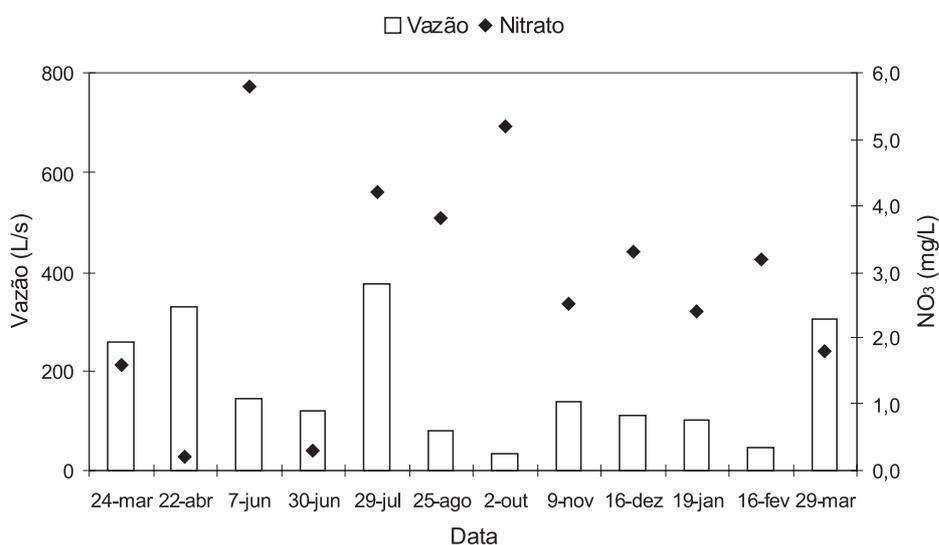


FIGURA 9. Variação do teor de nitrato (NO₃) e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

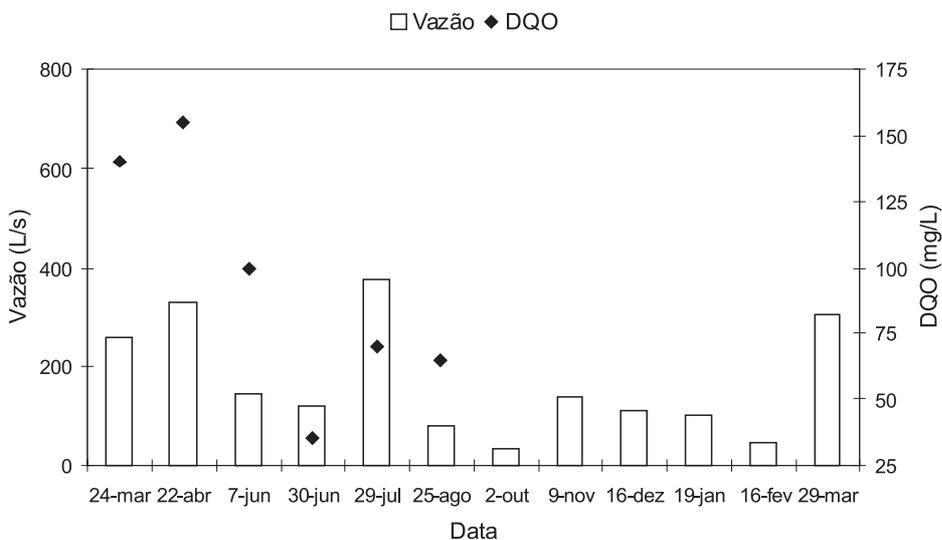


FIGURA 10. Variação da demanda química de oxigênio (DQO) e da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

Convertendo-se os valores observados de DQO e a vazão correspondente em carga orgânica, obtém-se uma carga na seção de controle do Córrego Recanto variando de 360,2 a 4.384,7 kg dia⁻¹, o que correspondeu a um valor médio de 1.978,4 kg dia⁻¹, no período de 24 de março a 25 de agosto de 2007. Contrariando a tendência observada para o fósforo, o nitrogênio amoniacal e o nitrato, o maior valor de carga orgânica foi obtida em 22 de abril de 2007, quando se atingiu 4.384,7 kg dia⁻¹.

Avaliando-se a relação entre a DQO e a vazão obteve-se um baixo coeficiente de correlação. Todavia, se for excluída a amostragem relativa a 29 de julho de 2007, quando se teve uma sobrecarga de matéria

orgânica no Córrego do Recanto, observa-se uma relação linear entre esses dois parâmetros (Figura 11), indicando que a DQO se elevou proporcionalmente ao aumento da vazão do Córrego Recanto.

Uma avaliação microbiológica da qualidade da água foi realizada em 17 de maio de 2007, quando se observou um índice de coliformes fecais superior a 2.400 NMP 100 mL⁻¹, demonstrando que o Córrego Recanto possui um elevado nível de contaminação por bactérias do tipo coliformes, não devendo ser utilizada antes de tratamento adequado para fins de consumo animal e humano. Tal fato corrobora com o quadro de degradação apontado pelos outros parâmetros físico-químicos avaliados no presente trabalho.

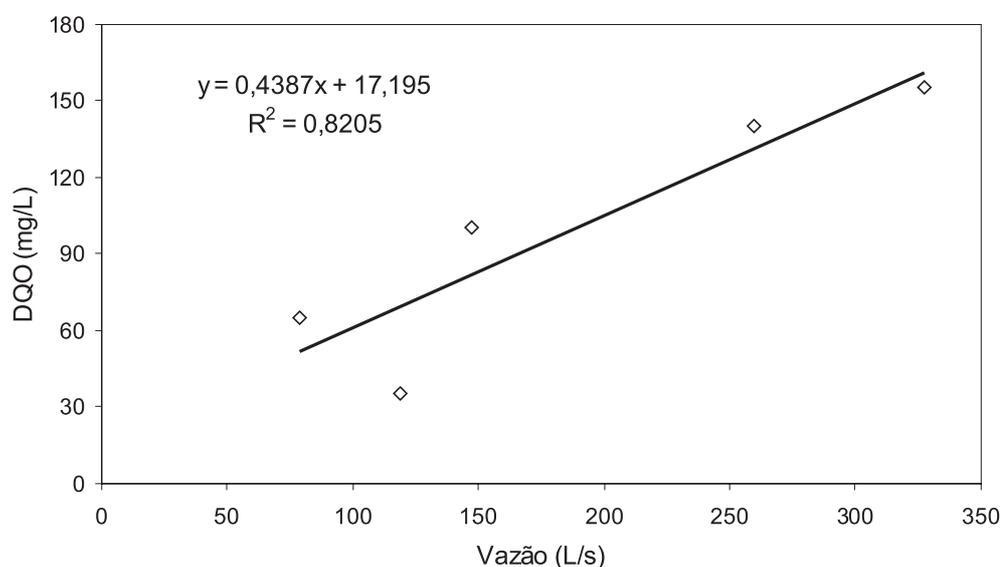


FIGURA 11. Variação da demanda química de oxigênio (DQO) em função da vazão do Córrego Recanto, no período de março de 2007 a março de 2008, na cidade de Americana, SP.

CONCLUSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados demonstram um quadro de degradação na qualidade da água, provavelmente devido a lançamentos de resíduos de origem doméstica, no Córrego do Recanto, o que ameaça a qualidade de outros corpos d'água da região, como o Ribeirão Quilombo. Essa conclusão é fundamentada pelos resultados de oxigênio

dissolvido, fósforo, nitrato e nitrogênio amoniacal, os quais superaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 referentes a rios de classe 3.

Os resultados das análises microbiológicas corroboram as conclusões baseadas nos parâmetros químicos da água, pois se verificou um elevado nível de contaminação por bactérias do tipo coliformes.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte do Trabalho de Conclusão de Curso dos 2º e 3º autores apresentado no curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL), campus Dom Bosco de Americana. Os autores agradecem ao Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL) pela concessão de bolsa de iniciação científica (PIBICSAL) ao Engenheiro Ricardo Simionato, a qual foi essencial para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF WATER. In: APHA (Eds.), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: APHA, 21a. ed., p. 9-52, 2005.
2. BORGES, M.J.; GALBIATTI, J.A.; FERRAUDO, A.S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 161-171, 2003.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº357**, 2005.
4. BRITES, A.P.Z. & GASTALDINI, M.C.C. Avaliação da carga poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p. 211-221, 2007.
5. CBH-PCJ – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. São Paulo: CBH-PCJ, 505 p., 2000. Disponível em: <<http://www.comitecbhpcj.sp.sp.gov.br>>. Acessado em: 21ago2006.
6. CEPAGRI – CENTRO DE PESQUISA METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas: Americana**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_019.html>. Acesso em 10nov2008.
7. CHAPMAN, D. & KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.) **Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. Londres: UNESCO/WHO/UNEP, Cap. 3, 60 p. 1996. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/wqa/en/>. Acessado em: 30ago2008.
8. CHAUDHRY, F.H. Prefácio. In: PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D. (Eds.), **Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 1-1, 2001.
9. GOLDENFUM, J.A. Pequenas bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D. (Eds.), **Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 2-13, 2001.
10. JACOBI, P. Interdisciplinaridade e meio ambiente. **Debates sócio ambientais**, São Paulo, n. 10, p. 3-3, 1998.
11. LIMA, C.A. & MEDEIROS, G.A. Diagnóstico da qualidade da água do rio Jaguari-Mirim no Município de São João da Boa Vista - SP. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 125-138, 2008. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=133>>. Acessado em: 10nov2008.
12. MAGINI, C. & CHAGAS, R.L. Microzoneamento e diagnóstico físico-químico do Ribeirão das Araras, Araras – SP. **Geociências**, v. 22, n. 2, p. 195-208, 2003.
13. MADRUGA, F.V.; REIS, F.A.G.V.; MEDEIROS, G.A.; GIORDANO, L.C. Avaliação da influência do Córrego dos Macacos na qualidade da água do rio Mogi Guaçu, no Município de Mogi Guaçu – SP. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 152-168, 2008. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=134>>. Acessado em: 10nov2008.
14. MORAES, J.F.L.; CARVALHO, Y.M.C.; PECHE FILHO, A. Diagnóstico agroambiental para a gestão e monitoramento da Bacia do Rio Jundiá-Mirim. In: HAMADA, E. (Editora), **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. III, 1 CD-ROM, 2003.
15. PAIVA, E.M.C.D. Rede de monitoramento hidrológico. In: PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D. (Eds.), **Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 493-506, 2001.
16. PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D. Apresentação. In: PAIVA, J.B.D. & PAIVA, E.M.C.D. (Eds.), **Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2 p., 2001.
17. ROMITELLI, L. & PATERNIANI, J.E. Diagnóstico ambiental de um trecho do Córrego Bonifácio, APA Jundiá - SP. **Engenharia Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 14-25, 2007. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=94>>. Acessado em: 15fev2009.
18. SILVA, G.S. & JARDIM, W.F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para a amônia no rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 160-168, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000200007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23mai2009.
19. SILVEIRA, G.L.; SILVA, C.E.; IRION, C.A.O.; CRUZ, I.C.; RETZ, E.F. Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 5-11, 2003.
20. STACCIARINI, R. **Avaliação da qualidade dos recursos hídricos junto ao município de Paulínia, Estado de São Paulo, Brasil**. Campinas, 2002. 183 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
21. TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, EDUSP e ABRH, 495 p., 1993.
22. UNESP/DAEE. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO / DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa Geológico de Americana**. Convênio Unesp/DAEE (Universidade Estadual Paulista e Departamento de Águas e Energia Elétrica), 1:50.000, 1980.

*Manuscrito Recebido em: 2 de agosto de 2009
Revisado e Aceito em: 26 de setembro de 2009*

