

# Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado - SP

## Integrated study on the water quality from rio Bonito watershed in Descalvado - SP

RIALA6/1037

Helder Silva FONSECA<sup>1\*</sup>; Nemésio Neves Batista SALVADOR<sup>2</sup>

\* Endereço para correspondência: Rua Antonio Buzinaro, 488 – CEP 16.430-000 – Guaiçara – SP., e-mail: heldersf@itelefonica.com.br

<sup>1</sup> Vigilância Sanitária Estadual, GVS de Bauru, S.P.

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil

Recebido:18/01/2005 – Aceito para publicação: 04/08/2005

### RESUMO

Neste estudo é apresentada a qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado - SP. Entre setembro/2000 e dezembro/2001 foram avaliados, por meio de coletas e análises de água, quinze parâmetros de qualidade, tais como: condutividade, cor aparente, coliformes totais, coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos totais, pH, temperatura e turbidez. Os resultados obtidos mostraram que a condutividade, cor aparente, coliformes totais, coliformes fecais, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido e turbidez, foram proporcionados pelo lançamento *in natura* dos esgotos do município de Descalvado. As concentrações de nutrientes - nitrogênio e fósforo sugeriram a contribuição também, das atividades de agricultura e pecuária. Com relação aos fatores pedológicos, a cor aparente, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais e a turbidez receberam influência de processos erosivos do solo (latossolo vermelho-amarelo), no primeiro ponto de amostragem, mais à montante. A poluição provocada pelos lançamentos do abatedouro de frangos e de mineradoras de areia foi detectada. A variação de pH de 6,0 a 7,3, parece estar associada com a própria composição pedológica dos solos da bacia.

**Palavras-Chave.** qualidade de água, bacia hidrográfica, recursos hídricos, poluição, erosão.

### ABSTRACT

The present paper reports a study on the quality of water from the watershed of Bonito river in Descalvado – SP. From September/2000 to December/2001, the water quality was assessed by sampling and analyzing fifteen quality parameters, such as: conductivity, apparent color, total coliforms, fecal coliforms, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen, dissolved oxygen, total dissolved solids, total suspended solids, total solids, pH, temperature, and turbidity. The obtained results showed that conductivity, apparent color, total coliforms, fecal coliforms, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen, dissolved oxygen, total dissolved solids, total suspended solids, and turbidity were caused by the discharge of *in natura* wastewater from Descalvado town. The concentrations of nutrients – nitrogen and phosphorus detected in the present study suggested that agriculture and cattle activities also adversely contributed. Regarding to the pedological factors, the apparent color, total dissolved solids, total suspended solids, and turbidity were affected by the soil erosive processes (red-yellow oxisol), in the first sampling point from upstream. Pollution caused by the discharge of a poultry slaughterhouse and mining activities was also evidenced. The pH varying from 6.0 to 7.3 suggested that this finding might be associated with watershed soil pedological properties.

**Key Words.** water quality, watershed, hydric resources, pollution, erosion.

## INTRODUÇÃO

Partindo erroneamente do pressuposto que a água é um bem infinito e sua capacidade de autodepuração é ilimitada, o homem vem degradando irremediavelmente os recursos hídricos. Porém, ao próprio homem cabe a busca persistente da melhoria de qualidade de vida das pessoas, evitando a poluição e contaminação dos corpos d'água, e a disseminação de inúmeras doenças.

A situação da poluição da bacia do rio Bonito em Descalvado-SP, objeto deste estudo, não difere de outras bacias. A ação humana se faz presente, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos e ambientais em decorrência do destino inadequado dos esgotos, efluentes industriais, ação de mineradoras de areia e uso e manejo inadequado do solo.

A bacia do rio Bonito situa-se entre os municípios de Descalvado (200 km<sup>2</sup>) e Porto Ferreira (23 km<sup>2</sup>), na região centro-leste do estado de São Paulo e é delimitada pelas coordenadas (UTM) de 226200 a 244000 e de 758000 a 7584000. Suas nascentes situam-se na Serra Grande, morro do Quadrão, a altitude de 1.042 m e percorre cerca de 38,50 km até atingir a margem direita do rio Mogi-Guaçu.

Os dados de Uso e Ocupação do Solo, bem como a Geologia da bacia do rio Bonito podem ser vistos em Torezan<sup>1</sup>. O mapa Pedológico<sup>2,3</sup> mostra que a área de interesse é composta por 7 unidades diferentes de solo. Para Ranieri<sup>4</sup>, em termos de suscetibilidade à erosão do solo do município de Descalvado, uma área considerável enquadra-se nas categorias de alta e muito alta suscetibilidade.

Através de indicadores físicos, químicos e bacteriológicos de qualidade das águas, em seções do rio localizadas à jusante de áreas erodíveis ou de sub-bacias que possuem diferentes tipos de solo, foi possível estudar as diversas influências na qualidade das águas da bacia, em função dos diversos tipos de solos e atividades antrópicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O plano amostral da bacia contemplou cinco pontos, os quais foram georeferenciados com o GPS (Global Position System). Após a delimitação desses pontos, a bacia hidrográfica foi dividida em cinco sub-bacias, demarcadas pela definição visual em mapa, dos divisores de água da topografia da região. Esta subdivisão teve como objetivo a melhor caracterização dos diversos fatores antrópicos ou naturais que concorrem para a qualidade das águas de cada ponto.

Diversos fatores interdependentes contribuem para a qualidade das águas superficiais da bacia do rio Bonito. Para a definição dos pontos amostrais e para a análise da correlação da qualidade das águas com esses fatores, foi utilizado o método de superposição de mapas de Hidrografia, Pedologia, Geologia, Uso e Ocupação do Solo e Erosão.

Foram considerados para análise os parâmetros: cor aparente, sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST), temperatura, turbidez, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), coliformes totais e coliformes fecais<sup>5</sup>.

As amostras foram retiradas no centro de cada seção, na zona sub-superficial de maior correnteza, direcionando-se a boca do frasco contra esta<sup>6</sup>. A temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos *in situ*, diretamente no corpo d'água, respectivamente com termômetro e oxímetro portátil, marca HACH, tipo DO 175, calibrado com a câmara de calibração e estocagem.

A metodologia para as análises de água foi a do Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater<sup>7</sup>, e os limites ou condições da água basearam-se nos parâmetros de qualidade mais relacionados à erosão (Tabela 1) da Resolução nº 20 do CONAMA<sup>8</sup>.

**Tabela 1.** Parâmetros adotados e seu método de análise.

| PARÂMETROS                                | Un.   | MÉTODO DE ANÁLISE   |
|---|-------|---|
| Cor Aparente                              | uC    | Espectrofotometria  |
| Sólidos Totais (ST) a 105 °C              | mg/L  | Gravimetria   |
| Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) a 105 °C | mg/L  | Filtração com membrana e Gravimetria                          |
| Sólidos Suspensos Totais (SST) a 105 °C   | mg/L  | Filtração com membrana e Gravimetria                          |
| Temperatura                               | °C    | Termometria   |
| Turbidez                                  | uT    | Nefelometria  |
| Condutividade                             | µS/cm | Condutivimetria   |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)      | mg/L  | Diluições e Oximetria   |
| Demanda Química de Oxigênio (DQO)         | mg/L  | Digestão ácida com dicromato de potássio e Espectrofotometria |
| Fósforo Total                             | mg/L  | Digestão com persulfato de potássio e Cloreto estano (D)      |
| Nitrogênio Total                          | mg/L  | Digestão com persulfato de potássio                           |
| Oxigênio Dissolvido (OD)                  | mg/L  | Oximetria   |
| PH  | -     | Potenciometria  |
| Coliformes Totais                         | NMP   | Tubos Múltiplos   |
| Coliformes Fecais                         | NMP   | Tubos Múltiplos   |

Un = unidade

Cada ponto amostral foi codificado de forma alfanumérica, com duas letras e um número. As duas letras (PC) representam as palavras ponto de coleta, enquanto que o número significa a posição em relação à nascente, desde o número 1, mais próxima a ela, até o número 5, mais próxima da foz do rio Bonito.

Coletou-se sempre durante o dia, no período da manhã, entre 8 h e 12 h. No total foram retiradas 130 amostras do rio Bonito (PC-1, PC-2, PC-3, PC-4 e PC-5).

As cargas potencialmente poluidoras pontuais a montante dos pontos de coleta são: as mineradoras de areia, o abatedouro de frangos e os esgotos sem tratamento da cidade e estão indicadas no diagrama unifilar do rio Bonito (Figura 1).

O Decreto Estadual nº 10.755<sup>9</sup>, que classifica os corpos d'água do Estado de São Paulo, enquadra o rio Bonito da nascente até a confluência com o córrego do Rosário, como pertencente à Classe 2, e pertencente à Classe 3, desde a confluência com o córrego Rosário até a confluência com o rio Mogi-Guaçu, no Município de Porto Ferreira. Os tributários córrego da Vila Nova, córrego da Bomba, córrego da Serrinha, córrego do Cateto, córrego Santo Antonio, córrego da Capetinga e córrego do Paiolzinho ou da Olaria, pertencem à Classe 2. O córrego do Rosário está enquadrado na Classe 4<sup>10</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada parâmetro e medida analisados, foi elaborada uma tabela com as concentrações mínimas, médias e máximas obtidas em cada ponto de coleta.

Conforme os diversos pontos do trecho estudado, e considerando para rios classe 2 ou 3, os resultados podem ser

comparados com o padrão da Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>, bem como o desvio padrão da média e o coeficiente de variação dos referidos pontos de coleta do rio Bonito (Tabela 2).

### Parâmetros Físicos

#### Cor Aparente

Na Tabela 2, verifica-se que a média dos valores (151,9 uC) está acima dos padrões da Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>. O menor valor encontrado (18,0 uC) está associado ao período de estiagem da bacia, que vai de abril a setembro. O valor máximo (443,0 uC) indica o lançamento de esgotos da cidade, que se caracterizam por apresentar, predominantemente, matéria em estado coloidal<sup>11</sup>. O aumento da cor foi detectado no período de chuva, provocado também pelo carreamento de matéria orgânica e sais contidos no solo.

Observa-se pelo mapa pedológico da bacia do rio Bonito, que uma das causas naturais que provocam cor no PC-1 é a contribuição da sub-bacia constituída de latossolo vermelho-amarelo, com textura média de 15 a 35% de argila. Este tipo de solo da bacia contém óxido de ferro e dentre os compostos inorgânicos, são capazes de provocar cor nas águas.

#### Sólidos Totais

As oscilações dos valores para Sólidos Totais (ST) do rio Bonito vão desde 10 mg/L (PC-1), obtidos tanto na estação chuvosa quanto na seca, até o valor máximo de 300 mg/L, verificado no PC-3 durante o período das chuvas.

Constatou-se no último ponto de coleta (PC-5), uma grande quantidade de sólidos mais grosseiros, visíveis a olho nu, provocando assoreamento do rio. Por toda a região de várzea, extensão do rio com menor velocidade, notou-se vários bancos de areia.

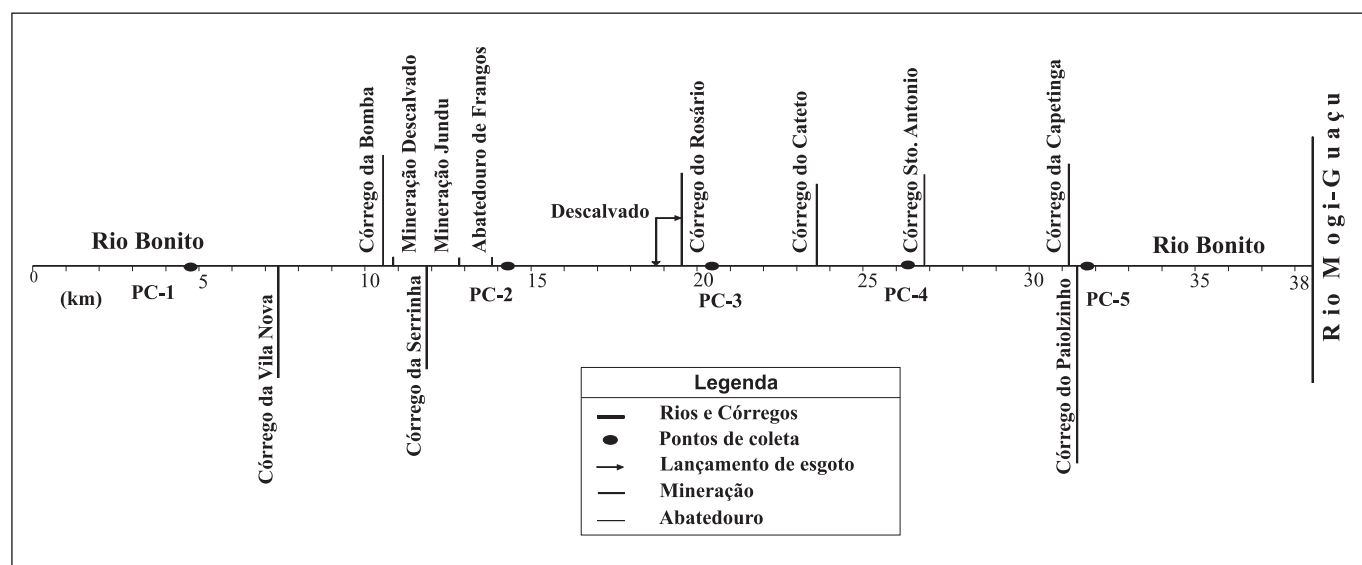


Figura 1. Diagrama unifilar do rio Bonito.

Fonte: Fonseca<sup>2</sup>.

**Tabela 2.** Resumo de parâmetros e medidas, concentrações nos pontos de coleta, a classificação Resolução CONAMA 20/86, o desvio padrão e o coeficiente de variação nos diversos pontos de coleta do rio Bonito.

| Parâmetros e medidas | Concentração/ Ponto de Coleta (PC) |           |                     |                     |    | Padrão da Resolução CONAMA 20/86 (Classe 2) | Padrão da Resolução CONAMA 20/86 (Classe 3) | Desvio Padrão (±)   | Coeficiente de Variação (%) |
|----------------------|------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|----|---|---|---------------------|-----------------------------|
|                      | Mín.                               | PC        | Méd.                | Máx.                | PC |   |   |                     |                             |
| Cor Aparente (uC)    | 18,0                               | 1         | 151,9               | 443,0               | 3  | 75,0  | 75,0  | 87,1                | 57,3                        |
| ST (mg/L)            | 10,0                               | 1 e 5     | 84,1                | 300,0               | 3  |   |   | 47,8                | 56,8                        |
| SDT (mg/L)           | <LD                                | 1 e 5     | 69,8                | 210,0               | 3  | 500,0                                       | 500,0                                       | 43,2                | 61,9                        |
| SST (mg/L)           | <LD                                | 1 a 5     | 14,3                | 150,0               | 3  |   |   | 5,9                 | 41,2                        |
| Temperatura (°C)     | 16,4                               | 2 e 4     |                     | 29,8                | 5  |   |   |                     |                             |
| Turbidez (uT)        | 3,9                                | 1         | 26,3                | 147,0               | 4  | 100,0                                       | 100,0                                       | 13,0                | 49,4                        |
| Condut. (µ S/cm)     | 22,1                               | 1         | 68,3                | 170,5               | 3  |   |   | 26,9                | 39,4                        |
| DBO (mg/L)           | 0,1                                | 1         | 4,1                 | 9,5                 | 3  | 5,0   | 10,0  | 2,5                 | 60,9                        |
| DQO (mg/L)           | 1,0                                | 1,2,4 e 5 | 18,5                | 98,0                | 3  |   |   | 8,4                 | 45,4                        |
| Fósf. Total (mg/L)   | 0,1                                | 1         | 1,2                 | 3,1                 | 3  |   |   | 0,7                 | 58,3                        |
| Nitr. Total (mg/L)   | <LD                                | 1 e 5     | 2,4                 | 6,0                 | 3  |   |   | 1,5                 | 62,5                        |
| OD (mg/L)            | 2,0                                | 3         | 4,9                 | 7,5                 | 1  | 5,0   | 4,0   | 1,0                 | 20,4                        |
| pH                   | 6,0                                | 1         |                     | 7,3                 | 1  | L. Inf.=6,0<br>L. Sup.=9,0                  | L. Inf.=6,0<br>L. Sup.=9,0                  |                     |                             |
| Col. Total (NMP)     | 2,0x10 <sup>2</sup>                | 1         | 3,6x10 <sup>5</sup> | 5,0x10 <sup>6</sup> | 3  | 5,0x10 <sup>3</sup>                         | 2,0x10 <sup>4</sup>                         | 9,8x10 <sup>2</sup> | 27,2                        |
| Col. Fecais (NMP)    | 2,0x10 <sup>2</sup>                | 1         | 1,2x10 <sup>4</sup> | 2,1x10 <sup>5</sup> | 3  | 1,0x10 <sup>3</sup>                         | 4,0x10 <sup>3</sup>                         | 3,2x10 <sup>2</sup> | 20,6                        |

Nota: LD: limite de detecção<sup>7</sup>

### Sólidos Dissolvidos Totais

A Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>, impõe limite de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) de no máximo 500 mg/L. Nenhum valor ultrapassou esse padrão, indicando que as águas do rio Bonito são águas doces (SDT < 500 mg/L). O maior valor obtido foi de 210 mg/L, no PC-3, na estiagem.

Segundo Fonseca<sup>5</sup>, verifica-se uma relação entre a média dos valores da condutividade e a média de SDT. O acréscimo de um corresponde ao acréscimo de outro e vice-versa, para o decréscimo. Desta forma, pode-se dizer que a condutividade é diretamente proporcional à concentração de SDT.

Observando-se o mapa de pedologia do rio Bonito, nota-se que a principal contribuição para os valores de SDT do PC-1 é de latossolo vermelho-amarelo. Os demais pontos amostrais, devido às diversas atividades modificadoras da qualidade das águas, impedem de estabelecer uma associação entre pedologia e sólidos dissolvidos totais.

### Sólidos Suspensos Totais

As concentrações de Sólidos Suspensos Totais (SST) variaram até 150 mg/L no período chuvoso. O maior valor foi verificado no dia 10/01/01 (PC-3 = 150 mg/L), provavelmente foi proporcionado somente pela chuva do dia, com precipitação de 43,70 mm e duração de 6:30 h, pois no dia anterior não houve chuvas.

O valor máximo encontrado no PC-3 proveio do lançamento *in natura* dos esgotos da cidade de Descalvado e,

associado a estes, uma contribuição esperada de escoamento superficial urbano no período das chuvas (Tabela 2).

Os resultados das análises dos SST apresentaram a tendência de serem maiores nos meses de chuva, mantendo uma relação direta com a turbidez, ou seja, neste mesmo período houve também um aumento na magnitude desse parâmetro. A mesma relação direta é obtida nos meses de seca, em que ambos valores diminuíram. Os valores máximos da turbidez obtidos coincidiram com os valores máximos de SST no mesmo dia.

Observando o mapa pedológico, verifica-se que as concentrações de SST e a turbidez da sub-bacia do PC-1, foram influenciadas pelo latossolo vermelho-amarelo. As diversas atividades antrópicas nos demais pontos de coleta, em toda bacia, impedem de se estabelecer uma relação entre turbidez e SST.

### Temperatura

No verão, a temperatura da água foi significativamente maior que no inverno. No inverno variou de 16,4°C (mínima) e no verão de 29,8°C (máxima). A temperatura também, pode variar com a altitude. No trecho estudado, as temperaturas máximas foram menores nos primeiros pontos de coleta (maiores altitudes) e mais altas nos últimos (menores altitudes).

A temperatura do rio Bonito, no geral, aumentou progressivamente no sentido PC-1 → PC-5. As diferenças observadas foram atribuídas aos diferentes horários de coleta e que também seguiram este mesmo sentido. Observa-se que

no inverno, o rio Bonito encontra-se com a temperatura dentro do esperado. No verão, a máxima encontrada de 29,8°C (PC-5), tem como causa principal a ausência de mata ciliar, não provendo sombreamento, e o horário de coleta, próximo das 12 h.

De maneira geral, as águas do rio Bonito caracterizam-se por apresentarem a temperatura com tendência à elevação nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março e à queda nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

### **Turbidez**

Os valores médios de 26,3 uT estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA/20/86<sup>8</sup>, abaixo de 100,0 uT. A turbidez elevada no período das chuvas (147,0 uT) se deveu principalmente ao carreamento de sólidos da drenagem das áreas agrícolas.

Pesquisas atuais em cursos d'água da região, relacionando turbidez e qualidade de água, não são comuns. Verifica-se a proximidade de valores com o Ribeirão Canchim e que tem média de 25,0 uT<sup>12</sup>; portanto, bem próxima a da média do Bonito e que é de 26,3 uT. Já no rio Monjolinho os valores mínimos e máximos variam de 8 a 267 uT<sup>13</sup> e do rio Bonito de 3,9 a 147,0 uT.

### **Parâmetros Químicos**

#### **Condutividade**

Para a condutividade não há padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>. O valor médio dos pontos de coleta foi de 68,3 µS/cm e está dentro do esperado para rios brasileiros, que varia na faixa de 10 a 100 µ S/cm<sup>14</sup>.

No PC-3 encontrou-se o valor máximo de 170,5 µS/cm, em período de chuva, que pode ser explicado pelo impacto causado pelos esgotos domésticos, devido a pulsos com grandes quantidades de sais dissolvidos<sup>14</sup>. Outro fator que certamente, fez elevar a condutividade neste ponto foram os sólidos dissolvidos carregados na lavagem da cidade pelas águas das primeiras chuvas (poluição difusa).

Alguns autores consideram que a condutividade tende a diminuir em períodos de chuvas. Barretto<sup>13</sup> estudando o rio Monjolinho, em São Carlos, verificou que as maiores concentrações situavam-se nos períodos secos causados pela menor diluição dos efluentes urbanos e pela entrada de águas dos córregos Tijuco Preto e Gregório. Evidencia-se que as águas pluviais tanto podem colaborar com um aumento, como com a diminuição da condutividade, dependendo da quantidade e espécie de íon carregado pelo escoamento. A vazão dos rios exerce efeito sobre a condutividade, provocando maior ou menor diluição das cargas poluidoras.

#### **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A concentração do valor médio (4,1 mg/L) manteve-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>, ou seja, concentrações inferiores a 5,0 mg/L para cursos d'água da Classe 2 e de 10,0 mg/L para a Classe 3 (Tabela 2).

O valor mínimo encontrado de 0,1 mg/L (PC-1), por ser

trecho à montante, tipicamente apresenta concentração menor de material orgânico, provindo principalmente de drenagem superficial de solos de regiões agrícolas e pastagens. No PC-3, o valor máximo atingiu 9,5 mg/L e este aumento deveu-se a contribuição maior de esgotos domésticos, com grande quantidade de matéria orgânica e em menor escala, da drenagem superficial urbana (poluição difusa).

#### **Demanda Química de Oxigênio**

Para a UNESCO/WHO/UNEP<sup>15</sup>, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) observada em água superficial pode ter o limite de até 20 mg/L, ou menos em água não poluída, ou ainda até 200 mg/L em água recebendo efluentes. Neste sentido, a concentração média encontrada de 18,5 mg/L está dentro da faixa considerada normal.

O valor máximo obtido (98,00 mg/L) refere-se ao período chuvoso. Na estiagem, o menor valor encontrado foi de 1,0 mg/L. Houve um aumento da DQO no período chuvoso e diminuição no período de seca.

#### **Fósforo Total**

A concentração máxima de fósforo total encontrada de 3,1 mg/L (PC-3) indica a poluição provocada pelos esgotos da cidade, sem qualquer tipo de tratamento, no período de estiagem.

O PC-1 atingiu um valor mínimo de 0,1 mg/L, indicando que este valor pode estar relacionado à erosão superficial dos solos agrícolas. Junto ao material erodido é de se esperar que matéria orgânica do solo e fertilizantes utilizados em plantios sejam também carregados para o rio.

#### **Nitrogênio Total**

Para cursos d'água a Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup> não estabelece os padrões para nitrogênio total, mas sim para seus compostos derivados. O valor máximo encontrado no PC-3 de 6,0 mg/L indica a poluição provocada pelos esgotos da cidade lançados *in natura* no rio.

Durante a estação seca a concentração de nitrogênio total chegou ao valor de 6,0 mg/L e com o advento do período chuvoso, chegou a menos que o limite de detecção<sup>7</sup> (<LD), mostrando que para este parâmetro houve uma alteração significativa entre o período seco e o chuvoso.

#### **Oxigênio Dissolvido**

A Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup> prevê para águas de Classe 2, uma concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) mínima de 5,0 mg/L. Neste sentido, a média de 4,9 mg/L não atingiu o mínimo necessário, apresentando baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na decomposição de matéria orgânica no rio. No trecho onde o rio recebe a classificação 3, a média observada se enquadrava no padrão (Tabela 2).

Foi observada a diminuição dos teores de OD durante a estação chuvosa (verão), em relação aos teores da estiagem (inverno), para um mesmo ponto. Esta constatação pode ser

explicada pela relação inversa entre temperatura e concentração de OD na água e pelo carreamento de matéria orgânica do solo para o rio, no período chuvoso.

O menor valor de OD encontrado foi de 2,0 mg/L (PC-3), durante o período de chuva e coincidiu inversamente com a maior concentração de 98,0 mg/L para a DQO, também verificada no mesmo ponto e na mesma data. Neste ponto o rio sofre descarga de esgotos domésticos, a principal fonte de matéria orgânica, diminuindo o teor de OD. O maior valor encontrado foi 7,5 mg/L (PC-1), no trecho mais a montante, com pouca atividade antrópica, onde, portanto, era esperada uma melhor qualidade de água.

### pH

O pH do rio Bonito apresentou valores oscilando entre 6,0 e 7,3. A concentração está dentro da faixa preconizada pela Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup>, que é de 6,0 a 9,0 (Tabela 2). Tanto o valor mínimo de 6,0, quanto o máximo de 7,3 foram registrados no PC-1, respectivamente nos períodos seco e chuvoso. O aumento do pH em regime de chuva deve-se, principalmente, a maior dissolução de sais.

As águas naturais apresentam pH variando de 5,0 a 9,0<sup>16</sup>. O rio Bonito não foge a esta regra. Dos resultados das análises, 96,2% indicaram a tendência do rio Bonito a apresentar pH variando de 6,0 a 7,3, que caracterizam as águas como neutras ou levemente ácidas, certamente em razão do tipo e composição pedológica do solo da bacia e da decomposição de matéria orgânica. De maneira geral, há uma ligeira tendência do pH da bacia diminuir em períodos secos.

### Parâmetros Bacteriológicos

#### Coliformes Totais

A Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup> preconiza para rios Classe 2, uma concentração máxima de  $5,0 \times 10^3$  NMP/100ml. Assim, observando a Tabela 2, verifica-se que o valor médio ( $3,6 \times 10^5$  NMP/100ml) está acima do limite estabelecido. Para o rio considerado Classe 3, o padrão admitido é de  $2,0 \times 10^4$  NMP/100ml. Nota-se também que o valor médio de  $3,6 \times 10^5$  NMP/100ml está acima do limite legal.

Os resultados das análises mostraram que não há diferenças assinaláveis entre os períodos de chuva e estiagem. A Tabela 2 mostra que o valor mínimo de  $2,0 \times 10^3$  NMP/100ml encontrado no PC-1 está associado ao contato com fezes humanas de moradias isoladas e de fezes de animais de sangue quente. O maior valor concentra-se no PC-4 ( $5,0 \times 10^6$  NMP/100ml), sendo que a contribuição se deve ao lançamento dos esgotos da cidade.

#### Coliformes Fecais

Observando a Tabela 2, verifica-se que a Resolução CONAMA 20/86<sup>8</sup> limita os rios Classe 2 em até  $1,0 \times 10^3$  NMP/100ml e neste sentido, a média obtida de  $1,2 \times 10^4$  NMP/100ml, está acima do limite estabelecido. No trecho Classe 3, também não foi atendido o requisito legal.

O valor mínimo de  $2,0 \times 10^2$  NMP/100ml está relacionado com as fezes dos indivíduos de moradias isoladas, comuns na região, bem como aos detritos de animais homeotérmicos (animais de sangue quente), que podem conter microrganismos capazes de contribuir para a contaminação da água, principalmente nos períodos de chuva. Para Nuvolari<sup>17</sup> e Daniel<sup>18</sup>, os microrganismos oriundos das fezes humanas podem conter organismos patogênicos. O valor máximo de  $2,1 \times 10^5$  NMP apresenta contaminação fecal proveniente do lançamento dos esgotos da cidade.

## CONCLUSÕES

A principal fonte de matéria orgânica na bacia do rio Bonito é, sem dúvida, a descarga dos esgotos domésticos *in natura* no município de Descalvado. As análises de DBO, DQO, OD, coliformes e nutrientes, confirmam a necessidade da implantação, em caráter de urgência, de um sistema de tratamento dos esgotos para a cidade. Os resultados de DBO e de colimetria indicam também, que o atual sistema de tratamento dos esgotos do abatedouro de frangos necessita de uma reavaliação para se adequar às normas vigentes.

Credita-se geralmente, a degradação da qualidade das águas às atividades urbanas e ao lançamento de efluentes. Entretanto, o tipo de solo e a erodibilidade de uma bacia, associados às atividades agro-pecuárias nela desenvolvidas, podem ser responsáveis pelo aumento significativo das cargas poluidoras difusas, com o conseqüente agravamento dos impactos sobre a qualidade das águas.

Pela análise da série de sólidos, principalmente a de sólidos suspensos totais, verifica-se que não se isenta a ação depredadora das mineradoras e da erosão por atividades agro-pecuárias. O impacto da erosão do solo manifesta-se pelo assoreamento observado, principalmente no PC-5. O aporte de sólidos nesta região de várzea, em que a velocidade do rio é menor, provoca grande quantidade de bancos de areia, diminuindo consideravelmente a altura da lâmina d'água.

Um dos efeitos imediatos no período das chuvas é observado na estrada que dá acesso a esta área e que se situa, aproximadamente, a 300 metros do PC-5 e que devido à enchente, torna-se intransitável. O assoreamento visível normalmente é a menor parte do depósito, sendo que um levantamento batimétrico permitiria o conhecimento da real situação do leito do rio.

A grande variação do desvio padrão de cada parâmetro ou medida (Tabela 2), deve-se ao fato de haver uma oscilação considerável dos parâmetros, observada entre os períodos de seca e o chuvoso.

A frágil condição da bacia destaca-se na ocasião das chuvas, concentradas entre os meses de outubro e março, coincidindo com o período de preparo do solo, justamente quando este fica menos protegido pela vegetação e, portanto, mais susceptível à erosão. Os resultados obtidos confirmam

a relação entre o tipo de solo e a qualidade das águas, com o carreamento de sedimentos para o rio. As maiores concentrações de sólidos foram encontradas em períodos de chuva, a saber: sólidos totais (300,0 mg/L), sólidos suspensos totais (150,0 mg/L), turbidez (147,0 uT) e cor aparente (443,0 uC). A confrontação destes resultados com o mapa pedológico confirma que o latossolo vermelho-amarelo exerce maior influência no carreamento de sólidos, principalmente no PC-1. Além dos impactos físicos, o transporte de partículas sólidas traz, agregado, toda uma carga de poluentes. Dentro deste contexto, as medidas adequadas de controle do transporte de sólidos são fundamentais para minimizar os efeitos indesejáveis da turbidez e do assoreamento do rio, devendo abranger providências na prevenção e controle da erosão na bacia

### REFERÊNCIAS

1. Torezan FE. Sistema de manejo ambiental da bacia do rio Bonito com ênfase nas atividades de exploração mineral [Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais]. São Carlos: UFSCar, 2000. 160 pp.
2. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Pedologia. SF – 23 -VC - I - V. São Paulo; 1981. [1 mapa]. Escala 1:100.000.
3. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Pedologia. SF – 23 - Y - A - I. São Paulo; 1982. [1 mapa]. Escala 1:100.000.
4. Ranieri VEL. Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado [Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental]. São Carlos: EESC/USP, 2000. 87 pp.
5. Fonseca HS. Qualidade das águas superficiais de uma bacia hidrográfica sujeita a processos erosivos – Estudo de caso do rio Bonito, em Descalvado, SP [Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana]. São Carlos: UFSCar, 2002. 193 pp.
6. CETESB. Curso de coletas e preservação de amostras de água. São Paulo, 1996. 58pp.
7. American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 19<sup>th</sup> ed., Washington, APHA; 1995. 1100 pp.
8. Brasil, Leis, decretos, etc. Portaria nº 20 de 18 de julho de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 30 de julho de 1986, Seção I, p. 11356.
9. SÃO PAULO. Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Diário Oficial, Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Disponível em [http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/decretos/decreto\\_10755](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/decretos/decreto_10755).
10. CETESB. Legislação estadual: controle da poluição ambiental. São Paulo; 1998a. (Série Documentos).
11. Piveli RP. Qualidade das águas. São Paulo: FSP; 1996. 217 pp.
12. Primavesi O, Freitas AR, Oliveira HT, Primavesi ACPA. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade de pecuária. *Acta Limnologica Brasiliensia* 2000; 12: 95-111.
13. Barretto AS. Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e na sua quantificação no sedimento e água [Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento]. São Carlos: EESC/USP, 1999. 275 pp.
14. Von Sperling EA. Utilização do parâmetro condutividade na avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimento. In: SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 8, João Pessoa. O Saneamento Ambiental na Preservação dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: ABES; 1998. 3: 748-751.
15. UNESCO/WHO/UNEP. Water quality assessment. London: Chapman & Hall; 1992. 585 pp.
16. Batalha B-HL, Parlatore, AC. Controle da qualidade de água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB; 1993. 198 pp.
17. Nuvolari A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher; 2003. 520 pp.
18. Daniel LA. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: RiMa, ABES; 2001. 115 pp.