

I-033 – AVALIAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM UMA BACIA COM POTENCIAL PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE BAURU-SP/BRASIL

Luciene Gomes⁽¹⁾

Bióloga pela Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”.

Gilberto Sebastião Castilho Filho⁽²⁾

Geógrafo pela Universidade do Sagrado Coração. Chefe de Seção de Análise de Esgoto e Técnico em Química do Departamento de Água e Esgoto de Bauru.

Jorge Hamada⁽³⁾

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

Endereço⁽¹⁾: Av. do Hipódromo, 8-55 –Jd Carolina - Bauru - SP - CEP: 17032-620 - Brasil - Tel: (14) 8198-5100 - e-mail: luciene.go.mes@hotmail.com

RESUMO

A estreita relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água é destacada numa bacia hidrográfica peri-urbana num município de médio porte no Estado de São Paulo, Brasil. Como o aquífero subterrâneo encontra-se no limite de sua capacidade exploratória e o município possui uma única opção de manancial superficial. Tornou-se fundamental entender como as pressões da expansão urbana e agropecuária têm afetado diretamente a qualidade desse manancial. O estudo abrangeu a caracterização do uso e ocupação do solo, identificação de fontes poluentes, monitoramento e elaboração do índice de qualidade da água (IQA) dos afluentes do manancial principal. Fontes pontuais de poluição predominam nos trechos iniciais da bacia hidrográfica, devido à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) municipal e aos efluentes do Complexo Penitenciário (CP). Fontes difusas predominam nos trechos finais devido às atividades agropastoris, chácaras, distrito industrial e aterro sanitário. O IQA é claro em apontar que apenas um tributário apresenta água de boa qualidade. O entendimento da complexa e dinâmica relação do uso do solo e qualidade da água permitirá traçar metas e planos efetivos de gerenciamento que venham de encontro à preservação do manancial para abastecimento público.

PALAVRAS-CHAVE: Uso e Ocupação do solo, Qualidade da Água e Gerenciamento de Bacia Hidrográfica

INTRODUÇÃO

Bauru, município brasileiro situado no Estado de São Paulo, apresenta um sistema de abastecimento de água urbano limitado para atender toda demanda de água requerida pela população. As atuais fontes de abastecimento público urbano 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 este fim está crítica, ou seja, ultrapassa os limites de sustentabilidade. Com a urgência em obter uma nova fonte de abastecimento público, a bacia do Ribeirão Água Parada tornou-se o mais importante recurso hídrico do município. A bacia apresenta uma das maiores áreas de drenagem quando comparada às outras bacias, é parcialmente envolvida pela região urbana e periurbana e possui águas que se enquadraram na classe 2, de acordo com a Resolução Brasileira CONAMA 357/05.

No entanto, é crescente a preocupação quanto à preservação da qualidade das águas e às atividades de uso e ocupação do solo realizadas na bacia do Ribeirão Água Parada. Os tipos de uso e ocupação do solo baseiam-se em pastagens, plantações de monoculturas, chácaras, aterro sanitário, complexo penitenciário (CP), aeroporto, distrito industrial e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Dessa maneira, tornou-se fundamental entender como as pressões da expansão urbana e agro-pecuária têm afetado a qualidade das águas desse manancial. Para isso, 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

Delineamento do Estudo

Em síntese, o estudo envolveu as etapas apresentadas na Figura 1.

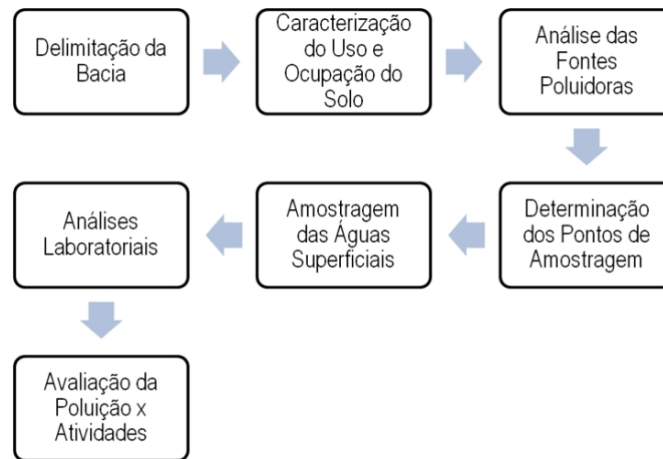


Figura 1: Fluxograma da metodologia utilizada.

A pesquisa foi realizada em um segmento da bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Parada, no município de Bauru, estado de São Paulo, Brasil. Localizada ao norte do município, a bacia possui cerca de 39.400 ha. O Ribeirão Água Parada é o manancial principal com cerca de 42 km de percurso. A bacia foi dividida em 9 microbacias definidas de acordo com seus principais tributários. A Figura 2 ilustra o município de Bauru, a bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada e o manancial principal.

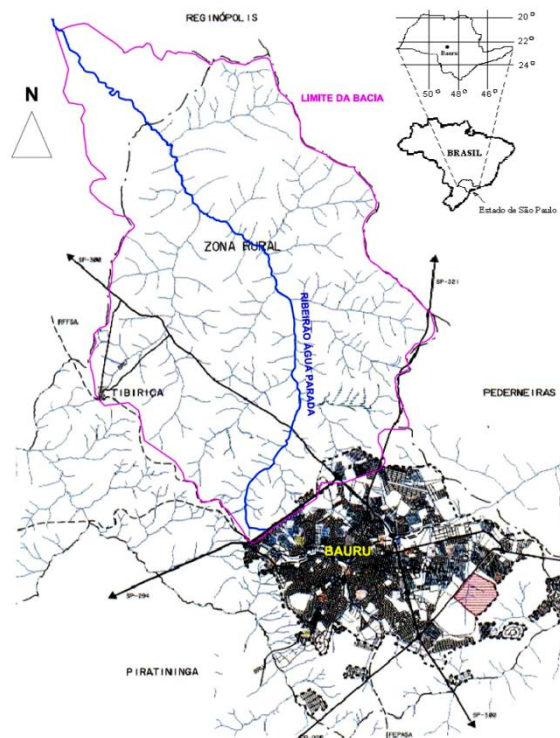


Figura 2: Município de Bauru, com contornos da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada (magenta) e manancial principal.

No exutório de cada microbacia realizou-se amostragens das águas superficiais, com a finalidade 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, com a finalidade de se conhecer o fluxo mínimo de carga de nutrientes e materiais em suspensão referente a cada microbacia tributária.

Considerou-se um total de nove pontos analisados, quatro estão no Ribeirão Água Parada (Pontos 1, 4, 5 e 7) e cinco nas microbacias tributárias: 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 3 mostra as sub-bacias e os pontos de coleta.

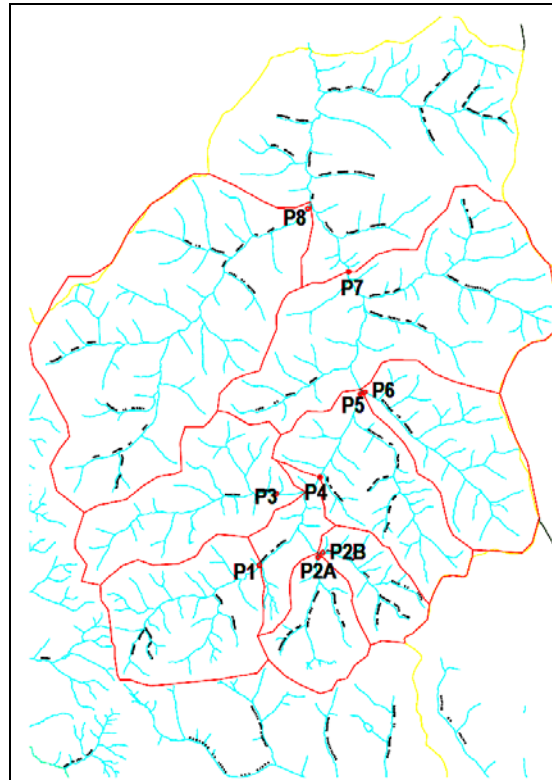


Figura 3: Localização das microbacias (contornos vermelho) e dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do Ribeirão Água Parada.

Procedimento

A delimitação da bacia hidrográfica e sub-bacias foi feita através de imagens obtidas do Google Earth atualizadas em 2010. As imagens foram ajustadas e incorporadas ao software CAD para a geração de curvas de nível e obtenção de declividades. Sub-bacias também foram delimitadas e áreas contabilizadas.

A identificação das formas de uso e ocupação do solo foi efetuada através da análise de imagens do Google Earth e confirmada por visitas aos locais. As imagens foram ajustadas e incorporadas em software CAD para delineamento dos tipos de uso e ocupação do solo e contabilização de suas áreas.

As amostragens de água realizaram-se em intervalos aproximados de 30 dias, de maio a agosto de 2011, na estiagem. Todas as amostras de água 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 Fecais (CF), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal ($N-NH_3$) e Nitrogênio Total (N-NTK). O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi realizado com referência na *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (VON SPERLING, 2007)*.

Além dos parâmetros analisados, adotou-se uma taxa relativa à carga de DBO aplicada por dia por hectare, que pode ser correlacionada principalmente com a presença humana e a geração de esgotos. A taxa de DBO foi calculada a partir da carga mínima de nutrientes e materiais em suspensão em cada sub-bacia. Para isso, foram utilizados dados das concentrações de DBO amostradas 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. Através da Tabela 1 é possível elaborar uma correlação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade das águas.

Tabela 1: Pontos de coleta no manancial principal, área total das sub-bacias (ha) até os pontos P1, P4, P5 e P7, principais atividades impactantes (% área).

Pontos de Coleta	Área Total (ha)	Principais Atividades Impactantes (% Área Total)
P1	2.738	CDP (0,1), IPA (1,9), Distrito Industrial (10,7), Cemitério (0,2), Subestação de energia (0,6), Eucalipto (9,4), Pastagens (36,6) e Culturas (23,2)
P4	8.745	ETE (0,01), Zona urbana (4,1), Aterro Sanitário (0,98), CP (0,23), Eucalipto (14,0) e Pastagens (48,0) e Culturas (10,8)
P5	11.321	Chácaras (3,3), Eucalipto (19,2), Pastagens (46,3) e Culturas (8,8)
P7	19.875	Aeroporto (0,07), Eucalipto (11,31), Pastagens (36,16) e Culturas (5,46)

As principais fontes poluidoras no ponto inicial de estudo são os centros penitenciários. Na microbacia são lançados pós-tratamento efluentes gerados por cerca de 2700 detentos e funcionários do CDP e IPA. 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 do tratamento desses efluentes (CONAMA, 2005; SILVA *et al.*, 2001; KHORAM *et al.*, 2008; MLADENOV *et al.*, 2005).

Tabela 2: Pontos de coleta no Ribeirão Água Parada, seus tributários e atributos hídricos analisados.

Pontos de Coleta	Tributários e Pontos de Coleta	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	5,2x10 ⁵	0,9
P4	São Luiz, (P2A) Pau d'Alho (P2B) Gabirola (P3)	5,25	9,75	8,7	5,1	3,0x10 ⁵	1,5
P5	-	6,0	12,25	13,5	5,7	2,4x10 ⁵	1,8
P7	Figueira (P6, P7) Barra Grande (P8)	6,75	15,0	15,1	7,1	2,6x10 ⁵	1,9

O Ponto P4 recebe as águas provenientes dos tributários São Luiz (Ponto 2A), Pau d'Alho (Ponto 2B) e Gabirola (Ponto 3). O aumento na concentração de alguns atributos hídricos, como DBO₅, DQO, TD e N-NTK, evidencia os efeitos do fluxo de cargas de nutrientes e sólidos em suspensão provenientes das sub-bacias tributárias. Ver Tabela 2. O pico de N-NH₃ de 0,3 em P1 para 0,9 mg/L em P4 e NO₃ de 2,3 em P1 para 3,2 mg/L em P4, confirmam a hipótese.

Análise comparativa entre as três sub-bacias contribuintes no ponto P4, mostra que a sub-bacia do tributário Pau d'alho (Ponto 2B) é a mais impactante. A sub-bacia recebe efluentes domésticos da ETE municipal, responsável por tratar esgoto gerado por aproximadamente 35 mil habitantes. Neste ponto, o fluxo de cargas de DBO₅, DQO e N-NTK são as mais altas quando comparadas com as três microbacias contribuintes (SILVA *et al.*, 2001; MLADENOV *et al.*, 2005; KHORAM *et al.*, 2008). Ver Tabela 3. O principal uso e ocupação do solo na sub-bacia do afluente Gabirola (Ponto 3) é o CP. A sub-bacia apresenta altos índices de TD e relativos índices de DBO₅, DQO, N-NTK e N-NH₃, devido o lançamento de efluentes do CP em suas águas (SILVA *et al.*, 2001; MLADENOV *et al.*, 2005; KHORAM *et al.*, 2008). A microbacia do Córrego São Luiz (Ponto 2A), embora presente em seu interior a Estação Ecológica do município, apresenta grandes áreas descampadas e

de pastagens, o que contribui com ligeira carga de DBO₅, DQO, TD, N-NTK e N-NH₃ no ponto P4 (BAKER, 2003). A Tabela 4 mostra o índice de qualidade e a qualidade das águas dos afluentes do Ribeirão Água Parada. Nota-se que apenas o tributário 3 apresenta água de boa qualidade, apesar das fontes poluidoras.

Tabela 3: 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 ₅	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 ₃	0,17	34,53	7,31	0,48	0,53
N-NTK	3,10	41,37	17,90	7,39	42,28

Tabela 4: Índice de qualidade e qualidade da água dos tributários do Ribeirão Água Parada na estiagem.

Tributários	Índice de Qualidade	Qualidade da Água
P2A	51	Aceitável
P2B	37	Aceitável
P3	60	Boa
P6	48	Aceitável
P8	43	Aceitável

Efeitos acumulativos das cargas poluidoras são percebidos em P5 e P7. A presença de chácaras, pastagens, reflorestamento de eucalipto e plantações de outras culturas contribuem para que as águas apresentem maiores valores de TD, DBO₅, DQO e N-NTK nesses pontos, corroborando o descrito por diversos pesquisadores (BAKER, 2003; VANZELA *et al.*, 2010; JUNG, *et al.*, 2008). Além da contribuição de cargas do afluente Figueira (Ponto P6) no ponto P7. Após P7, o Córrego Barra Grande lança grandes valores de carga de nutrientes e sólidos em suspensão no Ribeirão Água Parada. Isso se deve a 78 km² de área composta por chácaras, monocultura de laranja, pastagens, áreas descampadas e um distrito municipal.

Em todos os pontos de monitoramento situados no Ribeirão Água Parada, P1, P4, P5 e P7 houve aumento nos valores de DBO₅, DQO e N-NTK (Figura 4). Fontes poluidoras pontuais nos pontos iniciais e fontes poluidoras difusas nos pontos finais tiveram efeitos acumulativos ao longo do rio. Valores de CF também aumentaram ao longo de P1, P4, P5 e P7, evidenciando os efeitos de poluição. Em contrapartida, valores de OD aumentaram da montante a jusante evidenciando a boa reoxigenação do corpo d'água, que foi favorecida pela crescente carga afluente de OD ao longo dos tributários pertencentes à microbacias com baixa antropização. Vale ressaltar que, a partir do ponto P4 os valores de DBO₅ e CF 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 357/2005).

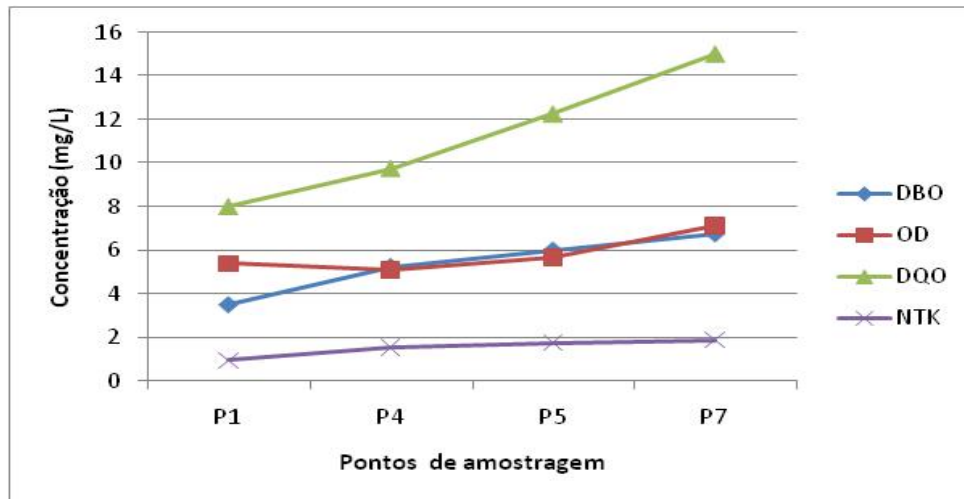


Figura 4: Variação de parâmetros de qualidade ao longo do Ribeirão Água Parada.

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, conseqüentemente, de suas águas. Fontes poluidoras pontuais nos pontos iniciais e fontes poluidoras difusas nos pontos finais tiveram efeitos acumulativos ao longo do manancial. De acordo com os valores de IQA determinados, apenas o tributário Gabiroba apresenta água de boa qualidade para o período. 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. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª Edição. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1996.
10. VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1ª Edição. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 7, 2007.