

## **I-054 – DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS TRIBUTÁRIOS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA COM POTENCIAL PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP/BRASIL**

**Luciene Gomes<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Faculdade de Ciências da UNESP-Bauru. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru.

**Vinicius Luan Vieira Carvalho<sup>(2)</sup>**

Eng. Civil pela Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru.

**Gilberto Sebastião Castilho Filho<sup>(3)</sup>**

Técnico em Química do Departamento de Água e Esgoto de Bauru.

**Jorge Hamada<sup>(4)</sup>**

Eng. Civil, Professor Titular da Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho” – Bauru – Brasil.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av do Hipódromo, 8-55 – Jd Carolina – Bauru – São Paulo – SP – CEP: 17032-620 – Brasil – Tel: (14) 3011-0662 – e-mail: [luciene.go.mes@hotmail.com](mailto:luciene.go.mes@hotmail.com)

**Endereço<sup>(4)</sup>:** Av Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n – Bauru – São Paulo – SP – CEP 17033-360 – Brasil – Tel: (14) 3103 – 6112 – e-mail: [joha@feb.unesp.br](mailto:joha@feb.unesp.br)

### **RESUMO**

O intuito deste trabalho foi avaliar a forte e direta influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas da única bacia hidrográfica com potencial para abastecimento público no município de Bauru-SP, Brasil. Com a exploração do aquífero subterrâneo além do seu limite de sustentabilidade e a escassez de mananciais superficiais aptos para atender a demanda. Tornou-se relevante avaliar a contribuição dos tributários do Ribeirão Água Parada na qualidade de suas águas tendo em vista as pressões de ocupação urbana e agropecuária na bacia. Para isso, considerou-se pontos estratégicos de estudo próximos às fontes poluidoras nos principais tributários e no corpo principal. Realizou-se o monitoramento mensal da qualidade da água durante o período crítico de estiagem e investigação do uso e ocupação solo nas bacias contribuintes. Os atributos hidrológicos avaliados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_3$ ), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Coliformes Termotolerantes (CT) e Turbidez (TD). Diversas fontes poluidoras tornam crítica a qualidade da água em alguns pontos de estudo. As principais fontes estão relacionadas aos sistemas prisionais e a Estação de Tratamento de Esgoto que atende parte do município, seguidos pelo complexo industrial, reflorestamento de eucalipto, aterro sanitário, chácaras e pastagens. Conclui-se que, o uso e ocupação do solo na bacia tem contribuído negativamente com a degradação da qualidade da água dos tributários do Ribeirão Água Parada, podendo inviabilizar o uso de suas águas para abastecimento público se efetivas medidas de gerenciamento não forem tomadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento Público, Uso e Ocupação do Solo, Águas Superficiais.

### **INTRODUÇÃO**

As fontes atuais de abastecimento público urbano do município de Bauru-SP (Brasil) incluem o Rio Batalha, respondendo pelo abastecimento de 40% do município, e os sistemas de poços profundos, respondendo pelo abastecimento de 60% do município. A capacidade de fornecimento de água, para fins de abastecimento público, utilizando ambos os recursos está crítica, ultrapassando os limites de sustentabilidade. Atualmente, a média de vazão de água fornecida pelo Rio Batalha é de 529,40L/s onde o valor de captação inicialmente outorgado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo era de 350L/s. Juntamente, verifica-se grande preocupação quanto à dependência na utilização dos mananciais subterrâneos, na qual atualmente, o município já apresenta 31 poços perfurados.

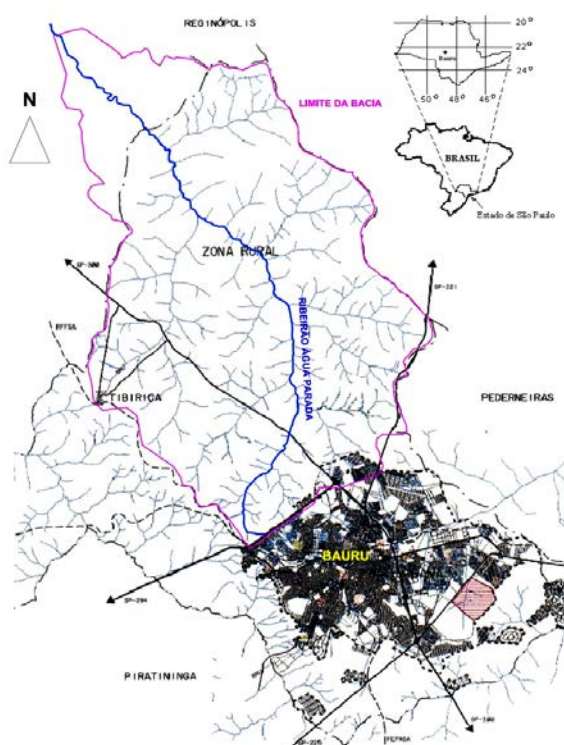
Assim, com a urgência em obter uma nova fonte de abastecimento público, a bacia do Ribeirão Água Parada torna-se um o mais importante recurso hídrico do município. A bacia apresenta uma das maiores áreas de drenagem quando comparada às outras bacias do município, é parcialmente envolvida pela região urbana e periurbana e possui águas que se enquadram na classe 2, de acordo com a Resolução Brasileira CONAMA 357/05.

Todavia, é crescente a preocupação quanto à preservação da qualidade de suas águas e às atividades de uso e ocupação do solo realizadas na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada. A bacia possui grandes áreas descampadas, pastagens, plantações de monoculturas, reflorestamento de eucalipto, poucas áreas com vegetação nativa ao longo dos tributários, além da presença de chácaras, conjuntos habitacionais, aterro sanitário, complexo penitenciário (CP), centro de detenção provisória (CDP), instituto penal agrícola (IPA), subestação de energia, aeroporto, distrito industrial e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho, avaliar a contribuição dos tributários do Ribeirão Água Parada na qualidade de suas águas, considerando o uso e ocupação do solo na bacia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA ESTUDADA

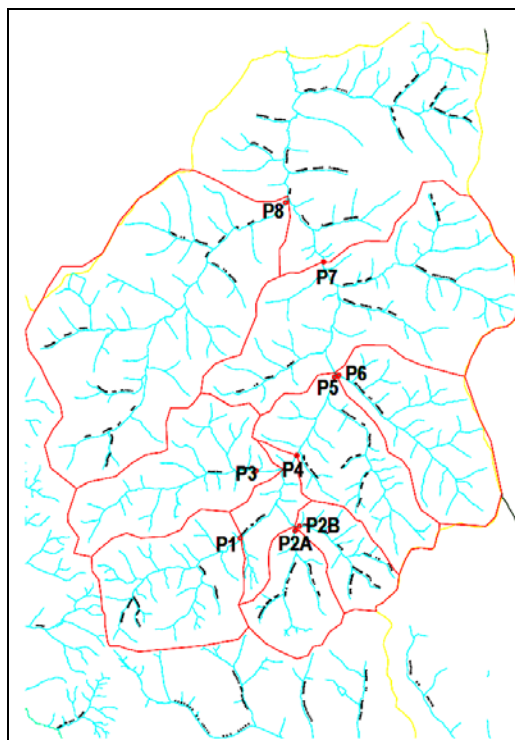
O Ribeirão Água Parada localiza-se no município de Bauru, Centro-Oeste do Estado de São Paulo, e está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Batalha – UGRHI 16 (SÃO PAULO, 2008). A Figura 1 ilustra o município de Bauru, a bacia do Ribeirão Água Parada e seu manancial principal.



**Figura 1: Município de Bauru, com contornos da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada (magenta) e manancial principal.**

A bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada possui área de 395km<sup>2</sup> e foi dividida em 9 microbacias segundo seus tributários. No exutório de cada microbacia realizou-se amostragens das águas superficiais, com o intuito de se conhecer a influência das características locais de uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água e o cálculo da vazão mínima por sete dias consecutivos num período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ) de uma série histórica de dados referentes à vazão do rio, afim de se conhecer o fluxo mínimo de carga de nutrientes e materiais em suspensão referente a cada microbacia tributária.

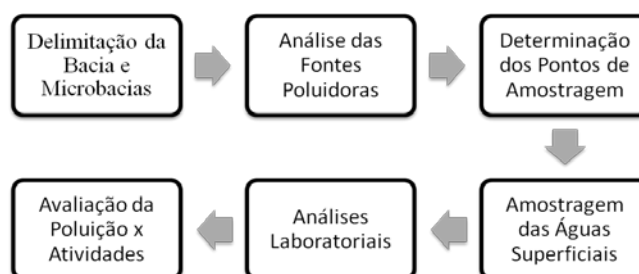
Considerou-se um total de 9 pontos analisados, sendo que 4 deles localizam-se no Ribeirão Água Parada (Pontos 1, 4, 5 e 7) e 5 localizam-se nas microbacias tributárias, que correspondem aos seguintes córregos: Córrego Água São Luiz (Ponto 2A), Córrego São João + Córrego Pau d'Alho (Ponto 2B), Córrego Gabiroba (Ponto 3), Córrego da Figueira (Ponto 6) e Córrego Água Parada de Baixo (Ponto 8). A Figura 2 ilustra as microbacias e pontos de amostragem.



**Figura 2: Localização das microbacias (contornos vermelho) e dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada.**

## DELINEAMENTO

As etapas realizadas no trabalho estão apresentadas na Figura 3.



**Figura 3: Fluxograma da metodologia utilizada.**

## PROCEDIMENTO

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada através de imagens obtidas do Google Earth atualizadas em 2010. As imagens foram ajustadas e incorporadas ao software CAD para a geração das curvas de nível. As sub-bacias dos pontos de amostragem também foram delimitadas.

As coletas de água foram realizadas na estiagem, entre maio e agosto de 2011, em intervalos aproximados de 30 dias. Todas as amostras foram transportadas para o laboratório e as análises foram realizadas de acordo com o volume 20 do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Os atributos hídricos analisados foram: Turbidez (TD), Coliformes Termotolerantes (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) e Nitrogênio Total (N-NTK). Os valores de  $Q_{7,10}$  foram realizados através da base de cálculo fornecida pelo Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (DAEE) (DAEE, 2011). Adotou-se uma taxa relativa à carga de TD,  $\text{DBO}_5$ , DQO, OD,  $\text{N-NH}_3$  e N-NTK aplicada por dia por hectare. As taxas foram calculadas a partir da carga mínima de nutrientes e materiais em suspensão em cada sub-bacia dos tributários. Para isso, foram utilizados dados das concentrações de cada parâmetro amostrado e do cálculo da vazão mínima em sete dias consecutivos num período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ) de uma série histórica de dados da vazão do rio.

## RESULTADOS

As pressões decorrentes dos diferentes usos e ocupação do solo afetam diretamente a qualidade das águas do Ribeirão Água Parada. No ponto inicial de estudo P1, localizado no Ribeirão Água Parada e em regiões de cabeceira, é notória a direta interferência das atividades desenvolvidas no solo sobre qualidade das águas devido à presença do CDP e IPA, área de reflorestamento de eucalipto, subestação de energia elétrica e distrito industrial. Na microbacia são lançados pós-tratamento efluentes gerados por cerca de 2700 detentos e funcionários dos centros penitenciários. Análise em campo realizada em P1, em agosto de 2011, apontou 4,1mg/L de OD, valor abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, o que levanta dúvidas quanto à eficiência no tratamento dos efluentes (CONAMA, 2005; SILVA *et al.*, 2001; KHORAM *et al.*, 2008; MLADENOV *et al.*, 2005). O subsequente ponto P4 recebe as águas provenientes do Córrego São Luiz (Ponto 2A), Córrego São João + Pau d'Alho (Ponto 2B) e Córrego Gabiroba (Ponto 3). Nesse ponto tem-se aumento na concentração de alguns atributos hídricos quando comparados ao ponto P1, devido ao fluxo de carga de nutrientes e sólidos em suspensão provenientes das microbacias contribuintes, favorecendo o aumento de  $\text{DBO}_5$ , DQO e N-NTK conforme mostra a Tabela 1. Valores de  $\text{N-NH}_3$  saltam de 0,3 em P1 para 0,9mg/L em P4.

**Tabela 1: Pontos de amostragem no Ribeirão Água Parada, seus tributários e atributos hídricos analisados.**

Pontos de Coleta	Tributários e Pontos de Coleta	$\text{DBO}_5$ (mg/L)	DQO (mg/L)	TD (NTU)	OD (mg/L)	CT NMP/100mL	N-NTK (mg/L)
P1	-	3,5	8	11,9	5,4	$5,2 \times 10^5$	0,9
P4	C. São Luiz, (P2A) C. Pau d'Alho (P2B) C. Gabiroba (P3)	5,25	9,75	8,7	5,1	$3,0 \times 10^5$	1,5
P5	-	6,0	12,25	13,5	5,7	$2,4 \times 10^5$	1,8
P7	C. Figueira (P6, P7) C. Barra Grande (P8)	6,75	15,0	15,1	7,1	$2,6 \times 10^5$	1,9

Dentre as três microbacias contribuintes no ponto P4, a microbacia do Córrego São João + Pau d'alho (Ponto 2B) é a mais impactante. A microbacia recebe efluentes domésticos da ETE municipal, responsável por tratar efluente de aproximadamente 35.000 habitantes. Neste ponto, o fluxo de cargas de  $\text{DBO}_5$ , DQO, N-NTK e  $\text{N-NH}_3$  são as mais altas quando comparadas com as três microbacias contribuintes (SILVA *et al.*, 2001; MLADENOV *et al.*, 2005; KHORAM *et al.*, 2008). A Tabela 2 mostra os valores das cargas de nutrientes e materiais em suspensão de cada tributário. A microbacia do Córrego Gabiroba (Ponto 3), apresenta como

principal uso e ocupação do solo a presença do Aterro Controlado e do CP. Altos índices de TD e relativos índices de DBO<sub>5</sub>, DQO, N-NTK e N-NH<sub>3</sub>, quando se compara as três microbacias, são devido principalmente ao lançamento de efluentes tratados provenientes de 2500 detentos e funcionários do CP (SILVA *et al.*, 2001; MLADENOV *et al.*, 2005; KHORAM *et al.*, 2008). A microbacia do Córrego São Luiz (Ponto 2A), embora apresente em seu interior a Estação Ecológica do município, apresenta grandes áreas descampadas e de pastagens, o que contribui com ligeira carga de DBO<sub>5</sub>, DQO, TD, N-NTK e N-NH<sub>3</sub> no ponto P4 (BAKER, 2003).

**Tabela 2: Carga de nutrientes e materiais em suspensão nos tributários (kg/dia) do Ribeirão Água Parada.**

Parâmetros	Carga (kg/dia)				
	2A	2B	3	6	8
TD	27,33	67,15	86,98	126,98	319,65
DBO <sub>5</sub>	16,89	75,23	48,21	37,35	186,04
DQO	44,06	152,32	74,33	96,31	377,72
OD	14,50	24,44	59,98	57,58	169,97
N-NH <sub>3</sub>	0,17	34,53	7,31	0,48	0,53
N-NTK	3,10	41,37	17,90	7,39	42,28

Efeitos acumulativos de cargas poluidoras dispersas causados por chácaras, pastagens e áreas de reflorestamento, em adição aos impactos prévios urbanos, são evidenciados a partir de P4. O crescente aumento dos índices de TD, DBO<sub>5</sub>, DQO e N-NTK é verificado ao longo dos pontos analisados no Ribeirão Água Parada. Na microbacia do Ponto P5 extensas regiões com pastagens e conjunto residencial de chácaras justificam esse aumento (BAKER, 2003; VANZELA *et al.*, 2010; JUNG, *et al.*, 2008). No ponto P7 isso ocorre devido à microbacia apresentar o aeroporto municipal, imensas pastagens e áreas descampadas com pouca vegetação ripária ao longo do rio, além de suas águas receberem contribuição de cargas do Córrego da Figueira (Ponto P6) (BAKER, 2003; VANZELA *et al.*, 2010).

Após P7 o Ribeirão Água Parada recebe as águas provenientes do Córrego Água Parada de Baixo (Ponto P8). Como esta microbacia possui uma área de, aproximadamente, 78 km<sup>2</sup>, inclui uma das principais rodovias da cidade, chácaras, monocultura de laranja, o Distrito de Tibiriça, imensas pastagens e áreas descampadas, é o ponto P8 o maior receptor de carga de lançamento de nutrientes e sólidos em suspensão no Ribeirão Água Parada (BAKER, 2003).

Assim, em todos os pontos de monitoramento situados no Ribeirão Água Parada, P1, P4, P5 e P7 houve aumento nos valores de DBO<sub>5</sub>, DQO e N-NTK (Figura 4), devido às fontes potencialmente poluidoras acumulativas e cargas tributárias recebidas ao longo do percurso do rio e, em contra partida, os valores de OD também aumentaram nesses pontos, evidenciando a boa reoxigenação do rio, que também foi favorecida pela crescente carga tributária de OD ao longo dos tributários.

Vale ressaltar que a partir do ponto P4 os valores de DBO<sub>5</sub> ficaram em desacordo com valores orientadores estabelecidos na Resolução Brasileira CONAMA 357/05 para rios de classe 2, a qual pertence o Ribeirão Água Parada (CONAMA, 2005). Os índices de CT tiveram relativa queda ao longo de P1, P4, P5 e P7, embora tenha recebido alta carga tributária de CT no Ponto 2B, no entanto, também se apresentaram em desacordo com os valores orientadores apresentados pela Resolução Brasileira CONAMA 357/05 para rios de classe 2 (CONAMA 357/2005). O não enquadramento às normas biológicas potencializa os riscos que o manancial e seus tributários promovem à saúde pública devido à veiculação de doenças (VON SPERLING, 1996).



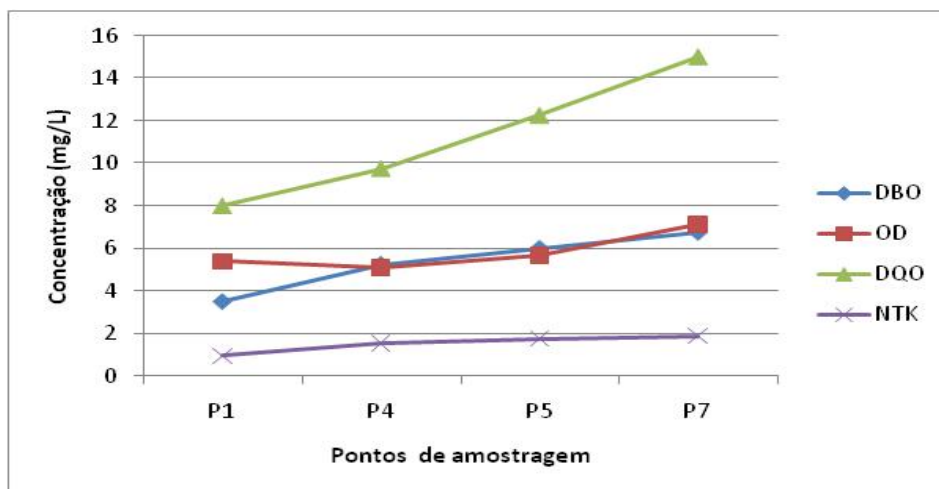


Figura 4: Variação de parâmetros de qualidade ao longo do Ribeirão Água Parada.

## CONCLUSÕES

Os resultados da presente investigação qualitativa conduzida nas águas do Ribeirão Água Parada evidenciou que o uso e ocupação inadequados do solo têm contribuído para a degradação de seus tributários e, consequentemente, de suas águas. Se o município considera o Ribeirão Água Parada como futuro manancial de abastecimento público, torna-se fundamental o incentivo de novas medidas de gerenciamento na bacia hidrográfica com ações de remediação e planejamento, assim, como a criação de novas legislações que venham de encontro à preservação desse manancial tanto para abastecimento público quanto para seus demais usos preponderantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods fo the examinatio of Water and Wastewater**. 21ª Edição. ed. [S.l.]: Baltimore, 2005.
2. BAKER, A. Land Use and Water Quality. **Hidrological Processes**, NewCastle - UK, Maio 2003. 2499-2501.
3. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA N°357, 17 março 2005.
4. DAEE. Escritório de Apoio Técnico de Bauru. **Site do DAEE Bauru**, 2011. Disponível em: <<http://daeebauru.org/>>. Acesso em: 17 setembro 2011.
5. JUNG, K.-W. et al. The effects of spacial varibility of land use on stream water quality in a costal watershed. **Paddy water environmental**, 2008. 275-284.
6. KHORAM, M. R.; NAFEA, M. Investigating Water Pollution of the Dareh Morad Beik River in the Ramadan District, Iran. **New York Academic of Sciences**, 2008. 1140: 73-77.
7. MLADENOV, N.; STRZEPEK, K.; SERUMOLA, O. M. Water Quality Assessment and Modeling of an Effluent-Dominated Stream, the Notwane River, Botswana. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2005. 109: 97-121.
8. SÃO PAULO. **Caderno Síntese - Plano da Bacia Hidrográfica - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 16 - Tietê/Batalha**. Governo do Estado de São Paulo. [S.l.], p. 62. 2008.
9. SILVA, A. M. M. D.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). **Wat. Res.**, v. 35, p. 1609-1616, 2001. ISSN PII:S0043-1354(00)00415-2.
10. VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do Uso e Ocupação do Solo nos Recursos Hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2010. 55-64.
11. VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª Edição. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1996.