



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA



MARIA ESTELA CASALE DALLA VILLA

**FONTES DE POLUIÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO PINHALZINHO II
EM UMUARAMA – PR**

Maringá 2010

MARIA ESTELA CASALE DALLA VILLA

**FONTES DE POLUIÇÃO DA BACIA DO Córrego Pinhalzinho II
EM UMUARAMA – PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Regional e Ambiental, do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

Maringá
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

V712f Villa, Maria Estela Casale Dalla
Fontes de poluição da Bacia do córrego
Pinhalzinho II em Umuarama - PR / Maria Estela
Casale Dalla Villa. -- Maringá, 2010.
vii, 67 f. : il. color., figs., tabs., quadros.

Orientador : Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto
Gasparetto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Geografia,
2010.

1. Poluição hídrica - Bacia do córrego
Pinhalzinho II - Umuarama - PR. 2. Indicadores
ambientais - Mudanças ambientais e antrópicas. 3.
Metais pesados - Água e sedimentos - Bacia do
córrego Pinhalzinho II - Umuarama - PR. 4. Bacia do
córrego Pinhalzinho II - Umuarama - PR - Análise
físico-química. 5. Bacia do córrego Pinhalzinho II -
Umuarama - PR - Análise biológica. I. Gasparetto,
Nelson Vicente Lovatto, orient, II. Universidade
Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDD 21.ed. 918.162

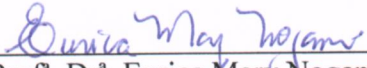
**“FONTES DE POLUIÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO PINHALZINHO II EM
UMUARAMA -PR”.**

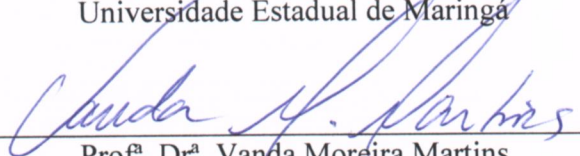
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em 1º de julho de 2010.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Orientador - UEM
Universidade Estadual de Maringá


Profª. Drª. Eurica Mary Nogami
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá


Profª. Drª. Vanda Moreira Martins
(membro convidado)
UNIOESTE – M.C. R.

Dedico esse trabalho a Deus, aos meus pais João e Neuza e aos meus irmãos Ricardo e João Fernando pelo apoio, ajuda e incentivo em todos os momentos.

Agradecimentos

A Deus, que segurando-me pela mão, ajudou-me a atravessar todos os obstáculos;

*Ao Prof. Dr. **Nelson Vicente Lovatto Gasparetto**, primeiramente porque me estendeu a mão ao assumir o desafio da minha orientação, e depois, por que todas as vezes que me senti na “escuridão”, do caminho da minha pesquisa, você foi a “luz no fim do túnel”, sempre tendo forças para me incentivar. Nunca saí de uma conversa sem um rumo e sem a indicação de varias bibliografias para consultar. Sou eternamente grata por tudo o que fizeste;*

*As professoras Drs.^a **Marta Luiza de Souza e Eurica Mary Nogami** pela disponibilidade e auxílio na elaboração desse trabalho, por participarem da banca de qualificação e pelas contribuições sugeridas;*

*Ao laboratório de Agroquímica da UEM, principalmente ao químico **Dilseu Galli** pelo auxílio nas análises laboratoriais, pelos ensinamentos e amizade;*

*À secretária do Programa de Pós-Graduação, **Cida**, pela atenção e colaboração no decorrer desses anos;*

Agradeço o apoio financeiro da Fundação Araucária Convênio 319/2007 e ao CNPQ e do CNPq Processo nº 473253/2007;

*Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Meio Ambiente – UEM –Universidade Estadual de Maringá (**GEMA**) pela utilização das instalações e equipamentos;*

*As amigas constituídas no convívio do GEMA: **Carina Petsch, Diego Turollo, Edinéia Grizio, Édipo Cremon, Eduardo Moraes, Fabiana Cristina Meira, Marcos Modenezi (Cisso), Isabel Terezinha Leli, Otávio Montanher, Vladimir de Souza, Everton Hafemann** pela amizade, companheirismo e muitas risadas. Em especial à **Daiany Manieri, Ordilei de Melo e Pedro França Jr**, com os quais juntos estudamos, sorrimos, choramos, compartilhamos nossos sofrimentos do mestrado, e problemas pessoais e à **Rafaela Harumi Fugita** que além de tudo me ajudou em laboratório. A todos os amigos conquistados nesta trajetória, **Glance Bungenstab Alves, Júlia Brandão Kashiwagura, Raniere Garcia Paiva** pela pura, simples e sincera amizade de vocês;*

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram para o resultado final desta pesquisa, a expressão de meus sinceros agradecimentos;

*Agradeço de forma especial, ao **Pedro França Jr**, que muito me ajudou em campo e na elaboração dos mapas.*

*E por fim agradeço aos meus pais, **João Nivaldo Dalla Villa** e **Neuza M .C. Dalla Villa** e aos meus irmãos **Ricardo Dalla Villa** e **João Fernando Dalla Villa** pelo apoio incondicional, pelas orações e por estarem sempre ao meu lado me dando forças para vencer os obstáculos. Obrigada pela torcida. Amo vocês!!!!*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo Geral.....	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Hipóteses	2
1.4. Justificativa.....	2
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	4
2.1. Localização	4
2.2. Geologia.....	4
2.3. Solos	6
2.4. Relevo	7
2.5. Hidrografia	7
2.6. Cobertura Vegetal.....	8
2.7. Clima.....	8
2.8. Histórico de Ocupação do Município de Umuarama	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1. Definição de Indicadores Ambientais.....	13
3.2. Indicadores e sua aplicação em pesquisas ambientais.....	15
3.3. Padrões de potabilidade segundo Resolução do CONAMA 357/2005	18
3.4. Descrição dos valores-guias de qualidade de sedimentos – VGQS	19
3.5. Fontes de metais potencialmente tóxicos em ambiente aquático	21
3.6. A importância da determinação de metais potencialmente tóxicos nos sedimentos	22
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Atividades de Gabinete.....	24
4.1.1. Localização dos pontos de coleta.....	24
4.1.2. Indicadores Ambientais Utilizados na Pesquisa.....	27
4.2. Atividade de Campo	28

4.2.1. Coleta de Água.....	29
4.2.2. Coleta de Sedimento.....	29
4.3. Atividades de Laboratório.....	29
4.3.1. Análise bacteriológica.....	30
4.3.1.1. Teste presuntivo.....	30
4.3.1.2. Teste confirmativo	30
4.3.2. Carga Suspensa.....	30
4.3.3. Determinação Granulométrica em sedimento.....	31
4.3.4. Análise de metais da água.....	32
4.3.5. Análise de metais dos sedimentos.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1. Temperatura Ambiente	34
5.2. Temperatura da Água	34
5.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)	36
5.4. Turbidez	37
5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	38
5.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO)	40
5.7. Coliformes Fecais	41
5.8. Oxigênio Dissolvido	42
5.9. Carga Suspensa Total (CST).....	43
5.10. Matéria Orgânica (MO) nas Águas	45
5.11. Análise Granulométrica	46
5.12. Metais potencialmente tóxicos presentes na água.....	48
5.13. Metais potencialmente tóxicos presentes em Sedimentos.....	52
5.14. Principais fontes de poluição detectadas na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	54
5.14.1. Esgoto doméstico.....	54
5.14.2. Depósito de resíduos sólidos.....	55
5.14.3. Defensivos Agrícolas.....	56
5.14.4. Resíduos Industriais.....	57
6. CONCLUSÕES	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Umuarama /PR	5
Figura 2 - Gráfico de temperatura – série histórica 1974 – 2008/mensal (°C).....	9
Figura 3 - Gráfico de precipitação – série histórica 1974-2008/ mensal (mm).....	9
Figura 4 - Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do córrego Pinhalzinho II..	25
Figura 5 - Coleta de amostras no Córrego Pinhalzinho II (Ponto 1)	26
Figura 6 - Amostra sendo coletada no córrego Cedro (Ponto 2)	26
Figura 7 - Ribeirão Esperança (Ponto 3), onde foram coletadas as amostras.	26
Figura 8 - Córrego Pinhalzinho II (Ponto 4)	26
Figura 9 - Modelo de Estado – Pressão – Resposta adaptado de OECD (1994).....	28
Figura 10 - Gráfico de variação da temperatura ambiente na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	35
Figura 11 - Gráfico de variação da temperatura d'água na bacia do córrego Pinhalzinho II...	35
Figura 12 - Faixas de variações de pH nas amostras analisadas	36
Figura 13 - Faixas de variações da Turbidez (NTU) nas águas da bacia do córrego Pinhalzinho II.....	38
Figura 14 - Concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos diferentes pontos de coleta na bacia do córrego Pinhalzinho II	39
Figura 15 - Teores de DQO nos diferentes pontos de coleta na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	41
Figura 16 - Variações de OD (mg/L) nas amostras analisadas	43
Figura 17 - Concentração de carga suspensa total na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	44
Figura 18 - Concentração de matéria orgânica na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	46
Figura 19 - Tubulação de esgoto nas margens do córrego Pinhalzinho II	55
Figura 20 - Margens no córrego Pinhalzinho II ocupada por resíduos e queimadas.....	56
Figura 21 - Exibe aplicação de produtos químicos para o cultivo de milho na bacia do córrego Pinhalzinho II.....	57
Figura 22 - Presença de resíduos industriais no canal do córrego Pinhalzinho II próximo do pólo industrial de Umuarama	58
Figura 23 - Principais fontes de poluição na bacia do córrego Pinhalzinho II em Umuarama/PR	59
Figura 24 - Estação de Tratamento de Água e Esgoto (SANEPAR - 2005).....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/2005 para águas de classe II. Modificada.....	19
Quadro 2 - Equação para análise da carga em suspensão conforme Orfeu (1995).....	31
Quadro 3 - Escala logarítmica de classificação granulométrica de Wentworth (americana) ..	32
Quadro 4 - Resultados das Análises Granulométricas	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Geoindicadores: influências naturais <i>versus</i> influências humanas, modificado de Berger (1997).....	14
Tabela 2. Valores-guia estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” TEL e PEL para sedimentos.	20
Tabela 3. Concentração média dos metais pesados analisados da água em (mg/L)	49
Tabela 4. Concentração média dos metais pesados analisados nos sedimentos em (mg/kl). ..	53

RESUMO

O desenvolvimento urbano juntamente com as atividades industriais causa diversos problemas à qualidade dos recursos hídricos. Essa pesquisa procurou identificar as principais fontes de poluição, pontuais e/ou difusas, da bacia do córrego Pinhalzinho II, localizada no município de Umuarama/PR. A cabeceira da bacia do córrego foi ocupada parcialmente pela área urbana, tornando-se receptáculo de diversas formas de resíduos (domésticos e industriais), além de receber dejetos do ribeirão Esperança e do córrego Cedro. A degradação ambiental é facilmente reconhecida mesmo após uma rápida observação, uma vez que no interior do canal das drenagens é bastante comum a presença de resíduos sólidos e líquidos. Esse estudo analisa a degradação na bacia hidrográfica, a partir de indicadores ambientais, priorizando-se os dados físico-químicos da água, dos sedimentos e aqueles desencadeados pelas ações antrópicas. Nesse sentido ao longo de dois anos avaliou-se as principais fontes de poluição das águas e dos sedimentos da bacia. Para isso foram coletadas amostras de água e de sedimento durante um ano em quatro pontos de monitoramento da bacia. Das variáveis físico-químicas analisadas, apenas o oxigênio dissolvido mostrou-se em alguns pontos fora dos padrões exigidos. As análises dos coliformes fecais apresentaram-se sempre positivas em todos os pontos para todas as coletas. Os resultados evidenciam teores elevados de Fe e Mn nas amostras de águas, acima dos valores permitidos pela RESOLUÇÃO CONAMA nº357/2005. Essa elevada concentração, provavelmente, é proveniente do tipo de solo e da rocha sotoposta, aliada as atividades antrópicas produzidas tanto pela área urbana, quanto rural. Em relação aos sedimentos não foram detectados valores acima dos permitidos, com exceção do Fe e Mn, quando comparados com aqueles valores existentes no guia ENVIRONMENT CANADA (1995).

Palavras chave: Indicadores ambientais, qualidade da água, metais pesados.

ABSTRACT

Urban development along with the industrial activities cause various problems to the water resources quality. This study sought to identify the main sources of pollution, point and / or diffuse, the basin of the stream Pinhalzinho II, located in Umuarama / PR. The headwaters of the stream was partially occupied by urban areas, becoming the receptacle of various forms of waste (domestic and industrial), in addition to receiving the waste from Esperança creek and stream Cedro. Environmental degradation is easily recognized even after a brief observation, once inside the channel of drainage is quite common the presence of solid and liquid waste. This study examines the degradation of the basin, as environmental indicators, focusing on the physico-chemical data of water, sediments and those triggered by human actions. In this sense over two years we evaluated the major sources of water pollution and sediment basin. For this, samples of water and sediment were collected over a year in four monitoring points in the basin. Physicochemical variables analyzed, only dissolved oxygen was shown at some points outside the required standards. Analyses of fecal coliforms were always positive at all points for all collections. The results shows high levels of iron and manganese in water samples, above the values allowed by CONAMA 357/2005. This high concentration is probably from the type of soil and rock sotoposta coupled human activities produced by both the urban area and rural areas. In relation to the sediments were not detected above the values allowed, except for iron and manganese, compared with those values in the guide ENVIRONMENT CANADA (1995).

KEYWORDS: Environmental indicators, water quality, heavy metals.

1. INTRODUÇÃO

A rede de drenagem constitui-se em um dos aspectos do meio físico que melhor representa as condições ambientais de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, a presença de metais potencialmente tóxicos nas águas e nos sedimentos tem proporcionado predizer ou identificar as fontes de poluição bem como o grau de extensão desses poluentes, uma vez que representam uma ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas naturais.

Em diversos países, legislações e normatizações pertinentes com definições claras desses controles foram surgindo e estão se aperfeiçoando, visando o uso racional dos recursos naturais. No Brasil, estabeleceu-se uma Política Nacional para o Meio Ambiente, na qual, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA é o mentor de normas de conduta ambientais para o cidadão, empresa ou mesmo o Estado.

O município de Umuarama, a exemplo de outros municípios do noroeste paranaense, vem, desde sua criação, experimentando um rápido e desorganizado crescimento, transformando a cobertura vegetal ou em áreas urbanas ou em áreas de uso agrícola. Esse aumento demográfico, aliado com as necessidades antrópicas, impulsionou a deteriorização e a poluição do ambiente de forma preocupante.

A ausência de vegetação ao longo das drenagens da bacia do córrego Pinhalzinho II reflete, em parte, o crescimento desordenado da malha urbana. Isso provoca vários tipos de interferência no ambiente natural, principalmente na qualidade dos recursos hídricos, em razão das alterações verificadas: o assoreamento e a forte presença de lixo no canal de drenagem.

Frente a essas constatações, esse trabalho teve como principal objetivo identificar as principais fontes de poluição das águas e dos sedimentos da bacia do córrego Pinhalzinho II. Para alcançar esse objetivo foram selecionados alguns indicadores para se analisar a degradação ambiental da bacia. Nesse sentido, priorizou-se identificar a concentração de metais pesados nas águas e nos sedimentos, além de estudar as alterações dos parâmetros físico-químicos das águas (pH, temperatura, turbidez, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio –DBO, demanda química de oxigênio – DQO e os coliformes fecais totais). A análise e identificação de metais pesados nas águas e nos sedimentos, bem como as alterações verificadas nos parâmetros físico-químicos e biológicos analisados foram utilizadas, nesse trabalho, como indicadores ambientais.

Essa bacia foi escolhida em razão de sua cabeceira de drenagem estar localizada dentro da malha urbana de Umuarama. A mesma encontra-se próximo ao setor industrial da cidade, identificadas como indústrias alimentícias, de tinturarias e automecânicas, além de ser receptáculo de outras bacias menores como as do córrego Cedro e do ribeirão Esperança utilizadas para atividades agropecuárias (pastagens, milho e cana-de-açúcar).

Nessa pesquisa utilizaram-se os indicadores ambientais, citados anteriormente, para a identificação das fontes de poluição da bacia e também avaliar se esses parâmetros são bons indicadores de alterações naturais do ambiente e aquelas promovidas pela atividade antrópica.

1.1 . Objetivo Geral

Identificar as principais fontes de poluição da bacia do córrego Pinhalzinho II a partir das análises físico-químicas e biológicas das águas e dos sedimentos.

1.2 . Objetivos Específicos

- Determinar a concentração dos metais pesados nas águas e nos sedimentos;
- Quantificar a carga em suspensão das diferentes drenagens da bacia;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos e biológicos das águas da bacia;
- Elaboração dos mapas dos pontos de coletas e das fontes de poluição.

1.3 . Hipóteses

A bacia do córrego Pinhalzinho II ao longo do seu curso apresenta alterações ambientais que podem comprometer a qualidade hídrica afetando os sistemas naturais, sociais e econômicos. Essas anomalias podem ser decorrentes de processos naturais ou serem geradas pelo avanço da malha urbana em direção as cabeceiras de drenagem aliado as diferentes atividades desenvolvidas na bacia.

1.4 . Justificativa

A degradação do meio ambiente pela presença de metais pesados alcança hoje dimensões alarmantes, ocorrendo tanto nos países desenvolvidos como naqueles em

desenvolvimento, estando estes presentes nas águas, nos sedimentos e na atmosfera. A bacia hidrográfica é a que melhor representa as condições ambientais de uma região, pois, é uma unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas, seja na ocupação dos solos com atividades agrícolas ou da urbanização. Portanto, os indicadores ambientais vêm sendo muito utilizados como ferramentas de análise da qualidade da água superficial. O córrego Pinhalzinho II foi escolhido em razão de receber efluentes provenientes de diferentes fontes, isto é, sua cabeceira de drenagem localizar-se dentro da malha urbana, ficando próximo ao setor industrial da cidade de Umuarama tornando-se receptáculo, também de dejetos provenientes da agropecuária.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Nessa parte da pesquisa realizou-se a descrição geral da área de estudo com o propósito de exibir os aspectos físicos e socioeconômicos da bacia elencada para essa pesquisa.

2.1. Localização

A área de estudo é a bacia do córrego Pinhalzinho II, localizada na região noroeste do Paraná (Fig.1). Essa bacia se desenvolve nos municípios de Umuarama num pequeno setor do município de Cruzeiro do Oeste. Compreende uma área de aproximadamente 182,6 Km², centrado pelas coordenadas geográficas 23°47'55" S de latitude e 53°18'48" W de longitude e altitude em torno de 182 m (IPARDES, 2004). Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), a população do município de Umuarama é de 98.855 habitantes.

2.2. Geologia

Na bacia do córrego Pinhalzinho II ocorre predominantemente rochas sedimentares da Formação Caiuá de idade Cretáceo Superior, geralmente recoberto por solos e depósitos recentes.

A Formação Caiuá é constituída principalmente por arenitos finos e muito finos, com cores que variam do vermelho-arroxeadado a vermelho-escuro, tendo pequenos teores de matriz lamítica. Apresenta como constituinte essencial o quartzo, que varia entre 75 % a 90 % do total da rocha, secundariamente aparecem os feldspatos (microclínio e plagioclásios), com teores compreendidos entre 5 % e 10 %, e mais raramente calcedônia e muscovita. Os grãos são, de modo geral, subarredondados a arredondados, foscos, encobertos por película de óxido de ferro e caracteriza-se pela presença de estratificações cruzadas (GASPARETTO, 1999).

O arenito da Formação Caiuá tem comportamento de rocha branda, pois cede facilmente a pressão quando alterado, pode-se desenvolver silicificação ou cimentação por óxido de ferro e apresentar elevado grau de resistência. Quanto à coerência, varia de incoerente a medianamente coerente dependendo dos teores de cimento ferruginoso que está presente na rocha (GASPARETTO e SOUZA, 2003).

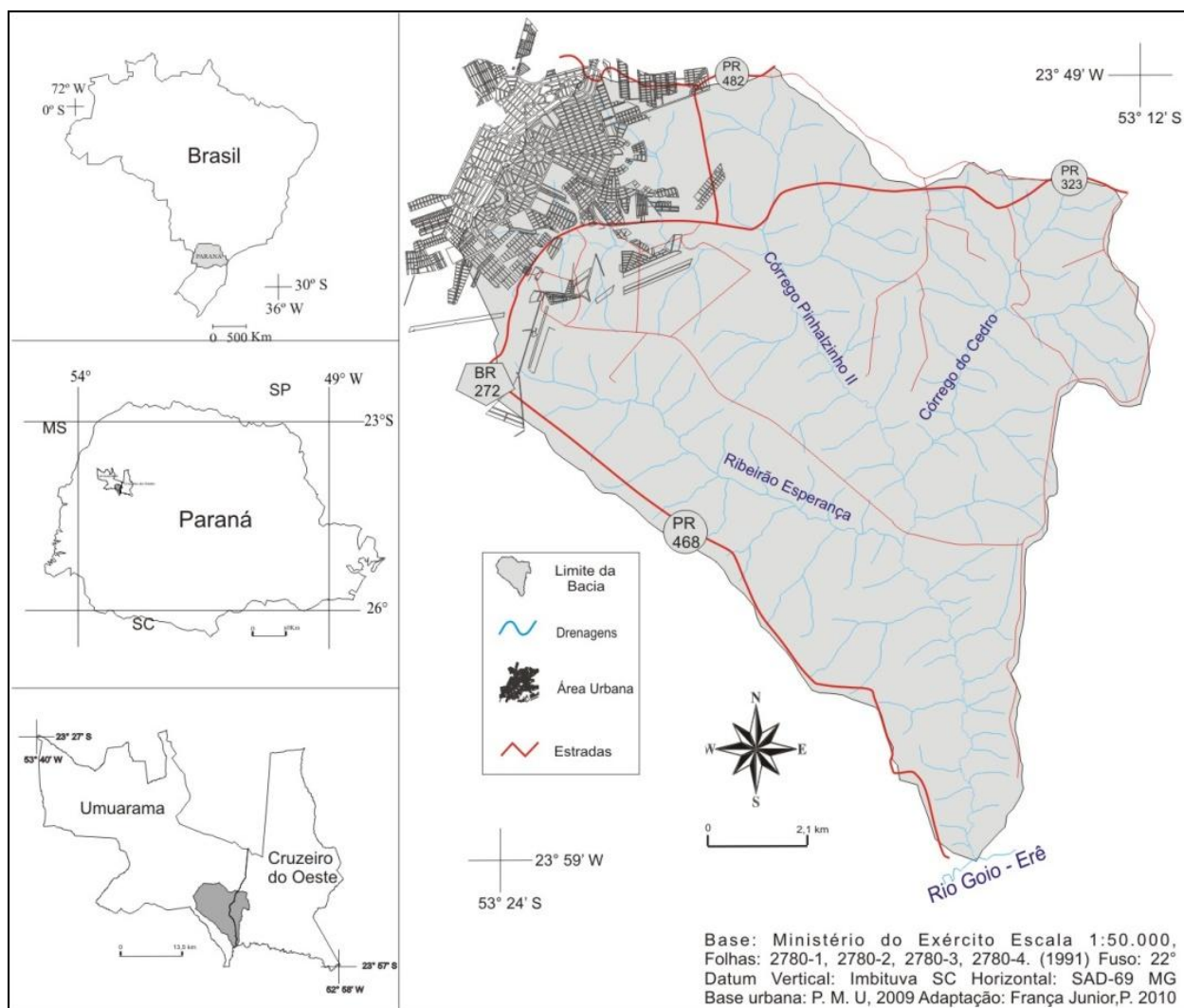


Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Umuarama /PR

Depósitos recentes de origem fluvial ocorrem junto às margens das principais drenagens da bacia na forma de pequenos terraços com dimensões e espessuras variadas, às vezes situadas acima das planícies de inundação atual. Esses depósitos, geralmente, encontram-se dissecados o que favorece a observação direta da interface deste, com a Formação Caiuá, denunciando o caráter discordante entre ambos.

Nas drenagens menores é comum encontrar pequenos depósitos de materiais inconsolidados, formados por uma mistura de seixos, areias, silte e argila de cor variada, geralmente em tons claros. Na maior parte das vezes esses materiais são provenientes diretamente do Arenito Caiuá e dos materiais colúvio-aluvionares, existentes ao longo das vertentes.

2.3. Solos

Os solos encontrados na região em sua maior abrangência são originados da alteração das rochas sedimentares da Formação Caiuá. A essa formação geológica está associada a uma cobertura pedológica caracterizada por solos de textura média e arenosa, apresentando valores superiores a 70% de areia em sua composição, sendo extremamente friáveis desenvolvendo diversas formas de erosão. Esse material derivado do arenito sotoposto origina de modo geral, os seguintes tipos de solos na área de estudo: Latossolos Vermelhos com alto teor de laterização, nas áreas de topos aplainados; Argissolos Vermelhos nas vertentes mais dissecadas e Neossolos Quartzarênicos onde a maior resistência à alteração das rochas aliada as maiores declividades dificultou a pedogênese (EMBRAPA, 1999; GASPARETTO, 1999; NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003).

Os Latossolos Vermelhos compreendem os solos com sequências de horizontes A ou Ap, Bw₁, Bw₂ e C, com transição difusa. O horizonte A apresenta, frequentemente, textura areno-franca a franco-arenosa, com teores de argila variando de 5% a 15% e areia fina entre 30% e 75%, espessura entre 10 e 60 cm. O horizonte B é espesso e apresenta textura franco-arenosa a franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1999; SNLCS, 1979).

Os Argissolos Vermelhos são solos que apresentam espessuras de 150 cm a 250 cm e uma sequência de horizontes A ou Ap, E, Bt e C. Os argilossolos são solos com horizonte B textural e argila de atividade baixa, classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo. Os argissolos desenvolvem-se a partir de materiais sedimentares da Formação Caiuá e predominam nas áreas de relevo mais movimentado, principalmente nos setores de média até a baixa vertente da bacia. A principal característica é a presença de maior quantidade de argila no horizonte Bt. Devido ao fato do horizonte A ser mais arenoso do que o horizonte Bt, ocorre diferença significativa de infiltração, favorecendo para que os argissolos apresentem riscos de fragilidade frente aos processos erosivos (EMBRAPA, 1999; SNLCS, 1979).

No terço inferior das vertentes geralmente ocorre os Neossolos Quartzarênicos com textura essencialmente arenosa e baixos teores de matéria orgânica. Na área de estudo são constituídos predominantemente por quartzo, tendo nas frações areia média e areia fina 95 % ou mais desse mineral, calcedônia, opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis. Apresentam sequência de horizontes A–C. Apresentam textura arenosa ou areno-franca, com o horizonte A espesso podendo ser superior a 100 cm. São encontrados

geralmente no sopé e nas baixas vertentes. Possuem a característica de se desenvolverem principalmente sobre rochas profundamente intemperizadas (EMBRAPA, 1999).

2.4. Relevo

A bacia do córrego Pinhalzinho II situa-se na morfo-estrutura da bacia Sedimentar do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968), compartimentado em várias sub-unidades, denominadas de planaltos, que possuem características próprias de litologia e relevo. Entre estas se destaca o Planalto de Umuarama, onde está inserida a área de estudo, com características peculiares formado pelas rochas do Arenito Caiuá o qual foi classificado como uma região homogênea na nova classificação proposto por Santos et al. (2006).

Essa região apresenta relevo suave pouco ondulado, com vertentes predominantemente convexas. Associadas a essas formas desenvolvem-se colinas alongadas com topos arredondados, planos ou convexos pouco marcados (NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003; GASPARETTO 1999). Próximo as principais drenagens ocorre uma ruptura côncava podendo se desenvolver pequenos terraços de origem fluvial em cotas mais elevadas do que a planície de inundação atual.

2.5. Hidrografia

O município de Umuarama localiza-se sobre o interflúvio entre os rios Ivaí ao sul e Piquirí ao norte, ambos deságuam no rio Paraná. Na cidade de Umuarama encontram-se as cabeceiras de drenagens de vários ribeirões e córregos destacando-se: o Vermelho que nasce no fundo do seminário Bom Pastor e deságua no rio Xambrê, o córrego Pinhalzinho II tem sua nascente no bosque do Índio e deságua no Goioerê, o do Veado que nasce na farinheira Companhia Lorenz e deságua no rio Paraná e o Piava que abastece a cidade de Umuarama e deságua no rio Anta, já na bacia do rio Ivaí.

A bacia do córrego Pinhalzinho II faz parte da bacia do rio Goioerê sendo este um tributário do rio Piquirí. A extensão do canal do córrego Pinhalzinho II, é aproximadamente de 27,8 Km, classificado de acordo com a metodologia de Strahler (1952), como canal de 5ª ordem, apresentando regime hídrico constante no decorrer do ano. Em geral, nessa região a rede de drenagem é controlada por fatores tectônicos estruturais evidenciados por meio de padrões subparalelos e retangulares (MURATORI, 1996).

2.6. Cobertura Vegetal

A região Noroeste do Paraná é caracterizada principalmente pela Floresta Estacional Semidecidual Submontana. De acordo com Silva (2004) esse tipo de vegetação é constituído por elementos arbóreos que podem atingir 30 a 40 metros de altura. Os troncos das árvores emergentes são grossos e compridos, sendo que parte destas perde totalmente suas folhas durante o inverno, quando se torna visível um segundo estrato arbóreo muito denso sob o qual se desenvolve arvoretas e poucas ervas de folhas largas, inclusive muitas pteridófitas.

Segundo Veloso (1992) este tipo de vegetação está associado a condições climáticas que predominam nessa região, ou seja, variação de períodos chuvosos com temperaturas elevadas, intercaladas com períodos de estiagens com temperaturas mais amenas. Esta formação ocorre geralmente nos planaltos centrais capeados pelos arenitos da Formação Caiuá.

Atualmente, a cobertura vegetal da área é caracterizada principalmente, por pastagens e policulturas temporárias (milho, soja), permanente (café), semipermanente (cana-de-açúcar) e secundariamente por áreas de florestas e mata ciliar. Algumas áreas de reflorestamento, sobretudo com *Eucalyptus spp* e *Grevillea robusta*, aparecem na região.

2.7. Clima

O clima da região segundo a classificação de Maack (2002) é considerado área de transição entre o clima tropical e subtropical úmido mesotérmico. Situa-se na zona pluvial tropical quente apresentando clima chuvoso, com tendências de concentrações das chuvas nos meses de verão sem estação seca definida.

Para caracterizar as particularidades climáticas da área de estudo foi selecionada a estação meteorológica mais próxima (Umuarama), obtendo-se dados referentes à temperatura e precipitação – série histórica mensal entre os anos de 1974 a 2008. A temperatura mínima variou entre 13,8 °C a 21,2 °C, os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram as menores temperaturas oscilando entre 13,8°C a 15,3 °C.

Nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março ocorrem as temperaturas mais elevadas com temperatura máxima mensais em torno de 30,0 °C, correspondendo ao período de verão. Nesse período as temperaturas variam 23,8 °C e 30,6 °C. (Fig. 2).

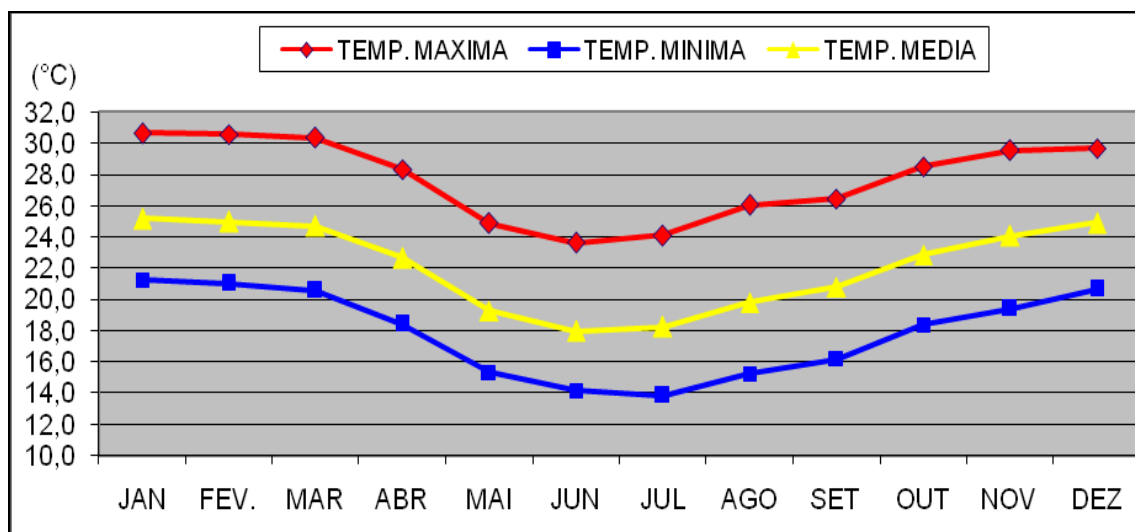


Figura 2 - Gráfico de temperatura – série histórica 1974 – 2008/mensal (°C)
Fonte: IAPAR 2008/2009

De acordo com a média das precipitações pluviométricas mensais (Fig. 3), obtidas no período entre 1974 a 2008, foi possível verificar que os maiores índices de precipitação, ocorrem nos meses de outubro, dezembro e janeiro. A precipitação média variou entre 175,1 mm a 178,6 mm, enquanto que no período mais seco que se concentra nos meses de julho e agosto a precipitação média variou entre 66,1 a 73,3 mm.

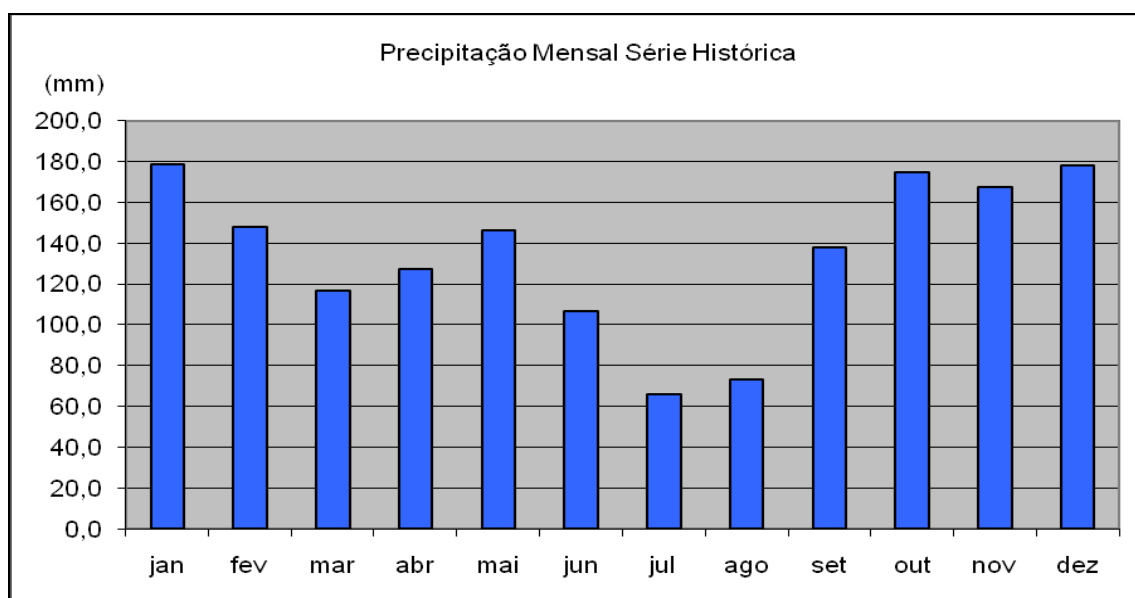


Figura 3 - Gráfico de precipitação – série histórica 1974-2008/ mensal (mm)
Fonte: IAPAR 2008/2009

2.8. Histórico de Ocupação do Município de Umuarama

As terras onde a bacia do córrego Pinhalzinho II se localiza foram adquiridas por um grande grupo econômico inglês em 1924, quando o técnico em agricultura e reflorestamento Lord Lovat chegou ao norte do Paraná.

As dificuldades consequentes da Guerra em 1944 levaram os ingleses a venderem as terras paranaenses a um grupo de empreendedores brasileiros, formados por Gastão Vidigal, Cássio Vidigal, Gastão de Mesquita Filho, Fábio Prado, Silvio Bueno Vidigal e Arthur Tomaz. Este último antigo gerente da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná.

O traçado da cidade de Umuarama foi idealizado por projetistas ingleses e implantado pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP, 1975), sob a supervisão dos engenheiros Wladimir Blabkov e Manuel Mendes Mesquita.

De acordo com Alonso (1993) o processo de povoamento e ocupação do município de Umuarama começou em 1955. A Companhia Melhoramentos Norte do Paraná percebendo a intenção dos governos federal e estadual na colonização e desenvolvimento da região comprou e loteou as terras apesar da dificuldade, pois a região era marcada por muitos posseiros e conflitos.

A companhia alcançou a região denominada de “Cruzeiro”, onde se processou a colonização de uma área de 30 mil alqueires de propriedade de terceiros, entregue à companhia para a colonização da Gleba Cruzeiro, surgiu assim a cidade de Umuarama. A fundação de Umuarama está ligada à inauguração dos primeiros escritórios dessa companhia, em 26 de junho de 1955 quando foi instalada a prefeitura da cidade recém fundada. O nome de Umuarama tem origem da língua Xetá, tribo Tupi-guarani e significa “lugar onde os amigos se reúnem”.

Os registros históricos mais antigos apontam que na década de 1950 Umuarama, ainda patrimônio de Cruzeiro do Oeste, era um povoado de 5.829 habitantes (IBGE 1970). No início de 2009, segundo IBGE (2009) Umuarama passou a ter 99.606 habitantes.

Todos vinham atraídos pela famosa “Terra Roxa”, isto é, Latossolos Vermelhos que produzia muito bem o café, mas se depararam com um solo arenoso e muito pobre em nutrientes, que em poucos anos sem a devida correção se tornava inviável ao cultivo.

Devido à exploração da terra de modo inadequado e o desmatamento da região, o noroeste paranaense é uma das mesorregiões mais degradadas ambientalmente, com apenas 4,1% da cobertura florestal original preservada (IPARDES, 2004).

Segundo IPARDES (2004), a região Noroeste do Paraná foi a que apresentou maior dificuldade para transitar da crise cafeeira (1960/1970) para o novo padrão da atividade agrícola. Essa dificuldade pode estar relacionada às limitações do uso do solo, devido à ocorrência das rochas pertencentes à Formação Caiuá o que inviabilizou a expansão mais acentuada de culturas anuais.

Entre as décadas de 1960 e 1970, com o declínio da cultura do café os agricultores começaram a mudar para cidade a procura de emprego e melhores condições de vida. O movimento migratório do campo para as cidades ganha força em meados dos 1970 e início dos anos 1980, na região que se especializara na produção de grãos de café para a exportação. Nessa década a região foi atingida por fortes geadas e pragas, pequenas propriedades foram adquiridas por latifundiários formando as primeiras grandes fazendas, visando o cultivo de lavouras e da pecuária. Nessa época a pecuária toma conta da economia local formando o maior rebanho bovino do Paraná.

A partir da década de 1990 a economia da região torna-se variável, na agricultura começa a produção do “bicho da seda” (*Bombyx mori*) e à volta do cultivo do café, mas com menos intensidade. Também tem o início o plantio da soja, estimulados por programas governamentais, porém mesmo com a expansão de algumas culturas agrícolas o município mantém-se forte na pecuária de corte e de leite.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A bacia hidrográfica é uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão (DUNNE e LEOPOLD, 1978). Dentro da bacia hidrográfica podem existir várias sub-bacias. Todos os componentes das bacias hidrográficas encontram-se interligados e os cursos d'água são os veículos dessa integração. Portanto, fica fácil entender por que alguma ação localizada, efetuada em algum setor da bacia pode ser sentida a quilômetros de distância.

Para Rocha (1991) espacialmente a bacia hidrográfica corresponde a um território nos quais os escoamentos superficiais drenam até um ponto específico, área ou acidente geográfico. Esse espaço por sua vez corresponde a um sistema espacial no qual se interrelacionam e interatuam os recursos naturais, os fatores ambientais que os condicionam e o homem que valoriza ou deteriora o espaço por meio de seu complexo sistema sócioeconômico.

A pesquisa em bacias hidrográficas é uma maneira eficiente de gerar informações e tecnologias regionalizadas, além de difundir práticas de manejo de solo e conservar os recursos naturais. Contribui para o desenvolvimento regional, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o meio ambiente, em decorrência do crescimento populacional. Assim, as alterações quantificadas das propriedades físico-químicas da água das drenagens refletem os diferentes usos do solo da bacia (SILVA et al. 2003).

Nos últimos anos tem aumentado os estudos em torno da contaminação dos sistemas hídricos, pois a crescente apropriação dos recursos naturais tem deteriorado a qualidade d'água e com isso tem despertado atenção de diversos setores da sociedade.

A região Noroeste do Paraná reflete os impactos da agricultura e do acelerado processo de ocupação, onde as condições de clima e solo têm acelerado a degradação do meio-físico. Isso acarreta, de certa forma, as erosões hídricas provenientes da retirada da mata e da implantação dos cultivos agrícolas, gerando o transporte de sedimentos e nutrientes para as drenagens. Consequentemente ocorre o empobrecimento dos solos, o assoreamento e poluição do sistema de drenagem tornando-o impróprio ao uso da sociedade (COSTA et al. 1997).

Os problemas ambientais encontrados na bacia do ribeirão Pinhalzinho II, podem estar sendo desencadeados por processos naturais ou derivados de ações antrópicas. Esse fato

justifica a importância da utilização de indicadores ambientais como ferramentas para avaliação da degradação na bacia hidrográfica em estudo.

3.1. Definição de Indicadores Ambientais

Diante do comportamento dos processos erosivos, verifica-se que toda e qualquer modificação no modelado da paisagem é regida pela ação dos componentes naturais e antrópicos. Embora ainda existam limitações para a avaliação precisa dos impactos nos sistemas naturais relativos à intervenção humana.

Os indicadores ambientais compreendem a dinâmica entre os processos naturais e sociais, ou seja, as condições de vida interferem nas condições ambientais de uma determinada área em decorrência da implantação de infraestrutura.

Os indicadores ambientais fazem parte dos geoindicadores que são usados em geociências desde a década de 1970, principalmente voltados para a avaliação de recursos minerais (FABBRI e PATRONO, 1995), sendo dada, nos últimos anos, atenção especial à avaliação de impactos ambientais e riscos geológicos.

Os geoindicadores são caracterizados como indicadores ambientais geológicos e servem como instrumentos para avaliar os efeitos que mudanças rápidas causam ao ambiente e/ou seus habitantes. Fornecem informações de fenômenos naturais que ocorrem na superfície terrestre promovendo alterações ambientais em períodos inferiores há 100 anos ou menos, portanto podem ser usados para avaliações ambientais (BERGER, 1997).

Neimanis e Kerr (1996) definem indicadores ambientais como sendo parâmetros que representam ou resumem aspectos do estado do ambiente e a relação entre as atividades humanas e os recursos naturais.

Berger (2002) considera que os geoindicadores analisam os processos físicos, químicos e abióticos da paisagem e, também, a influência de animais e plantas no intemperismo, na erosão e na deposição, bem como o papel dos microorganismos que intervêm na química da água.

A União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) instituiu em 1992, na Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental (COGEOENVIRONMENT), um grupo de trabalho para elencar indicadores geológicos que representassem rápidas mudanças

ambientais, presidido por A.R.Berger. O resultado foi à elaboração de uma lista com 27 geoindicadores (Tabela 1).

Esses indicadores que podem ser selecionados e adaptados ao objetivo da pesquisa e às mudanças no espaço (REGO NETO, 2003).

Tabela 1. Geoindicadores: influências naturais *versus* influências humanas, modificado de Berger (1997).

Geoindicador	Influência natural	Influência humana
Química e padrões de crescimento dos corais	*	*
Crosta e fissuras na superfície do deserto	*	+
Formação e reativação de dunas	*	+
Magnitude, duração e frequência das tempestades de poeira	*	+
Atividade em solos congelados	*	+
Flutuações das geleiras	*	-
Qualidade da água subterrânea	+	*
Química da água subterrânea na zona não saturada	*	*
Nível da água subterrânea	+	*
Atividade cárstica	*	+
Nível e salinidade dos lagos	*	*
Nível relativo do mar	*	+
Seqüência e composição dos sedimentos	*	*
Sismicidade	*	+
Posição da linha de costa	*	*
Colapso das vertentes (escorregamentos)	*	*
Erosão de solos e sedimentos	*	*
Qualidade do solo	+	*
Fluxo fluvial	*	*
Morfologia dos canais fluviais	*	*
Acumulação e carga de sedimentos nos rios	*	*
Regime da temperatura em subsuperfície	*	+
Deslocamento da superfície	*	+
Qualidade da água superficial	*	*
Atividade vulcânica	*	-
Extensão, estrutura e hidrologia das áreas úmidas	*	*
Erosão eólica	*	+

* muito influenciado (a) por, ou muito útil para; + pode ser influenciado (a) por, ou serve para; - não é importante ou não tem utilidade. A tabela ilustra, de forma geral, os papéis relativos das mudanças naturais e induzidas pelo homem na modificação das paisagens e os sistemas geológicos.

Por ser muito difícil distinguir as mudanças induzidas pela ação antrópica daquelas que podem acontecer pelos processos naturais, essa lista de geoindicadores resume as formas de transformação da paisagem, sejam quais forem suas causas (BERGER, 1996). Essa tabela mostra de forma geral, as atribuições relativas das mudanças naturais e induzidas pelo homem na modificação das paisagens e nos sistemas geológicos.

Portanto, o objetivo dessa lista de geoindicadores é facilitar o monitoramento dos processos geológicos, visando acompanhar as mudanças na qualidade do meio ambiente. Eles estão baseados em métodos e procedimentos de monitoramento usuais em Geologia, Geofísica, Geomorfologia, Hidrologia e outras Ciências da Terra.

De acordo com Canil (2006), as bacias hidrográficas ocupadas por área urbana, exibem indicadores específicos que atuam nos processos geomorfológicos. Esses indicadores representam as intervenções realizadas nesse espaço, desde a retirada da cobertura vegetal, exposição do material das vertentes, execução de cortes e aterros para construção de conjuntos habitacionais, obras de infra-estrutura urbana que inclui abertura de avenidas e canalização de córregos.

3.2. Indicadores e sua aplicação em pesquisas ambientais

Um dos principais desafios das sociedades contemporâneas é encontrar soluções práticas para os diversos problemas ambientais do planeta. Diante do desenvolvimento tecnológico, industrial e econômico pouca importância tem sido dada ao aprimoramento das tecnologias de recuperação e melhor aproveitamento dos recursos naturais, tornando-se cada vez mais problemática essa questão (MANOSO, 2005).

Por isso os indicadores ambientais estão sendo muito utilizados, uma vez que foram idealizados para avaliar o estado atual do meio natural, documentar tendências, advertir sobre mudanças, avaliar custos e diagnosticar causas e efeitos.

As causas responsáveis pelas mudanças na paisagem e nos processos naturais que podem desencadear processos de degradação ambiental dependem do ambiente em estudo. Portanto, a escolha dos geoindicadores varia de acordo com os interesses específicos do estudo em desenvolvimento e também em razão das características do ambiente avaliado e da dinâmica de seus processos.

Segundo Berger (1997) os geoindicadores devem contribuir na resposta sobre:

- O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências);

- Por que está acontecendo? (causas, humanas e/ou naturais);

São diversas informações utilizadas na montagem dos geoindicadores, por isso torna-se necessário possuir um modelo conceitual que possibilite estruturar a informação ambiental tornando-a mais compreensível e de fácil acesso (COSTA et al. 2007).

De acordo com Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD - 1994) o modelo Pressão-Estado-Resposta (P-E-R) é utilizado mundialmente, podendo ser aplicado em diferentes escalas e condições espaciais. Esse modelo foi elaborado pela OECD baseado em experiências desenvolvidas no Canadá. Os indicadores procuram representar as seguintes características do sistema ambiental:

- **Indicadores de Pressão:** indicam perturbações de origem antrópica surgidas no sistema e que têm o potencial de alterar seu estado atual.
- **Indicadores de Estado:** representam a organização do sistema ambiental, identificando sua tendência de estabilidade ou instabilidade.
- **Indicadores de Resposta:** refletem reações do subsistema socioeconômico, frente às perturbações por ele introduzidas, na tentativa de manter a estabilidade do sistema ou de se ajustar às novas condições impostas a fim de atingir um novo estado estável.

Esse modelo, embora pareça de fácil aplicação, possui relações complexas, pois, em muitos casos, não é possível conhecer os processos exatos pelos quais as relações são estabelecidas. O meio ambiente não é um receptor passivo das influências humanas, por isso, não se pode utilizar esse modelo com uma visão mecanicista. Portanto, os indicadores de P-E-R podem determinar recursos aconselháveis de ações.

Esse conjunto “Pressão-Estado-Resposta” trabalha com uma relação de causa e efeito entre pressões do ambiente e seus reflexos que chegam em forma de respostas (CENDRERO, 2002). Esse modelo será aplicado na bacia em estudo levando em consideração a particularidade de cada indicador, objetivando proporcionar uma análise e avaliação integrada de diferentes ocupações do solo na qualidade ambiental do sistema hídrico da bacia do córrego Pinhalzinho II.

De acordo com Briguenti (2005) este modelo teórico-metodológico fundamenta-se no conceito de causalidade, segundo o qual, as atividades humanas exercem ações (pressão) sobre o meio ambiente, alterando sua quantidade e qualidade de recursos naturais (estado). A

sociedade responde a essas mudanças a partir de políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta).

Segundo Hammond et al. (1995), os indicadores devem fornecer informação quantitativa, de forma simples e rapidamente compreensível, sendo resultado da aplicação de um modelo ou conjunto de considerações que relacionam o indicador a fenômenos mais complexos. Os autores apontam como principais características dos indicadores a possibilidade de quantificar e simplificar a informação.

Para a elaboração de indicadores, um conjunto de observações, dados e conhecimentos devem ser sistematicamente ordenados e condensados em informação chave. Os indicadores são agrupados para formar um sistema que serve como base para a avaliação do estado vigente e do desenvolvimento do sistema analisado. Em comparação com um sistema de relatório ambiental, os indicadores ambientais são caracterizados por um maior nível de agregação (Walz, 2000).

Zuquette et al. (2004) desenvolveram um trabalho para avaliação de degradação do solo no ambiente costeiro. Nessa pesquisa foi avaliada a degradação do solo em áreas de drenagem na região de Fortaleza (CE), originada principalmente por agricultura, urbanização, ocupação industrial e mineração. Esse estudo relacionou todos os dados com hidrologia, geomorfologia, clima e componentes geológicos, vegetação, qualidade de água, e padrão de uso do solo.

Para McCall (1996) salienta que a grande concentração de pessoas no ambiente urbano faz do mesmo alvo da maior parte da degradação ambiental, com processos que se estendem aos ambientes externos. O autor apresenta uma proposta de geoindicadores para monitoramento ambiental de áreas urbanas, descrevendo: o problema, o processo que deve ser avaliado, o indicador e a ferramenta utilizada para tal avaliação.

Todos esses trabalhos contribuíram de forma significativa para melhor compreensão da degradação que vem ocorrendo na área de estudo. O crescimento da população urbana tem causado importantes alterações ambientais sendo que as mudanças mais notáveis no meio físico das bacias em estudo se referem às alterações hidrológicas, geomorfológicas, na cobertura vegetal e na qualidade de água, problemas estes identificados na bacia do córrego Pinhalzinho II.

3.3. Padrões de potabilidade segundo Resolução do CONAMA 357/2005

O ecossistema aquático é extremamente susceptível a poluições e contaminações resultantes das atividades humanas. A inconsequência do uso abusivo da água se reflete no desperdício cada vez maior dessa importante fonte de sobrevivência. A expansão demasiada de periferias metropolitanas e das indústrias sem o tratamento adequado de seus dejetos, indica que esse problema tende a se agravar.

Segundo Gastaldini e Mendonça (2001), os padrões de potabilidade para água são valores estabelecidos cientificamente que associam concentrações ou níveis de determinados parâmetros e efeitos no ambiente e na saúde. Padrões são valores limites estabelecidos por lei para serem atendidos num determinado corpo hídrico destinado a um uso específico. Para o estabelecimento dos padrões de qualidade utilizam-se valores determinados pelos critérios. Os padrões de qualidade da água podem ser classificados em: padrão de qualidade da água para determinado uso como abastecimento doméstico, padrão de qualidade do corpo receptor e padrão de lançamento no corpo receptor.

A resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas doces segundo seus usos preponderantes. Os cursos de água devem ter o seu uso prioritário definido por legislação e o enquadramento das águas estaduais é de responsabilidade dos órgãos estaduais. Assim, os padrões de qualidade da água apresentam parâmetros fundamentais à preservação do uso do corpo de água.

De acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, as águas classificadas como especiais somente poderão ser utilizadas para consumo humano após desinfecção das mesmas e, se destinarem à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação integral.

Neste trabalho foram analisados alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos nas drenagens da bacia do córrego Pinhalzinho II e suas concentrações foram comparadas com os valores máximos admitidos para a classe II de corpos de água pelo CONAMA 357/2005 (Quadro 1).

As águas de classe I são destinadas à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas, além dos demais usos. Para águas doces de classe II, foi permitido que as mesmas pudessem ser utilizadas para irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais as pessoas passam vir a ter contato. As águas de classe III podem ser destinadas também à pesca amadora e a recreação de contato secundário. As águas doces de classe IV são apenas destinadas à navegação e a harmonia paisagística.

Quadro 1 - Valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/2005 para águas de classe II. Modificada.

Parâmetros	Valor Máximo
Arsênio Total	0,01mg/L As
Cádmio Total	0,001 mg/L Cd
Chumbo Total	0,01 mg/L Pb
Cobre Dissolvido	0,009 mg/L Cr
Cromo Total	0,05 mg/L Cu
Ferro Dissolvido	0,3 mg/L Fe
Manganês Total	0,1 mg/L Mn
Níquel Total	0,025 mg/L Ni
Selênio Total	0,01 mg/L Se
Zinco Total	0,18 mg/L Zn
pH	Deve estar entre os valores 6,0 a 9,0
Turbidez	Até 100 UNT
DBO	5 dias a 20 °C até 5 mg/L O ₂
OD	Em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O ₂ ;
Coliformes termotolerantes	> 1000 termotolerantes por 100 mililitros 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

3.4. Descrição dos valores-guias de qualidade de sedimentos – VGQS

A definição dos VGQS foi utilizada nesse trabalho para termos de comparação de metais pesados em sedimentos existentes no Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (ENVIRONMENT CANADA, 1995). Esse protocolo estabelece critérios para a avaliação da qualidade de sedimentos em termos químicos e biológicos para a América do Norte.

Os valores – guia do Canadá são baseados em um banco de dados químicos e biológicos obtidos na América do Norte e elaborados sob patrocínio do Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME), o qual originou o Protocolo de Derivação dos

Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (ENVIROMENT CANADA, 1995). A elaboração desse protocolo teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade dos sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas aos mesmos para os organismos aquáticos. A experiência canadense também já foi incorporada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) na avaliação da contaminação das águas paulistas desde 2002, conforme o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 2005).

O Protocolo Canadense estabelece dois valores-guia: o TEL (*Threshold Effect Level*) e o PEL (*Probable Effect Level*) (Tabela). Esses valores-guia são baseados nas concentrações totais e na probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios na biota em decorrência da sua exposição a esses níveis de concentração.

Tabela 2. Valores-guia estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of Environment” TEL e PEL para sedimentos.

Metais	TEL (mg/kg) ^a	PEL (mg/kg) ^b
Arsênio	5,90	17,0
Cádmio	0,60	3,50
Chumbo	35,0	91,30
Cobre	35,7	197,0
Cromo	37,3	90,0
Níquel	18,0	35,9
Zinco	123,0	315,0

a → TEL “Threshold Effect Level”, ou seja, concentrações abaixo desse valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos.

b → PEL “Probable Effect Level”, ou seja, concentrações acima desse valor são frequentemente associadas a efeitos biológicos adversos.

O menor limite (TEL) representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos. O maior limite (PEL), por outro lado, representa a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde ocasionalmente espera-se a ocorrência de tais efeitos (SILVÉRIO, 2003).

A aplicação desses valores-guia no presente trabalho teve caráter meramente orientativo na busca de evidências da presença de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos deletérios, sobretudo, com relação à toxicidade para a biota, mas não como critério de corte de qualidade dos sedimentos.

3.5. Fontes de metais potencialmente tóxicos em ambiente aquático

Os metais potencialmente tóxicos em corpos hídricos provêm de diversas fontes, podendo ser de origem natural ou antrópica, ou seja, dependem das características geológicas e ecológicas das bacias de drenagem e, principalmente do tipo de atividade humana presente.

Quando proveniente das rochas, normalmente se apresentam em concentrações baixas, quando lançados ao meio ambiente, como resíduos industriais e de escoamento dos solos urbanos, ocorrem em concentrações mais elevadas, podendo gerar efeitos nocivos aos organismos vivos, isto é, ser absorvidos pelos tecidos animais e vegetais contaminando assim os ecossistemas terrestres e aquáticos.

Os principais poluentes no sistema aquático são provenientes dos resíduos gerados pelas atividades industriais, tais como, indústrias de tintas e pigmentos, galvanoplastias, lavanderias e indústrias de petróleo, entre outras.

É importante ressaltar a existência dos seguintes tipos de fontes de poluição (TUCCI, 1998): atmosféricas, pontuais, difusas e mistas.

As cargas pontuais são introduzidas a partir de pontos de lançamentos, facilitando a identificação e, portanto, seu controle é mais eficiente e mais rápido. Como exemplos de cargas pontuais citam-se sumidouros de esgotos domésticos, comuns em comunidades rurais, aterros sanitários, vazamentos de depósitos de produtos químicos, vazamentos de dutos transportadores de esgotos domésticos ou produtos químicos (MIERZWA, 2001).

Já as cargas difusas são caracterizadas por não terem um ponto de lançamento específico ou por não advirem de um ponto preciso de geração, tornando-se assim de difícil controle e identificação. Exemplos de cargas difusas são a infiltração de agrotóxicos no solo, provenientes de campos agrícolas, a introdução de nutrientes em córregos e rios a partir da drenagem urbana (MIERZWA, 2001).

Cada uma das fontes de poluição citadas determinam certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, que é mensurado a partir da análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos sistemas hídricos.

3.6. A importância da determinação de metais potencialmente tóxicos nos sedimentos

A introdução de poluentes nos cursos d'água tem alterado a qualidade da água, podendo causar efeitos crônicos tanto às comunidades aquáticas como à saúde humana.

A presença de poluentes é preocupante, pois a água pode ser utilizada de várias formas, ou seja, serve como fontes de lazer, dessedentação de animais, irrigação e para o uso das pessoas que moram próximas aos canais hídricos. Por isso é de fundamental importância o estudo de metais pesados na coluna d'água.

Geralmente os metais potencialmente tóxicos são elementos reativos e persistentes, isto é, entrando no sistema hídrico podem reagir com o material suspenso, com a matéria orgânica dissolvida e outros compostos onde acabam sendo depositados nos sedimentos.

Nos últimos anos tem aumentado a investigação sobre os metais presentes nos sedimentos, pois além de fornecer *habitat* para muitos organismos aquáticos, serve como fonte e depósito de materiais orgânicos e inorgânicos.

Segundo Baird (2002), os sedimentos são depósitos de partículas minerais e orgânicas, finamente granuladas que se encontram em contato com a parte inferior dos corpos d'água natural, como lagos, rios e oceanos. Sua origem está associada ao intemperismo e erosão de rochas e solos dos setores mais altos da área de drenagem.

De acordo com Esteves (1998), os materiais sedimentares são resultantes da interação entre os processos que ocorrem no ecossistema aquático. São considerados de grande importância ambiental, em razão do acúmulo de produtos químicos, especialmente metais pesados e compostos orgânicos, como pesticidas. Esses depósitos podem conter produtos tóxicos e ser transferidos para os organismos que habitam o meio. Nesse meio ocorrem processos biológicos, físico-químicos influenciando no metabolismo de todo o sistema aquático.

Os sedimentos são reconhecidos como transportadores e possíveis fontes de contaminação dos sistemas aquáticos, liberando compostos contaminantes, em razão das

trocas ambientais devido à variação do pH e da ação de bactérias do sistema. Afetam, assim, a qualidade da água, originam bioacumulação e transferência na cadeia trófica. Além disso, os contaminantes do sedimento podem degradar-se ou reagir com outros, dando formas solúveis ou potencialmente mais tóxicas (LIMA, 2001).

Nota-se que a característica fundamental dos metais pesados é que são termodinamicamente instáveis, ou seja, os metais não são naturalmente degradados, nem mesmo permanentemente fixados pelos sedimentos, podendo assim, serem redistribuídos na coluna d'água a partir de alterações do meio.

Segundo Pereira et al. (2007), os sedimentos têm uma alta capacidade de reter espécies químicas orgânicas e inorgânicas, e menos de 1 % das substâncias que atingem um sistema aquático são dissolvidas em água, portanto, mais de 99 % são estocadas no sedimento.

Portanto, tudo que esteve em algum momento no corpo hídrico migra para o sedimento ficando acumulado, atuando como um testemunho do que ocorreu na drenagem. Sua contaminação gera consequências negativas não apenas à biota aquática, mas também à saúde humana, daí a grande importância de sua análise.

4. METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada em cinco etapas: 1) levantamento de dados; 2) definições teórico-metodológicas; 3) trabalho de campo; 4) parte experimental de laboratório; 5) redação e interpretação dos resultados.

Durante o estudo algumas variáveis físicas, químicas e biológicas da água foram quantificadas: (Turbidez (NTU), Carga Suspensa Total (CST), Temperatura Ambiente e da Água (°C), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Coliformes Fecais Totais, Metais Pesados da Água e Sedimentos (Cu, Fe, Mn, Ni, Cr, Pb, Cd, As, Se, Zn).

4.1. Atividades de Gabinete

4.1.1. Localização dos pontos de coleta

Para delimitar a área de estudo elaborou-se um mapa base utilizando cartas topográficas (2780-1, 2780-3, 2780-4) da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército) na escala 1/50.000 (1991) de Umuarama com o uso do aplicativo SPPRING 4.2 e COREL DRAW X3. Para localização dos pontos de coletas utilizou-se o GPS (Garmin, Etrex Visa). Com base nessas informações foi elaborado o mapa com os pontos de coleta (Fig. 4).

Foram escolhidos quatro pontos de coletas localizados ao longo da bacia do córrego Pinhalzinho II e em dois afluentes, córregos do Cedro e Esperança.

O ponto 1, localizado próximo à cabeceira de drenagem do córrego Pinhalzinho II, está sob influência da área urbana. Nesse ponto o córrego foi retificado, na tentativa de melhorar o fluxo hídrico durante os períodos de cheias. Apresenta canal com 5 m de largura e cerca de 30 cm de lâmina d'água (Fig.5).

O ponto 2 está situado no córrego Cedro, em área rural sob pastagem e cultivo de milho. A seção do canal apresenta cerca de 4m de largura com lâmina d'água em torno de 40 cm de profundidade (Fig. 6). Próximo à confluência do ribeirão Esperança com o córrego Pinhalzinho II encontra-se o ponto 3, também na área rural, predominando nessa subbacia pastagem e cultivo de cana-de-açúcar. Nesse ponto a seção do canal apresenta 4 m de largura e 100 cm de lâmina d'água (Fig. 7).

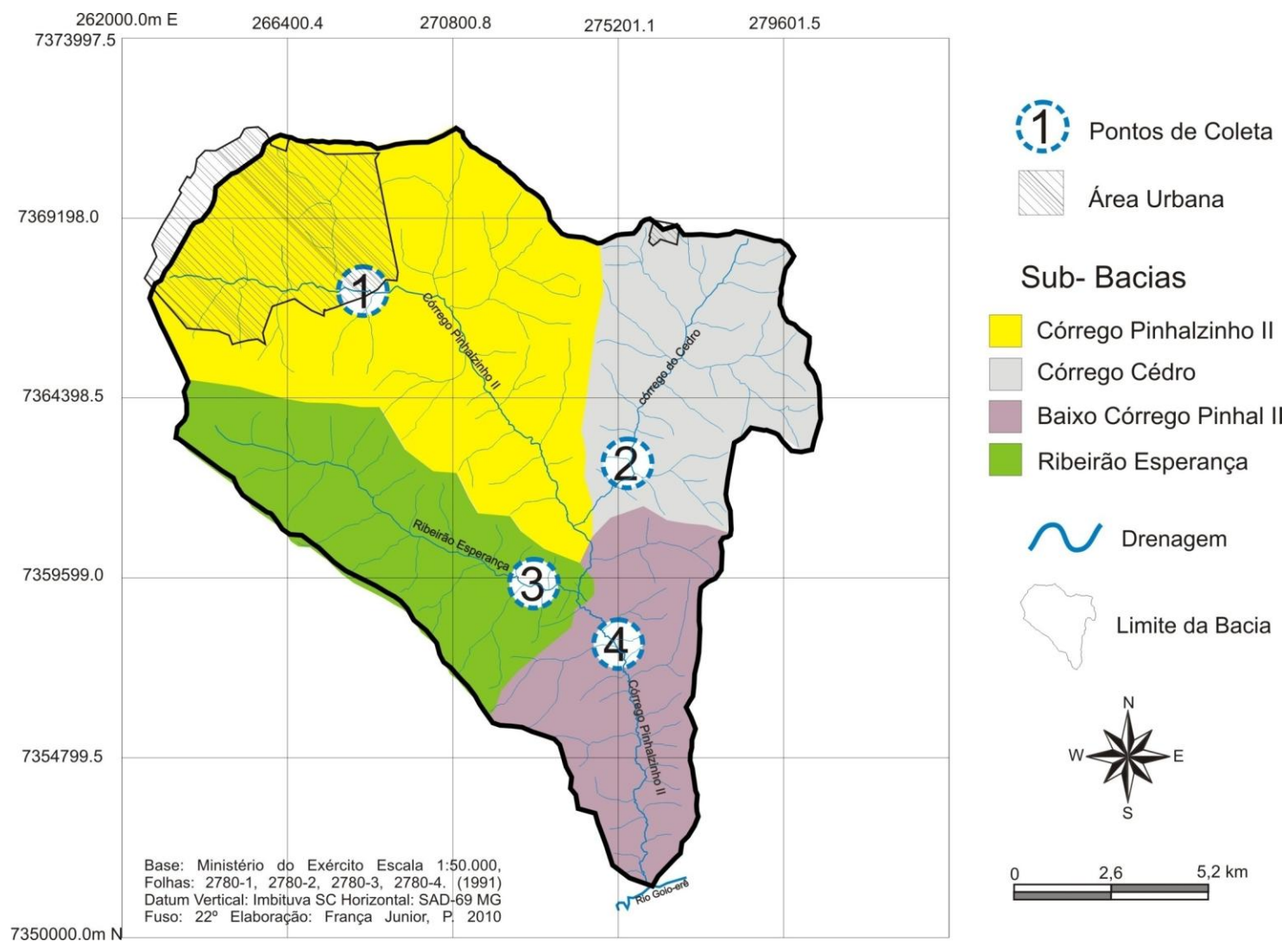


Figura 4 - Localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do córrego Pinhalzinho II



Figura 5 - Coleta de amostras no Córrego Pinhalzinho II (Ponto 1)



Figura 6 - Amostra sendo coletada no córrego Cedro (Ponto 2)



Figura 7 - Ribeirão Esperança (Ponto 3), onde foram coletadas as amostras.



Figura 8 - Córrego Pinhalzinho II (Ponto 4)

O ponto 4 também está situado no córrego Pinhalzinho II, porém após a confluência do córrego do Cedro e do ribeirão Esperança. A seção do canal desse local varia em torno de 10m e a profundidade varia entre 1 a 2 m conforme o período de chuvas (Fig.8). Esse ponto é importante porque recebe influência tanto do ribeirão Esperança quanto do córrego Cedro.

Esses pontos foram escolhidos em razão de representar as diversas atividades desenvolvidas na bacia do córrego Pinhalzinho II.

4.1.2. Indicadores Ambientais Utilizados na Pesquisa

Diante do comportamento da degradação ambiental, verifica-se que toda e qualquer modificação no modelado da paisagem é regida pela ação dos componentes naturais e antrópicos.

Tendo em vista que o termo geoindicadores aplica-se especificamente aos processos de natureza física/abiótica, excluindo-se, portanto, aqueles processos gerados pelas ações antropogênicas, mas que também causam alterações do meio físico, optou-se nesse trabalho pela adoção da terminologia indicadores ambientais. Essa terminologia fundamenta-se no conceito de geoindicadores de Berger (1996), na tentativa de mostrar, a partir de uma avaliação integrada, as mudanças naturais e induzidas pelo homem na alteração do meio físico.

Os indicadores utilizados nessa pesquisa foram adaptados ao modelo Pressão-Estado-Resposta, proposto pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 1994) (Fig. 9).

As pressões sobre o ambiente, nesse modelo, são reduzidas àquelas devidas às atividades humanas, desconsiderando aquelas causadas por ação da natureza. No entanto, sabe-se que os eventos naturais também podem causar impacto ambiental, sendo fontes de pressão. Nessa pesquisa buscou-se a avaliação dos fatores antrópicos na modificação da paisagem que tem refletido na qualidade hídrica da bacia do córrego Pinhalzinho II.

Os indicadores ambientais, portanto, podem orientar o gerenciamento de variáveis a ser identificadas, tornando-se ferramentas importantes na compreensão de causas das mudanças naturais e antrópicas nos sistemas de análise em questão.

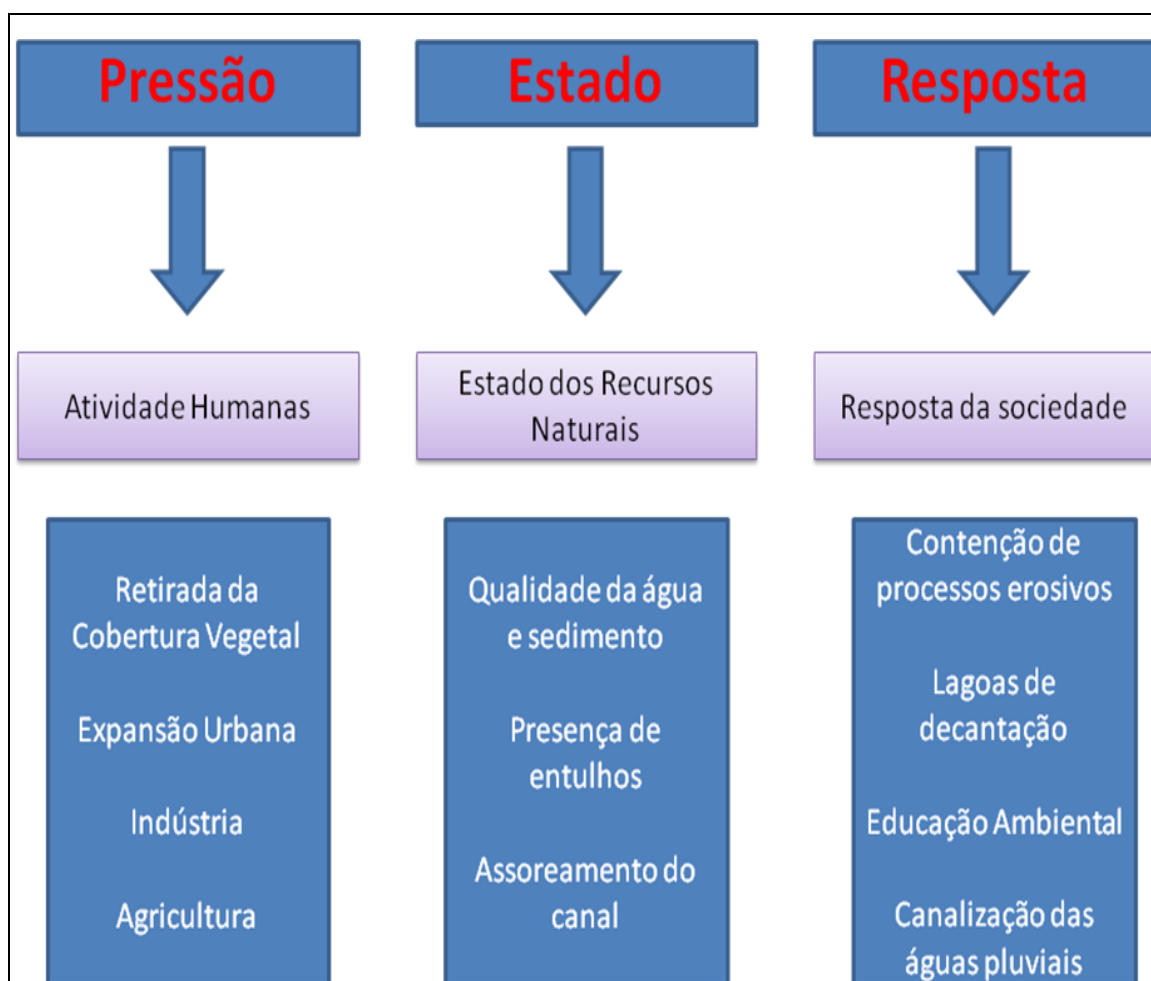


Figura 9 - Modelo de Estado – Pressão – Resposta adaptado de OECD (1994)

4.2. Atividade de Campo

O trabalho de campo permitiu a identificação das principais fontes poluidoras da bacia hidrográfica. Foram determinados os pontos de coleta de amostras para determinar a concentração da carga suspensa em transporte e metais pesados da água decorrentes dos diferentes usos, além da área de abrangência de cobertura vegetal existente na bacia.

Foram coletadas amostras no período de 1 ano (2008 a 2009), durante as estações (primavera, verão, outono e inverno), ou seja, as coletas foram sazonais permitindo verificar as mudanças químicas no comportamento da água e dos sedimentos durante as diferentes estações do ano. As coletas foram realizadas sempre no período da manhã.

As variáveis analisadas no campo foram: Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Temperatura e Potencial Hidrogeniônico (pH), foram realizadas *in loco* sendo

mensuradas a partir de analisador digital portátil (Xplorer GLX Datalogger, Pasco[®]), previamente calibrado.

4.2.1. Coleta de Água

Para a coleta das amostras de águas utilizou-se frascos de polietileno que foram introduzidos no corpo d' água a uma profundidade média de 20 cm nos frascos contendo amostras de águas para análise de metais foram acidificadas com HNO₃ e conduzidas ao laboratório de Sedimentologia do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – GEMA/UEM, onde, as amostras tiveram seu volume reduzido por meio de aquecimento a 105 °C e posteriormente levadas para o laboratório de Agroquímica da UEM para leituras dos dados. Para análise bacteriológica utilizou-se frascos plásticos polietileno e esterilizadas em autoclave (Autoclave Vertical CS 18 L, Logen Scientific[®]) à 121 °C (1 Kg/cm² de pressão) por 15 minutos. E posteriormente secas em estufa (Quimis[®]) para completa secagem e transportadas para o laboratório de Biologia da UEM/Umuarama, onde foram realizados os testes, sob refrigeração. Os procedimentos aqui descritos estão de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WPCF, 1989).

4.2.2. Coleta de Sedimento

Para a coleta dos sedimentos de fundo, tanto para a determinação de metais potencialmente tóxicos como para análises granulométricas, utilizou-se uma pá limpa. A amostra deformada foi armazenada em sacos plásticos devidamente etiquetados, e colocados em caixa de isopor, para posterior análise. As amostras foram coletadas nas margens e no centro das drenagens.

4.3. Atividades de Laboratório

Para as análises de DBO e DQO os procedimentos foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA,

AWWA, WPCF, 1989). As análises foram realizadas no laboratório de biologia da Universidade Estadual de Maringá, Campus de Umuarama.

4.3.1. Análise bacteriológica

Para a análise bacteriológica da água (Coliformes Totais) utilizou-se o Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2004). Optou-se pela técnica dos tubos múltiplos. As determinações foram realizadas no laboratório de biologia da Universidade Estadual de Maringá, Campus de Umuarama.

4.3.1.1. Teste presuntivo

Foram utilizados cinco tubos de ensaio esterilizados com tubos de Durham invertidos. Nesses tubos foram colocados, 10 mL de caldo lactosado concentrado. Foi coletada uma amostra de 10 mL sendo esta inoculada nos tubos com o caldo lactosado. A solução assim obtida foi incubada em estufa à 37 °C e a leitura realizada após 24 h e 48 h.

4.3.1.2. Teste confirmativo

Para esse teste, foram utilizados cinco tubos de ensaio esterilizados com tubo de *Durham* invertido contendo 10 ml de caldo lactosado verde brilhante Bile estéril e cinco tubos de ensaio com tubos de Durham invertidos contendo meio *Escherichia coli* (EC). O material contaminado foi inoculado através de repique com auxílio de palito de madeira em ambiente estéril. Os tubos contendo o caldo lactosado verde brilhante foram incubados em estufa à 37 °C e feita leitura de 24 h e os tubos contendo o meio EC foram mantidos por 24 h em banho-maria a 44,5 °C com agitação.

4.3.2. Carga Suspensa

A determinação da carga em suspensão foi obtida pelo método descrito por Orfeo (1995). Optou-se pelo método de filtração utilizando a bomba a vácuo e filtros

analíticos AP40 em microfibra de vidro, sem resina, 47 mm de diâmetro. As análises foram realizadas no laboratório de sedimentologia do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – GEMA/UEM.

Primeiramente os filtros foram numerados e colocados na mufla por um período de 1 hora a temperatura constante de 480 °C para eliminação de possíveis interferências. Após os filtros foram colocados no dessecador por 20 minutos, depois pesados em balança analítica de precisão até obter peso constante.

De cada ponto amostral foi filtrada uma alíquota de 1 L de água superficial. Os filtros foram conectados a um Kitassato acoplado a uma bomba a vácuo. Após a filtração as amostras foram secas em estufa à temperatura de 105 °C durante 24 h, em seguida os filtros foram colocados no dessecador por 20 minutos e pesados em balança analítica de precisão até obter peso constante.

Para determinação do conteúdo mineral e da matéria orgânica em suspensão, os filtros foram colocados na mufla a temperatura de 480 °C por 4 horas, sendo novamente colocados no dessecador e pesados. A equação para determinação da carga suspensa total e matéria orgânica é explicada no quadro 2.

Quadro 2 - Equação para análise da carga em suspensão conforme Orfeu (1995)

Carga total em suspensão	Matéria orgânica em suspensão	Sedimento em suspensão
$Css = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \times 1000/0,5$	$MO = (\text{Peso final} - \text{Peso pós-queima}) \times 1000/0,5$	$Ss = (Css - MO)$
Onde: Css (carga total em suspensão); 1000 (para a conversão das unidades g em mg) e 0,5 (corresponde ao volume filtrado). MO (matéria orgânica em suspensão); Ss (sedimento em suspensão).		

4.3.3. Determinação Granulométrica em sedimento

Para as análises granulométricas utilizou-se a metodologia proposta por Suguio (1973), utilizando a técnica do peneiramento. Depois de secas as amostras foram pesadas em alíquotas de 100 g em balança analítica de precisão. A matéria orgânica presente em algumas amostras foi oxidada com peróxido de hidrogênio PA, deixadas na

chapa aquecedora a temperatura de 100 °C, e quando concentradas foram colocadas na estufa até a secagem completa.

Em seguida foram peneiradas com abertura em mm 1; 2; 0,5; 0,25; 0,125; 0,075 e fundo. Os sedimentos retidos nas peneiras foram colocados em vidro relógio e pesados em balança analítica. Os resultados foram inseridos no programa Grânulo onde se obteve as porcentagens e classificação das diferentes frações granulométricas. Para análise dos resultados utilizou-se a Escala de Wentworth, que consiste em uma escala logarítmica de classificação granulométrica dos fragmentos de sedimentos clásticos (ou detríticos) criado em 1922 por C. K. Wentworth. Esta escala é bastante utilizada pelos geólogos (Quadro 3).

Quadro 3 - Escala logarítmica de classificação granulométrica de Wentworth (americana)

<i>Intervalo granulométrico (mm)</i>	<i>Nome</i>
>256	Matacão
256 a 64	Bloco ou Calhão
64 a 4,0	Seixo
4,0 a 2,0	Grânulo
2,0 a 1,0	Areia muito grossa
1,0 a 0,50	Areia grossa
0,50 a 0,250	Areia média
0,250 a 0,125	Areia fina
0,125 a 0,062	Areia muito fina
0,062 a 0,031	Silte grosso
0,031 a 0,016	Silte médio
0,016 a 0,008	Silte fino
0,008 a 0,004	Silte muito fino
<0,0	Argila
04	

4.3.4. Análise de metais da água

A metodologia utilizada para análise dos metais potencialmente tóxicos em água e sedimento seguiu metodologia proposta por Keithy (1996). Todas as análises foram feitas em triplicatas. Para cada bateria de análise era preparado o branco. Os metais analisados foram Cu, Mn, Fe, Ni, Cr, Pb, Cd, As, Se, Zn.

Foram colocados 500 mL de amostra de água, coletadas em cada ponto de amostragem, em *beckers*, acidificada com 5 mL de ácido nítrico PA e colocadas em chapa aquecedora a 100 °C, até redução do volume para 25 mL. Posteriormente, essas amostras foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL e o volume aferido com água deionizada, para leitura dos metais. O ácido nítrico é responsável pela oxidação da matéria orgânica existente nessas amostras. O teste em branco foi preparado de forma análoga utilizando 500 mL de H₂O deionizada e 5 mL de ácido nítrico PA.

As concentrações de metais nas amostras foram determinadas por espectrometria de absorção atômica por atomização em chama em um espectrômetro do modelo Varian^R 10 plus.

4.3.5. Análise de metais dos sedimentos

Análise dos sedimentos também seguiu metodologia proposta por Keithy (1996). As amostras de sedimentos foram colocadas em bandejas para secar em temperatura ambiente. Quando secas foram pesados 0,5 g em balança analítica de precisão e acrescentado 6 mL de solução de ácido nítrico PA: ácido perclórico PA (9:1; v:v). Foi feita a digestão no bloco digestor a uma temperatura de 150 °C por aproximadamente 2 horas. Em seguida a solução foi diluída em balão volumétrico e ajustada com água deionizada para 50 mL, para a leitura. A concentração dos metais foi determinada por espectrometria de absorção atômica por atomização em chama. Nestas determinações foi utilizado um espectrômetro do modelo Varian^R 10 plus do laboratório de Agroquímica da UEM.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse item serão apresentados os resultados alcançados durante a pesquisa bem como as interpretações e discussões referentes à degradação ambiental da bacia do córrego Pinhalzinho II.

5.1. Temperatura Ambiente

Dentre as variáveis analisadas está a temperatura ambiente, a qual sofre alterações no decorrer das estações do ano em razão tanto da latitude quanto da altitude. No verão as médias da temperatura são mais elevadas, enquanto no inverno as médias são mais baixas. Também podem ocorrer variações durante o dia devido à oscilação de temperatura entre dia e noite (COSTA et al. 2007).

Os dados obtidos com análise demonstraram pequenas variações em todos os pontos com aumento na estação chuvosa (verão) e redução na estação seca (inverno).

Nas coletas realizadas durante o inverno a temperatura ambiente variou entre 19 °C e 21,5 °C (Fig. 10).

Nas coletas efetuadas na primavera a temperatura esteve em torno de 25 °C e 27 °C, enquanto no verão a temperatura ficou entre 25 °C e 26 °C. No outono a temperatura apresentou pequena variação entre 23 °C e 24,5 °C.

5.2. Temperatura da Água

Segundo Von Sperling (2005), a temperatura das águas é uma medida de intensidade de calor ou energia térmica, pois indica o grau de agitação das moléculas. Para esse autor, ao realizar investigações hidrológicas ou químicas em uma massa d'água qualquer, a análise da temperatura da água é uma das mais importantes, uma vez que influencia as reações químicas, bioquímicas, nos processos biológicos, na solubilidade dos gases e, portanto, influencia na toxicidade de elementos ou substâncias.

Segundo Odum (2001), grande parte dos organismos aquáticos possui pequena tolerância às oscilações de temperatura. Entende-se que a elevação de 5 °C na temperatura da água pode alterar em 50 % os efeitos tóxicos de certas substâncias.

De acordo com as análises, a temperatura d'água em todas as coletas demonstrou

variação considerável, onde os valores mínimos foram detectados na coleta realizada na estação inverno com valores em torno de 17 °C à 18 °C, enquanto os valores máximos foram obtidos durante a coleta realizada no verão, com valores em torno de 21 à 27 °C (Fig. 11).

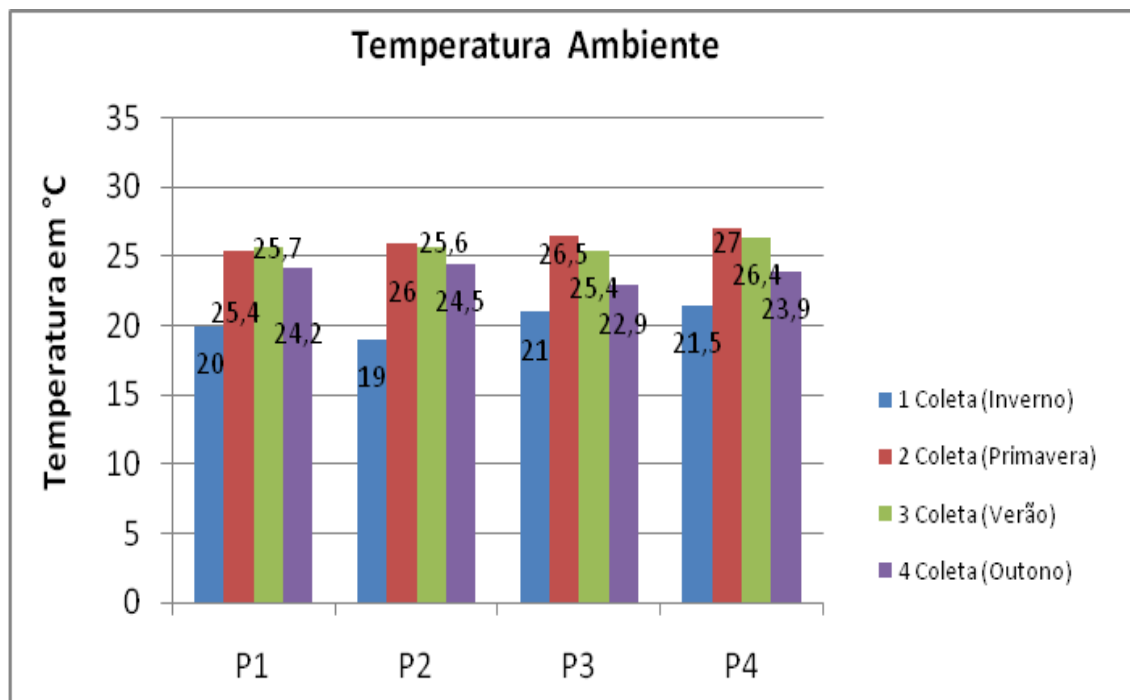


Figura 10 - Gráfico de variação da temperatura ambiente na bacia do córrego Pinhalzinho II

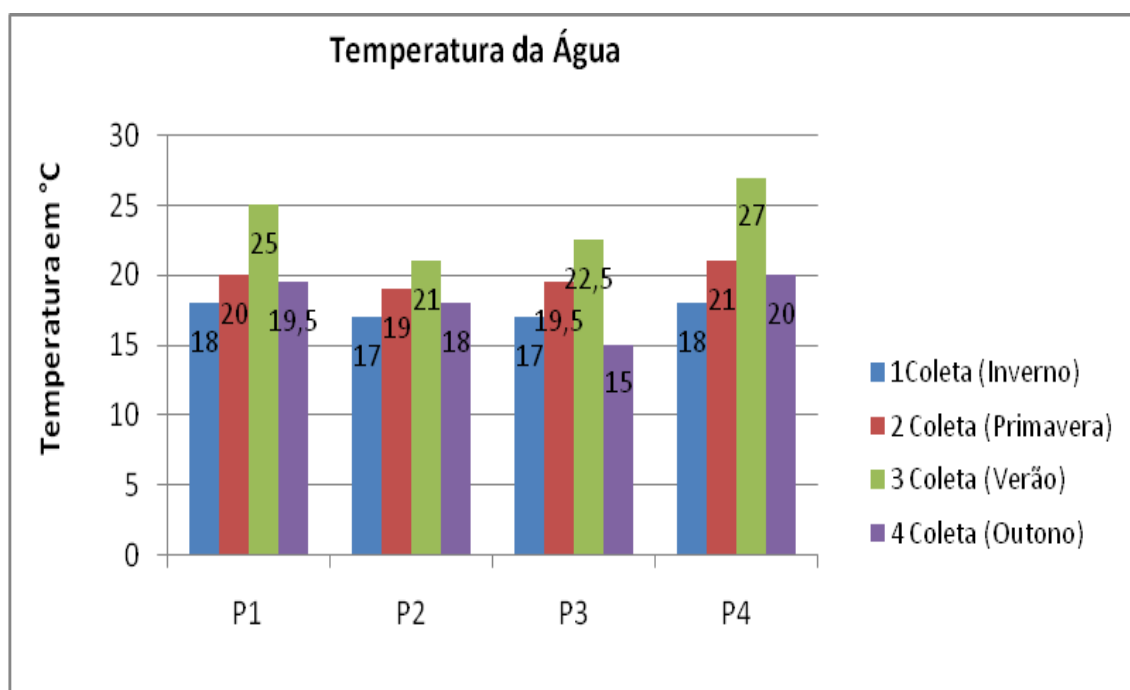


Figura 11 - Gráfico de variação da temperatura d'água na bacia do córrego Pinhalzinho II

5.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH ou potencial hidrogeniônico diz respeito à concentração de íons hidrogênio (H^+), sobre a qual é determinada se a água está em condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade, sendo que o pH varia de 0 a 14. Como origem natural pode-se citar a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. O homem contribui com a variação do pH da água por meio de despejos domésticos e industriais. Os valores de pH que divergem muito do valor neutro podem afetar a vida aquática (VON SPERLING, 2005). Os critérios de proteção de vida aquática fixam pH entre 6 e 9 (MACEDO, 2004).

A escala é constituída de uma série de números variando de 0 a 14 determinando graus de acidez à alcalinidade, respectivamente. Na água quimicamente pura os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e, seu pH é neutro ou seja igual a 7. Os valores abaixo de 7 indicam aumento de acidez, valores acima de 7 indicam aumento de condições básicas (VON SPERLING, 1996).

A figura 12 exhibe as variações nos teores de pH com base nos resultados obtidos durante a pesquisa. Comparando-se os valores de pH nos córregos da área rural e urbana, durante as estações do ano, os maiores valores foram encontrados no córrego Pinhalzinho II. No ponto 1, sob influência da área urbana, no inverno os valores de pH variam entre 7,0 e 7,6, isto é, desde neutro a levemente alcalino, respectivamente.

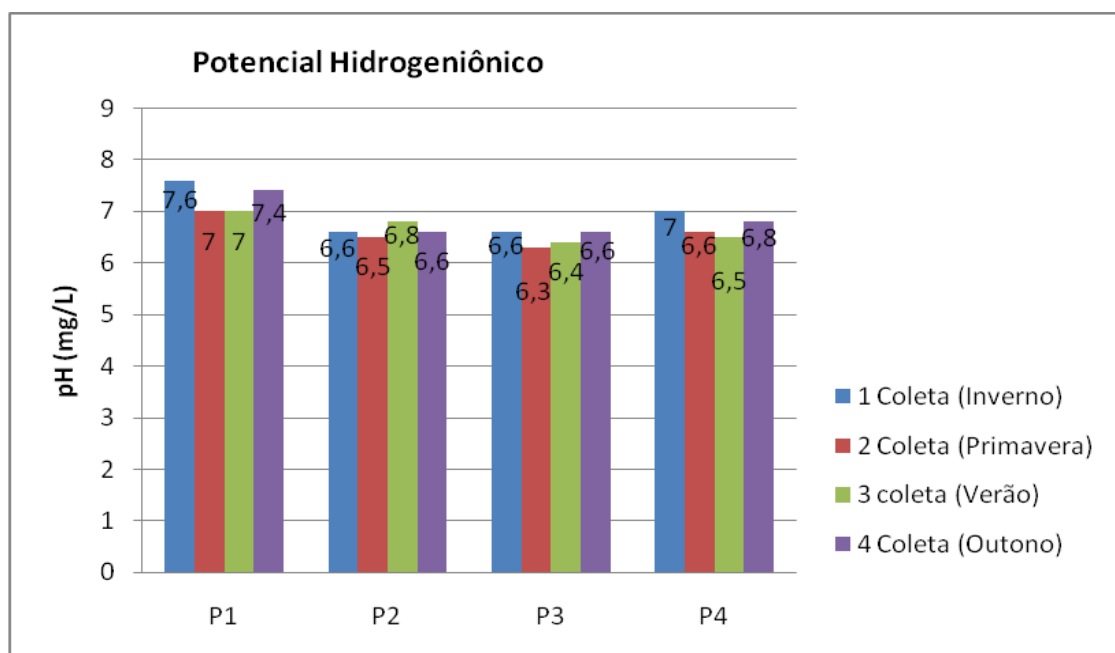


Figura 12 - Faixas de variações de pH nas amostras analisadas do córrego Pinhalzinho II

Esses valores podem estar relacionados com a entrada de material de esgoto doméstico, urbano e industrial sem tratamento prévio.

O ponto 2 (pH 6,5 a pH 6,8) e o ponto 3 (pH 6,3 a pH 6,6) exibiram pequena variação, apresentando sempre os menores valores durante todo o período de coleta, portanto com tendência ser levemente ácido. No ponto 4 o pH variou de 6,5 a 7,0, portanto está entre ácido a neutro. De acordo com dados obtidos pode-se constatar pequena variação nos teores de pH.

5.4. Turbidez

Segundo Esteves (1998), turbidez é a capacidade que a água tem em dispersar a radiação solar. Portanto, a importância de sua determinação se deve ao fato de que a alta turbidez reduz a penetração da luz, prejudicando o processo de fotossíntese. As principais fontes estão relacionadas com a presença de materiais em suspensão, de tamanho e natureza variadas, provenientes de lamas, areias, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos.

A topografia, a vegetação, o tipo e uso do solo são fatores que influenciam na turbidez da água. Por isso após períodos de chuvas é natural que grandes quantidades de materiais sejam transportadas para os rios e lagos aumentando a turbidez. Nos períodos de seca é comum a diminuição dos níveis de turbidez.

A RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 determina para águas de classe I até 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT); para as classes II, III e IV são toleráveis índices até 100 UNT.

De acordo com os dados a turbidez aumenta na estação chuvosa, principalmente no ponto 1 variando entre 12,8 a 16,9 UNT, provavelmente devido ao carreamento dos resíduos urbano que são transportados para as drenagens, do esgoto doméstico das residências e dos despejos industriais sem nenhum tratamento que atingem as drenagens (Fig. 13).

No ponto 2 a turbidez variou entre 5,6 a 14,9 UNT. Destacando-se a coleta realizada na estação verão, que apresentou valores elevados de turbidez em decorrência de ser uma estação chuvosa, promovendo assim maior escoamento superficial, consequentemente as drenagens exibem maior quantidade de partículas suspensas.

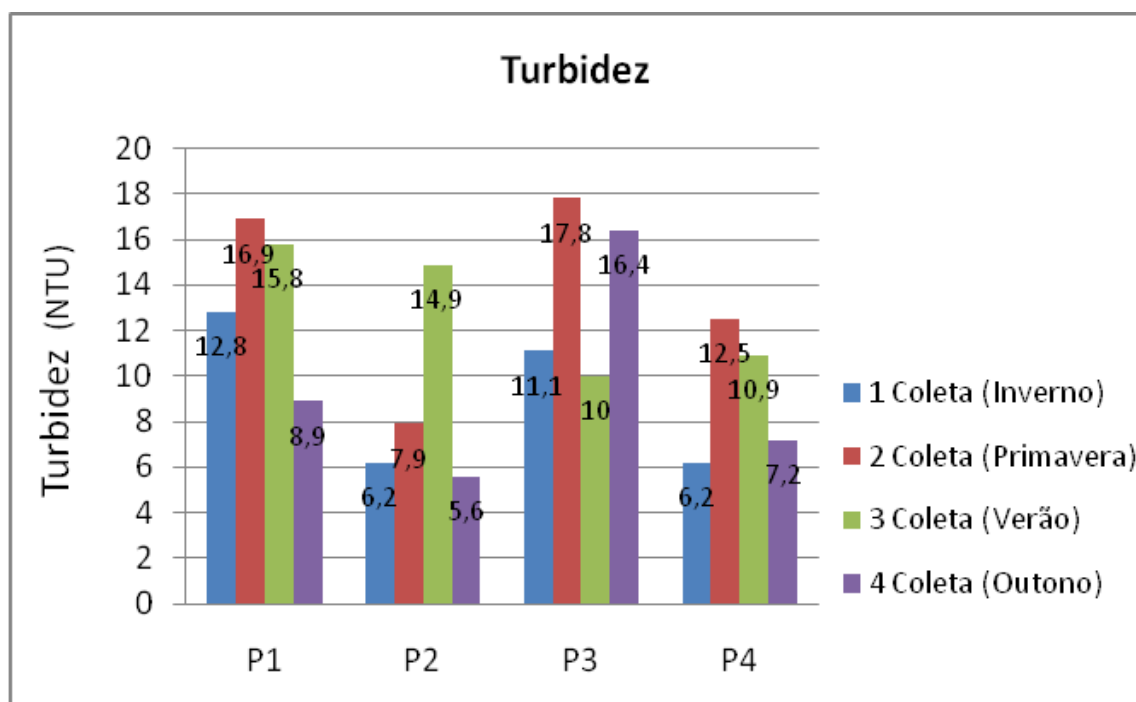


Figura 13 - Faixas de variações da Turbidez (NTU) nas águas da bacia do córrego Pinhalzinho II

No ponto 3, situado na área rural ocorre um aumento da turbidez em razão das atividades agrícolas desenvolvidas nas estações da primavera (17,8 UNT) (plantio) e outono (16,4 UNT) (colheita). Nesses períodos o solo arenoso fica descoberto e sem proteção. Durante as precipitações há remoção das partículas mais finas para as drenagens sendo carregadas em suspensão. É comum nesse local desenvolver atividades agrícolas bem próximo ao canal de drenagem favorecendo assim para a chegada de partículas até as drenagens. O ponto 4 exibe um aumento na estação chuvosa, onde de 6,2 UNT alcançou 12,5 UNT.

Essa análise demonstrou a variabilidade da turbidez durante as estações do ano, destacando-se as coletas da primavera e verão caracterizadas pela maior precipitação. Os pontos 1 e 3 foram os mais afetados demonstrando que esse aumento pode ser proveniente dos resíduos da área urbana e do plantio da cana-de-açúcar e do milho ou até da erosão marginal das drenagens da bacia.

5.5. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio corresponde à quantidade de oxigênio necessária para ocorrer à oxidação da matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas. Portanto, é usada para estimar a carga orgânica dos efluentes e dos recursos

hídricos. Com esses valores é possível calcular qual a necessidade de aeração (oxigenação) para degradar essa matéria orgânica.

As bactérias para sobreviverem e multiplicarem necessitam de alimento, ou seja, matéria orgânica e oxigênio. Se a quantidade de alimento disponível for muito grande nos recursos hídricos, as bactérias se multiplicarão e disputarão o oxigênio disponível. Dessa forma, sem oxigênio, os recursos hídricos tornam-se incapazes de sustentar a vida aeróbia, ou seja, todos os organismos que necessitam dele para viver morrem. Sendo assim, a DBO pode ser considerada como um parâmetro para avaliar a qualidade da água, onde a poluição orgânica é quantificada (VON SPERLING, 2005).

A figura 14 mostra os valores obtidos de DBO a partir das coletas durante um ano.

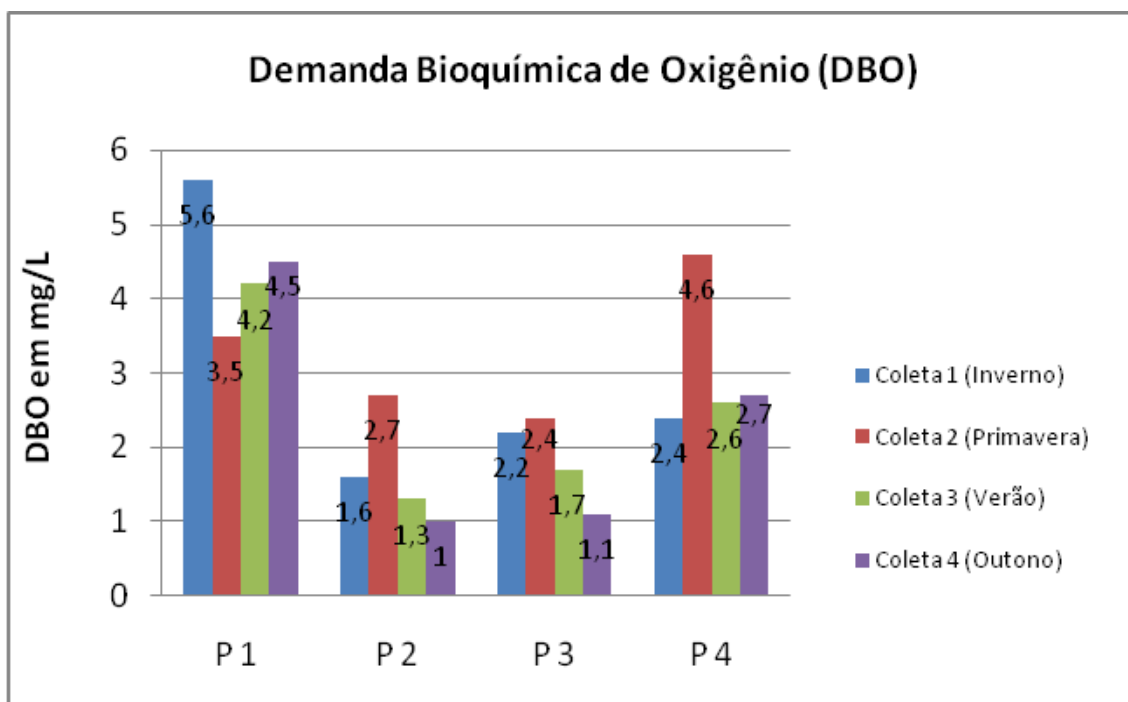


Figura 14 - Concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos diferentes pontos de coleta na bacia do córrego Pinhalzinho II

Verifica-se que os maiores índices são encontrados no ponto 1, principalmente na coleta de inverno onde o valor alcança 5,6 mg/L, excedendo, o índice permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece 5,0 mg/L. Esse valor elevado provavelmente está relacionado com a proximidade da área urbana e com as lagoas de decantação de esgoto da SANEPAR.

O ponto 2 (1,0 a 2,7 mg/L) e o ponto 3 (1,1 a 2,4 mg/L) apresentam os menores valores, com destaque na estação chuvosa, isso evidencia o maior escoamento de resíduos tanto sólidos quanto líquido para os canais de drenagens. O ponto 4 com 4,6 mg/L mostra que há uma maior concentração de DBO associada, possivelmente, a estação chuvosa.

O índice de DBO é uma variável importante uma vez que quanto maior o seu valor maior será carga poluidora das drenagens.

5.6. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. É um parâmetro que tem sido empregado para avaliar a carga orgânica que pode ser consumida em oxidações aeróbicas em águas superficiais e residuárias. Os testes de DQO devem ser feitos com extremo cuidado, tendo em vista a utilização de espécimes ácidos altamente corrosivos. (VON SPERLING, 2005).

A medida de DQO é particularmente útil na caracterização de efluentes muito enriquecidos em matéria orgânica, pois, um valor alto de DQO indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio. Portanto é um importante indicativo de condições tóxicas e da presença de substâncias orgânicas biologicamente resistentes. Quando utilizada conjuntamente com a DBO serve para avaliar a biodegradabilidade de despejos.

Amostras de águas naturais ou efluentes líquidos contendo substâncias orgânicas e inorgânicas são oxidadas com solução de dicromato de potássio. Esse produto oxida tanto a matéria orgânica biodegradável como não biodegradável.

Em relação as análises de DQO no ponto 1 (Fig. 15) verifica-se uma diferença entre os valores, onde, os maiores teores aparecem na estação inverno (185,0 mg/L) e primavera (166,8 mg/L) e os menores na estação verão (75,6 mg/L) e outono (82,9 mg/L). Os aumentos detectados na estação inverno pode ser devido acúmulo de resíduos domésticos e industriais e baixo índice pluviométrico, enquanto na primavera pode ser devido ao início das chuvas, com isso ocorre maior escoamento de resíduos urbanos, uma vez que o ponto 1 está próxima da área urbana.

O ponto 2 é o que apresenta os menores teores de DQO, cujos valores ficam entre 46,4 e 75,6 mg/L, portanto há pouca variação, isso mostra que mesmo está localizado em uma área rural com predomínio de plantação de milho, em que há pouca entrada de matéria orgânica.

De acordo com os índices obtidos com a análise da DQO verifica-se que no ponto 3 ocorrem os maiores índices.

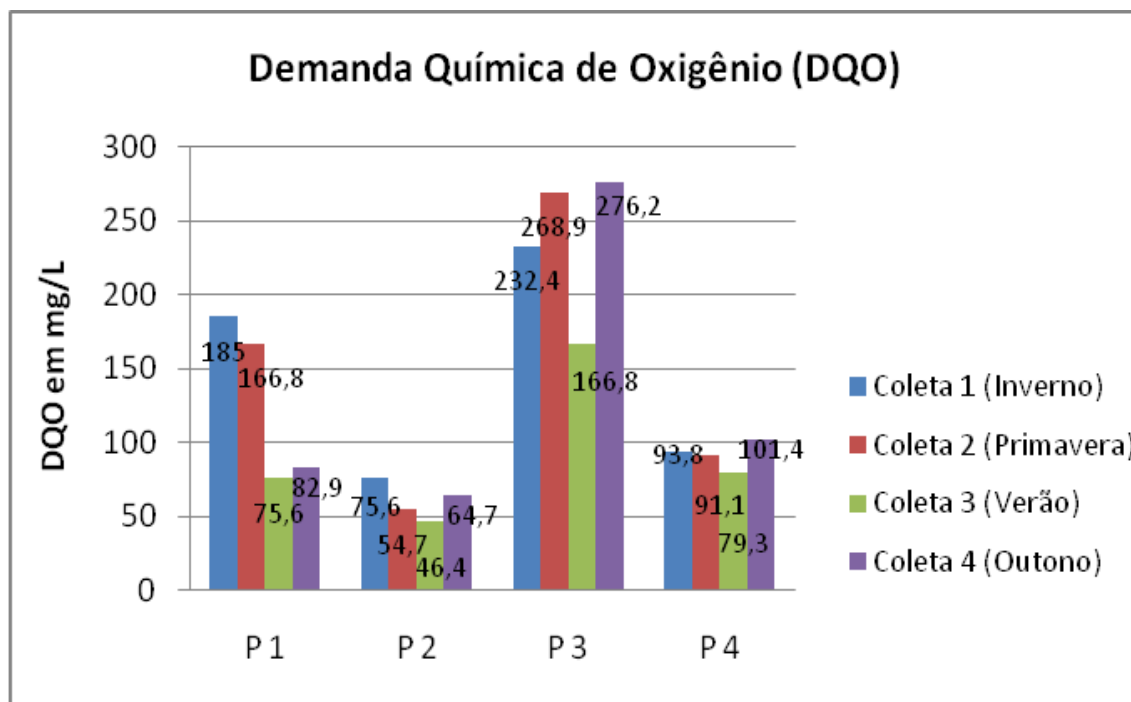


Figura 15 - Teores de DQO nos diferentes pontos de coleta na bacia do córrego Pinhalzinho II

No ponto 3 verifica-se valores em torno de 232,40 e 276,2 mg/L. Esse acúmulo pode ser proveniente de maior entrada de matéria orgânica, devido a solo descoberto, visto que esse ponto está localizado na área rural, predominando a pastagem e o cultivo da cana de açúcar.

O ponto 4 há pouca variação nos teores de DQO, estando entre 93,8 a 101,4 mg/L, isso pode estar relacionada a pouca variação de entrada de matéria orgânica.

5.7. Coliformes Fecais

Os cursos d'água apresentam vida microbiológica bem equilibrada, porém quando é contaminada com esgotos domésticos, passa a apresentar bactérias do gênero

coliformes. A presença de coliformes fecais é usada como indicador sanitário, indicando que o ecossistema foi contaminado com esgoto e, assim, outros organismos patógenos podem estar presentes. A presença desses organismos pode causar a transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera à comunidade que se utiliza dessa água (BASTOS et al. 2000).

Os coliformes totais são grupos de bactérias utilizadas como indicador da qualidade da água e alimentos. Todos os procedimentos adotados nessa análise estão de acordo com o Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2004).

Para todos os pontos de coleta as análises bacteriológicas realizadas em replicatas apresentaram-se positiva para o teste confirmativo e para o teste presuntivo, num período de 24 h. Por essa técnica utilizada, só é possível concluir que o número de unidades formadoras de colônia em 100 mL é superior a 16 (>16). Portanto, tem-se em média 16 unidades formadoras de colônias, número este que pode variar de 8 unidades formadoras de colônia ao infinito.

5.8. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido está entre os parâmetros mais importantes de que se dispõem no campo no controle de poluição das águas. É fundamental para se verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor. É utilizado para controlar processos de aeração, sendo um dado indispensável para o estudo da atividade fotossintetizadora e da corrosividade da água. A solubilidade do oxigênio é função da temperatura e da atividade local. Segundo Berezuk (2002), o oxigênio dissolvido varia entre 0 e 15 mg/L, sendo a quantidade média 9 mg/L.

Valores altos de oxigênio dissolvido podem indicar presença de algas (fotossíntese), valores baixos podem indicar a presença de matéria orgânica. Concentrações abaixo de 5 mg/L podem prejudicar o desenvolvimento de comunidades biológicas e pode provocar a mortandade dos peixes mais exigentes. Valores em torno de 2 mg/L provocam a mortandade de todos os peixes, e valores igual a 0 mg/L indicam condições de anaerobiose (VON SPERLING, 1996).

As análises demonstraram uma redução no nível de oxigênio dissolvido no decorrer das estações do ano. A maior queda ocorreu na estação outono, provavelmente

devido à diminuição das chuvas que reduzem a vazão dos cursos de água e, também devido ao acúmulo da carga de sólidos e resíduos nos canais de drenagens.

Na estação primavera foi detectado os maiores índices de OD em todos os pontos quando atingiu a 13,2 mg/L (Fig. 16). Esse resultado pode ser devido à ocorrência de precipitação, causando aumento de vazão e turbulências.

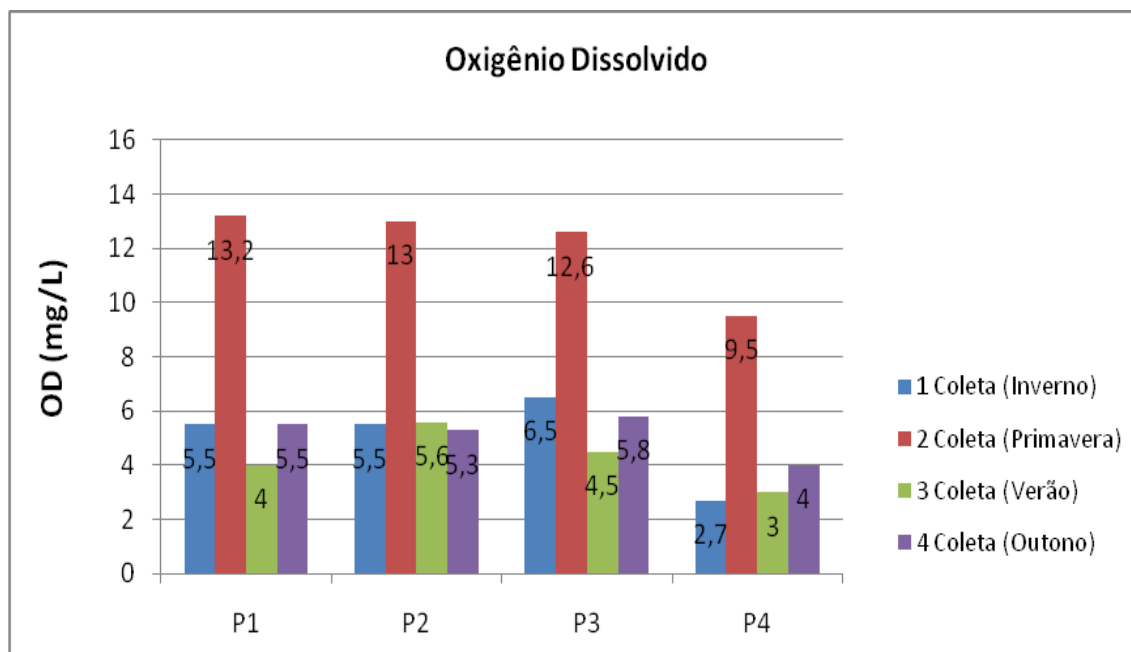


Figura 16 - Variações de OD (mg/L) nas amostras analisadas do córrego Pinhalzinho II

Os teores de oxigênio dissolvido variaram no ponto 1 entre 4,0 e 13,2 mg/L; no ponto 2 entre 5,3 e 13,0 mg/L; no ponto 3 entre 4,5 e 12,6 mg/L, enquanto no ponto 4 oscilou entre 2,7 e 9,5 mg/L. Os resultados apresentaram teores semelhantes no decorrer das coletas realizadas nas diferentes estações. As análises mostraram que grande parte dos resultados está dentro do padrão estabelecido pela RESOLUÇÃO COMANA 357/2005, com exceção dos pontos 1 e 3 na estação verão e no ponto 4 no verão, outono e inverno apresentaram-se abaixo dos valores permitidos. Uma das prováveis causa da redução do oxigênio dissolvido é a aumento da carga de matéria orgânica.

5.9. Carga Suspensa Total (CST)

A carga suspensa total se caracteriza pelos materiais sólidos transportados pelas drenagens de uma bacia e que podem ser retidos por filtração, com a retenção de

partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 μm . Em geral a carga suspensa é composta pelas frações mais fina de materiais provenientes das encostas ou mesmo do leito, mantida em suspensão pela ação da turbulência.

De acordo com Coelho (2007), o monitoramento da carga suspensa é muito importante, pois representa a quantidade de sedimentos produzidos na bacia, uma vez que demonstra, de forma indireta, a presença dos processos erosivos. O excesso de sólidos é sempre um perigo para a fauna e flora do ecossistema local e representa uma perda de qualidade da água.

Constata-se uniformidade na quantidade de carga suspensa nas análises das amostras coletadas na estação de inverno. Os valores ficaram entre 9,2 a 12,5 mg/L (Fig.17).

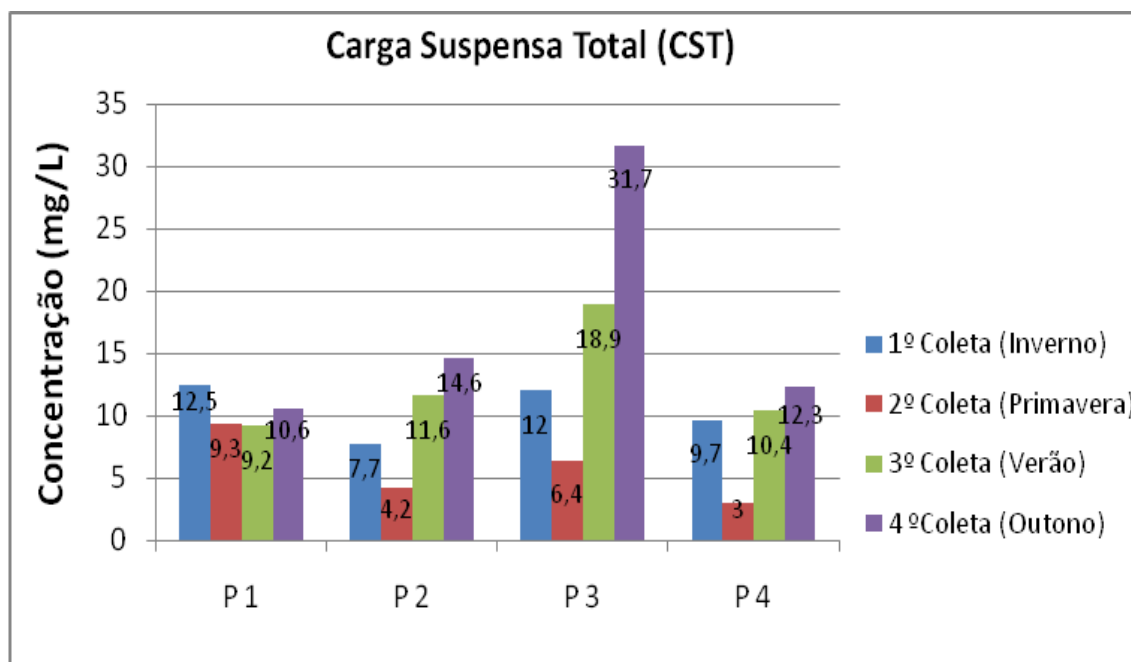


Figura 17 - Concentração de carga suspensa total na bacia do córrego Pinhalzinho II

No ponto 2 nota-se certa diferença entre a coleta realizada, no inverno com 7,7 mg/L e na primavera com 4,2 mg/L, enquanto os maiores valores foram detectados no verão com 11,6 mg/L e outono quando atingiu 14,6 mg/L.

No ponto 3 os valores encontrados variaram bastante, no inverno se obteve 12,0 mg/L; na primavera 6,4 mg/L; no verão 18,9 mg/L e no outono 31,7 mg/L. Os valores detectados pode ser relacionado ao período de colheita que deixa o solo descoberto associado a chuvas.

No ponto 4 os valores encontrados foram no inverno 9,7 mg/L; na primavera 3,0 mg/L; no verão 10,4 mg/L e no outono 12,3 mg/L. Nota-se que há uma grande diferença de valores, principalmente quando se compara ao outono.

A análise demonstrou aumento na quantidade de carga suspensa no período chuvoso. As coletas realizadas, no período de estiagem mostraram pequena concentração de materiais transportados pelas drenagens da bacia.

5.10. Matéria Orgânica (MO) nas Águas

A matéria orgânica é definida como a matéria de origem animal ou vegetal. A quantidade de matéria orgânica presente no sistema hídrico depende de uma série de fatores, incluindo a quantidade de organismos que aí vivem, o carreamento de resíduos de plantas, animais e esgotos.

O aumento da disponibilidade de matéria orgânica leva à proliferação de seres vivos e, portanto, a um maior consumo de oxigênio para a sua decomposição. Isso, por sua vez, irá acarretar na redução do oxigênio dissolvido na coluna de água, o qual é essencial para a manutenção da vida aquática e dos processos naturais de autodepuração em sistemas aquáticos.

Além disso, a matéria orgânica pode se complexar com metais, tornando-os menos disponíveis para a biota (BAIRD, 2002). A determinação da porcentagem de matéria orgânica foi determinada no presente estudo com o intuito de avaliar se os sedimentos da área em estudo apresentam, ou não, alto teor de matéria orgânica. Teores elevados de matéria orgânica poderiam contribuir para que os metais, eventualmente presentes nos sedimentos, se tornassem menos biodisponíveis.

De acordo com as análises, observou-se que no ponto 1 a quantidade de MO variou de 5,1 a 8,7 mg/L (Fig.18). Próximo a área urbana a concentração de matéria orgânica aumentou nas estações chuvosas e diminuiu na estação seca. No ponto 2 localizado na área rural as concentrações de MO variaram bastante entre 1,0 a 12,4 mg/L; enquanto no ponto 4 de 1,0 a 9,8 mg/L. Notou-se maior concentração de matéria orgânica principalmente nas estações verão e outono com redução na estação da primavera. Isso pode estar relacionado a períodos de plantio e colheita das culturas anuais.

O ponto 3 que representa a bacia do ribeirão Esperança apresentou valores compreendidos entre 3,0 a 26,1 mg/L, isto é, as maiores concentrações de matéria orgânica, os quais podem estar relacionados à intensa remoção de detritos das vertentes pela agricultura, uma vez que esse ponto é caracterizado pela prática intensiva de cana-de-açúcar.

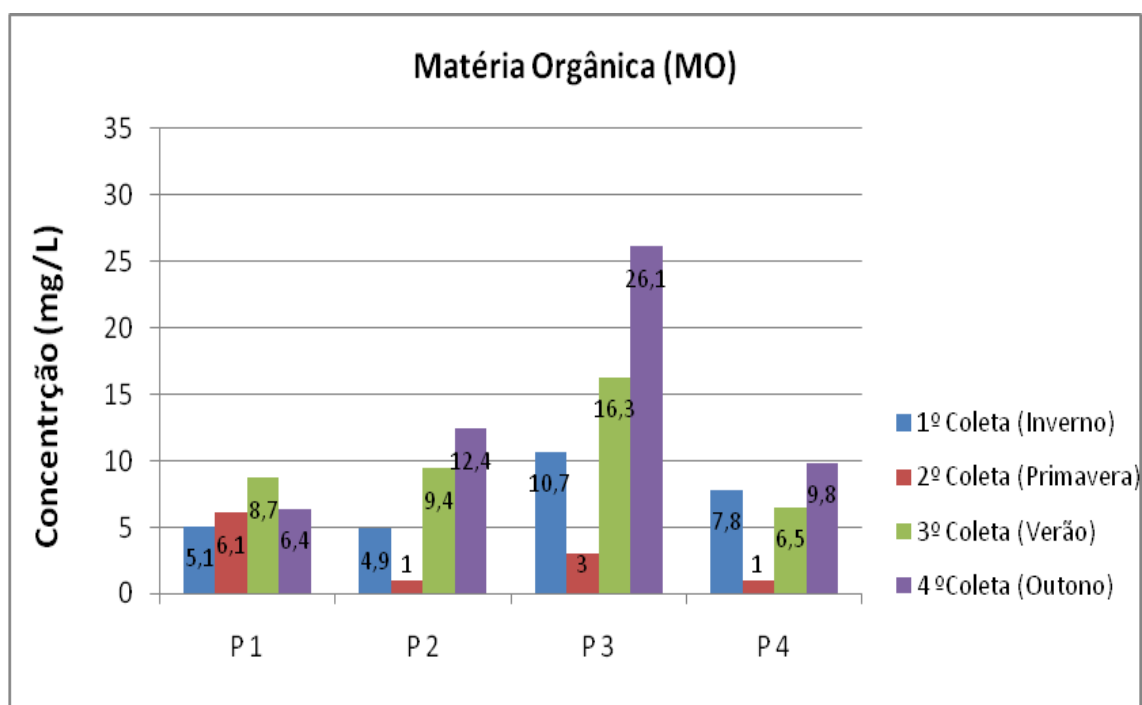


Figura 18 - Concentração de matéria orgânica na bacia do córrego Pinhalzinho II

5.11. Análise Granulométrica

De maneira geral, a parte sólida dos solos é composta por um grande número de partículas que possuem diferentes dimensões.

A análise granulométrica dos materiais da bacia do córrego Pinhalzinho II mostrou o predomínio de sedimentos com granulometria das frações areia média a fina e baixo teor de argila (Quadro 4). Cabe salientar que a fração dominante é da areia fina em quase todos os pontos de amostragem com percentual variando entre 45 % a 96 % do total da amostra. Esses valores estão de acordo com aqueles encontrados para os sedimentos da Formação Caiuá (GASPARETTO, 1999).

Quadro 4 - Resultados das Análises Granulométricas

	Escala de PHI (θ) (mm)						
	-1 Grânulos 2,0	0 Areia Mto Grossa 1,0	1 Areia Grossa 0,50	2 Areia Média 0,25	3 Areia Fina 0,125	3,75 Areia Muito Fina 0,062	4 Lama < 0,062
Pontos	1ª Coleta						
1	0	0.056	0.544	28.348	53.816	16.201	1.035
2	0,37	0.53	0.52	21.905	57.211	18.697	2.044
3	0	0.122	0.297	19.414	69.653	9.608	0.905
4	0	0.003	0.038	38.411	60.486	1.031	0.031
2ª Coleta							
1	0.183	0.302	1.228	62.527	34.094	1.574	0.092
2	0.003	0.038	0.216	44.434	45.178	8.353	1.779
3	0.30	0.011	0.033	57.986	40.707	1.206	0.027
4	0	0	0.266	29.804	66.301	3.231	0.399
3ª Coleta							
1	0.377	0.724	2.453	0.630	95.145	0.537	0.66
2	ND	0	0.64	38.980	44.186	8.846	1.490
3	0	0	0.009	15.641	54.870	13.883	1.999
4	0.047	0.078	0.615	1.650	96.672	0.333	0.542
4ª Coleta							
1	0.205	0.465	1.841	72.290	25.037	0.154	0.00
2	0	0.613	1.350	14.669	51.761	22.176	9.431
3	0.057	0.084	0.380	26.256	61.876	9.376	1.971
4	0.088	0.091	0.597	60.322	38.027	0.827	0.047

5.12. Metais potencialmente tóxicos presentes na água

Os metais potencialmente tóxicos representam um grupo especial de elementos químicos poluentes, em razão de não serem degradados de forma natural, possibilitando a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia alimentar. Esse trabalho determinou a concentração total de Cu, Zn, Pb, Cd, As, Ni, Cr, Mn, Fe e Se.

Utilizou-se como referencial a RESOLUÇÃO CONAMA nº357/2005, que estabelece os teores máximos (mg/L) permitidos de metais pesados em águas doces de classe II. A quantificação desses elementos químicos pode auxiliar na avaliação da degradação ambiental da bacia do córrego Pinhalzinho II.

A tabela 3 mostra as concentrações dos metais pesados Cu, Zn, Pb, Cd, As, Ni, Cr, Mn, Fe e Se nas amostras de águas coletadas durante as estações: Inverno, Primavera, Verão e Outono. Conforme os resultados obtidos verifica-se que não foram detectados concentrações significativas de As, Ni, Cr, Cu Pb, Cd e Se.

Mesmo não sendo detectados, considera-se importante colocar algumas características de cada elemento analisado.

Arsênio (As) é usado na fabricação de munição, ligas e placas de chumbo de baterias elétricas, herbicidas e inseticidas. As fontes de arsênio para o ambiente provêm do uso continuado de seus compostos como pesticidas, herbicidas de sua emissão durante a mineração e fundição de ouro, chumbo, cobre e níquel, da produção de ferro e aço e da combustão de carvão. A ingestão de água constitui a principal fonte de arsênio para a maioria das pessoas, podendo causar câncer de pulmão, câncer de pele e de fígado (BAIRD, 2002).

O níquel (Ni) é utilizado em galvanoplastia e em atividades metalúrgicas com varias finalidades, principalmente para dar maior resistência ao aço contra a corrosão. Não existem muitas referências bibliográficas quanto à toxicidade do níquel. Todavia intoxicações mesmo leves por níquel podem causar sintomas de apatia, diarreia, febre, insônia e náuseas, podendo desenvolver câncer principalmente no pulmão (CETESB, 2009).

O cromo (Cr) encontra-se naturalmente em matrizes não poluidoras. Torna-se poluidor a partir da ação humana, podendo incidir como contaminante de águas sujeitas a lançamentos de efluentes de curtumes e de circulação de águas de refrigeração, onde é utilizado para o controle da corrosão. O cromo é largamente utilizado em aplicações

Tabela 3. Concentração média dos metais pesados analisados da água em (mg/L)

Primeira Coleta – Inverno										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,170	ND
2	ND	0,002	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	0,321	ND
3	ND	0,010	ND	ND	ND	ND	ND	0,018	0,336	ND
4	ND	0,017	ND	ND	ND	ND	ND	0,014	0,336	ND
Segunda Coleta – Primavera										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	0,002	ND	ND	ND	ND	ND	0,107	1,122	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,074	1,485	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,021	1,496	ND
4	ND	0,039	ND	ND	ND	ND	ND	0,158	2,036	ND
Terceira Coleta – Verão										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	0,028	ND	ND	ND	ND	ND	0,029	0,831	ND
2	ND	0,030	ND	ND	ND	ND	ND	0,098	1,652	ND
3	ND	0,027	ND	ND	ND	ND	ND	0,162	2,098	ND
4	ND	0,016	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	1,934	ND
Quarta Coleta – Outono										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	0,042	ND	ND	ND	ND	ND	0,021	0,245	ND
2	ND	0,0379	ND	ND	ND	ND	ND	0,061	1,135	ND
3	ND	0,037	ND	ND	ND	ND	ND	0,066	1,377	ND
4	ND	0,029	ND	ND	ND	ND	ND	0,043	0,764	ND
*	Cu 0,009	Zn 0,18	Pb 0,01	Cd 0,001	As 0,01	Ni 0,025	Cr 0,05	Mn 0,1	Fe 0,3	Se 0,01

* Teores permitidos pelo CONAMA nº357/2005

ND - valores não detectados

industriais e domésticas, como na produção de alumínio, sendo muito comum nos revestimentos de peças, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel e soldagens. Produz efeitos corrosivos no aparelho digestivo e nefrite (CETESB, 2009).

Cobre (Cu) as fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais. O cobre ocorre naturalmente em todas as plantas e animais (CETESB, 2009).

O chumbo (Pb) está “naturalmente” presente nas rochas, solo e água, porém em concentrações não poluidoras. A contaminação por chumbo provém da ação antrópica, geralmente da poluição ocasionada pelos gases industriais e depósitos de indústrias metalúrgica, encanamentos, soldas, plásticos, tintas, munições, pigmentos, clínica dentária (KLASSEN, 1985).

O chumbo pode ser incorporado ao cristal na fabricação de copos, jaras e outros utensílios, podendo dessa forma ser incorporado aos alimentos. Compostos de chumbo são absorvidos por via respiratória e cutânea ou absorvidos através da pele. Constitui veneno cumulativo atingindo o sistema nervoso, a medula óssea e os rins (BAIRD, 2002).

Cádmio (Cd) possui alta toxicidade com dose letal de aproximadamente um grama, sendo razoavelmente volátil quando aquecido. As formas de contaminação por cádmio podem ser a partir de resíduos da fabricação de cimento, da queima de combustíveis fósseis e lixo urbano e de sedimentos de esgotos. É usado como eletrodos de baterias recarregáveis (níquel-cádmio) usada em calculadoras e aparelhos similares. Na agricultura, uma fonte direta de contaminação pelo cádmio é a utilização de fertilizantes fosfatados, o lodo de esgoto contaminado com o cádmio emitido pelas indústrias aumenta o nível desse elemento no solo e conseqüentemente nas plantas que crescem sobre ele contaminando a natureza, causando problemas gastrointestinais e respiratórios (BAIRD, 2002).

O selênio (Se) pode estar presente nas águas devido às descargas de efluentes industriais. Em concentrações altas pode causar: artrite, cansaço, halitose, irritabilidade, disfunção renal, desconforto muscular e pele amarelada (CETESB, 2009).

Apesar do Zinco ser um micronutriente essencial à biota, em determinadas condições ele pode ser considerado como indicador da ação antrópica, ou seja, de poluição proveniente de indústrias (CETESB, 2009). Pode contaminar o meio aquático a partir de rejeitos da atividade de mineração e de efluentes domésticos não-tratados (MARTIN et al., 1976). De acordo com Lewis (1996) o índice de toxicidade do zinco é baixo, mas em concentrações altas é prejudicial à saúde podendo se acumular nos tecidos do organismo.

A análise mostrou que o Zn foi detectado em quase todos os pontos amostrais em concentrações abaixo dos teores máximos permitidos.

O manganês está entre os metais mais abundantes na natureza. O trato respiratório é a principal via de introdução e absorção desse metal. O seu comportamento nas águas é muito semelhante ao do ferro, porém sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra nas águas. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas, baterias e na indústria química de tintas, vernizes, fogos de artifícios, fertilizantes, fungicidas e rações entre outros (CETESB, 2009). Seu excesso no organismo humano pode causar: anorexia, alucinações, dificuldade de memorização, insônia e dores musculares.

De acordo com os resultados obtidos, a primeira, terceira e quarta coleta o Mn ocorreu com concentrações abaixo dos teores máximos permitidos, na segunda coleta, nos pontos 1 e 4 ocorre com teores acima dos valores permitidos.

O ferro não se constitui em elemento altamente tóxico, mas traz diversos problemas para o abastecimento público de água, pois atribui cor e sabor à água podendo provocar manchas em roupas e utensílios sanitários. O ferro pode formar depósitos em canalizações de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. O excesso de ferro no organismo pode provocar anorexia, tontura, fadiga e dores de cabeça (CETESB, 2009).

A análise mostrou que o elemento ferro, com exceção do ponto 1 da primeira coleta, foi detectado em todos os pontos e em todas as coletas com teores acima dos valores permitidos pela RESOLUÇÃO CONAMA.

A análise demonstrou que os teores de ferro aumentam nas estações mais chuvosas, provavelmente devido ao carreamento de solos associado à ocorrência de processos de erosão das margens das drenagens, favorecendo para o aumento da carga suspensa. Também pode ser originado de efluentes industriais, oriundos de indústrias

metalúrgicas existentes nas proximidades dos canais. O Fe normalmente ocorre em grande quantidade nos solos tropicais com concentrações geralmente superiores aos demais.

A presença desses metais pode estar relacionada com as atividades agrícolas, que são desenvolvidas na bacia. Durante a coleta de amostras foi possível constatar a utilização de corretivos e agrotóxicos nas lavouras, que aliados ao avanço da malha urbana sobre as cabeceiras de drenagens produzem efluentes domésticos, industriais com o consequentemente escoamento destes para os ribeirões e córregos. Apesar da presença de resíduos de esgoto doméstico e indústrias no interior das drenagens, aliado aos produtos agrícolas, as análises não apresentaram níveis elevados de metais pesados na água das drenagens da bacia do córrego Pinhalzinho II.

5.13. Metais potencialmente tóxicos presentes em Sedimentos

De acordo com Mariani (2006), a complexidade do sedimento é muito grande e ainda não se conhecem por completo os mecanismos que atuam na coluna sedimentar o que dificulta o estabelecimento de critérios químicos rígidos para estabelecer a sua qualidade. Como não há no Brasil uma legislação que regule a concentração de metais em sedimentos, os teores de metais encontrados para as amostras analisadas foram comparados com os valores-guia de qualidade de sedimentos (VGQS) internacionais e também utilizado como referência pela CETESB.

Foi utilizado nesse trabalho para termos de comparação de metais pesados em sedimentos existentes no Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (ENVIRONMENT CANADA, 1995). Esse protocolo estabelece critérios para a avaliação da qualidade de sedimentos em termos químicos e biológicos para a América do Norte.

Na tabela 4 estão representados as concentrações dos metais pesados Cu, Zn, Pb, Cd, As, Ni, Mn, Cr, Fe, Se das amostras dos sedimentos.

Na primeira coleta foram detectados os elementos químicos Zn, Pb e Fe. O Pb aparece apenas no ponto 1, provavelmente devido algum despejo industrial. Verifica-se um aumento dos teores do elemento Zn com concentração no ponto 3 e uma diminuição no ponto 4. O elemento Fe concentra-se no ponto 2 com queda no ponto 3.

Tabela 4. Concentração média dos metais pesados analisados nos sedimentos em (mg/kl).

Primeira Coleta – Inverno										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	6,1	4,0	ND	ND	ND	ND	ND	416,7	ND
2	ND	7,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	913	ND
3	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	91,3	ND
4	ND	4,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	263	ND
Segunda Coleta – Primavera										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	3,6	2,6	ND	ND	ND	ND	ND	35,2	1.717	ND
2	0,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	90,7	2.390	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	655,4	ND
4	ND	16,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.220	ND
Terceira Coleta – Verão										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	0,3	7,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	942,3	ND
2	0,3	37,5	ND	ND	ND	ND	ND	221,6	3.783	ND
3	0,07	34,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.408	ND
4	ND	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	785,0	ND
Quarta Coleta – Outono										
Pontos	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,528	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,181	1,758	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,493	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,477	ND
TEL^a	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
	35,7	123	35	0,596	5,9	18	37,3	-	-	-
PEL^b	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Mn	Fe	Se
	197	315	91,3	3,5	17	18	35,9	-	-	-

ND (valores não detectados).

a → TEL “Threshold Effect Level”, ou seja, concentrações abaixo desse valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos.

b → PEL “Probable Effect Level”, ou seja, concentrações acima desse valor são frequentemente associadas a efeitos biológicos adversos.

Na segunda coleta identificou-se Cu (apenas no ponto 1), Zn (no ponto 1 e 3), Mn (ponto 1 e 2) e Fe (em todos os pontos). O Mn concentra-se no ponto 2. Os teores de Fe aumentam gradativamente com concentração no ponto 4.

Na terceira coleta aparecem os elementos Cu (exceção do ponto 4), Zn, Mn (apenas no ponto 2) e Fe. O elemento Zn concentra-se no ponto 2 e 3 diminuindo no ponto 4. O Fe aparece concentrado no ponto 3 diminuindo nos outros pontos.

Na quarta coleta detectou-se Zn e Mn (apenas no ponto 2) e o Fe (em todos os pontos). O elemento Fe apresenta concentração no ponto 2 e diminuição dos outros pontos.

Os valores obtidos, a partir das análises dos sedimentos em comparação com os valores guias estabelecidos, mostram não haver teores acima dos limites permitidos.

Não há valores estabelecidos que correspondessem aos níveis aceitáveis de Mn, Fe e Se.

5.14. Principais fontes de poluição detectadas na bacia do córrego Pinhalzinho II

A poluição das águas de forma geral decorre da adição de substâncias que direta ou indiretamente, modificam as características físicas, químicas e biológicas do corpo d'água prejudicando a utilização das águas para usos benéficos. Cada atividade emite diversos poluentes causando níveis diferentes de contaminação. Os principais poluentes que tem deteriorado a qualidade hídrica do córrego Pinhalzinho II são originários de cargas pontuais e difusa provenientes de fontes como:

5.14.1. Esgoto doméstico

Água utilizada nas atividades domésticas se transforma em resíduo líquido, composto por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (principalmente, bactérias e vírus), nutrientes (fósforo e nitrogênio), óleos e graxas, detergentes e metais. Tais substâncias compõem o esgoto doméstico o qual pode causar sérios problemas tanto ao meio ambiente quanto á saúde das pessoas (BENETTI e BIDONE, 1995).

Pode-se verificar que o esgoto está sendo jogado direto para o curso d'água sem nenhum tratamento O esgoto jogado a céu aberto tem causado sérios impactos ao canal

de drenagem, pois, tem promovido a deterioração da qualidade das águas, além da possibilidade de propagação de doenças. Nesse canal são jogados diversos tipos de resíduos auxiliando para o assoreamento em alguns trechos do canal fluvial (Fig. 19).



Figura 19 - Tubulação de esgoto nas margens do córrego Pinhalzinho II
Autora: VILLA, 2009

5.14.2. Depósito de resíduos sólidos

Com o processo de urbanização e industrialização a sociedade passou a produzir um grande volume de resíduos tornando-se um dos mais graves problemas ambientais dos grandes centros urbanos.

Os depósitos de “lixões” possuem resíduos sólidos de atividades domésticas, hospitalares, indústrias e agrícolas. A decomposição desses resíduos produz o chorume, líquido extremamente poluidor. Esse líquido geralmente contém microorganismos patogênicos e metais potencialmente tóxicos, além de apresentar concentração de material orgânico equivalente a uma escala de 30 a 100 vezes o esgoto sanitário (BENETTI e BIDONE, 1995).

No entorno de alguns canais da bacia córrego Pinhalzinho II, é preocupante a quantidade de resíduo jogados e também é comum a presença de queimadas, gerando produtos altamente tóxicos para a atmosfera (Fig. 20). Os resíduos quando queimados

liberam ao meio ambiente o gás metano que tem odor forte e prejudica muito a saúde e o meio ambiente.



Figura 20 - Margens no córrego Pinhalzinho II ocupada por resíduos e queimadas
Autora: VILLA, 2009

5.14.3. Defensivos Agrícolas

Segundo Pereira (2009), os principais problemas da atividade agrícola são a grande utilização de adubos químicos e agrotóxicos, os quais provocam alterações significativas nos ecossistemas, pois contaminam o solo, compromete água e a saúde do homem. Com a evolução tecnológica os agrotóxicos passaram a ser mais solúveis em água e mais voláteis, porém essas inovações tecnológicas tornaram os agrotóxicos cada vez mais tóxicos e persistentes.

Na área de estudo ocorre o cultivo de horticultura e de outros cereais próximos aos canais de drenagens, sendo a água dos córregos utilizada para irrigação. O uso de agrotóxicos acabam por atingir os cursos d'água provocando a degradação da qualidade das águas (Fig. 21).



Figura 21 - Exibe aplicação de produtos químicos para o cultivo de milho na bacia do córrego Pinhalzinho II
Autor: GASPARETTO 2009

5.14.4. Resíduos Industriais

A atividade industrial é geradora de resíduos que podem causar diversos efeitos ao meio ambiente. Destacando os resíduos provenientes de metais pesados devido sua potencialidade de contaminação. A composição das águas residuárias industriais refletem seus processos de produção podendo liberar grandes quantidades de substâncias contaminantes para o meio ambiente, como por exemplo, Pb, Cu, Cr, Ni, Cd e Zn.

A bacia em estudo está sujeita as atividades ligadas a indústrias metalúrgicas, alimentícias, tintas e resíduos de postos de combustíveis. Essas indústrias localizam-se próximas as nascentes do córrego Pinhalzinho II.

Os resíduos dos postos de gasolina têm como principal característica se espalhar sobre a água, constituindo uma barreira que impede as trocas gasosas e a passagem da luz atingindo a sobrevivência de toda biota aquática.

Nota-se o impacto causado nesse curso d'água onde ocorre uma mudança na qualidade da água e no canal hídrico (Figura 22).



Figura 22 - Presença de resíduos industriais no canal do córrego Pinhalzinho II próximo do pólo industrial de Umuarama

Autora: VILLA, 2009

De acordo com Pereira (2009), as indústrias metalúrgicas, tintas e alimentícias liberam uma grande variedade de efluentes contendo sólidos em suspensão, fenóis, cianetos, amônia, fluoretos, óleos e graxas, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e metais pesados. Portanto os efluentes industriais merecem grande importância, pois, podem causar sérios impactos à vida aquática e a saúde humana.

O estudo dos metais pesados é motivado pelo conhecimento dos efeitos deletérios, de certos metais, sobre a saúde humana, a flora e a fauna, bem como, pelo fato do desenvolvimento industrial e urbano gerar concentrações que podem exceder, na maioria das vezes, àquelas emitidas por fontes naturais (ROBAINA, 1999). Com base nisso procurou-se identificar os principais pontos de poluição da bacia do córrego Pinhalzinho II, no município de Umuarama (Fig. 23).

As fontes de poluição foram divididas em três classes: setor industrial, setor rural e o setor urbano.

As principais fontes de poluição industrial são provenientes de indústrias de alimentos, de tintas, de produtos químicos de limpeza, de metalurgia, de postos de gasolina e de tratamento de esgoto que se localizam bem próximos das nascentes.

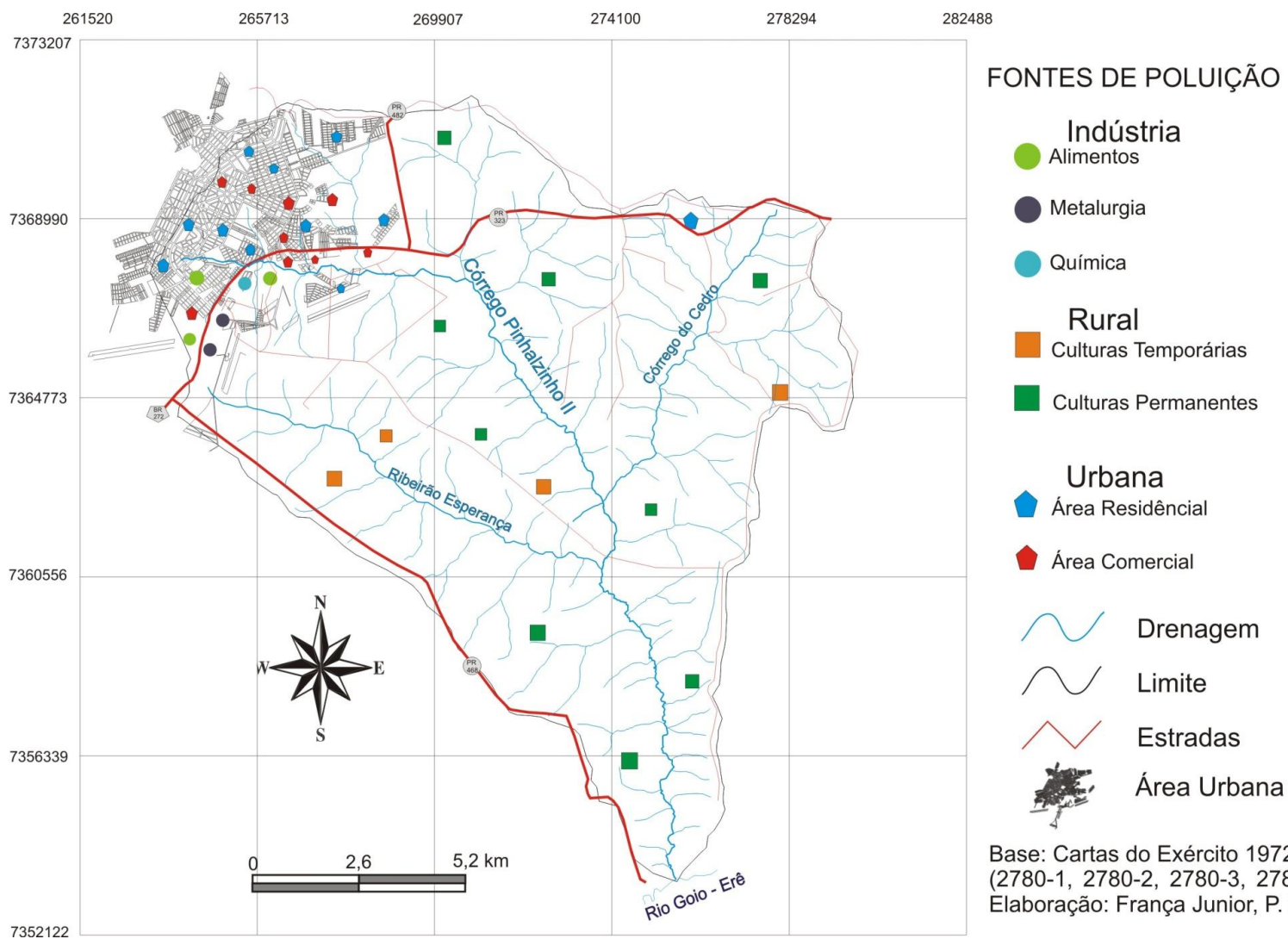


Figura 23 - Principais fontes de poluição na bacia do córrego Pinhalzinho II em Umuarama/PR

As análises detectaram apenas a presença do elemento ferro e manganês acima dos limites estabelecidos, esse resultado pode ser proveniente de origem natural, da composição do solo, agravadas pela descartes do setor industrial.

Os pontos identificados na área rural, caracterizados com culturas temporárias, permanentes e pastagem caracterizam maior escoamento superficial quando o solo está exposto, assim como, carregamento de impurezas como agrotóxicos, matéria orgânica e microorganismos para as águas superficiais.

Na cabeceira de drenagem do córrego Pinhalzinho II localizada na área urbana, vem sendo receptáculo de vários tipos de lixos orgânico e inorgânico, esgotos clandestinos e possivelmente efluentes industriais e comerciais. Nas proximidades dessa cabeceira está localizada a SANEPAR - Estação de Tratamento de Água e Esgoto (Fig. 24)



Figura 24 - Estação de Tratamento de Água e Esgoto (SANEPAR - 2005)
Fonte: Google Earth (2009)

Além dos problemas provenientes da poluição ele teve parte do seu curso urbano aterrado para implantação do ginásio poliesportivo. O córrego Pinhalzinho II, de acordo com as análises, mostrou não estar poluído, porém sua qualidade hídrica esta sendo comprometida pela grande quantidade de lixo em suas drenagens que acabam sendo depositados ao longo do canal e também ao assoreamento devido a falta de cobertura vegetal em suas margens.

6. CONCLUSÕES

A utilização dos indicadores ambientais nessa pesquisa ajudou a identificar que as causas e consequências da degradação na bacia do córrego Pinhalzinho II, são provenientes de ocorrência natural, porém agravadas pela ação antrópica.

A partir do levantamento das características físico-químicas das águas e dos sedimentos foi elaborado o mapa das principais fontes de poluição da bacia, evidenciando que os principais poluentes que atingem são derivados do esgoto doméstico, de resíduos sólidos e defensivos agrícolas.

Dentre as variáveis analisadas, em síntese, os dados mostraram maior variação temporal.

As variáveis, temperatura ambiente, temperatura da água e pH tiveram pouca variação.

Os índices de turbidez mostraram variações consideráveis, apresentando os maiores valores na estação primavera (época de plantio) e verão (período chuvoso), com exceção do ponto 3, que apresentou maiores índices na estação primavera e outono, possivelmente devido a solo exposto, pois na estação outono (período de colheita) geralmente nessa estação o solo fica exposto, e esse ponto é representado pelo cultivo de cana-de açúcar.

A variável DBO no ponto 1 apresentou os maiores valores, possivelmente devido as descargas de esgotos domésticos. O ponto 2 e ponto 3 apresentaram os menores valores, isso pode ser devido a pouca entrada de efluentes contendo matéria orgânica. No ponto 4 os teores encontrados podem ser devido esse ponto ser um receptáculo dos demais pontos.

Em relação à DQO, as análises mostraram teores altos no ponto 3, principalmente na coleta realizada na estação primavera (plantio) e outono (colheita). Esse resultado pode ser proveniente da introdução de insumos agrícolas.

Os teores obtidos de OD mostraram um considerável aumento nas coletas realizadas na estação primavera em todos os pontos. Esse resultado pode ser proveniente ao aumento da vazão e turbulências. Esse resultado comparado com os dados de CST e MO, comprova pouca entrada de matéria orgânica na estação primavera.

Os resultados das análises de metais pesados em águas superficiais indicaram que as águas não apresentam contaminação por metais pesados como: Cu, Ni, Cr, Pb, Cd, As, Se, Zn. Apenas foram detectados altos teores de ferro (Fe), que pode ser derivado do substrato geológico, pois, esses materiais possuem elevados teores de óxido de Fe e Mn.

Os resultados sugerem que a principal fonte de ferro para as águas são os latossolos arenosos ricos em óxido de ferro, desenvolvidos a partir da alteração dos arenitos da Formação Caiuá. Esses são carregados para o rio nos momentos de maior pluviosidade, aumentando a turbidez da água e a concentração de Fe.

Os materiais sedimentares mostraram concentrações de Zn e Mn em quase todos os pontos analisados, enquanto o Fe está presente em todos os pontos. Isso demonstra que esses elementos presentes na água tendem a acumular-se no sedimento.

As análises dos coliformes fecais mostraram-se positivos em todos os pontos para os cinco tubos, tanto para o teste confirmativo quanto para o teste presuntivo, num período de 24 h. Pela técnica utilizada só é possível concluir que o número de unidades formadoras de colônia em 100 ml é superior a 16 (>16), portanto, tem-se em média 16 unidades formadoras de colônias, número este que pode variar de 8 unidades formadoras de colônia ao infinito.

Os resultados das análises granulométricas demonstraram que nos quatro pontos de coletas analisados apresentam bastante semelhança predominando as frações areia média a fina.

Constata-se que os canais de drenagens da bacia apresentam elevado grau de degradação ambiental, em decorrência das grandes quantidades de resíduos tanto no entorno como no interior dos canais.

Os resultados apresentados nessa pesquisa apontam para a necessidade de monitoramento ambiental na bacia do córrego Pinhalzinho II, a fim de que se possam dar subsídios para a implantação de programas de controle e gestão ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, Madalena I. T. **Impacto Ambiental na Bacia do Ribeirão Pinhalzinho (Curso Superior) em Umuarama (PR)**. Marechal Candido Rondon. (Monografia de Especialização em geografia do Brasil). Departamento de Geografia. Faculdade de Ciências Humanas de Marechal Candido Rondon/UEM-PR.1993.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 17. ed. Washington: APHA.1989.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental**.trad;Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. – 2.ed. – Porto Alegre: Bookman. 2002.
- BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; NASCIMENTO, L. E.; CARVALHO, G. R. M.; SILVA, C. V. Coliformes como Indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 2000. 12p.
- BEREZUK, A.G. **Classificação e análise da qualidade de água subterrânea da cidade de Maringá-PR**. Dissertação de mestrado. Departamento de Geografia. Universidade Estadual de Maringá. 2002.
- BERGER, A.; IAMS, W.J. **Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in Earth systems**. Rotterdam, A.A. Balkema, p.466. 1996.
- BERGER A. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoindicators. **Environment Geology**, Springer, Berlin, v. 1, n. 32, p. 35–44. 1997.
- _____. Tracking rapid geological change. **Episodes**, Victoria BC, Canadá, v. 25, n. 3, Sep. p. 154-159. 2002.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS/ABRH. p. 669. 1995.
- BRASIL. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 2004.
- BRIGUENTI, E. C. **O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do ribeirão Anhumas, Campinas/SP**. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2005.
- CANIL, K. **Indicadores para o monitoramento de processos morfodinâmicos: aplicação na bacia do ribeirão Pirajuçara**. Tese de Doutorado. DG/FFLCH/USP, São Paulo. 2006.
- CENDRERO, A. Projeto Relesa-Elanem: **uma Nova Proposta Metodológica de Índices e Indicadores para Avaliação da Qualidade Ambiental**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 3, Nº 1; 33-47. 2002.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo. 2005. Disponível <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 13/03/2009.

COELHO, A. R. **Dinâmica Fluvial e Qualidade da Água da Bacia de Drenagem do Ribeirão Maringá: Contribuição para o Planejamento e Gestão Ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2007.

CMNP - Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. **Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná**. Publicação Comemorativa do cinquentenário da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). São Paulo. 1975.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 357/2005. **Legislação**. Brasília, Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso 07/05/2009. 2005.

COSTA, R. A.; SILVA JÚNIOR, C. C.; SANTOS, F. O. O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da cidade de Caldas Novas (GO). In: **ERECEO-Simpósio Regional de Geografia**. Campus Catalão. 2007.

COSTA, A.C.S.; TORMENA, C.A.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; PINTO, J.C., CONSTANTIN, J. Impactos Ambientais nos solos agrícolas In: OLIVEIRA, T. M.de. **Ecologia e movimentos sociais**. Programa de Pós-Graduação, UEM, Maringá, PR, Brasil. 1997.

DUNNE, T. e LEOPOLD, L.B. **Water in Environmental**. Freeman & Company. 1978.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF. 421p. 1999.

ENVIRONMENT CANADA. (1995). **Protocol for derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life**. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Ceqg/Sediment/default.cfm#pro>>. Acesso em: 19/04 2010.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998.

FABBRI, A. G.; PATRONO, A. The use of environmental indicators in the geosciences. **ITC Journal**, Enschede, v. 4, p. 358-366. 1995.

GASPARETTO, V.L.N. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o arenito Caiuá**. São Paulo. Instituto de Geociências – USP (Tese de doutorado). 1999.

GASPARETTO, N.V.L. e SOUZA, M.L. O contexto geológico-geotécnico da Formação Caiuá no Terceiro Planalto Paranense. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANENSE. Maringá. **CD ROM**. 2003.

GASTALDINI, M.C.C e MENDONÇA, A.S.F. Conceitos para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J.B.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

HAMMOND, A.; ADRIANNSE, A.; RODENBURG, E. et al. **Environmental Indicators: a Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development**. Washington: WRI, 1995. 53p.

IAPAR - Instituto Agranômico do Paraná. **Conservação dos solos em sistemas de produção em microbacias hidrográficas do arenito caiua, no Paraná**. Clima, solo, estrutura agrária e perfil de produção agropecuária. Boletim técnico, Londrina/IAPAR. n.33. 56p. 1990.

_____. **Estação Climatológica do Umuarama** / CÓD.: 02353008 / LAT.: 23o44'S / ONG.: 53o17'W / ALT.: 480m. acesso www.iapar.br/ em 02/2008 (recebimento dos dados em 2009)

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais: mesorregiões geográficas paranaenses**. Curitiba. 2004. 32p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, Rio de Janeiro. 1970.

_____. **Censo Demográfico**. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 20/12/2009.

KEITH, L. **Compilation of EPA'S (Environmental Agency Protection) sampling and analysis methods**. 2nd Edition. New York: Lewis Publishers (CRC Press, Inc.). 1996.

KLASSEN, C.D. **Metais Pesados e Antagonistas dos Metais Pesados**. In: GILMAN e GOODMAN. As bases farmacológicas da terapêutica. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1999. 323 p.

LEWIS, R. J. **Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials**. 9. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, a) v. I, II and III. 1996.

LIMA, C. M.; GIACOMELLI, O. B.M.; STUPP, V.; ROBERGE, F. D. **Especiação de cobre e chumbo em sedimento do rio Tubarão (SC) pelo método Tessier**. Química Nova vol.24 n.6 São Paulo Nov./Dec. 2001.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3º ed. Curitiba: Imprensa Oficial. 2002.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 1ed. Curitiba, Paraná. Banco de desenvolvimento do Paraná, Universidade Federal do Paraná e Instituto de Biologia e Pesquisas tecnológicas. 350p. 1968.

MARIANI, C.F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 138 p. 2006.

McCALL, G. J. H. Geoindicators of rapid environmental changes: The urban setting. In: BERGER, A. R.; IAMS W. J. **Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems**. Balkema, Rotterdam. Cap 18, p. 311-318. 1996.

MACEDO, J. A. B. DE. **Águas & Águas**. 2.ed. Atual. e ver. São Paulo: Varela. 2004.

MANOSSO, F. C. **O estudo da paisagem no município de Apucarana – PR: as relações entre a estrutura geocológica e a organização do espaço.** 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2005.

MARTIN, J. M.; MEYBECK, M.; SALVADOR, F.; THOMAS, A. Pollution chimique des estuaries: état des connaissances. Centre National pour l'Exploitation des Oceans. **Série Report Scientifiques et Techbiques.** 283p. 1976.

MIERZWA, F. **A poluição das águas.** 2001. Disponível em: <http://www.phd.poli.usp.br>. Acesso em: 25/06/2009.

MURATORI, A.M. **Processos interativos entre o relevo e as areias quartzosas no sistema ambiental da região noroeste do estado do Paraná.** Tese de doutorado. UFPR. Curitiba. 215p. 1996.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. DE. **Solos do Terceiro Planalto do Paraná – Brasil.** In: Anais do I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá – PR. v.1.p.66-85. 2003.

NEIMANIS, V.; KERR, A. Developing national environmental indicators. In: BERGER, A. R.; IAMS W. J. **Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems.** Balkema, Rotterdam. Cap 22, p. 369-376. 1996.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia.** 6ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 927p. 2001.

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. **Core set of indicators for environmental performance reviews.** Paris: OECD, 1994.

ORFEO, O., **Sedimentología del río Paraná en el área de confluencia com el río Paraguay.** – Tesis Doctoral, 290p, Univ. Nacional de la Plata, Facultad de Ciencia Naturales e Museo, La Plata, Argentina, 1995.

PEREIRA, R.S.; et al. **Poluição hídrica: causas e consequências.** 2007 Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Disponível em: regissp@vetorial.net. Acesso em 08/05/2009. 2009.

REGO NETO, C. B. **A integração de geoindicadores e reparcelamento do solo na gestão ambiental urbana.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROBAIMA, L.E.DE S. **Análise Ambiental da região de influência do Rio dos Sinos entre o arroio Campo Bom e o canal João Corrêa, com ênfase a metais pesados, RS.** Tese (Doutorado em Geociências) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.

ROCHA, J.S.M. - **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1991.

SANTOS, L.J.C.; et.al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. In: **Revista de Geomorfologia.** Ano 7 nº2. p03-12. 2006.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA. 2003.

SILVA, S.M. 2004. **Considerações fitogeográficas e conservacionistas sobre a Floresta Atlântica no Brasil**. Disponível em: http://www.conservation.org.br/ma/rp_flora.htm. Conservação Internacional. Acesso em 07/12/2009.

SILVÉRIO, P.F. **Bases Técnico Científicas – Para Derivação de Valores – Guia para Qualidade dos Sedimentos para Metais: experimentos de campo e laboratório**. São Carlos. 2003. 145f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 2003.

SNLCS. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ. 1979.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

STRAHLER, A.N. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. Trans. Amer. Geophys.Union, 38: 913-920. 1952.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH. 669p. 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.

VELOSO, H.P. Sistema fitogeográfico. In **Manual técnico da vegetação brasileira**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 1992.p. 9-38.

WALZ, Rainer. Development of environmental indicator systems: experiences from Germany. **Environmental Management**, 25(6):613-623, Jun. 2000.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. I. & COLLARES, J. Q. DOS S. **Land Dregadation Assessment Based on Environmental Geoindicators in the Fortleza Metropolitan Region, State of Ceará, Brazil**. **Environmental Geology**, Springer, Berlin, v.45, 2004. p 408-425.