

Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná

Paulo Costa de Oliveira Filho, Andressa Moraes Dutra, Fabiane Cristina Ceruti

Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste –UNICENTRO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi buscar associações entre os parâmetros de qualidade da água e a identificação de prováveis agentes poluidores em uma bacia hidrográfica do Sudoeste do Paraná. Foram espacializadas informações sobre a área de estudo, estabelecendo relações entre componentes do uso da terra rural e urbano, e os resultados apresentados pelas análises físico-químicas e biológicas realizadas em dois pontos amostrais do Rio Santa Rosa. Foram utilizadas ortoimagens do satélite SPOT 5 e uma carta do Serviço Autônomo Paranacidade. Foi utilizado o aplicativo de domínio público SPRING versão 5.1.6. Ao se comparar a qualidade da água com a Resolução CONAMA 357 (2005), para rios classe II, foram encontrados índices acima da normalidade para óleos e graxas, boro, ferro dissolvido, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Assim, foram investigadas prováveis relações entre os índices encontrados acima do limite permitido e os possíveis agentes poluidores.

Palavras-chave: parâmetros de qualidade da água, sensoriamento remoto, agentes poluidores.

Surface Water Quality and Land Use: A Specific Case Study in a Watershed in the West Region of the State of Parana

ABSTRACT

The overall objective of this work was to seek an association between the parameters of water quality and the identification of possible pollutants in a watershed in the southwest of the State of Parana. As much information as possible about the studied area was spotted, establishing relationships between the components of farmland and urban land use and the outcome of the physical-chemical and biological analyses carried out in two sampling spots from Santa Rosa River. Orthoimages taken by SPOT 5 satellite and a letter from the 'Paranacidade' Autonomous Service were used. The public domain SPRING 5.1.6 application was used. When comparing the water quality with the Resolution 357 (2005) by CONAMA, for class II rivers, high levels of oil, grease, boron, dissolved iron, total coliforms and fecal coliforms were found. Thus, possible relationships between the rates that were over the legal limit and the possible pollutants were investigated.

Keywords: parameters of water quality, remote sensing, polluters.

1. INTRODUÇÃO

A relação homem e natureza vem se tornando preocupante nas últimas décadas e o sudoeste paranaense não foge à regra. A pressão sobre novas áreas produtivas no campo, além da expansão urbana sobre áreas verdes, tem estimulado cada vez mais o desmatamento, a poluição ambiental e a degradação dos recursos naturais. Segundo Zanardi (2009), esse modo de vida das sociedades capitalistas proporcionou consequência a todos os seres vivos, sendo que as práticas exploratórias causaram uma intensa devastação em todos os recursos naturais, interferindo até mesmo na própria existência humana.

As relações entre o uso do solo e as águas estão claramente demonstradas em várias outras pesquisas, como Freitas (2000), Tucci (2000), Ometo et al. (2000) e Gergel et al. (2002). Segundo esses autores, a conversão de áreas florestadas, principalmente para o uso agrícola ou urbano, tem sido associada à diminuição da sua qualidade.

A redução da qualidade das águas não tem suas causas apenas na industrialização e no crescimento dos centros urbanos, mas também no desmatamento e na forma com que os agricultores utilizam suas terras nos cultivos agrícolas. Desse modo, a não preservação das matas nativas e ciliares, o uso cada vez mais frequente de defensivos agrícolas, o lançamento de efluentes não tratados nos corpos d'água e o destino incorreto do lixo produzido vêm contribuindo para a degradação dos recursos naturais das diferentes bacias hidrográficas da região sudoeste do Paraná. As formas de poluição podem ser classificadas em fixas, quando são lançadas em um ponto fixo e de forma individualizada, ou difusas, quando os poluentes atingem os corpos d'água de forma aleatória, sendo assim difíceis de serem controlados (Pereira, 2004). Mudanças nas características físicas, químicas e biológicas dos recursos naturais não comprometem somente de forma pontual o local do impacto, mas sim toda a região circunvizinha de domínio da bacia hidrográfica.

As técnicas de geoprocessamento, aliadas ao uso das imagens orbitais de alta resolução do sensoriamento remoto, possibilitam a seleção e a espacialização de pontos amostrados para coleta de

análise da qualidade da água em locais considerados estratégicos dentro de uma bacia hidrográfica. Além disso, permitem o monitoramento detalhado do uso e da cobertura da terra da região de influência desses pontos, o que tem proporcionado uma nova percepção em estudos ambientais. A realização de estudos voltados às condições e aos níveis de degradação dos corpos hídricos pode servir de instrumento importante para o planejamento ambiental, orientando a alteração de procedimentos e o redirecionamento de políticas públicas no setor ambiental e na gestão dos recursos hídricos.

Esta pesquisa teve como objetivo buscar associações entre os parâmetros de qualidade da água e a identificação de prováveis agentes poluidores na bacia hidrográfica do Rio Santa Rosa

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A microbacia hidrográfica do Rio Santa Rosa, que é uma sub-bacia do Rio Marrecas, está localizada, em sua maior parte, na porção norte da cidade de Francisco Beltrão, na mesorregião do Sudoeste Paranaense, compreendendo uma área de drenagem de aproximadamente 127 km². A área da microbacia, localizada no Terceiro Planalto Paranaense, limita-se ao Sul com a sub-bacia do Rio Quatorze e, ao Norte, com a divisa dos Municípios de Francisco Beltrão e Enéas Marques; ao Leste, com a sub-bacia do Rio Tuna, e, ao Oeste, com a sub-bacia do Rio Cotegipe. O Rio Santa Rosa tem sua nascente situada no Município de Francisco Beltrão, passa pelas comunidades de Linha Gaúcha, Linha Santa Rosa, Linha São Marcos e na porção norte do município até sua foz, no Rio Marrecas, também localizado na cidade de Francisco Beltrão. Próximo à foz de seu leito, o rio adentra a área urbana do município, conhecida como Cidade Norte. O rio tem como afluentes principais o Rio Guarapuavinha e o Rio Erval, além de vários córregos, dos quais se destacam Jacutinga, Pio X, Gralha, Gaúcho, Salto e Sebo. Segundo a Portaria da Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA nº 20 de 12 de maio de 1992, o Rio Santa Rosa é qualificado como Classe 2, conforme a Resolução

do CONAMA n° 357 (2005). Ou seja, a água do Rio Santa Rosa presta-se a atividades nobres, exceto o consumo humano sem tratamento. Essas condições, entretanto, podem não corresponder ao perímetro total da bacia, pois os dois pontos amostrais de coleta de água do Rio Santa Rosa utilizados neste estudo estão localizados próximos à sua foz no Rio Marrecas, não estando distribuídos ao longo de toda a bacia. Portanto, será analisada espacialmente apenas uma parte dessa microbacia, conforme demonstrado na Figura 1.

De acordo com Martins (2003), o clima dessa região, determinado pelo método de Köppen, está

sob influência do tipo climático subtropical úmido mesotérmico (Cfa), que se estende pela maior parte do sudoeste do Paraná. Nessa classificação, a letra “C” refere-se a um clima pluvial temperado (mesotérmico), com a temperatura do mês mais frio entre 18° e -3° C, sendo frequentes as geadas. A letra “f” caracteriza o clima como sendo sempre úmido, sem estação seca, com chuva todos os meses do ano, sendo que a precipitação média anual é de 1.000 mm. A letra “a” indica que a temperatura do mês mais quente é em torno de 23 °C.

Segundo Maack (1981), a vegetação nativa da região era predominantemente de mata de araucárias,

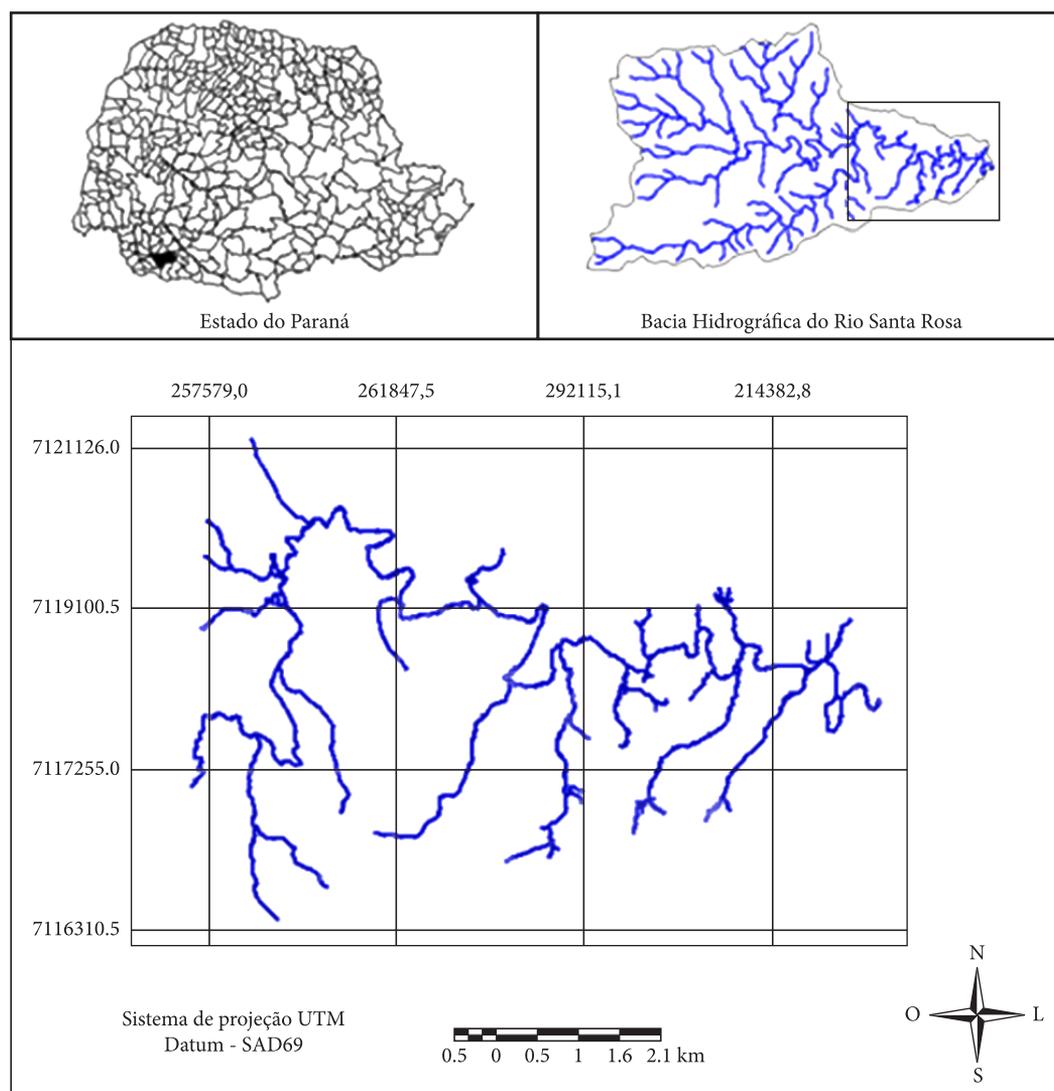


Figura 1. Área de Estudo localizada dentro da Bacia do Rio Santa Rosa no Município de Francisco Beltrão, Paraná
Figure 1. Study Area located within the River Basin in the municipality of Santa Rosa Beltrão Francisco, Paraná.

com taquarais e palmáceas (*Cocos romanzoffiana*), associada ainda com *Euterpe edulis* nas regiões mais quentes.

O sudoeste do Paraná, bem como a cidade de Francisco Beltrão, estão inseridos na Bacia Sedimentar do Paraná, com ricos solos de origem basáltica (Camargo, 2001). A região em que o Rio Santa Rosa está inserido promove a denudação de rochas vulcânicas básicas, intermediárias e ácidas resultantes de derrames de lava Juro/Eocretáceo (Fodor et al., 1989), pertencentes à formação da Serra Geral (Schneider et al., 1974).

Em função da extensa área territorial e da qualidade do latossolo roxo, destacam-se como setor primário da economia a agricultura e a pecuária; no entanto, o relevo é acidentado em boa parte do território, diminuindo assim a área útil utilizável. Na agricultura, as duas principais culturas são a soja e o milho, além das culturas de aveia, batata-doce, cana-de-açúcar, feijão, fumo, mandioca, trigo e uva. Já na pecuária, as principais atividades são a bovinocultura, a suinocultura, a avicultura, a produção de leite, de mel e de ovos de galinha e codorna.

Para a realização dos objetivos propostos na pesquisa, foram necessárias as seguintes etapas: i) Revisão bibliográfica específica sobre as causas e consequências da contaminação dos parâmetros analisados; ii) Trabalhos de campo para observação das características de ocupação das proximidades dos pontos amostrais; iii) Implementação de um banco de dados espaciais, com uso de imagens orbitais de alta resolução e espacialização de todas as informações de interesse direto, e iv) Análises investigativas para a obtenção de possíveis relações.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para atuar como base de informações a respeito do funcionamento sistêmico dos elementos naturais, sociais e urbanos, além de auxiliar a eleger os indicadores de qualidade da água a serem discutidos e desvendar seus respectivos impactos no meio ambiente.

A segunda etapa foi efetuada com base em trabalhos de campo, nos quais foram observadas características de ocupação marginal, condições de preservação e degradação dos corpos hídricos.

Indústrias potencialmente impactantes aos recursos hídricos precisam entregar anualmente

um relatório da qualidade da água à Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA). Dessa forma, foram pesquisados nos arquivos da SEMA de Francisco Beltrão os certificados de ensaios físico, químico e biológico da água à montante e à jusante de uma indústria frigorífica localizada na microbacia do Rio Santa Rosa, bem como do seu efluente final. Por motivos de impedimento de divulgação dos resultados das análises realizados pela empresa, neste trabalho a indústria será identificada como Empresa X.

O primeiro ponto (a montante) está localizado no início da entrada do rio na área urbana e o segundo (a jusante) situa-se abaixo do lançamento da Empresa X, onde há uma intensa ocupação urbana. Esses pontos estão ilustrados na Figura 2, obtida por meio de ortoimagens multiespectrais do satélite SPOT, fusionadas com resolução espacial de 2,5 metros e fornecidas pelo Departamento de Geografia da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Francisco Beltrão.

Além das ortoimagens de satélite, foi utilizada também uma carta digital das bacias hidrográficas municipais, produzida pela Secretaria do Estado do Desenvolvimento Urbano - Serviço Autônomo Paranaense e fornecida para a realização deste trabalho pela Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão.

Com uso da base cartográfica sobreposta às imagens de satélite do SPOT, pôde-se vetorizar em tela os limites da microbacia do Rio Santa Rosa e os rios pertencentes à mesma. A seguir, foram delineados e classificados os usos da terra que, a princípio, são considerados como agentes potencialmente poluidores e podem vir a interferir na qualidade da água da microbacia, como agricultura, área urbana, indústrias e ausência da área de preservação permanente (APP).

A partir da integração e da vetorização das imagens no aplicativo SPRING versão 5.1.6, foram gerados mapas temáticos que espacializam a microbacia, os agentes potencialmente poluidores e os pontos amostrais utilizados para a coleta e a análise da qualidade da água. A interpretação das imagens juntamente com as visitas ao local de estudo e as análises das amostras de água contribuíram para a identificação de possíveis geradores de



Figura 2. Localização dos pontos de coleta 1 (a montante) e 2 (a jusante) sobre um segmento de imagem SPOT abrangendo a área de estudo.

Figure 2. Location of sampling sites 1 (upstream) and 2 (downstream) segment on a SPOT image covering the study area.

contaminação com potencial risco de poluição da água da sub-bacia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, no uso de suas atribuições e competências, promulgou a Resolução nº 357 (2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e das diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. A resolução objetiva controlar o aporte de poluentes aos corpos d'água, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e o meio ambiente.

A análise detalhada da qualidade da água do rio, além de promover a caracterização de possíveis poluidores, auxilia na identificação das possíveis formas de uso da água. Atividades intensivas, como agricultura, desmatamento, lançamento de efluentes domésticos e industriais, bem como a disposição de resíduos sólidos, modificam as características naturais das águas, sendo, portanto, importante a verificação da presença de elementos químicos e de microrganismos presentes nos corpos hídricos.

Os resultados dos parâmetros analisados nas águas superficiais da sub-bacia disponibilizados pela SEMA são demonstrados na Tabela 1, no qual se percebe que, comparando-se os parâmetros obtidos no ponto 1 (a montante) com os apresentados no ponto 2 (a jusante), houve um aumento no resultado da maioria dos parâmetros. Essas diferenças de valores observados se explicam pela diferença dos usos e das ocupações do solo no entorno de cada ponto.

A água que chega ao ponto 1 carrega consigo características de uma ocupação rural, enquanto que o ponto 2 apresenta-se em uma região com características de ocupação urbana.

Os resultados obtidos na vetorização dos principais usos e coberturas do solo estão representados na Figura 3.

Observa-se que o padrão de drenagem da microbacia é dendrítico, também chamado de arborescente, em que o Rio Santa Rosa corresponde ao tronco e os tributários aos ramos. Deve-se destacar que foi realizada a vetorização em tela de apenas algumas atividades impactantes ao meio ambiente. Além disso, foi criado um mapa temático a partir da classificação da imagem em diferentes atividades que podem gerar algumas mudanças no equilíbrio

Tabela 1. Resultado das análises da água à montante e à jusante da indústria.**Table 1.** Results of analysis of water upstream and downstream industry.

Determinação	Método de análise	Montante	Jusante	Legislação
pH	Potenciométrico	6,97	7,16	6,0 a 9,0
Alumínio	Espectrofotométrico	0,082 mg/L	0,084 mg/L	-
Cianeto total	Espectrofotométrico	<0,005 mg/L	<0,005 mg/L	VMP 0,005 mg/L
Cloreto	Titulométrico	1,97 mg/L	6,00 mg/L	VMP 250 mg/L
Cloro livre	Espectrofotométrico	<0,05 mg/L	0,15 mg/L	-
Cobre dissolvido	Fotométrico	<0,001 mg/L	<0,001 mg/L	VMP 0,009 mg/L
Cor aparente	Colorimétrico	47,1 UH	63,1 UH	VMP 75 mg Pt/L
Cromo total	Espectrofotométrico	0,012 mg/L	0,036 mg/L	VMP 0,05 mg/L
DBO 5/20 °C	Potenciométrico	<2,0 mg/L	4,4 mg/L	VMP 5,0 mg/L
DQO	Espectrofotométrico	5,3 mg/L	12 mg/L	-
Ferro dissolvido	Fotométrico	0,43 mg/L	0,48 mg/L	VMP 0,3 mg/L
Fluoreto	Espectrofotométrico	<0,10 mg/L	<0,10 mg/L	VMP 1,4 mg/L
Odor	Sensorial	Ausente	Ausente	Ausente
Materiais flutuantes	Análise Visual	Ausente	Ausente	Ausente
Nitrato	Espectrofotométrico	0,76 mg/L	1,2 mg/L	VMP 10,0 mg/L
Nitrito	Espectrofotométrico	<0,02 mg/L	0,07 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Óleos e graxas minerais	Gravimétrico	<5,000mg/L	6,000 mg/L	Ausente
Sólidos totais	Gravimétrico	30,000 mg/L	120,000 mg/L	-
Sólidos dissolvidos totais	Gravimétrico	30,000 mg/L	70,000 mg/L	-
Sólidos sedimentáveis	Cone de Inhoff (1 hora)	<0,100 mg/L	0,100 mg/L	-
Sulfato	Espectrofotométrico	11,24 mg/L	13,18 mg/L	VMP 250 mg/L
Sulfeto	Fotométrico	<0,002 mg/L	<0,002 mg/L	VMP 0,002 mg/L
Turbidez	Nefelométrico	4 UT	6 UT	VMP 100 UT
Zinco	Espectrofotométrico	0,10 mg/L	0,10 mg/L	VMP 0,18 mg/L
Arsênio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	<0,001 mg/L	VMP 0,01 mg/L
Bário	Espectroscopia de absorção atômica	<0,1 mg/L	<0,1 mg/L	VMP 0,7 mg/L
Berílio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	<0,001 mg/L	VMP 0,04 mg/L
Boro	Fotométrico	1,311 mg/L	1,505 mg/L	VMP 0,5 mg/L
Cádmio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	<0,001 mg/L	VMP 0,001 mg/L
Chumbo	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 0,01 mg/L
Fenóis totais	Fotométrico	<0,002 mg/L	<0,002 mg/L	VMP 0,003 mg/L
Lítio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 2,5 mg/L
Níquel	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 0,025 mg/L
Prata	Espectroscopia de absorção atômica	< 0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 0,01 mg/L
Selênio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 0,01 mg/L
Vanádio	Colorimétrico	<0,01 mg/L	<0,01 mg/L	VMP 0,1 mg/L
Coliformes totais 36 °C	Filtração em membrana/ plaqueamento	100 UFC/100 mL	2500 UFC/100 mL	-
Coliformes termotolerantes 45 °C	Filtração em membrana/ plaqueamento	60 UFC/100 mL	2500 UFC/ 100 mL	1000 UFC/100 mL

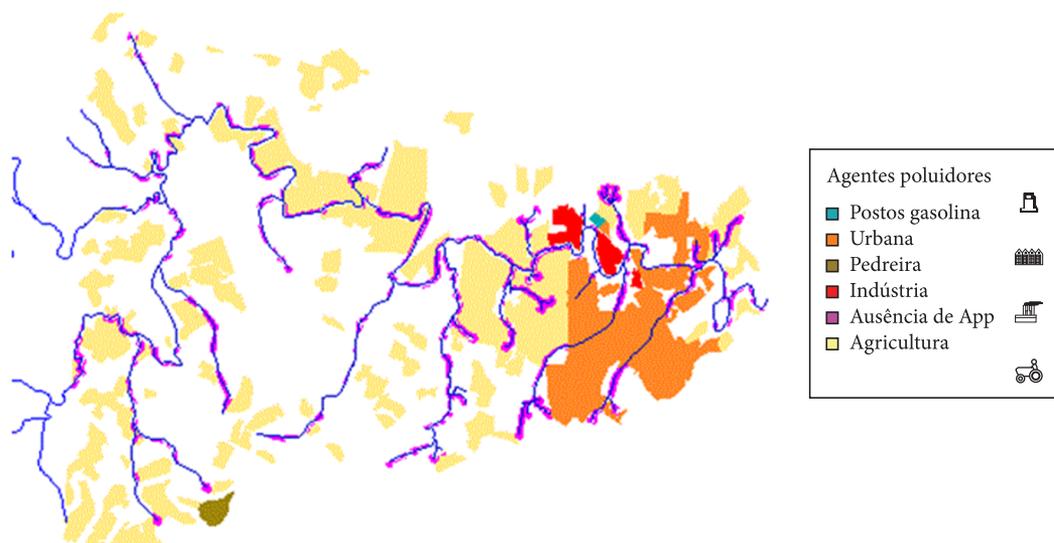


Figura 3. Localização dos possíveis agentes poluidores, relacionados aos parâmetros de qualidade da água.

Figure 3. Location of potential pollutants, related to the parameters of water quality.

ou na qualidade da água. Dentre estas, destaca-se a urbanização na porção leste da microbacia.

A expansão urbana nessa porção da cidade de Francisco Beltrão se deu de forma descontrolada e sem planejamento. A população residente possui rede distribuidora de água, porém não possui rede coletora e de tratamento de esgoto. Seus efluentes são comumente direcionados a fossas sépticas, negras ou diretamente no rio; entretanto, para um tratamento eficiente, devem-se possuir caixas de gordura, filtros anaeróbicos e sumidouros. O lançamento de efluentes não estabilizados no solo pode levar à poluição dos recursos hídricos, pela percolação e pelo escoamento superficial de materiais contaminados. Segundo Sperling (2005), o lançamento de efluentes domésticos nos corpos hídricos pode interferir em parâmetros, como cor, pH, cloretos, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e coliformes.

A produção de alimentos é um dos maiores desafios do mundo moderno frente ao crescimento populacional. Há duas formas para aumento da produção: aumento da produtividade ou então a utilização de novas áreas. Porém, para a expansão das áreas de plantio, deve ser inicialmente realizado o desmatamento das áreas a serem incorporadas. Com a retirada da cobertura vegetal, aumenta-se a probabilidade de erosão dos solos, pois as árvores servem de anteparo para as gotas de chuva,

diminuindo seu impacto ao cair no solo e atuando também como obstáculo para o escoamento superficial. A perda da camada superior do solo e o aumento do escoamento superficial conferem aos corpos d'água um acréscimo da concentração de sólidos suspensos, micropoluentes inorgânicos e orgânicos, além de outros compostos presentes no solo e nas rochas.

O uso descontrolado de produtos químicos para melhorar a qualidade e a quantidade dos alimentos também traz um grave problema ao meio ambiente, pois se utilizados em grandes concentrações e em pouco espaço de tempo, esses produtos podem vir a contaminar os recursos hídricos da microbacia, contribuindo para a carga de micropoluentes inorgânicos e orgânicos, nitrogênio e fósforo (Sperling, 2005).

Outra presumível forma de alteração na qualidade da água é a presença da indústria frigorífica X próxima ao curso do rio. O efluente da empresa é lançado, após tratamento, nas águas do Rio Santa Rosa, metros abaixo do primeiro ponto de análise da água, o que pode ser o causador do aumento dos valores de alguns parâmetros de qualidade no ponto 2, que se localiza abaixo do lançamento desse efluente. Entretanto, de acordo com os relatórios de qualidade de lançamento do efluente da respectiva empresa no Rio Santa Rosa – que foram

apresentados ao Instituto Ambiental do Paraná e à Secretaria do Estado do Meio Ambiente –, o único parâmetro que se encontra em desconformidade com a Resolução do CONAMA nº 357 (2005) é o nitrogênio amoniacal. O relatório do dia 05/03/2009, além de nitrogênio amoniacal, também quantificou Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cianeto Total, Cianeto Livre, Cobre Dissolvido, Cromo Hexavalente, Cromo Trivalente, Estanho, Ferro Dissolvido, Fluoreto, Manganês Dissolvido, Sulfeto, Zinco, Mercúrio, Níquel, Prata, Selênio, Clorofórmio e Dicloroeteno, Fenóis Totais, Tetracloroeto de Carbono e Tricloroeteno, todos com quantidades aptas a serem lançadas no corpo hídrico. O valor encontrado para cada um desses parâmetros pode ser conferido na Tabela 2.

Segundo Santos (2010), em termos de padrão de qualidade, a concentração limite do nitrogênio amoniacal varia em função do pH da água e do enquadramento do corpo receptor, da mesma forma

que os valores permissíveis de concentração de nitrito e nitrato.

A concentração de nitrogênio amoniacal no Rio Santa Rosa não foi quantificada nas análises apresentadas nos dois pontos de coleta da água; não se pode, portanto, garantir que o corpo hídrico também possua altas concentrações desse composto.

Os resultados das análises laboratoriais dos dois pontos amostrais da água do Rio Santa Rosa que ultrapassaram os valores limitados na resolução 357 (2005) do CONAMA estão apresentados separadamente nos tópicos a seguir.

3.1. Níveis de concentração encontrados de Boro

De acordo com Guilherme¹ et al. (2005) apud Niewegowski (2006), a presença de elementos-traço (metais) na água, sedimentos ou solo é consequência

¹ Guilherme LRG, Marques JJ, Pierangeli MAP, Zuliani DQ, Campos ML. Elementos traço em solos, sedimentos e águas. *Tópicos em Ciência do Solo* 2005; 4:345-390. Separata

Tabela 2. Resultado das análises do efluente da Indústria X.

Table 2. Results of the analysis of the effluent from industry X.

Determinação	Metodologia	Resultado	Legislação
Arsênio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	VPM 0,5 mg/L
Bário	Espectroscopia de absorção atômica	<0,1 mg/L	VMP 5,0 mg/L
Boro	Fotométrico	<0,50 mg/L	VMP 5,0 mg/L
Cádmio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	VMP 0,2 mg/L
Chumbo	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	VPM 0,5 mg/L
Cianeto total	Espectrofotométrico	<0,010 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Cianeto livre	Espectrofotométrico	<0,010 mg/L	VMP 0,2 mg/L
Cobre dissolvido	Fotométrico	<0,10 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Cromo hexavalente	Espectrofotométrico	0,044 mg/L	VMP 0,1 mg/L
Cromo trivalente	Espectrofotométrico	<0,010 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Ferro dissolvido	Fotométrico	0,46 mg/L	VMP 15,0 mg/L
Fluoreto	Espectrofotométrico	0,22 mg/L	VMP 10,0 mg/L
Manganês dissolvido	Espectrofotométrico	0,289 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotométrico	44,3 mg/L	VMP 20,0 mg/L
Sulfeto	Fotométrico	<0,10 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Zinco	Espectrofotométrico	0,11 mg/L	VMP 5,0 mg/L
Estanho	Espectroscopia de absorção atômica	0,010 mg/L	VMP 4,0 mg/L
Mercúrio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,001 mg/L	VMP 0,01 mg/L
Níquel	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	2,0 mg/L
Prata	Espectroscopia de absorção atômica	<0,05 mg/L	VMP 0,1 mg/L
Selênio	Espectroscopia de absorção atômica	<0,01 mg/L	VMP 0,30 mg/L
Clorofórmio e dicloroeteno	Cromatografia gasosa	<0,001 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Fenóis totais	Fotométrico	<0,002 mg/L	VMP 0,5 mg/L
Tetracloroeto de carbono	Cromatografia/ Espectroscopia	<0,001 mg/L	VMP 1,0 mg/L
Tricloroeteno	Cromatografia/ Espectroscopia	<0,001 mg/L	VMP mg/L

da geoquímica das rochas e dos solos de origem na bacia (liberados da rocha matriz por intemperismo), da poluição antropogênica (derivada de resíduos ou deposição atmosférica) e das reações químicas (adsorção de partículas e outras superfícies, e deposição nos sedimentos).

O boro, embora seja um elemento-traço das águas naturais, foi o parâmetro que mais apresentou inconformidade com os valores de referência, totalizando quase três vezes mais do que a concentração permitida pela resolução. Segundo a World Health Organization (WHO), as principais formas de entrada do boro na água são por meio de lançamento de efluentes municipais contendo perboratos presentes na composição de detergentes e de escoamento de áreas que utilizam herbicidas e fertilizantes contendo boro como elemento-traço (WHO, 1998).

Solos predominantemente sedimentares, como os da sub-bacia em questão, contêm certas quantidades de boro estimadas em 5 mg/kg em basaltos. Além disso, a concentração de boro no solo varia entre 10 e 300 mg/kg, com média de 30 mg/kg, dependendo do tipo de solo, do uso da terra, da quantidade de matéria orgânica e da recarga (WHO, 1998). Contudo, valores tão altos nos resultados das análises não se explicam pela existência de boro no solo da região sudoeste do Paraná; portanto, neste caso, acredita-se que o boro provém de atividades antrópicas, uma vez que a sub-bacia do rio Santa Rosa possui muitas áreas de agricultura intensa.

Segundo Ayres e Westcot (1991), baixas concentrações de boro são essenciais à vegetação, porém concentrações acima de 1 mg/L são tóxicas e podem afetar praticamente todas as culturas. Pelo fato de o boro ser encontrado em grande concentração na água da sub-bacia do Santa Rosa, essa água torna-se imprópria para consumo humano e irrigação. O consumo de altas doses dessa substância afeta o sistema nervoso central e ingestões prolongadas desse elemento resultam em uma síndrome clínica conhecida como borismo.

Conforme o que descreve WHO (1998) em relação à origem das altas concentrações de boro detectadas em corpos hídricos, além da grande quantidade de culturas agrícolas verificadas na Figura 3, supõe-se que as altas concentrações desse

elemento detectadas nos dois pontos de coleta sejam provenientes da agricultura intensiva da região. Outro fator relevante é o alto índice de degradação de matas ciliares, notadamente nas proximidades de culturas, o que favorece o carreamento de insumos agrícolas que contêm o elemento boro. A ausência de vegetação nas Áreas de Preservação Permanente - APPs pode ser caracterizada como um possível modificador de parâmetros, como a concentração do boro, a turbidez, entre outros, em função do assoreamento. Para proteger os cursos d'água, é necessária uma faixa de vegetação marginal no rio de acordo com a Resolução 303 do CONAMA (2002).

3.2. Níveis de concentração encontrados de ferro dissolvido

As principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático são o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais. Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (Esteves, 1998).

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas em razão do carreamento de solos agrícolas e da ocorrência de processos de erosão das margens dos rios (Piveli & Kato, 2006).

Esse processo de lixiviamento do solo para os corpos hídricos pode ser aumentado pela redução da infiltração de águas pluviais e pela ausência de Área de Preservação Permanente nas encostas dos rios. Dessa forma, as concentrações excedentes de ferro nas análises podem ser explicadas em função de prováveis carreamentos do solo; estes são consequência da erosão das margens, que é intensificada pelas áreas onde há uma ausência de APP marginal.

3.3. Níveis de concentração encontrados de coliformes

O parâmetro bacteriológico prevê uma estimativa do grau de contaminação por fezes humanas e de animais, e por outras bactérias naturalmente

presentes no solo e na vegetação. Coliformes totais são indicadores da presença de vários gêneros de bactérias; já os termotolerantes são bactérias indicadoras de contaminação estritamente fecal de animais de sangue quente.

Os valores para esse parâmetro encontram-se acima do limite estipulado pela resolução CONAMA 357 (2005), que limita a contaminação dos coliformes termotolerantes a 1000 coliformes por 100 mL de amostra. Sua presença nas águas indica a possibilidade da presença de bactérias patogênicas que podem afetar a saúde humana e de animais.

Observando a Figura 2, nota-se que a montante do ponto 1 de coleta apresenta uma predominância de propriedades rurais, com baixas densidades demográficas; portanto, a concentração de coliformes se torna mais baixa que no ponto 2, localizado dentro da área urbana. Segundo informações obtidas na Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, nas residências que se localizam na Cidade Norte ou no meio rural, não há rede coletora de esgoto em funcionamento; lançam, portanto, seus dejetos em fossas sépticas, negras ou diretamente no rio, o que confere um aumento da contaminação fecal na água e no solo.

3.4. Níveis de concentração encontrados de óleos e graxas

Óleos e Graxas são frequentemente procedentes de despejos industriais, domésticos, de residuais de postos de gasolina, de oficinas mecânicas e de rodovias. Por terem baixa solubilidade e densidade, quando presentes em grandes quantidades, diminuem a capacidade de transferência de oxigênio entre a água e a atmosfera.

Muitos efluentes industriais apresentam-se oleosos, como os de indústrias de prospecção de petróleo, petroquímicas, de óleos comestíveis, laticínios, matadouros e frigoríficos. Outras indústrias não produzem efluentes tipicamente oleosos, mas podem possuir algumas linhas de efluentes com essa natureza, como os provenientes de oficinas mecânicas.

Os esgotos sanitários apresentam concentrações de óleos e graxas geralmente na faixa de 50 a 100 mg/L.

Há ainda os óleos descarregados nas águas naturais em situações específicas, como os derramamentos provenientes de acidentes marítimos e fluviais.

As águas pluviais, em geral, contêm glóbulos de óleo que variam de 25 a 60 μm , e com concentrações de óleos e graxas em torno de 4 a 50 mg/L; entretanto, as águas pluviais provenientes de postos de gasolina, lavagens de automóveis, entre outros, possuem grande quantidade de óleos e graxas (Arizona, 1996, apud Sperling, 2005²). A falta de tratamento adequado dos efluentes domésticos de áreas urbanizadas pode trazer um acréscimo na concentração de óleos e graxas, sendo que a faixa normalmente encontrada para os esgotos domésticos é de 55 a 170 mg de óleos e graxas/L, com valor médio de 110 mg/L, conforme menciona Metcalf & Eddy (1991). O padrão de lançamento de efluentes da Resolução CONAMA 357 (2005) estipula que o valor máximo a ser lançado no corpo hídrico é de 50 mg/L.

A presença de áreas urbanas próximas ao curso d'água, principalmente em torno do ponto amostral 2, pode contribuir para o aumento de óleos e graxas. No entanto, observando-se a Figura 3, pode-se considerar que a concentração de óleos e graxas detectada nas análises pode ser indício de problemas operacionais na estação de tratamento de efluentes da indústria frigorífica, visto que foi detectada uma diferença nos níveis de concentração determinados nos pontos amostrais à montante e à jusante da empresa. Contudo, a presença de um posto de gasolina a cerca de 60 m do Rio Santa Rosa torna este também um provável agente poluidor.

4. CONCLUSÕES

No levantamento dos prováveis agentes poluidores e modificadores da qualidade da água na microbacia hidrográfica do Rio Santa Rosa, foram observadas contribuições difusas e pontuais significativas, como as de esgotos domésticos das áreas urbanas, de efluentes industriais, de postos de gasolinas e de resíduos agrícolas.

² Arizona (Estado). *Pretreatment with oil/water separators*. Arizona Department of Environmental Quality; 1996.

Supõe-se que as altas concentrações do boro verificadas sejam provenientes da agricultura intensiva da região, uma vez que esse elemento pode ser encontrado em insumos agrícolas; aliado a esse fato, verificou-se uma grande degradação de matas ciliares nesses locais, o que favorece o carreamento de insumos agrícolas que contêm o elemento boro.

A quantidade de ferro dissolvido existente nas análises pode ser provinda da composição do solo e da vegetação existente.

A presença de coliformes totais e fecais pode estar associada ao tecido urbano e à falta de captação e de formas corretas de tratamento dos esgotos domiciliares.

A concentração de óleos e graxas detectada nas análises pode ser indício de problemas operacionais na estação de tratamento de efluentes da indústria frigorífica, visto que foi detectada uma diferença nos níveis de concentração do poluente nos dois pontos amostrais. A presença do posto de gasolina a cerca de 60 m do Rio Santa Rosa também pode ser um provável agente poluidor.

A metodologia utilizada proporcionou uma melhor visualização da distribuição espacial de possíveis agentes modificadores e poluidores da água em relação à localização dos recursos hídricos e dos pontos de coleta, o que facilitou a linha de raciocínio em torno da interpretação dos resultados das análises.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE, à Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA/PR) e à Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, pelas imagens orbitais de alta resolução, entre outros dados sem os quais não seria possível a realização deste estudo.

STATUS DE SUBMISSÃO

Recebido: 19/09/2011

Aceito: 01/02/2012

Resumo publicado online: 31/01/2012

Artigo completo publicado: 31/03/2012

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Paulo Costa de Oliveira Filho

Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO,
PR 153, Km 07, Riozinho,
CEP 84500-000, Irati, PR, Brasil
e-mail: paulocostafh@gmail.com

REFERÊNCIAS

- Ayres RS, Westcot DW. *A qualidade da água na agricultura*. Tradução de HR. Ghety e JF. Medeiros. Campina Grande: UFPB; 1991. 217 p.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2005 mar. 18). [cited 2010 nov. 21]. Available from: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2002 maio 13); Seção I, n. 90, p. 68.
- Camargo JBC. *Geografia Física, Humana e Econômica do Paraná*. Maringá; 2001.
- Esteves F. *Fundamentos da limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência FINEP; 1998. 574 p.
- Fodor RV, Mckee EH, Roisenberg A. Age distribution of Serra Geral (Paraná) flood basalts, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 1989; 2(4). [http://dx.doi.org/10.1016/0895-9811\(89\)90012-6](http://dx.doi.org/10.1016/0895-9811(89)90012-6)
- Freitas AJ. Gestão de recursos hídricos. In: Silva DD, Pruski FF. (Eds.) *Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos; 2000. 659 p.
- Gergel SE. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Science* 2002; 64:118-128. <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-002-8060-2>
- Maack R. *Geografia física*. 2nd ed. Rio de Janeiro. Livraria José Olimpio Editora; 1981.
- Martins G. *Análise da variabilidade termo pluviométrica e sua relação com o uso do solo no sudoeste do Paraná*:

- 1970 a 1999. [dissertação]. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista; 2003.
- Metcalf & Eddy. *Wasterwater Engeneering: Treatment, Desposal and Reuse*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1991.
- Nieweglowski AMA. *Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Toledo - PR*. [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2006.
- Ometo JPHB, Martinelli LA, Ballester MV, Gessner A, Krusche AV, Victoria RL et al. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. *Freshwater Biology* 2000; 44: 327-337. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00557.x>
- Pereira SR. *Poluição Hídrica: causas e conseqüências*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2004. [cited 2011 maio 30]. Available from: <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>.
- Piveli RP, Kato MT. *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. ABES; 2006.
- Santos CED, Terán FJC, Vasconcelos JHA, Lucas MC. Remoção anaeróbia de nitrogênio amoniacal por meio de reator com cultura fixa em meio suporte operando em bateladas sequenciais. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal* 2010; 7(2): 190-203.
- Schneider RL, Mühlmann H, Tommasi E, Medeiros RA, Daemon RF, Nogueira AA. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: *Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*; 1974; Porto Alegre. Porto Alegre; 1974. p. 47-65.
- Sperling M. *Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos*. 2rd ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. 243 p.
- Tucci CEM. Controle de enchentes. In: Tucci CEM, organizador. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2 rd ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH; 2000. p. 651-658.
- World Health Organization - WHO. *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*. 2rd ed. Geneva: WHO; 1998. v. 2. Guidelines for Drinking-water Quality.
- Zanardi A. *Degradação ambiental da microbacia do Rio Santa Rosa Francisco Beltrão - PR. Uma análise sobre as matas ciliares* [monografia]. Francisco Beltrão: Universidade do Oeste do Paraná; 2009.