

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

EDER PAULO SPATTI JUNIOR

Avaliação ambiental, caracterização da qualidade de água e
transporte de sedimentos da bacia hidrográfica do Ribeirão

Monjolo Grande (SP)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Campus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geologia Regional.

Orientador: Fabiano Tomazini da Conceição

Co-orientador: Sérgio dos Anjos Ferreira
Pinto

Rio Claro - SP
2011

EDER PAULO SPATTI JUNIOR

Avaliação ambiental, caracterização da qualidade de água e transporte de sedimentos da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (SP)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geologia Regional.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição – Orientador
(IGCE/UNESP/Rio Claro)

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi
(IGCE/UNESP/Rio Claro)

Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva (Campus Experimental de Sorocaba/UNESP/Sorocaba)

Resultado Final – APROVADO

Rio Claro, 22 de Junho de 2011

Avaliação ambiental, caracterização da qualidade de água e transporte de sedimentos da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (SP)

RESUMO

A pressão exercida sobre os recursos naturais, em especial sobre os recursos hídricos, tem aumentado de maneira significativa à medida que ocorre o aumento da demanda por espaço, refletindo na crescente degradação dos mananciais nas mais diferentes escalas. Dessa forma, torna-se de grande valia a execução de trabalhos de caráter técnico científico que possam subsidiar o planejamento e a consequente gestão desses recursos naturais com vistas à sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, este trabalho realizou a avaliação ambiental, a caracterização da qualidade da água e o transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, localizada no município de Ipeúna (SP). A avaliação ambiental simplificada indicou que apesar da área encontrar-se totalmente em ambiente rural, 50% dos 20 pontos avaliados apresentam impactos ambientais classificados como altos ou preocupantes acarretados pelo mau uso da terra, ocasionando grande perda de vegetação e a manutenção de processos erosivos. A qualidade das águas avaliou a variação dos parâmetros físico-químicos, a concentração dos principais cátions e ânions, dos sólidos em suspensão (particulados e dissolvidos), e a concentração total e dissolvida de Al, Fe, Mn, Ba, Pb, Cu, Zn, Ni e Cd. Tal quantificação enquadrou as águas do Ribeirão Monjolo Grande na Classe 2 de acordo com a resolução CONAMA 357. O transporte de sedimentos indicou uma remoção de 476 toneladas/km²/ano e, a aplicação do método de Colby indicou que a maior parte dos sedimentos é transportada por arrasto no fundo do canal, dada a característica dos sedimentos, predominantemente na fração areia.

Palavras Chave - Bacia hidrográfica, avaliação ambiental simplificada, qualidade de água, transporte de sedimentos.

Simplified environmental evaluation, characterization of water quality and sediment transport in the Monjolo Grande Watershed (SP)

ABSTRACT

The pressure on natural resources, especially on water resources has increased significantly as is increased demand for space, reflecting the increasing degradation of water sources in different scales. Thus, it is of great value to perform work that can support the planning and subsequent management of natural resources with a view to environmental sustainability. In this context, this work performs the environmental assessment, characterization of water quality and sediment transport in the Monjolo Grande watershed, located in Ipeúna (SP). The simplified environmental evaluation indicated that while the area is totally rural environment, with 50% of the 20 points classified as high environmental impacts, causing great loss of vegetation and maintenance of erosion. The water quality evaluated the variation of physicochemical parameters, the concentration of major cations and anions, the suspended solids (particulate and dissolved), and total and dissolved concentrations of Al, Fe, Mn, Ba, Pb, Cu, Zn, Ni and Cd. The water quality evaluated the variation of physicochemical parameters, the concentration of major cations and anions, the suspended solids (particulate and dissolved) in addition to the concentration of Al, Fe, Mn, Ba, Pb, Cu, Zn, Ni and Cd. Such quantification framed the surface waters of the Monjolo Grande as Class 2, according to the CONAMA resolution 357. The transport of sediment showed a removal of 476 ton/km²/year, and the method of Colby indicated that most sediment is transported by drag, by the characteristics of the sediments, predominantly in the sand fraction.

Key Words: Watershed, Simplified Environmental Evaluation, Water quality, Sediment Transport.

1 - INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.1 – Transportes de sedimentos

O aumento de áreas destinadas à produção agrícola e à pecuária extensiva vem suprimindo extensas áreas de vegetação, inclusive as que são por lei protegidas como Áreas de Preservação Permanente (APP), notadamente próximas a nascentes e cursos d'água, exercendo fortes pressões e causando a perda progressiva da qualidade ambiental, em especial dos recursos hídricos (WARD, 1998; WALSH, 2000; LOWE, 2002; OURSO & FRENZEL, 2003). Além do comprometimento da qualidade de água, devem-se considerar os processos erosivos, amplificado pelas atividades antrópicas. Estes processos causam a perda de fertilidade do solo, sendo responsáveis pela baixa produtividade, propiciando a aceleração dos processos de transporte de sedimentos, os quais favorecem a dissolução e perda dos insumos, onerando a produção agrícola, eutrofizando os cursos d'água e provocando mudanças em sua dinâmica natural.

Os sedimentos ainda podem provocar diversos problemas, que vão desde o impedimento da navegação ao assoreamento de portos, reservatórios e mudanças na qualidade da água, como por exemplo, a deposição de lama, crescimento de vegetação em locais indesejados e aumento da proliferação de insetos (CARVALHO, 2008). Muitos desastres atribuídos a enchentes e transbordamentos de rios são originados pela imensa quantidade de material removido das vertentes e depositados na calha dos corpos d'água, seja através de rápidos processos de escorregamentos de

encostas, ou mesmo carreado paulatinamente pelas enxurradas. Este preenchimento do canal diminui a capacidade de transporte dos rios de maneira muito mais rápida, proporcionando seu extravasamento (que consiste num processo natural periódico) num tempo muito menor, acarretando em grandes tragédias como observadas cada vez com mais frequência a cada estação chuvosa.

Com isso, fica evidente que conhecer a qualidade e a quantidade do sedimento transportado são fundamentais para a realização de obras hidráulicas, estudos ambientais e uso e preservação dos recursos hídricos (CARVALHO, 2008). Assim, a quantificação dos processos de transporte de sedimentos constitui-se em um instrumento de análise primordial para se planejar o uso e ocupação da terra, seja no tocante ao uso agrícola ou ainda no parcelamento do solo urbano.

1.2 – A bacia hidrográfica como unidade de estudo

Na busca de conhecer e estudar os recursos hídricos e suas interações com os demais recursos naturais em uma região faz-se necessário encontrar uma unidade básica, na qual todos os componentes da paisagem (atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera) interajam (BRAGA *et al.*, 2002; CONCEIÇÃO & BONOTTO, 2002; MOLDAN & CERNÝ, 1994), adotando-se assim a bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. Conceitualmente, a bacia hidrográfica pode ser definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionado como um sistema aberto, em que cada um dos elementos, matérias e/ou energias presentes no sistema apresentam uma função própria e estão estruturados e relacionados entre si (CHRISTOFOLETTI, 1981). Sendo assim, esta se apresenta como uma unidade natural básica para o desenvolvimento de estudos que almejam compreender e analisar a dinâmica de seus componentes. Para Andreozzi (2005), uma bacia hidrográfica pode ser considerada a menor unidade de paisagem capaz de integrar todos os componentes, a saber: atmosfera, vegetação natural, agricultura, solos, substrato rochoso e corpos d'água, sendo, portanto, um sistema que melhor reflete os impactos das atividades antrópicas.

Para Rocha *et al.* (2000), o uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos originou-se da percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam matéria e energia entre si e com os ecossistemas terrestres adjacentes. Ao mesmo tempo, eles sofrem impactos de diferentes tipos em virtude do uso e ocupação da terra associadas às atividades antrópicas, tais como: impermeabilização excessiva, erosão, contaminação dos mananciais, solos e águas subterrâneas por disposição ou despejos de resíduos e efluentes sem tratamento, urbanização e eliminação ou modificação da cobertura vegetal da região, fragmentando ambientes frágeis, interrompendo os corredores genéticos, dificultando a reprodução de animais e vegetais, algumas vezes ocasionando a eliminação do ecossistema encontrado na área (HAMMITT & COLE, 1998; SARDINHA *et al.*, 2007).

Russo (*apud* ANDREOZZI, 2005) ressalta que apesar da bacia hidrográfica ser entendida, técnica, científica e politicamente como unidade de gestão, em seu contexto existem propriedades privadas, que representam grande barreira ao desenvolvimento das práticas exigidas para a sua gestão. A falta de interação entre os proprietários e o processo de planejamento e gestão, acarreta numa demanda cada vez maior dos recursos naturais, essencialmente a água, fato que refletirá na qualidade futura dos recursos hídricos. Existem vários exemplos na literatura da realização de diagnósticos ambientais em bacias hidrográficas através da qualidade da água e do uso da terra, como Lotspeich & Platts, (1982); Close & Davies-Colley (1990); Benzie *et al* (1991); Steiner (1991); Maasdam & Smith, (1994); Salati (1996); Vega *et al.* (1998); Eyre & Pepperell (1999); Conceição & Bonotto (2002); Souza & Tundisi (2003); Silveira (2004); Conceição *et al.* (2007).

1.3 – Por que a bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande

A escolha da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande se deu em função do entendimento de que bacias hidrográficas de pequeno porte permitem uma compreensão maior dos parâmetros a serem estudados e suas relações entre si e entre as características de uso e ocupação da terra, pois há a possibilidade de se conhecer

toda a área e todos os elementos que compõe a paisagem. A bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande é uma sub-bacia do Rio Corumbataí, que por sua vez é tributário do rio Piracicaba, ambos inseridos no Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) o qual exporta uma significativa quantidade de água para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo através do Sistema Cantareira. Dessa maneira, monitorar a qualidade ambiental de sub-bacias formadoras desses grandes rios é de extrema importância para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos de toda uma região do estado de São Paulo. Assim, a avaliação ambiental, caracterização da qualidade da água e transporte de sedimentos, cuja variação temporal exige um constante monitoramento, exibem ao final da pesquisa resultados confiáveis. Além disso, a ocorrência de impactos ambientais tem suas causas identificadas e a aplicação de medidas mitigadoras e possíveis propostas de manejo devem fornecer importantes informações para a gestão ambiental desta bacia.

1.4 - Objetivo

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação ambiental e caracterizar a qualidade da água e o transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, localizada no município de Ipeúna, SP. Para isso, os seguintes aspectos foram abordados:

- Realizar avaliação do impacto ambiental simplificada no entorno dos recursos hídricos;
- Avaliar a qualidade das águas superficiais ao longo de um ano;
- Quantificar o transporte de sedimentos durante um ciclo hidrológico completo.

2 – ASPECTOS GERAIS DA BACIA DO RIBEIRÃO MONJOLO GRANDE

2.1 – Localização e uso e ocupação

O Ribeirão Monjolo Grande situa-se no município de Ipeúna, centro leste do estado de São Paulo, compreendendo uma área aproximada de 28.870 ha (28,87 Km²), com localização entre as coordenadas geográficas de 22°18' e 22°23' de latitude S e 47°48' e 47°42' de longitude W. A área insere-se dentro da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) nº 5, correspondente às bacias dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (Figura 2.1).

A bacia do Ribeirão Monjolo Grande possui um caráter de ocupação predominantemente rural, não apresentando em toda a sua extensão quaisquer atividades urbano-industriais. Tal fato implica na ausência de despejos de efluentes domésticos e industriais nas águas desta bacia, as quais deveriam se aproximar dos padrões recomendados para águas superficiais naturais. Entretanto, as atividades agrícolas podem estar modificando a qualidade das águas superficiais desta bacia.

Em termos de uso e ocupação da terra e cobertura vegetal, a mata tropical latifoliada era a cobertura vegetal original dos espigões predominando a mata galeria ao longo dos cursos d'água, onde ainda se faz presente em alguns locais. Atribui-se o desaparecimento da mata à implantação da cafeicultura e instalação de numerosas serrarias no século passado. Além disso, com o objetivo de suprir as necessidades das olarias e máquinas a vapor, a vegetação natural cedeu lugar à silvicultura e as pastagens (TROPPMAIR, 1978; *apud* BONOTTO e MANCINI, 1992). Atualmente, após a intervenção antrópica que alterou o quadro da vegetação natural, a paisagem da região é definida por extensas áreas destinadas a pastagem e pecuária extensiva (que em diversos trechos encontra-se degradada), e por diversas glebas de plantio de cana de açúcar. Encontram-se ainda em alguns setores da bacia diversos talhões de plantio de Eucalipto (Figura 2.2).

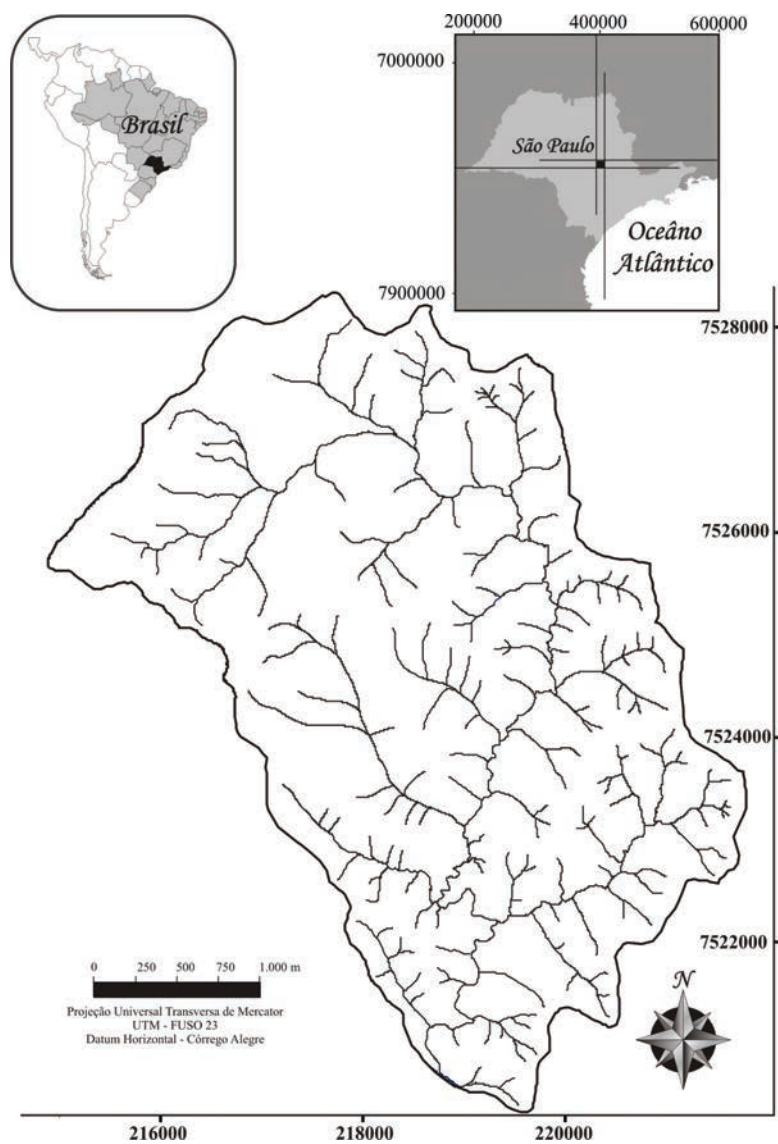


Figura 2.1 – Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

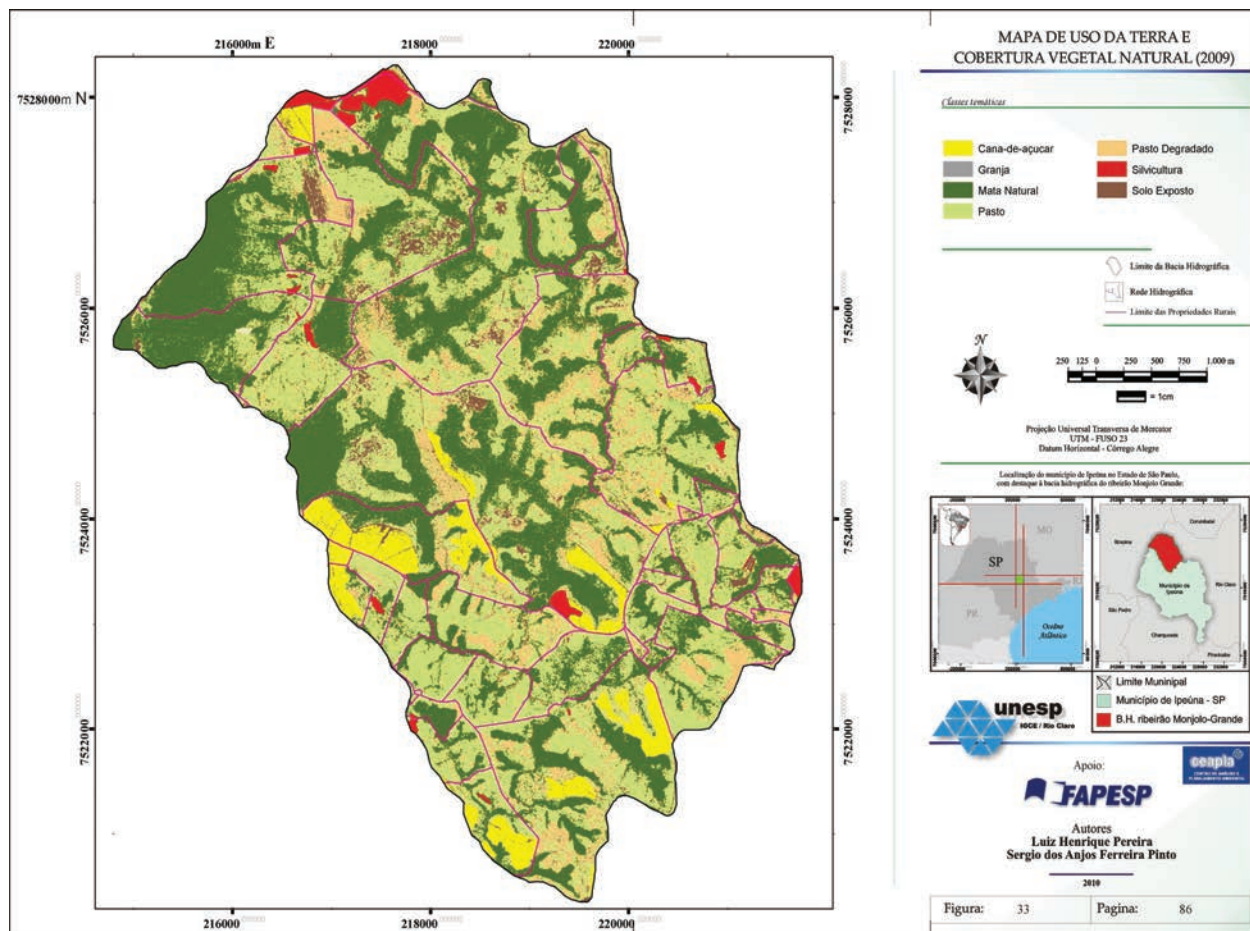


Figura 2.2 – Classes de diferentes usos da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande.

Fonte Pereira (2010).

2.2 - Geologia

A geologia da área compreende as rochas dos grupos São Bento e Passa Dois, de idades Paleozóicas e Mesozóicas, abrangendo um intervalo entre 240 Ma e o período atual (Tabela 2.1). A Figura 2.3 ilustra o mapa geológico da bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

A Formação Corumbataí apresenta argilitos, siltitos arenosos e argilosos em sua porção média e superior, finamente estratificados, compactos, de coloração que varia de vermelho amarelado a arroxeado (LANDIM, 1967). Dispõe-se em acamamentos plano-paralelos, mostrando estratificação rítmica marcada por intercalações de arenitos calcificados. Quando alterado expõe-se com coloração amarela esverdeada e fraturas de aspecto pastilhado. Já na porção inferior da Formação Corumbataí, observa-se siltitos maciços de coloração cinza esverdeada a azulada. Segundo Pereira (2010), a Formação Corumbataí ocorre por toda a calha do Ribeirão Monjolo Grande, aflorando em diversos setores, marcadamente no médio e baixo curso.

Tabela 2.1 - Coluna estratigráfica simplificada da área drenada pela bacia hidrográfica Rio Corumbataí. Modificado de Zaine e Perinoto (1996).

ERA CENOZÓICA (65 Ma - atual)	Depósitos recentes
ERA MESOZÓICA (225 – 65 Ma)	Grupo São Bento (Triássico – Cretáceo Inferior): -- Formação Serra Geral e intrusivas básicas associadas (Jurássico – Cretáceo Inferior: ~ 160 – 100 Ma) -- Formação Botucatu: (Jurássico: ~ 190 – 160 Ma) -- Formação Pirambóia: (Triássico: ~ 210 – 200 Ma)
ERA PALEOZÓICA (570 – 225 Ma)	Grupo Passa Dois (Permiano Superior): -- Formação Corumbataí (~ 240 – 230 Ma)

De acordo com Soares & Landim (1973), a Formação Pirambóia corresponde a um ciclo fluvial formado predominantemente por pacotes de arenito com granulação

média a fina, de coloração avermelhada, com seleção pobre e estratificação cruzada, sucedidos por pacotes de arenitos de granulação mais fina, com camadas de folhelho e arenitos com acamamento plano-paralelo. Segundo levantamento do IPT (1981), esta formação representa um paleo-ambiente deposicional úmido, oxidante, fluvial, em canais meandantes e planícies de inundação, com pequenas lagoas esparsas. Na bacia do Ribeirão Monjolo Grande a formação Pirambóia ocorre por toda a bacia, mais predominantemente na área centro norte, e mais notadamente próximo aos morros residuais da Guarita e Bisigueli, onde se encontram os canais de primeira ordem, formadores do Ribeirão Monjolo Grande.

A Formação Botucatu representa uma sequência de eventos de um ciclo desértico que ocorreu durante o Período Mesozóico. Caracteriza-se esse ciclo a sedimentação eólica de areias com granulação fina e muito fina, produzindo corpos de arenitos com boa seleção em grandes cunhas, com estratificação cruzada planar tangencial (SCHNEIDER *et al.*, 1974). Juntamente com a Formação Pirambóia, são as principais fontes dos sedimentos arenosos carregados pelos rios da bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

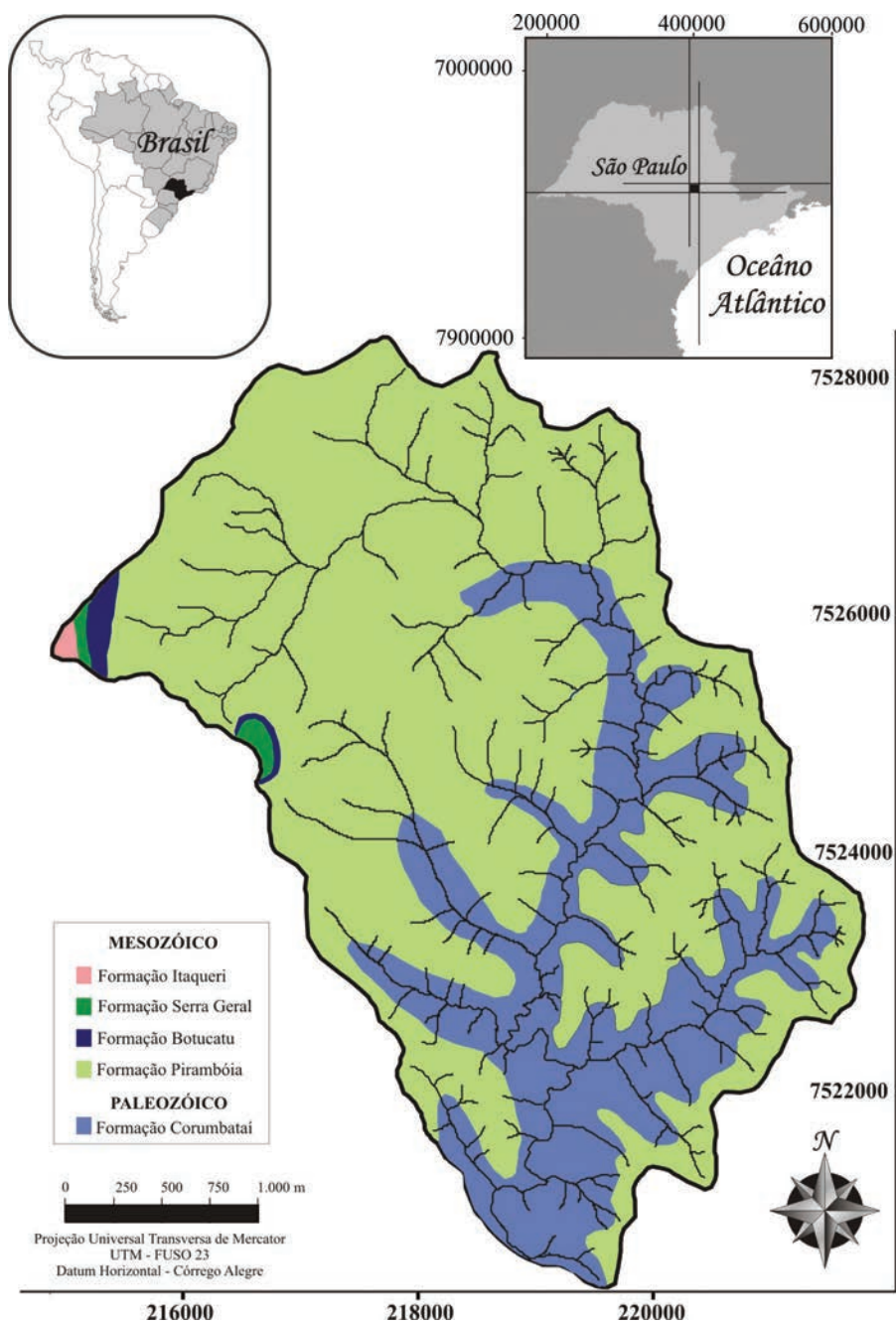


Figura 2.3 - Mapa geológico da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Modificado de Pereira (2010).

A Formação Serra Geral e intrusivas associadas apresentam toda uma completa suíte de tipos litológicos, desde basaltos até rochas ácidas do extremo riolítico.

O vulcanismo basáltico é o mais extenso, localizando-se ao longo de toda a área da

Bacia do Paraná, apresentando uma associação de basaltos, vulcânicas intermediárias e vulcânicas ácidas (ZALAN *et al.*, 1990). Tal associação corresponde a um vulcanismo do Período Mesozóico de bacia intra-cratônica (SCHNEIDER *et al.*, 1974). Esta formação é recoberta em discordância erosiva pelo do Grupo Bauru ou depósitos Cenozóicos. Na área de estudos, afloramentos se encontram com mais frequência próximo aos morros residuais do Bizigueli e da Guarita.

A Formação Itaqueri, segundo Pereira (2010), é composta por conglomerados polimíticos e diamictitos, sustentados por matrizes arenosas ou mesmo argilo arenosa, com grande presença de quartzo. Facincani (1995) aponta para a distribuição desta unidade de maneira isolada no Noroeste do Estado de São Paulo, predominantemente no topo das serras de São Pedro e Itaqueri. Entretanto, no interior da bacia do Ribeirão Monjolo Grande ela apresenta-se pontualmente no topo do morro residual Bizigueli, delineado pelas rochas basálticas e arenitos silicificados das Formações Serra Geral e Botucatu, respectivamente.

2.3 – Clima e hidrografia

Considerando a distribuição das chuvas e as variações de temperatura ao longo do ano, a área da bacia do Ribeirão Monjolo Grande pode ser enquadrada no tipo Cwa, conforme a classificação zonal de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade anual média entre os anos de 1964 e 2004 nesta bacia foi de 1475 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com precipitação média mensal de 275 mm, e julho o mês mais seco, com precipitação média mensal de 15 mm (Figura 2.4). Portanto, observa-se uma razão entre o mês mais chuvoso e o mais seco igual a 18,3, indicando grande amplitude pluviométrica ao longo do ano. Em relação aos ventos, na área predominam massas tropicais e equatoriais em mais de 50% do ano, sendo os ventos predominantes dos quadrantes S e SE.

O Ribeirão Monjolo Grande tem suas nascentes no morro residual do Bisigueli e deságua no Rio Passa Cinco como um rio de 5ª ordem, segundo a classificação de hierarquia de drenagem proposta por Straller (1952) (Figura 2.5). De acordo com a classificação genética proposta por Horton (1945), a exemplo do Rio Corumbataí, o

Ribeirão Monjolo Grande classifica-se como um rio sub-sequente, ou seja, ele escoar no sentido N-S, perpendicularmente em relação às camadas rochosas, comumente nas zonas de fraqueza. De acordo com análise descrita por Pereira (2010), o desenvolvimento da rede de drenagem do Ribeirão Monjolo Grande segue desenvolvimento livre. No entanto, em seu baixo curso apresenta forte influência da movimentação tectônica na configuração dos canais de drenagem, orientado por falhas.

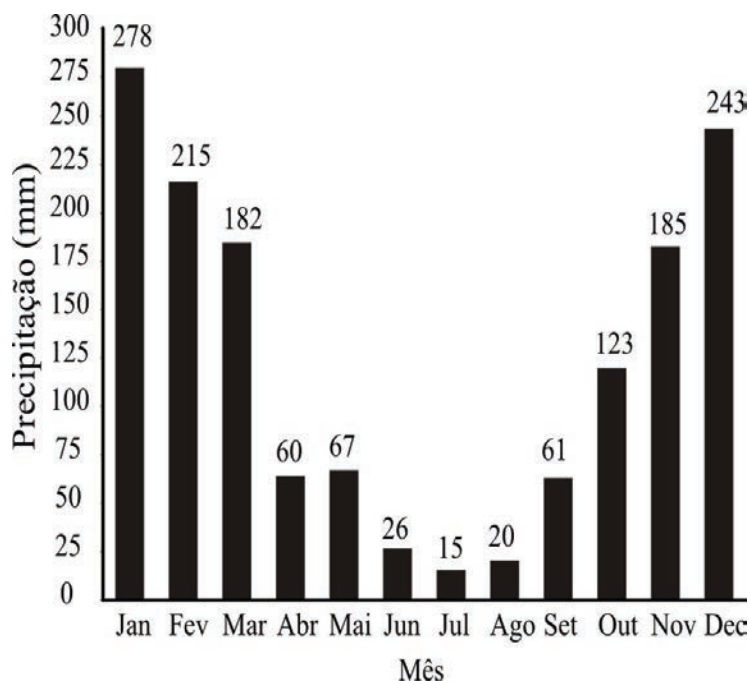


Figura 2.4 - Precipitação média mensal entre os anos de 1964 e 2004 na bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Fonte: DAEE. Prefixo D4-074.

2.4 – Pedologia e Geomorfologia

Referente à pedologia, Prado e Oliveira (1981) orientam a ocorrência principalmente de Latossolo Vermelho, Neossolos Quartzarênicos profundos associados à Latossolo Vermelho Amarelo, tendo como material de origem as Formações Botucatu e Pirambóia. Na transição com o relevo das Cuestas Basálticas há a presença de Neossolos Litólicos relacionados às Formações Serra Geral e Botucatu. Pereira (2010)

realizou tradagens em diversos setores da bacia do Ribeirão Monjolo Grande, com o intuito de realizar um levantamento mais preciso das classes de solo presentes nesta área. Deste levantamento, estabeleceram-se as seguintes classes de solo: Cambissolo, Neossolo Litólico, Latossolo Vermelho Amarelo, Argissolo Vermelho, Neossolo Flúvico e áreas de Deposição e Neossolo Quartzarenico (Figura 2.6).

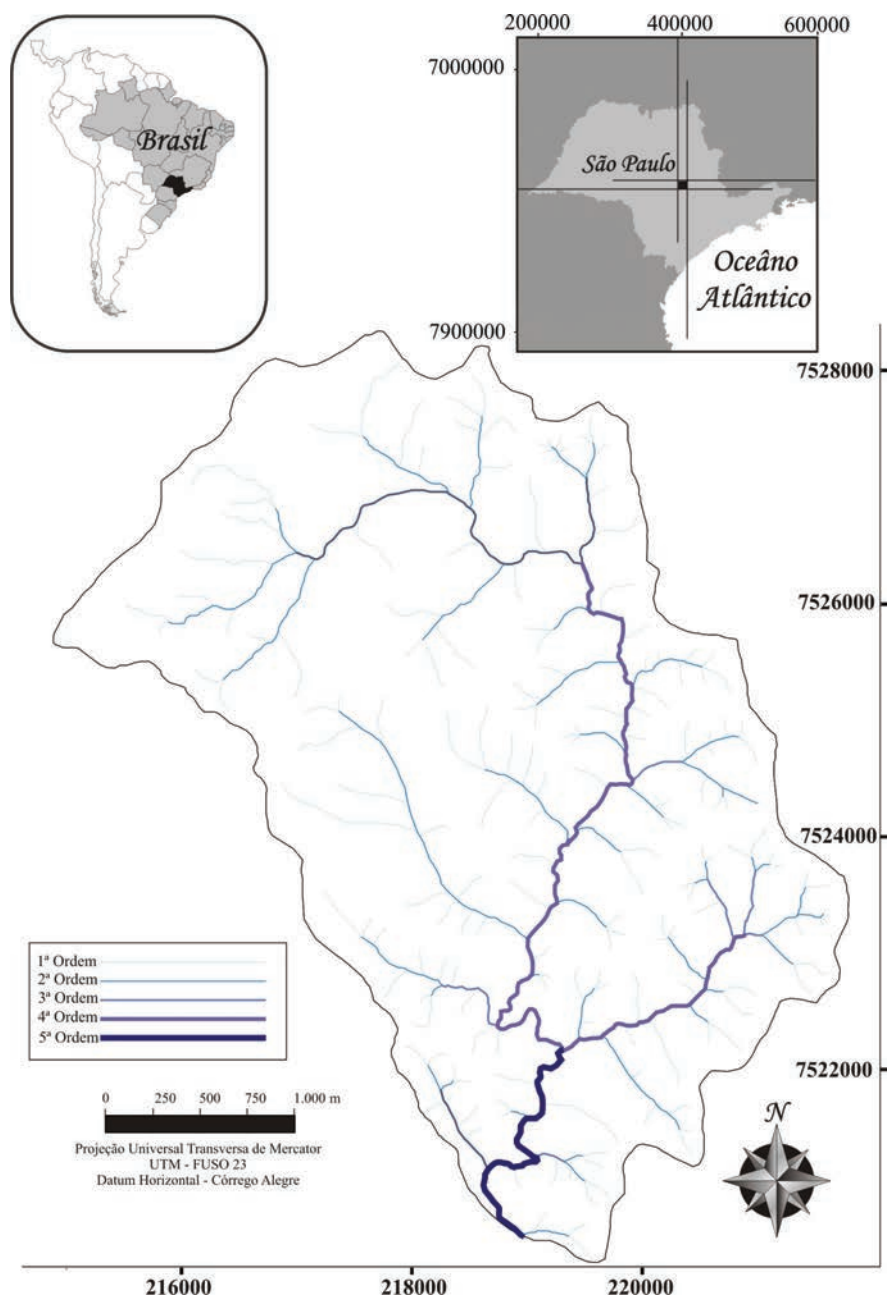


Figura 2.5 - Hierarquia da rede de drenagem da bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

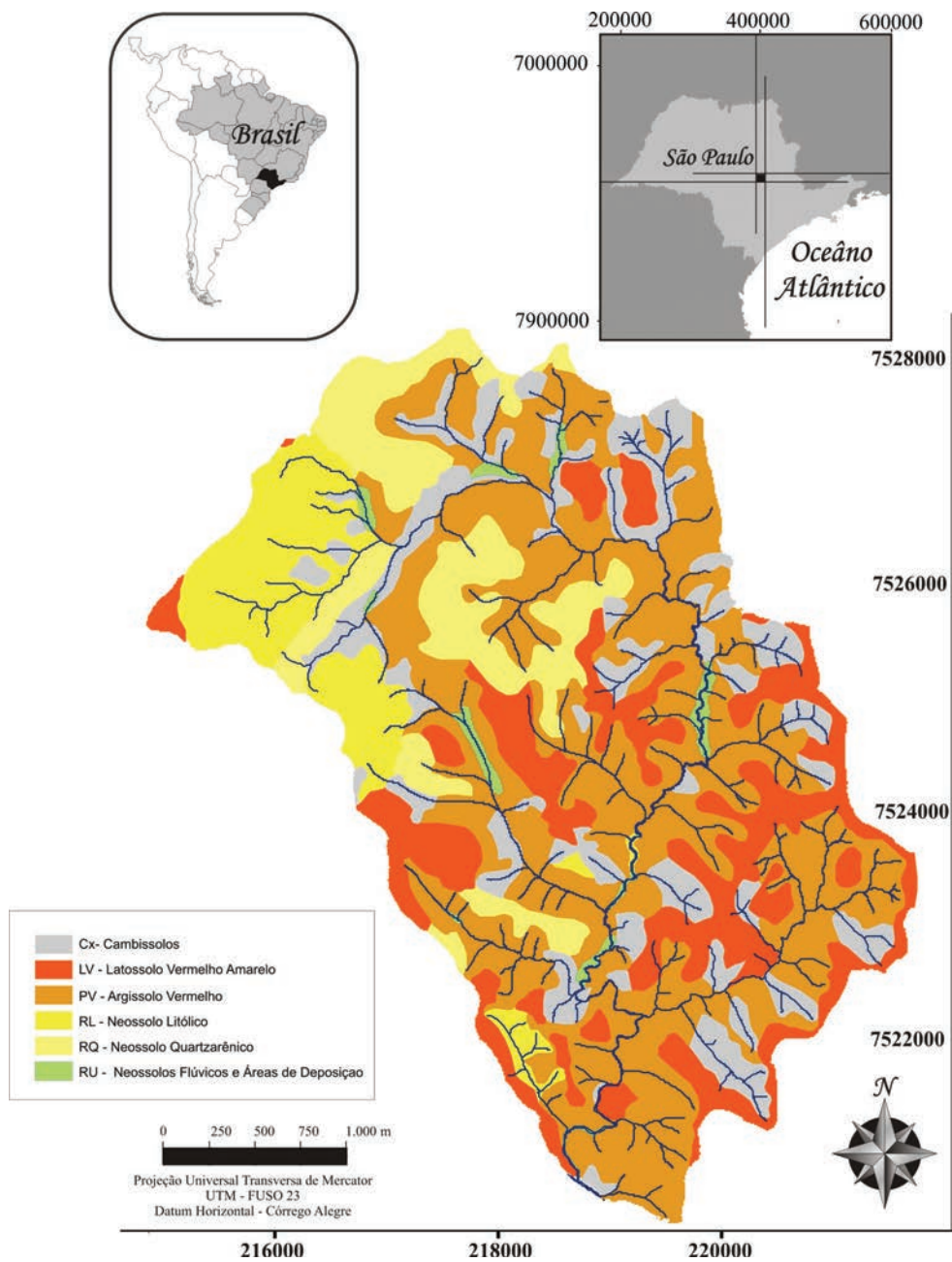


Figura 2.6 - Mapa pedológico da bacia do Ribeirão Monjolo Grande.
Modificado de Pereira (2010).

De acordo com levantamento realizado em IPT (1981), a área de estudo insere-se na Depressão Periférica Paulista, a qual se caracteriza numa topografia formada por colinas, com altitudes variando entre 550 m e 600 m. Entretanto ocorrem na bacia do Ribeirão Monjolo Grande pequenos maciços residuais, ou morros testemunhos, com altitudes maiores que 900 m. As feições topográficas da área realçadas pelo Modelo Digital de Elevação (MDE – Figura 2.7) permitem a indicação das formas do relevo, assim como a análise dos diferentes padrões geométricos presentes na rede de drenagem.

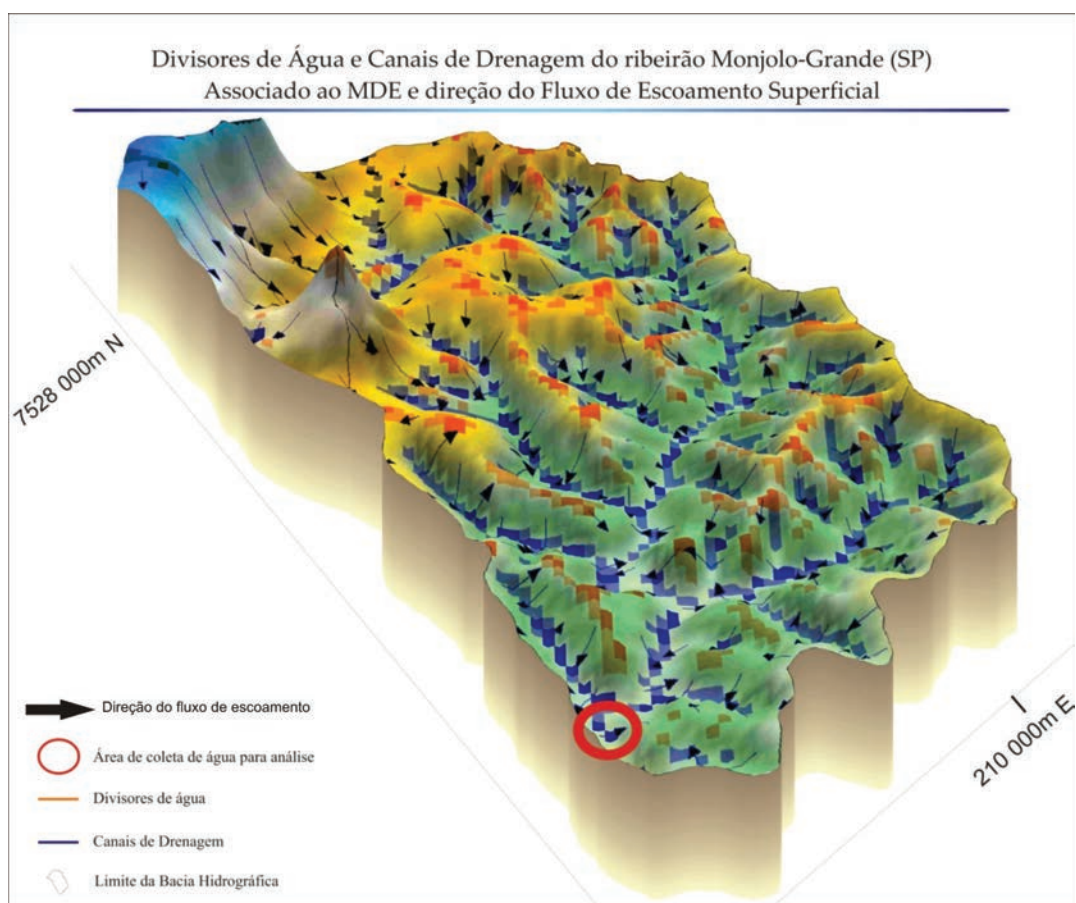


Figura 2.7 - Modelo Digital de Elevação da bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

Modificado de Pereira (2010).

A foz do Ribeirão Monjolo Grande encontra-se a 560m de altitude, sendo que o setor topográfico mais elevado onde estão suas cabeceiras, encontra-se a 985 m de altitude. Além disso, observa-se que o relevo da região caracteriza-se por uma configuração fortemente ondulada (com declives entre 20 e 45%), apresentando alto nível de limitação ao cultivo agrícola. Essas classes estão associadas a extensas áreas de pastagem, onde se podem observar em campo grandes cicatrizes de erosão originadas pelo pisoteio de gado.

Predominam áreas localizadas a altitudes de 660 a 790 m no setor nordeste da bacia do Ribeirão Monjolo Grande, com presença de divisores de água mais extensos e interflúvios suaves, dissecados por drenagens alongadas e retilíneas. As áreas de topo configuram-se em relevos planos a suave-ondulados (declives de 0 a 3% e 3 a 8% respectivamente), nos quais se observam intensos cultivos de cana-de-açúcar. Já o setor oposto sul/sudeste, à margem esquerda do Ribeirão Monjolo Grande, apresenta divisores estreitos, com interflúvios abruptos e canais de drenagem mais curtos, com predominância de declives entre 13 e 20%, de relevo ondulado, com menor grau de limitação ao cultivo agrícola.

3 - METODOLOGIA

3.1 - Avaliação de impactos ambientais simplificada (AAS)

A avaliação de impactos ambientais simplificada (AAS) associada aos recursos hídricos da bacia do Ribeirão Monjolo Grande foi aplicada em oito etapas (SALLES et al., 2008, SARDINHA et al. 2007) (Figura 3.1), divididas em três áreas essenciais para o gerenciamento dos impactos ambientais: i) identificação do problema e suas condições (abrange as cinco primeiras etapas); ii) determinação da causa provável do problema; iii) seleção de possíveis estratégias para controle ou redução dos impactos.

A primeira e a segunda etapa consistiram em levantar e revisar as informações e os objetivos do uso e ocupação atual da bacia do Ribeirão Monjolo Grande e foram realizadas antes do trabalho de campo. Assim, essas etapas permitiram a elaboração de uma caracterização ambiental desta área, principalmente através de visitas aos órgãos públicos para levantamento de dados (Prefeitura, Defesa Agropecuária, DAEE) e do material cartográfico (IBGE, IGC) necessário à realização desta caracterização.

Na terceira etapa procedeu-se à seleção de indicadores buscando a identificação dos problemas relevantes, assim como o levantamento de fatores que refletiam os impactos no ambiente analisado. Os indicadores aplicados se mostraram importantes para uma análise qualitativa e quantitativa, abordando os impactos do recurso natural e

suas inter-relações, associadas com o uso da área estudada. Após isso, foi elaborado um formulário de campo (Tabela 3.1), a fim de uniformizar os dados coletados.

A quarta etapa referiu-se a definição de valores (padrões) para cada impacto, criando um índice de análise ambiental simplificado (Tabela 3.1), baseado em uma listagem de controle ponderada. O preenchimento deste formulário auxiliou na identificação de impactos no meio físico que, de uma forma ou de outra, poderiam afetar o ambiente natural. Após o preenchimento somaram-se os pontos de cada questão (mínimo zero e máximo dezoito pontos), sendo que quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na região estudada (Tabela 3.2). A quinta etapa consistiu na avaliação de campo, através do preenchimento do formulário nos pontos selecionados (Figura 3.2).

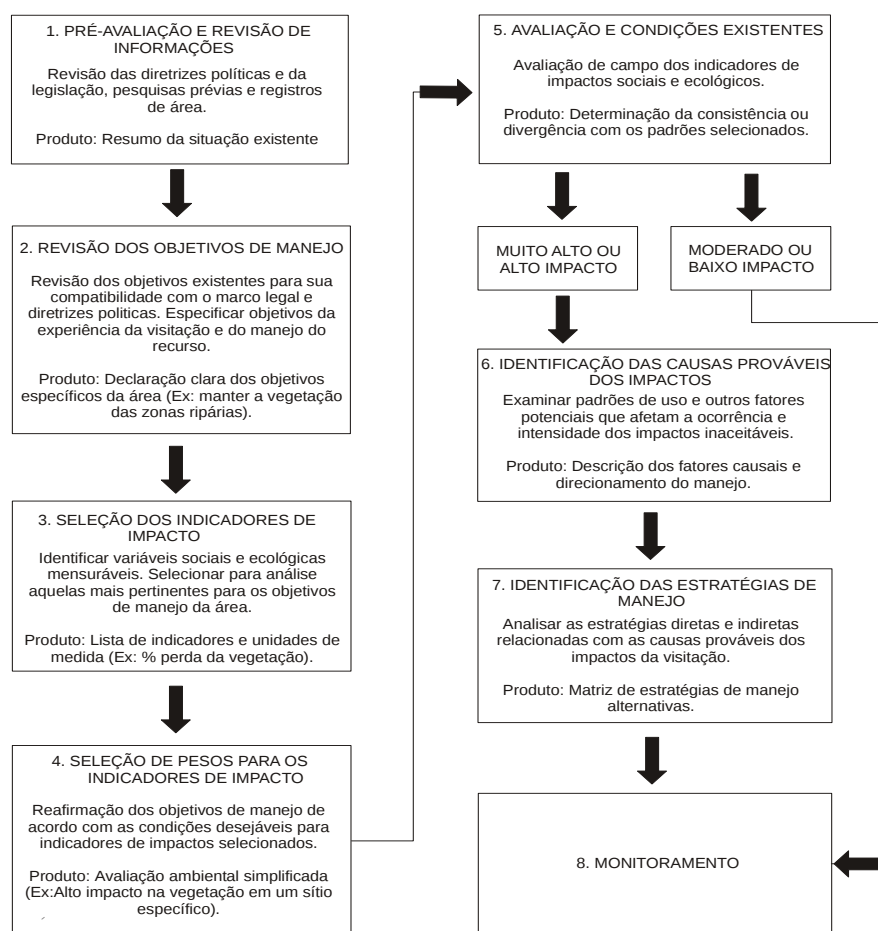


Figura 3.1 - Etapas da avaliação ambiental simplificada (Sardinha, 2007).

Tabela 3.1 – Modelo de ficha de campo com indicadores biofísicos de impactos ambientais e seus respectivos pesos aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (modificado de Salles et al., 2008).

Impactos na vegetação	Valor	Erosão no entorno	Valor
Sem vegetação	0	Boçoroca	0
Menos que 50% de vegetação	1	Sulco	1
Mais que 50% de vegetação	2	Ravina	2
Ausente	3	Ausente	3
Lixo no entorno		Turbidez	
Muito lixo	0	Muito alta	0
Pouco lixo	1	Alta	1
Lixo em latões	2	Baixa	2
Ausente	3	Ausente	3
Odor		Uso e ocupação da terra	
Muito forte	0	Agricultura/pastagem	0
Forte	1	Com vegetação rasteira	1
Fraco	2	Com vegetação arbustiva	2
Ausente	3	Com vegetação arbórea	3

Tabela 3.2 - Intervalos de valores e classificação de impactos dos indicadores biofísicos.

Intervalo de valores	Classificação dos impactos
18 – 13	Impacto baixo
12 – 7	Impacto moderado
7 – 4	Impacto alto
3 – 0	Impacto preocupante

Ainda com o objetivo de verificar possíveis impactos potenciais nos recursos hídricos da bacia do Ribeirão Monjolo Grande foram feitas análises físico-químicas de alguns parâmetros em todos os pontos de amostragem. Os parâmetros físico-químicos caracterizados neste trabalho foram temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$), sendo todos os valores obtidos através de sonda multi-parâmetros de leitura direta no próprio local de amostragem (marca YSI, Modelo YSI 85). O eletrodo de pH é do tipo combinado e os padrões de alta pureza utilizados para calibração foram de $\text{pH } 4,00$ ($4,005 \pm 0,010$ à $25^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$) e $7,00$ ($7,000 \pm 0,010$ à $25^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$). O condutivímetro foi calibrado utilizando-se uma solução padrão de KCl ($1,0 \text{ mmol/L}$) de condutividade conhecida, ou seja, $147 \mu\text{S/cm}$ à 25°C .

As etapas seis e sete permitem avaliar as causas, estabelecendo estratégias de manejo para as atividades analisadas, sendo, para isso, adotado o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994). Esse modelo baseia-se em três frentes, a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para identificar as prováveis causas dos impactos ambientais e definir as estratégias de manejo. Finalmente a etapa oito, trata do monitoramento dos indicadores de impacto fornecendo os dados para uma avaliação contínua de ações de manejo a serem implantados.

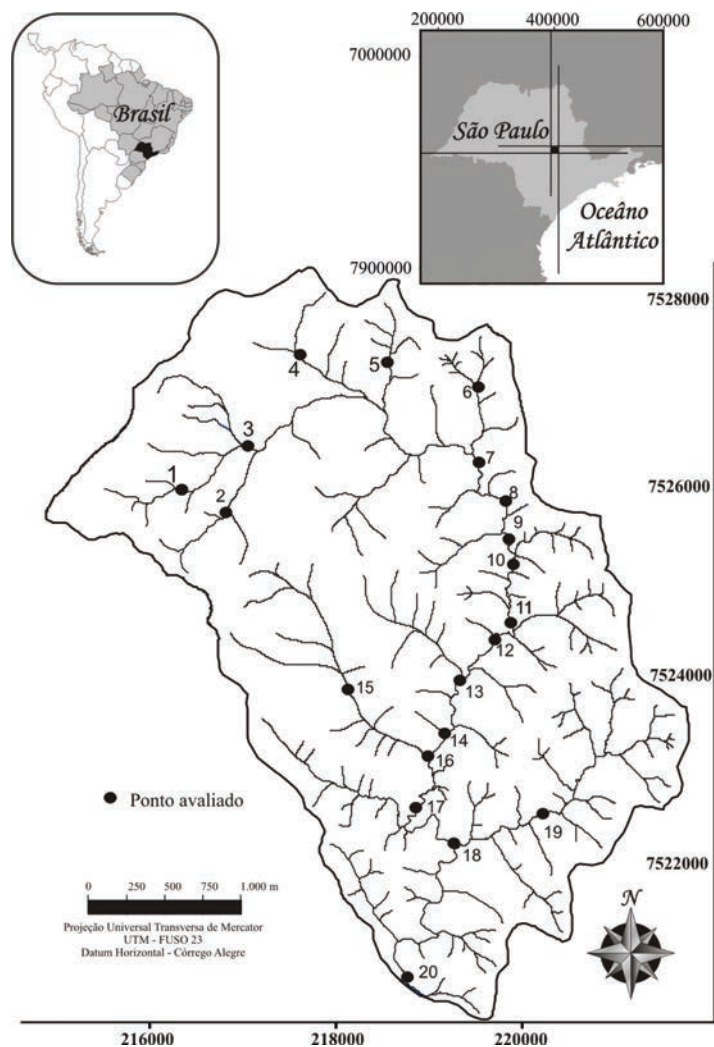


Figura 3.2 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, com destaque para os locais avaliados através da avaliação de impactos ambientais simplificada.

3.2 – Avaliação da qualidade das águas superficiais

A amostragem das águas superficiais para a avaliação de sua qualidade foi realizada nos meses de fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2010 no mesmo ponto onde foi analisado o transporte de sedimentos, ou seja, próximo ao exutório da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (ponto 20 da Figura 3.2). As mesmas variáveis físico-químicas também foram caracterizadas para águas superficiais como descrito anteriormente, ou seja: temperatura (°C), pH, condutividade

(S/cm) e oxigênio dissolvido (mg/L). Os métodos de coleta e de preservação das amostras são muito importantes e seguiram os dispositivos de amostragem descritos no “Guia Técnico de Coleta e Preservação de Amostras de Água” (AGUDO, 1988). As amostras de águas superficiais foram armazenadas em vasilhames de polietileno para posterior quantificação dos teores de Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^- , sólidos totais dissolvidos e sólidos totais particulados.

Sódio, cloreto e fluoreto foram analisados pelo método potenciométrico com a utilização de eletrodos acoplados a um medidor de íons seletivo da Orion (modelo 710 A+). Os teores de cálcio e magnésio (método da calmagita colorimétrica, de 0,05 a 4,00 $\pm$ 0,01 mg/L), potássio (método do tetrafenilborato, de 0,10 a 7,00 $\pm$ 0,04 mg/L), sulfato (método turbidimétrico de sulfato de bário, de 2 a 70 $\pm$ 0,9 mg/L), fosfato (método do ácido ascórbico, de 0,02 a 2,5 $\pm$ 0,01 mg/L) e nitrato (método de redução de cádmio, de 0,1 a 10 $\pm$ 0,3 mg/L) foram quantificados por espectrofotômetro modelo *DR 2800* da *Hach Company* (HACH, 1992). A alcalinidade foi obtida por titulação com ácido sulfúrico 0,02 N (HACH, 1992) com concentração entre 1 e 500 $\pm$ 0,2 mg/L. Sólidos totais dissolvidos ($< 2\mu\text{m}$) e sólidos totais particulados em suspensão foram quantificados pela metodologia gravimétrica, conforme descrito na 20ª edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (STANDART METHODS, 1999). Todos os procedimentos de quantificação destes ânions/cátions foram realizados no Laboratório de Geoquímica Ambiental (LAGEA) lotado no Departamento de Planejamento Territorial e Geopressamento (DEPLAN) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da UNESP de Rio Claro.

Além da análise da concentração dos principais cátions e ânions dissolvidos foi realizada a quantificação da concentração total e dissolvida de Fe, Al, Ba, Mn, Cd, Cu, Pb, Zn e Ni nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, durante os meses de fevereiro, abril, julho, setembro e novembro de 2010. Os teores destes metais foram quantificados por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado (ICP-OES) no Centro de Estudos Ambientais (CEA) da UNESP de Rio Claro. O teor dissolvido foi obtido através de filtração *in situ* da amostra coletada, com a utilização de filtro Millipore de 0,45 μm acoplado a uma seringa descartável de 20 mL (Figura 3.3). As amostras para a quantificação do teor total foram conservadas em HNO_3 destilado na proporção de 2%. As amostras coletadas para a quantificação do teor

total sofreram digestão através do procedimento sugerido pela United States Environmental Protection Agency USEPA, ou seja, Method 3010 A, acid digestion of aqueous samples and extracts for total metals for analysis by FLAA or ICP Spectroscopy.

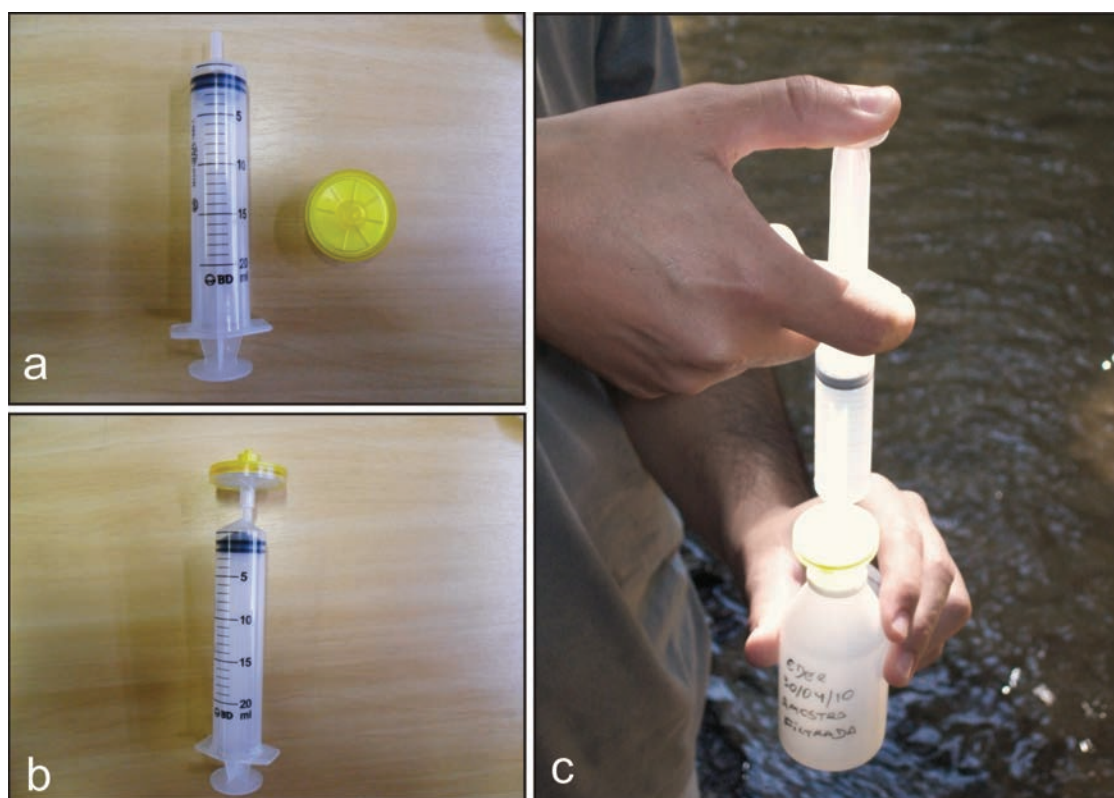


Figura 3.3 – Procedimento de filtração *in situ* (c) com utilização de seringa de 20 ml (a) acoplada a um filtro de 0,45 μ m (b).

4.3 - Transporte de sedimentos

A descarga sólida total em curso de água pode ser obtida através do método simplificado de Colby 1957 (CARVALHO, 2008). Tal método foi escolhido por ser um rio de pequeno porte, cuja profundidade média atinge poucos centímetros durante a estação seca, e também pela sua facilidade de aplicação. Tal método é vantajoso devido ao reduzido número de dados necessários à sua aplicação, tornando-o um método bastante simples (SCAPIN, 2007). Este método, que usa basicamente três ábacos (Anexo 1) e dados de descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção e concentração medida de sólidos totais, é executado através do cálculo das seguintes equações:

$$Q_t = Q_{sm} + Q_{nm} \quad (1)$$

$$Q_{sm} = 0,0864.Q.C_s \quad (2)$$

$$Q_{nm} = q_{nm}.K.L \quad (3)$$

Onde:

Q_t = descarga sólida total, em t/dia^{-1} ;

Q_{sm} = descarga sólida medida, em t/dia^{-1} ;

Q_{nm} = descarga sólida não medida, em t/dia^{-1} ;

Q = descarga líquida, em m^3/s ;

C_s = concentração medida de sólidos totais, em mg/L ;

q_{nm} = descarga sólida não medida aproximada, em $t/dia/m$;

L = largura do rio, em m ;

K = fator de correção.

O cálculo da carga não amostrada (Q_{nm}) foi realizado utilizando-se o Software WinTSR, desenvolvido por Paiva *et. al* (2002). Este programa utiliza os dados de

largura do canal (m), velocidade média (m/S), profundidade (m), vazão (m³/S), concentração de sólidos em suspensão (mg/L) (Figura 3.4). Segundo Paiva *et. al* (2002) a utilização dos dados de profundidade hidráulica são utilizados quando admite-se o canal do rio como uma seção retangular, caso não observado para o Ribeirão Monjolo Grande, portanto utilizou-se os dados de profundidade média.

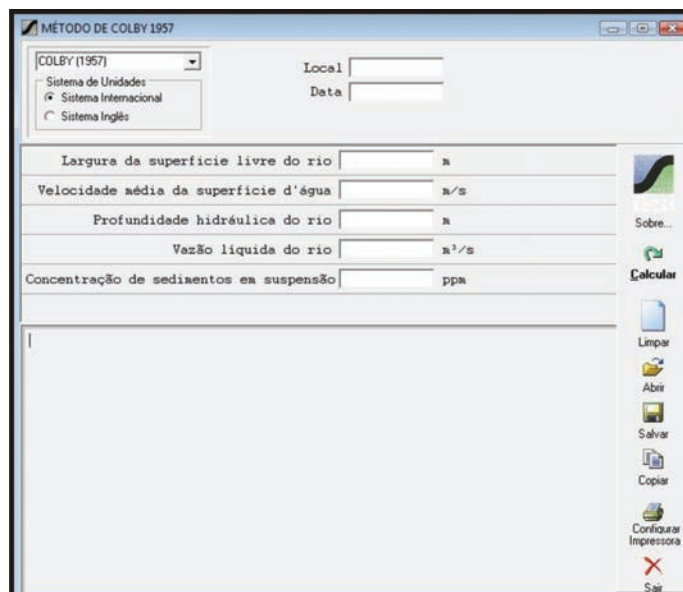


Figura 4.4 – Interface do programa WinTSR, utilizado para o cálculo do transporte de sedimentos na bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Fonte: Carvalho (2008).

A concentração medida de sólidos totais foi efetuada durante um ano hidrológico completo abrangendo o ano de 2010. Para o monitoramento de um cenário mais próximo possível do real, o cálculo do transporte de sedimentos foi feito com uma periodicidade de 10 dias. Para isso, foi coletada uma amostra de 1L em frasco de polietileno a cada etapa de campo, sendo ela transportada para o LAGEA, onde se efetuou a quantificação, em triplicata, dos sólidos totais através do seguinte cálculo:

$$ST = (P_d - P_a) \cdot 1000 / V_e \quad (4)$$

Onde:

ST = Sólidos totais a 105°C (mg/L);

P_d = Peso do frasco após a secagem da amostra (g);

P_a = Peso do frasco seco antes da colocação da amostra (g);

V_e = Volume total da amostra evaporada (L).

A vazão no ponto de amostragem foi medida utilizando-se uma trena, um medidor de fluxo (molinete) e um cronômetro, sendo as variáveis colocadas posteriormente na seguinte equação:

$$Q = AV \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão (m^3/s);

A = área da seção transversal do rio (m^2);

V = velocidade de escoamento do curso d'água do rio (m/s);

A área do canal e a velocidade média de escoamento do Ribeirão Monjolo Grande em seu exutório (Figura 3.5) foram calculados através das equações:

$$A = h \frac{B+b}{2} \quad (6)$$

$$Vm = \frac{V1+V2+V3}{3} \quad (7)$$

Onde:

A = área do canal próximo ao exutório (m^2);

h = altura (m);

B = base maior (m);

b = base menor (m);

V_m = velocidade média da corrente (m/s);

V_1 , V_2 e V_3 = velocidade (m/s) (medida a 60% da profundidade (CARVALHO, 2008))
em três diferentes pontos do canal próximo ao exutório;



Figura 4.5 – Exutório do Ribeirão Monjolo Grande onde foram realizadas as medições de vazão. P1, P2 e P3 = profundidade em três diferentes pontos; V1, V2 e V3 = velocidade em três diferentes pontos;

4 – IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONJOLO GRANDE

4.1 - Avaliação de impactos ambientais simplificada

A avaliação ambiental simplificada foi aplicada na área de estudos durante dois dias no mês de Julho de 2010. Tal data foi escolhida por ser um período mais seco, onde os rios que drenam a região estão mais baixos, permitindo assim que se percorresse a pé pelo canal principal através de suas margens e por vezes durante seu leito. Ao todo, avaliou-se 20 pontos distribuídos o mais uniformemente possível ao longo da bacia de drenagem, considerando suas áreas de cabeceira, seu médio e baixo curso (Figura 3.2).

Dos 20 (vinte) pontos analisados através da avaliação ambiental simplificada, 10 (dez) ou 50% dos pontos apresentaram preocupante ou alto grau de impacto ambiental, sendo os demais pontos avaliados como moderado e pouco impacto ambiental (Tabela 4.1). Por se tratar de uma bacia hidrográfica situada totalmente na zona rural e sem atividades industriais, pode-se considerar que a bacia do Ribeirão Monjolo Grande

possui um significativo grau de impactos ambientais, principalmente os indicadores biofísicos relacionados aos processos erosivos e a retirada da vegetação (Tabela 4.1).

Os pontos 1 a 6 correspondem às cabeceiras do Ribeirão Monjolo Grande. A aplicação da avaliação ambiental simplificada mostrou que todos os pontos possuem baixo ou moderado impacto ambiental, apresentando condições satisfatórias de preservação. Dos pontos moderadamente impactados, destaca-se negativamente o ponto 3, o qual apresenta problemas quanto à retirada da vegetação e à presença de processos erosivos mais avançados. Neste local, ocorrem áreas de pastagens de gado nelore e a criação de búfalos, acarretando na retirada de exemplares arbóreos, restando apenas vegetação rasteira ou pasto. O ponto 6 foi avaliado próximo à nascente de um curso de água de primeira ordem e este é marcado pela retirada da maior parte da vegetação, no entanto, não há processos erosivos evidentes.

Tabela 4.1 - Resultados dos níveis de impacto ambiental e parâmetros físico-químicos relacionados à qualidade do Ribeirão Monjolo Grande obtidos durante a avaliação ambiental simplificada.

Ponto	Nível de impacto	Principal indicador de impacto ambiental	pH	OD (mg/L)	Cond (µS/cm)	Temp (°C)
1	Moderado	Vegetação	8,8	8,2	36,3	22,8
2	Baixo	Vegetação	8,2	9,8	37,4	19,0
3	Moderado	Vegetação e Processos Erosivos	7,5	8,9	36,8	19,6
4	Baixo	Vegetação	7,3	8,6	29,1	18,8
5	Baixo	Vegetação	6,9	7,8	43,7	16,4
6	Moderado	Vegetação	8,1	8,8	37,1	18,1
7	Alto	Processos Erosivos	6,1	9,1	30,5	15,0
8	Preocupante	Vegetação e Processos Erosivos	6,4	8,7	33,1	16,3
9	Baixo	Vegetação	6,5	7,9	45,0	15,6
10	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	6,3	7,3	52,0	15,8
11	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	6,7	7,3	49,7	19,3
12	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	7,4	5,8	39,7	20,0
13	Baixo	Vegetação	7,3	8,6	47,3	16,6
14	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	6,5	5,6	36,1	15,6
15	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	7,1	7,9	35,5	21,0
16	Moderado	Vegetação e Assoreamento	6,6	4,7	35,6	18,5
17	Alto	Vegetação e Assoreamento	6,8	4,8	35,7	18,6
18	Preocupante	Vegetação e Processos Erosivos	6,1	6,0	52,6	21,5
19	Moderado	Vegetação	7,8	7,3	42,3	15,3
20	Alto	Vegetação e Processos Erosivos	6,7	5,4	51,2	20,8

Os pontos de 7 a 12 são marcados por impactos de níveis alto e preocupante, sendo o ponto 9 a única exceção. O ponto 7 apresenta marcas fortes de erosão ao longo da vertente, provocadas inicialmente por pisoteio de gado e que evoluíram chegando ao estágio de ravinas (Figura 4.1a). Os pontos 8 (Figura 4.1b) e 10 (Figura 4.1c) apresentam processos erosivos fortes, já em estado de boçoroca, onde ocorre o afloramento do lençol freático e o deslocamento contínuo de água e sedimentos, apontando estas áreas como as mais impactadas da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande. Além disso, foi verificada ausência de vegetação nas vertentes destes pontos, fato que também possibilita a remoção de sedimentos destas áreas. Processos erosivos desta magnitude não ocorrem rapidamente, ficando evidente a falta de preocupação por conta dos proprietários em sanar este tipo de situação. O ponto 11 apresenta supressão da vegetação nas margens e um sério problema de assoreamento no canal do Ribeirão Monjolo Grande, proporcionando até mesmo o crescimento de vegetação nesta área. O ponto 12 consiste em um porto de extração de areia (Figura 4.1d), o que além de retirar a vegetação das margens, altera a dinâmica hidrossedimentológica do canal do Ribeirão Monjolo Grande.

O ponto 13 é um ponto bem preservado quanto à vegetação e processos erosivos. Contudo, a área de vegetação não obedece aos 30 m de Área de Proteção Permanente (APP), conforme determinado pela Resolução CONAMA nº 303 de 13/05/2002 (BRASIL, 2002). O ponto 14, de maneira geral, apresenta impactos em praticamente todos os níveis, associados à retirada da vegetação e à manutenção de processos erosivos (Figura 4.1e). Neste ponto o rio é interceptado por uma estrada de passagem de automóveis, tratores e animais (gado), o que causa grande compactação do solo, impedindo a rebrota da mata ciliar, comprometendo a vida aquática no local. Além disso, a pavimentação desta estrada é feita com entulho de diversos tamanhos, os quais invariavelmente convergem para o canal.

Os pontos 15, 18 e 19 foram avaliados em afluentes do Ribeirão Monjolo Grande no seu médio curso. O ponto 15, cuja vertente tem total ausência de mata ciliar, sofre com sérios problemas relacionados à grande quantidade de sedimentos depositados neste ponto, causando uma diminuição do canal deste afluente. O ponto 18 (Figura 5.1f) também é uma área criticamente impactada pela total retirada da vegetação das margens, sendo que os únicos exemplares arbóreos são eucaliptos distantes das margens. Observam-se nas margens grandes sulcos erosivos provocados pelo pisoteio

de gado, provocando perda de grandes quantidades de solo pela erosão linear. O ponto 19 apresenta impactos moderados quanto à retirada da vegetação e à manutenção dos processos erosivos, apresentando pastos mais bem conservados e presença discreta de mata ciliar, no entanto abaixo do previsto para áreas de preservação permanente.



Figura 4.1 - Exemplos de impactos registrados em toda a Bacia do Ribeirão Monjolo Grande durante a realização deste trabalho.

O ponto 16 configura-se num ponto de grande deposição de sedimentos, cujo leito maior atinge cerca de 30 m devido o assoreamento ocasionado pelo grande aporte de sedimentos carregado pelo Ribeirão Monjolo Grande e seus afluentes. O ponto 17 é localizado pouco abaixo do ponto 16 e é marcado pela retirada completa da vegetação das vertentes e por uma concentração muito grande de sedimentos no canal, igualmente ao ponto anterior, formando inclusive bancos de areia com fixação de vegetação. O ponto 20 é o ponto avaliado mais próximo à foz do Ribeirão Monjolo Grande e sofre com a retirada da vegetação em ambas as margens, em função da atividade pecuária e para a manutenção de cana-de-açúcar. Há ainda neste local depósito de lixo próximo às margens devido à proximidade com a sede de uma propriedade.

4.2 - Parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos caracterizados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande são apresentados na Tabela 4.1 e Figura 4.2.

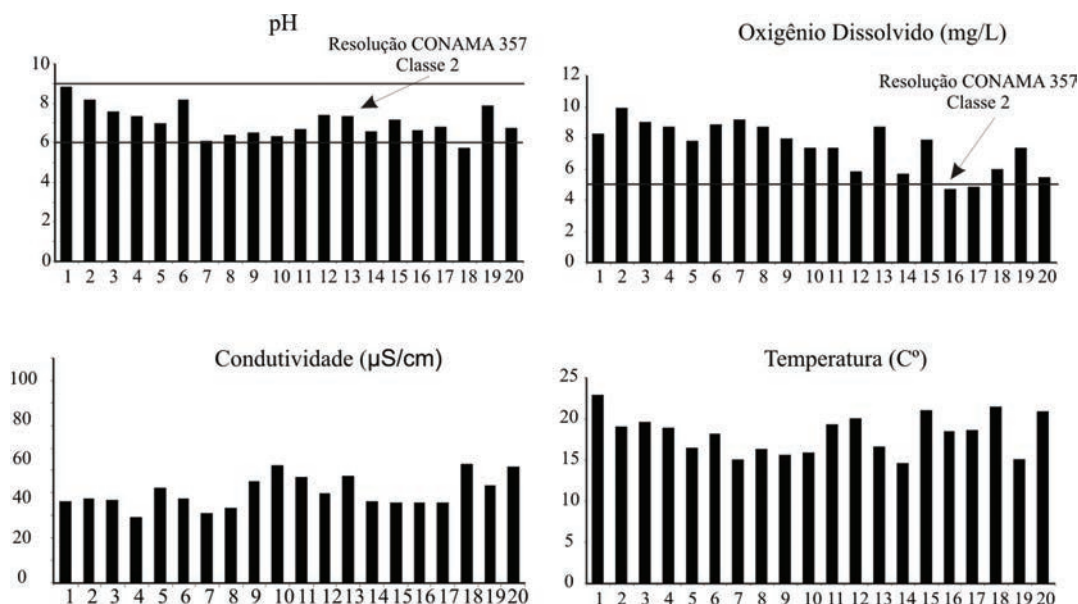


Figura 4.2 – Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados neste trabalho durante a avaliação de impactos ambientais simplificada dos recursos hídricos na bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

Os valores de pH caracterizados em todos os pontos de amostragem indicam que as águas superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande encontram-se próximo à neutralidade (pH médio de 6,6), sendo os maiores e menores valores registrado no Ribeirão Monjolo Grande nos pontos 1 (8,8) e 7 (6,1), respectivamente. Os valores mais alcalinos foram encontrados nas áreas de afloramentos da Formação Serra Geral (pontos 1, 2, 6 e 19), possivelmente atribuídos aos processos de intemperismo relacionados à mineralogia dos basaltos existentes nestas áreas.

A média da concentração de oxigênio dissolvido na bacia do Ribeirão Monjolo Grande foi de 7,0 mg/L, com os maiores valores registrados nas regiões próximas as suas nascente, sendo o ponto 2 o local que apresentou o maior valor (9,8 mg/L). Já as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram caracterizadas nos pontos 16 (4,7 mg/L), 17 (4,8 mg/L) e 20 (5,4 mg/L), localizados em áreas onde as águas do Ribeirão Monjolo Grande possuem menores velocidades de escoamento, devido a existência de lagoas em locais assoreados, diminuindo as taxas de oxigenação e, por conseguinte, os valores das concentrações de oxigênio dissolvido.

O valor médio analisado para condutividade elétrica na bacia do Ribeirão Monjolo Grande foi de 45 $\mu\text{S/cm}$, sendo os menores e maiores valores obtidos nos pontos 4 (29,1 $\mu\text{S/cm}$) e 19 (52,6 $\mu\text{S/cm}$), respectivamente. Valores acima de 100 S/cm para a condutividade elétrica nas águas superficiais são notadamente encontrados em corpos de água eutrofizados por esgotos industriais, domésticos e/ou agrícola (CETESB, 2009), sendo estes valores mais elevados que os obtidos neste trabalho. Com isso, os resultados de condutividade elétrica podem ser considerados baixos para águas superficiais, indicando que o Ribeirão Monjolo Grande ainda possui boa qualidade da água.

Os maiores e menores valores para a temperatura da água foram registrados nos pontos 1 (22,8°C) e 7 (15,0°C), respectivamente, sendo o valor da temperatura média da água do Ribeirão Monjolo Grande de 20,1°C. Como pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 4.1, houve variação de aproximadamente 7°C da temperatura da água entre os pontos onde este parâmetro foi caracterizado. A variação da temperatura ao longo do Ribeirão Monjolo Grande está relacionada ao aumento da temperatura do ar ao longo do dia, pois os primeiros pontos foram caracterizados no período da manhã, onde a temperatura do ar é mais amena que no período da tarde, onde foram obtidos os maiores de temperatura da água.

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755 (SÃO PAULO, 1977), o Ribeirão Monjolo Grande está Enquadrado como Classe 2, que segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, destina-se ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e a aquicultura e a atividade de pesca.

Como pode ser observado com os resultados apresentados neste trabalho para os parâmetros físico-químicos caracterizados para o Ribeirão Monjolo Grande, todos os valores de pH encontram-se dentro das condições e padrões que os corpos de água Classe 2 devem possuir, ou seja, valores entre 6,0 e 9,0 (Figura 4.2). Já em relação aos valores de oxigênio dissolvido, somente os pontos 16 e 17 apresentaram valores menores que 5,0 mg/L, como indicado para os corpos de água Classe 2, devido a diminuição da velocidade, o que afeta a taxa de oxigenação (Figura 4.2). Cabe salientar que nesta bacia não há lançamentos de esgotos domésticos ou industriais, fato que

poderia abaixar ainda mais a concentração de oxigênio dissolvido nestas águas. Além disso, durante a avaliação de impactos ambientais simplificada não se observou a presença de materiais flutuantes, odor ou óleos e graxas nas águas do Ribeirão Monjolo Grande, reforçando a hipótese levantada pela análise dos valores dos parâmetros físico-químicos, ou seja, que as águas do Ribeirão Monjolo Grande ainda possuem boa qualidade e estão de acordo com sua Classe de Enquadramento.

Como previsto neste capítulo, a realização da medição dos parâmetros físico-químicos tem como principal objetivo complementar os resultados obtidos da aplicação do questionário de campo. A análise dos resultados mostra que os impactos ambientais observados na bacia não estão interferindo significativamente nos corpos d'água, visto que os parâmetros físico químicos se mantêm dentro dos parâmetros estabelecidos para a Classe 2 da Resolução CONAMA 357, mesmo em áreas consideradas com alto grau de impactos ambientais.

4.3 - Monitoramento e estratégias de manejo

Através da aplicação da avaliação de impactos ambientais simplificada, dez pontos (50% dos pontos avaliados) foram classificados com alto ou preocupante grau de impacto ambiental. Dessa maneira, pela metodologia proposta esses pontos devem ter a identificação das causas prováveis (fase 6) e também devem ser propostas estratégias de manejo (fase 7). Após a realização dessas etapas, esses pontos devem ser monitorados, visto que, para os demais locais, essa fase de monitoramento ambiental periódico já deveria estar sendo realizada, proporcionando um controle eficaz dos recursos naturais encontrados na bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Com o auxílio do modelo Pressão-Estado-Resposta, (OECD, 1994), aplicado à área foi possível elaborar um resumo da situação existente e as possíveis estratégias de manejo para os impactos que afetam a bacia nos pontos avaliados (Tabela 4.2).

O monitoramento ambiental deve envolver essencialmente a coleta, análise e avaliação de dados ambientais para a orientação da melhor condução de manejo ambiental para o local estudado. As técnicas a serem utilizadas devem estar embasadas

em consultas à literatura e debates com profissionais da área ambiental. Esse monitoramento poderá fornecer, ao longo do tempo, uma base de dados para o uso futuro desses recursos naturais, além de determinar se os objetivos das ações de manejo estão produzindo os resultados esperados sem alterar as características do ambiente.

Tabela 4.2 - Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis.

Indicador	Estado	Pressão	Resposta
Vegetação	Desmatamento para pecuária e plantio de cana-de-açúcar	Vegetação composta por gramíneas ou cana-de-açúcar	Cumprimento legal e conservação das áreas de APP e recuperação das áreas degradadas
Erosão	Perda de solo e assoreamento dos corpos de água	Erosão laminar devido à exposição de solo para uso agrícola	Recuperação das áreas degradadas
Uso e ocupação da terra	Mau aproveitamento do uso e ocupação da terra	Pastagem degradada e plantações em áreas impróprias	Controle e planejamento agrícola

Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994), foi possível identificar algumas estratégias de manejo para os locais analisados que possuem alto ou preocupante impacto ambiental (Tabela 4.1). Os impactos ambientais caracterizados na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande são devido aos diferentes tipos de uso e ocupação da terra. As áreas avaliadas apresentam grande desmatamento relacionado às culturas de cana-de-açúcar e criação de gado, sendo os indicadores biofísicos mais afetados a cobertura vegetal e pedológica. Todos esses impactos poderiam ser corrigidos por uma gestão ambiental mais eficiente em relação às áreas agrícolas. Algumas medidas de manejo poderiam ser adotadas para reduzir esses impactos nas áreas rurais ou áreas urbanas, tais como:

- cumprimento da legislação para a conservação de APP;
- recuperação de áreas degradadas, controle e planejamento da expansão agrícola;
- aumentar a qualidade ambiental através da implantação de unidades de conservação;
- conhecer as comunidades locais e manter diálogos com regularidade para oportunizar seu crescimento;
- melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais, capacitar mão-de-obra qualificada;
- aplicar técnicas de uso e conservação do solo;
- fomentar atividades florestais sustentáveis.

Programas de educação ambiental para população local também devem fazer parte da proposta de minimização dos impactos descritos neste estudo. Estes programas de educação ambiental podem despertar a conscientização dos valores dos ecossistemas encontrados, relacionando os recursos naturais com o cotidiano dos habitantes. Para uma eficiência ainda maior desses programas, devem-se promover atividades educativas para as crianças nas escolas e oficinas de trabalhos para a comunidade, sempre com o objetivo de demonstrar que se bem aproveitados, conservados ou preservados, os recursos ambientais só trazem benefícios para a comunidade.

5 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A água doce representa cerca de 3% de toda a água existente no planeta. Os demais 97% encontram-se nos mares e oceanos. Desse total de água doce, a maior parte distribui-se entre as calotas polares e geleiras e também em lençóis subterrâneos (CONCEIÇÃO, 2000). Ou seja, da ínfima parte que representa a disponibilidade de água doce, apenas uma pequena parcela é disponível em rios e lagos, disponíveis para a captação e consumo. Assim, os recursos hídricos disponíveis são cada vez mais pressionados pelo aumento da demanda por seu uso, seja para atividades industriais, para o consumo humano, para a agricultura ou para a dessedentação de animais.

Frente a este cenário, o monitoramento das variáveis de qualidade de águas naturais é de extrema importância para a recuperação e manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Assim, este capítulo descreve os resultados do monitoramento conduzido para avaliar a qualidade das águas superficiais do Ribeirão Monjolo Grande durante o ano 2010. Legalmente, o instrumento que versa sobre a qualidade das águas em território brasileiro é a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. De acordo com esta resolução, as águas doces são classificadas segundo seu uso em:

- Classe Especial: destinadas ao abastecimento humano (com desinfecção), à preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

- Classe 1: destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento simplificado), a proteção das comunidades aquáticas, a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas, a recreação de contato primário (tais como natação, esqui aquático e mergulho) e a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

- Classe 2: destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), a proteção das comunidades aquáticas, a aquicultura e a atividade de pesca, a recreação de contato primário e a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

- Classe 3: destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional ou avançado), a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e a dessedentação de animais;

- Classe 4: a navegação e a harmonia paisagística.

5.1 - Parâmetros físico-químicos e químicos

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos e químicos durante a avaliação da qualidade de água do Ribeirão Monjolo Grande estão expressos nas Tabelas 5.1 e 5.2. A vazão medida e a temperatura mostraram-se mais elevadas no verão chuvoso do que no inverno seco, conforme esperado, com uma variação entre 0,1 e 1,7 m³/s e 13,0 e 23,5°C, respectivamente.

Os valores registrados de pH situam-se próximo à neutralidade, com uma variação máxima de 0,8 com valor mínimo de 6,4 e máximo de 7,2 em fevereiro e abril, respectivamente. O valor mais ácido ocorreu em função da grande quantidade de água de chuva dentro da bacia, pois o valor de pH de 5,6 em águas de chuva “limpas” é em

função da solubilização parcial do dióxido de carbono (CO_2) e pelo equilíbrio de dissolução parcial do ácido carbônico (H_2CO_3) formado. Assim, quanto mais a água de chuva contribuir para a vazão do Ribeirão Monjolo Grande menor deve ser seu pH, como confirmado neste estudo. Outro fator que pode diminuir os valores de pH seria a decomposição da matéria orgânica derivada de folhas e galhos que originam ácidos orgânicos. Os valores de pH caracterizados durante o período seco podem ser atribuídos à pouca quantidade de água escoando no Ribeirão Monjolo Grande associada à estes ácidos orgânicos.

Tabela 5.1 – Parâmetros físico-químicos para as águas superficiais na bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

Data da amostragem	Vazão (m³/s)	pH	Cond (S/cm)	Temp (°C)	OD	TDS (mg/L)	TSS
26/02/2010	1,7	6,4	32,5	23,5	7,6	22,0	31,8
30/04/2010	0,3	7,2	51,4	19,3	6,8	36,0	14,0
30/06/2010	0,2	6,5	54,2	13,0	5,4	38,9	7,1
30/08/2010	0,1	6,5	52,0	17,8	6,8	34,1	12,3
29/10/2010	0,1	6,6	66,1	18,3	8,0	42,4	8,6
28/12/2010	0,3	6,9	44,0	22,5	7,6	29,6	26,0

Tabela 5.2 – Parâmetros químicos para as águas superficiais na bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

Data de amostragem	Ca	Mg	Na	K	HCO₃⁻	Cl⁻	F⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	NO₃⁻
	(mg/L)									
26/02/2010	3,47	1,86	23,84	2,20	15,00	2,09	< 0,1	0,07	< 2,00	4,84
30/04/2010	3,21	1,55	3,68	2,20	25,00	2,18	<0,1	0,20	< 2,00	1,76
30/06/2010	1,53	1,47	4,79	2,40	30,00	0,63	<0,1	0,24	<2,00	3,96
30/08/2010	6,17	1,88	4,03	2,80	30,00	1,01	<0,1	0,14	<2,00	3,08
29/10/2010	6,66	2,17	8,09	2,90	35,00	1,60	<0,1	0,15	<2,00	2,20
28/12/2010	9,56	2,18	2,13	2,60	20,00	0,90	<0,1	0,06	<2,00	1,76

Como se pode observar pelos resultados obtidos, houve variação dos valores de condutividade elétrica ao longo ao ano, sendo os períodos de chuva e seca que apresentaram menores e maiores valores deste parâmetro, respectivamente. Este fato pode ser explicado devido também a uma maior diluição das águas superficiais do Ribeirão Monjolo Grande pelas águas pluviais no período chuvoso e um predomínio dos processos de intemperismo no período mais seco. Em relação aos valores de oxigênio dissolvido, houve o fenômeno inverso ao observado para a condutividade elétrica e similar a vazão e temperatura, com variação entre 5,4 mg/L (junho) e 8,0 mg/L (outubro). A taxa de reoxigenação em águas naturais através da superfície é proporcional à velocidade de escoamento e a temperatura (CETESB, 2009). Por conta deste fato, a taxa de oxigênio dissolvido é menor durante o período mais seco em relação ao período chuvoso.

Em relação aos sólidos totais dissolvidos e sólidos totais em suspensão, pode-se observar um comportamento inverso, ou seja, quando a concentração de um aumenta, a de outro diminui. A variação da concentração de sólidos totais dissolvidos foi entre 22,0 mg/L (janeiro) e 42,4 mg/L (outubro), enquanto que para os sólidos totais em suspensão (particulado) houve uma variação entre 7,1 mg/L (junho) e 31,8 mg/L (fevereiro). Estes resultados indicam que nos meses chuvosos há maior aporte de sedimentos para as águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande devido ao aumento dos sólidos totais em suspensão. Além disso, pode concluir que também há

uma diluição das águas superficiais desta bacia devido à contribuição das águas pluviais, com diminuição dos sólidos totais dissolvidos e, conseqüentemente, da condutividade elétrica.

O cálcio dentro do sistema aquático é essencial para o crescimento da flora aquática, visto que funciona como macronutriente para os organismos, além de possuir grande importância na ciclagem de outros elementos, como o fosfato (ESTEVES, 1988). O magnésio tem participação na formação das moléculas de clorofila e participação no metabolismo das células. Sódio e potássio possuem características semelhantes dentro do sistema aquático, sendo responsáveis pela troca e transporte de íons para os meios intra e extracelulares, além de serem nutrientes indispensáveis à manutenção das comunidades aquáticas (ESTEVES, 1988).

Os resultados obtidos indicam um comportamento muito similar do cálcio e magnésio, com as maiores concentrações encontradas no período chuvoso. Este fato pode ser atribuído à contribuição das águas pluviais ou lixiviação destes elementos das camadas superiores dos solos da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. O comportamento do potássio é levemente estável nos primeiros meses do ano, aumentando no período seco, provavelmente devido aos processos de intemperismo atuantes nesta bacia. Contudo, somente um estudo mais detalhado que leve em consideração todo o ciclo hidrológico poderia fornecer as informações necessárias para se afirmar qual das hipóteses seria a mais plausível, ou se realmente ambos os fatores são responsáveis pelos resultados obtidos.

Já em relação ao sódio, não há uma tendência que possa ser delineada ao longo do ano, devendo ser destacada a concentração de 23,84 mg/L obtida para o mês de fevereiro. Poder-se-ia relacionar este valor aos episódios de chuva ocorridos nesta bacia, contudo, o valor quantificado para o mês de dezembro, o qual foi o mais baixo do ano (2,13 mg/L), indica não serem as águas pluviais a grande responsável pelo alto valor de sódio registrado em janeiro. Como há na bacia do Ribeirão Monjolo Grande uma intensa atividade pecuária, que utiliza a adição de sal como forma de complementação à alimentação de rebanhos, uma hipótese para o registro desta alta concentração de sódio no mês de fevereiro pode ser a solubilização deste sal pelas águas pluviais e seu carreamento para os canais de drenagem, principalmente durante este mês, onde as chuvas foram mais intensas.

A alcalinidade representa a capacidade de um ecossistema aquático em neutralizar ácidos a ele condicionados (ESTEVES, 1988). Ela decorre da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (SARDINHA *et. al*, 2008). O cloreto tem sua presença nas águas naturais devido à alteração natural das rochas. Altas concentrações podem indicar despejo de esgoto doméstico e industrial (CETESB, 2009). Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas com fontes subterrâneas (CETESB, 2009). Os valores de alcalinidade tiveram relação inversamente proporcional às precipitações, indicando que os processos intempéricos são os grandes responsáveis pelo incremento deste composto nas águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. As concentrações obtidas de cloreto foram similares nas duas primeiras coletas, ocorrendo decréscimo nas análises realizadas posteriormente. Para o período analisado, as concentrações de fluoreto apresentaram-se sempre abaixo do limite de detecção do procedimento utilizado para sua quantificação.

O fósforo é um macronutriente, constitui-se num elemento fundamental para o metabolismo dos seres vivos e em funções como o armazenamento de energia (ATP). Os valores de fosfato quantificados referem-se somente à fração dissolvida, ainda assim durante as coletas realizadas no período seco eles ficaram acima do permitido para as águas superficiais Enquadradas como Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357, a qual prevê uma concentração máxima de 0,1 mg/L de fósforo total para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários. No período chuvoso, as concentrações de fósforo ficaram abaixo do valor proposto por esta resolução, indicando que águas pluviais contribuem com pouco aporte de fósforo para as águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Segundo Conceição e Bonotto (2002) as rochas da bacia do Rio Corumbataí não contribuem com o aporte de fósforo para as águas superficiais. Além disso, não há despejo de efluentes urbanos e industriais nesta bacia. Com isso, a explicação para os valores de fósforo encontrados no período seco muito provavelmente deve-se a solubilização e lixiviação de fertilizantes fosfatados aplicados em culturas de cana-de-açúcar existentes nesta bacia, como já constatado para a bacia do Rio Corumbataí por Conceição (2000), fato que é mascarado pela diluição provocada no período chuvoso.

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas, chuvas (lavagem da

atmosfera) e através da aplicação de compostos agrícolas (ESTEVES, 1988). Segundo Tundisi (2006), o íon sulfato constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários. O nitrato, íon altamente solúvel, é encontrado em águas como resultado da oxidação de compostos nitrogenados (CONCEIÇÃO e BONOTTO, 2002). O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, principalmente na formação de proteínas (Esteves, 1988). As concentrações de sulfato apresentaram-se abaixo do limite de detecção da técnica utilizada neste estudo durante todo o ano de 2010, assim como as concentrações de fluoreto. Não se pode determinar um padrão relacionado às concentrações de nitrato e o período chuvoso e de seca. Além disso, os valores de nitrato estão abaixo do permitido para as águas de Classe 2 (10 mg/L), segundo a Resolução CONAMA nº 357.

Afim de melhor visualizar as relações descritas acima, executou-se uma matriz de correlação entre todos os parâmetros quantificados neste trabalho, estando os resultados apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Matriz de correlação proposta pela função de Pearson ($P < 0,01$) para os parâmetros quantificados neste trabalho.

	Vazão	pH	Cond.	Temp	OD	TDS	TSS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻
Vazão	1,00	-0,34	-0,83	0,62	0,28	-0,84	0,79	-0,27	-0,02	0,93	-0,60	-0,80	0,53	-0,51	0,68
pH		1,00	0,11	0,17	0,07	0,16	-0,02	0,17	-0,10	-0,05	-0,25	-0,08	0,29	0,13	-0,80
Cond			1,00	-0,65	-0,10	0,97	-0,90	0,06	0,06	-0,59	0,64	0,96	-0,24	0,60	-0,49
Temp				1,00	0,79	-0,76	0,89	0,48	0,55	0,48	-0,20	-0,76	0,53	-0,89	-0,07
OD					1,00	-0,28	0,50	0,67	0,85	0,34	0,31	-0,23	0,48	-0,76	-0,29
TDS						1,00	-0,94	-0,07	-0,12	-0,64	0,50	0,94	-0,28	0,73	-0,46
TSS							1,00	0,26	0,33	0,60	-0,42	-0,94	0,34	-0,85	0,26
Ca								1,00	0,89	-0,30	0,64	-0,02	-0,23	-0,67	-0,58
Mg									1,00	0,53	0,65	-0,02	-0,04	-0,75	-0,33
Na										1,00	-0,39	-0,54	0,54	-0,42	0,74
K											1,00	0,67	-0,46	-0,10	-0,36
HCO ₃ ⁻												1,00	-0,34	0,64	-0,31
Cl ⁻													1,00	0,15	0,00
PO ₄ ³⁻														1,00	-0,03
NO ₃ ⁻															1,00

Inversa

Direta

Entre os parâmetros físico-químicos, percebe-se uma relação direta entre vazão, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos totais em suspensão, fato explicado pela maior temperatura e alta concentração de chuvas no verão, acarretando aumento da vazão, proporcionando assim maior velocidade da corrente e maior oxigenação da água

além de maior entrada de sedimentos em suspensão dado o maior escoamento superficial. Ao contrario, a vazão possui relação inversa com os valores de condutividade e sólidos totais dissolvidos. A maior entrada de água de chuva nas águas da bacia leva a uma diluição e, consequentemente, uma diminuição dos valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. A condutividade elétrica aumenta em função da concentração dos sólidos totais dissolvidos.

Em relação aos parâmetros químicos, a relação direta entre a vazão e os elementos sódio e nitrato, indicando uma entrada maior destes elementos durante o período mais chuvoso, via precipitação atmosférica ou ainda via escoamento superficial. Alcalinidade e fosfato apresentam relação direta com o aumento dos sólidos dissolvidos, ambos tendo seus valores aumentados durante a estação seca, onde predominam os processos de intemperismo na adição de elementos na água. A maior relação direta encontrada entre os elementos químicos quantificados neste trabalho se deu entre o cálcio e o magnésio que tiveram comportamentos semelhantes ao longo do ano, fato provável devido ao intemperismo dos calcários dolomíticos.

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755 de 22 de novembro de 1977, o Ribeirão Monjolo Grande está Enquadrado como Classe 2, cujos parâmetros físico-químicos deveriam estar entre as faixas de 6 e 9 para o pH e maior que 6 para o oxigênio dissolvido. Os resultados obtidos para o monitoramento realizado no ano de 2010 indicaram que todos os valores de pH e oxigênio dissolvido quantificados no Ribeirão Monjolo Grande estão inseridos nos intervalos sugeridos pelo Decreto Estadual 10.775, confirmando os resultados obtidos durante a avaliação de impactos ambientais simplificada. De todos os parâmetros químicos analisados neste estudo, somente alguns valores de fosfato ficaram pouco acima do permitido para a Classe 2, devido à provável solubilização e lixiviação de fertilizantes fosfatados. Assim, o Ribeirão Monjolo Grande ainda apresenta boa qualidade de água em relação aos parâmetros analisados. Além desta confirmação, foi possível apontar que esta boa qualidade não foi obtida somente durante um período do ano, mas ao longo de todo o ano de 2010.

5.2 – Classificação das águas superficiais

Os termos duro ou mole são termos muito antigos aplicados às águas, os quais tiveram origem no discurso de Hipócrates, o pai da medicina, em seu tratado de higiene pública "Ar, Água e Localidades" (BAKER, 1949; *apud* TODD, 1980). O seu significado popular está relacionado com o comportamento da água quando entra em ebulição ou quando sofre adição de sabão (BONOTTO & MANCINI, 1992). A dureza é uma medida baseada no teor de cálcio e magnésio da água. A dureza relativa ao CaCO_3 (mg/L) é obtida pela equação (TODD, 1980):

$$DT = 2,5.Ca + 4,1.Mg \quad (8)$$

Onde:

DT = dureza total (mg/L);

Ca = teor de cálcio (mg/L);

Mg = teor de magnésio (mg/L).

A Tabela 5.4 representa a classificação das águas em relação à sua dureza de acordo com Sawyer & McCarty (1967). Todas as águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande podem ser classificadas como moles, uma vez que o maior valor obtido foi de 32,9 mg/L.

Tabela 5.4 - Classificação de dureza das águas (SAWYER & McCARTY, 1967).

Dureza (mg/L de CaCO_3)	Classificação das águas
0 - 75	Mole
75 - 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
Maior que 300	Muito dura

A fim de classificar quimicamente as águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande utilizou-se o diagrama de Piper (1944) (Figura 5.1). Os cátions (expressos em mEq/L, como porcentagem total de cátions), são representados por um

ponto em um triângulo e os ânions (expressos em mEq/L, como porcentagem total de ânions) são representados como um ponto em outro triângulo (CONCEIÇÃO, 2000).

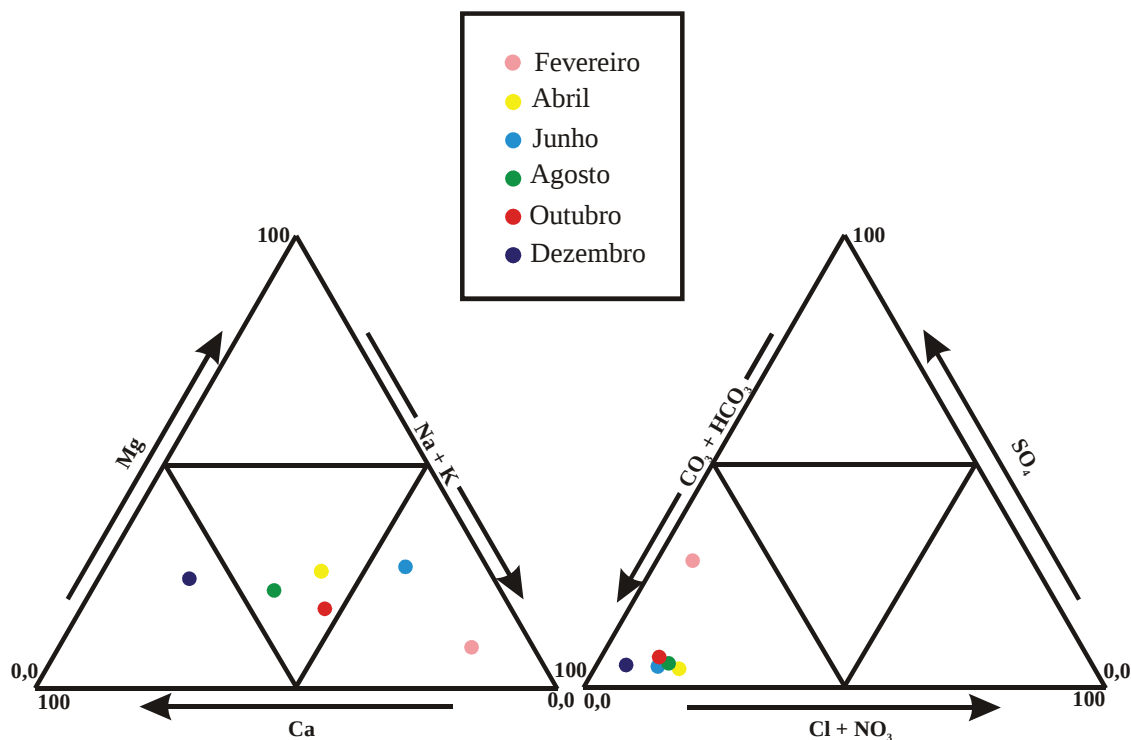


Figura 5.1 - Classificação das águas do Ribeirão Monjolo Grande segundo o diagrama de Piper (1944).

De acordo com a leitura do diagrama, em relação aos cátions, tem-se a seguinte composição: fevereiro e junho como sódico-potássicas, abril, agosto e outubro como mistas e dezembro como cálcicas. Em relação à composição aniônica, todas as análises demonstraram que as águas possuem caráter bicarbonatada.

Outra classificação química foi sugerida por Gibbs (1970), baseada nos valores de sólidos totais dissolvidos e na relação de $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$, sendo estes parâmetros

representados num diagrama tipo bumerangue (Figura 5.2). Segundo Gibbs (1970) são três os mecanismos principais que determinam a concentração de sólidos dissolvidos nas águas superficiais, sendo eles a precipitação atmosférica (regiões de climas tropicais com intensa precipitação), os processos de intemperismo (regiões com clima mais ameno e com índices de precipitação menores) e os processos de evaporação que permitem a cristalização dos minerais (ocorrem em regiões de clima mais árido).

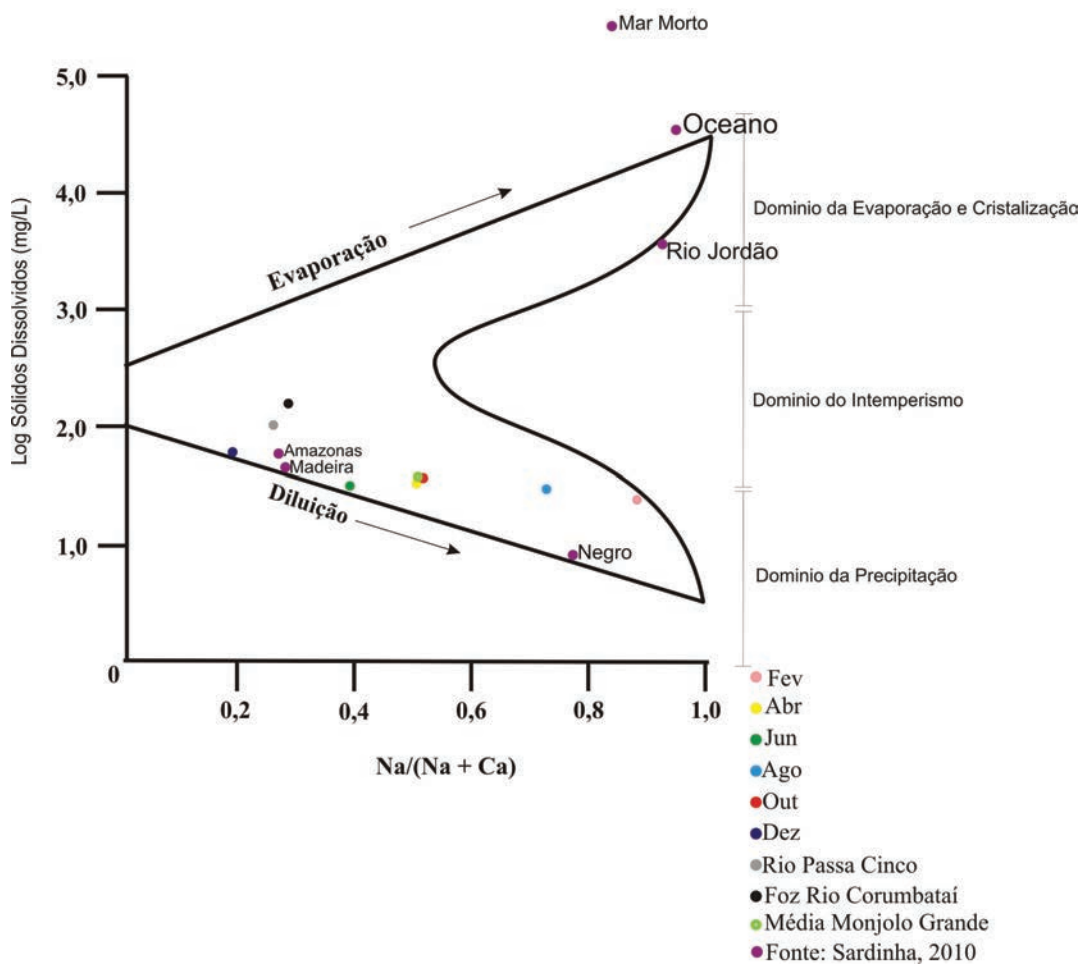


Figura 5.2 - Classificação das águas do Ribeirão Monjolo Grande segundo o diagrama de Gibbs.

A ponta inferior direita do diagrama caracteriza rios tropicais, com elevada precipitação atmosférica e com baixo aporte de sais dissolvidos. A porção central do bumerangue apresenta valores intermediários de Sólidos Dissolvidos e valores mais baixos de $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$, onde os processos de intemperismo são os responsáveis pelo aporte de sólidos dissolvidos (fato que pode ser constatado neste trabalho na relação direta entre a concentração de Sólidos Dissolvidos, Condutividade e Alcalinidade expressa na tabela 5.3). A porção superior do bumerangue caracteriza os rios que tem alta concentração de Sólidos Dissolvidos, com baixos índices de precipitação.

A leitura do diagrama permite visualizar que as águas do Ribeirão Monjolo Grande ao longo do ano tendem à diluição, ou seja, os elementos químicos dissolvidos nas águas tem sua origem em boa parte atrelada ao aporte atmosférico. Fato claramente observado se comparado às análises realizadas em alguns dos principais rios da Amazônia, que têm a composição química de suas águas fortemente influenciada pelo regime de chuvas, ao passo que águas de locais de clima mais árido, como no caso do Rio Jordão e do Mar Morto tendem ao regime de evaporação e cristalização dos minerais. As amostras do Rio Passa Cinco (nível de base do Ribeirão Monjolo Grande) e do Rio Corumbataí (nível de base do rio Passa Cinco) mostram contribuição tanto das entradas atmosféricas quanto do intemperismo das rochas como fonte dos elementos, tal fato pode ser atribuído ao tamanho da bacia, que apresenta diferentes litologias e diferentes tipos de entradas elementares nas águas. Vale lembrar que a amostra representa uma média para os valores obtidos nas fozes das bacias dos rios Passa Cinco e Corumbataí ao longo de seis meses.

5.3 – Análise da concentração total e dissolvida de Fe, Al, Ba, Mn, Cd, Cu, Pb, Zn e Ni

Os metais ocorrem naturalmente no meio ambiente através da desagregação das rochas. No entanto, a introdução destes elementos através das atividades antrópicas pode alterar enormemente os ciclos biogeoquímicos naturais dos mesmos em corpos hídricos (SALOMONS *et al.*, 1995). Com a finalidade de se obter informações relativas a alguns metais nas águas superficiais do Ribeirão Monjolo Grande foi realizada a

quantificação dos teores totais e dissolvidos de Al, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn, estando os resultados obtidos dispostos na Tabela 5.5.

O alumínio apresenta uma concentração bastante alta no seu teor total para a coleta realizada no mês de fevereiro. No entanto, percebe-se que esta concentração elementar se dá basicamente devido ao material em suspensão, visto que a análise do teor dissolvido mostra concentração inferior a 0,1 mg/L, valor máximo permitido para águas de Classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº 357. Ao longo do ano, esta relação entre teores totais e dissolvidos desse metal se mantém, indicando a baixa solubilidade e/ou lixiviação do alumínio para as águas superficiais, mostrando sua relação direta com o material removido pela intensa erosão laminar da época chuvosa.

O bário apresenta pouca variação ao longo do ano, oscilando sempre em torno de 0,1 mg/L de concentração. Ocorre naturalmente nas águas superficiais na forma de carbonatos e em alguns minerais que compõem o material em suspensão (CETESB, 2009). O Cádmio normalmente tem sua presença nas águas superficiais ligada a despejos industriais, derivados principalmente da indústria de galvanoplastia, soldas, pigmentos, equipamentos eletrônicos e fotográficos (CETESB, 2009). O cádmio é um elemento de elevado potencial tóxico, apresentando efeitos cumulativos nos organismos aquáticos e não-aquáticos, podendo integrar-se às cadeias alimentares (ANDRADE, 2005). Na bacia do Ribeirão Monjolo Grande suas concentrações estão dentro dos limites legais para a Classe 2, segundo a Resolução CONAMA nº 357, que prevê concentrações de no máximo 0,7 mg/L de bário total. Já para o cádmio, todas as análises ficaram abaixo do limite de detecção da técnica utilizada para quantificá-lo, indicando que as águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande estão em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357 (cádmio total = 0,001 mg/L).

Tabela 5.5 - Concentração dos teores totais e dissolvidos em mg/L de Al, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn.

Fração/metál	Al	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Fevereiro									
Total	12,390	0,112	<0,001	0,004	4,260	0,137	0,003	<0,001	0,005
Dissolvido	0,058	0,048	<0,001	<0,001	1,002	0,048	<0,001	<0,001	<0,001
Abril									
Total	0,523	0,104	<0,001	0,002	0,977	0,020	<0,001	0,010	0,005
Dissolvido	<0,001	0,084	<0,001	<0,001	0,189	0,007	<0,001	0,009	<0,001
Julho									
Total	0,131	0,106	<0,001	0,005	0,590	0,014	<0,001	0,008	0,003
Dissolvido	0,021	0,082	<0,001	<0,001	0,168	0,007	<0,001	0,006	<0,001
Setembro									
Total	0,677	0,102	<0,001	<0,001	1,236	0,033	<0,001	0,006	<0,001
Dissolvido	0,048	0,089	<0,001	<0,001	0,327	0,014	<0,001	0,003	<0,001
Novembro									
Total	0,566	0,107	<0,001	<0,001	1,135	0,021	<0,001	0,152	0,005
Dissolvido	0,022	0,103	<0,001	<0,001	0,384	0,010	<0,001	0,137	<0,001

O cobre em baixas concentrações é essencial para plantas e animais, no entanto acima de 2mg/L torna-se nocivo para o homem e para as comunidades aquáticas. O cobre em pequenas concentrações participa dos processos metabólicos e sua ausência causa anemia (ANDRADE, 2005). Este metal foi quantificado apenas na fração total nos meses de fevereiro, abril e junho, não sendo detectado em setembro e novembro. Além disso, em nenhuma amostra relativa à fração dissolvida ele foi detectado. Segundo a Resolução CONAMA nº 357, a concentração de cobre dissolvido não deve ultrapassar 0,009 mg/L para as águas superficiais de Classe 2, fato que não aconteceu durante o ano de 2010 para o Ribeirão Monjolo Grande.

Nas águas superficiais, o aumento do nível de ferro nas estações chuvosas é devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens.

Apesar de não ser tóxico, o ferro traz diversos problemas para o abastecimento público de água, já que confere cor e sabor à água e provoca manchas em roupas e utensílios sanitários. O ferro, a exemplo do alumínio, aparece de maneira mais abundante em relação aos outros metais encontrados nas águas superficiais do Ribeirão Monjolo Grande, e encontra-se em sua maioria associado ao material em suspensão. Entretanto, este metal não apresenta uma discrepância tão alta entre os valores totais e dissolvidos, como ocorreu para o alumínio em fevereiro. Diferentemente do alumínio que em nenhum mês ultrapassou o valor proposto pela Resolução CONAMA nº 357, a concentração de ferro nos meses de setembro (0,32 mg/L) e novembro (0,38 mg/L) dissolvido ficou acima do limite estipulado por esta resolução (0,30 mg/L).

O manganês é um elemento utilizado na indústria metalúrgica e siderúrgica, além de ser empregado na indústria de fertilizantes, visto que possui caráter de micronutriente para os organismos. O manganês está presente em quase todos os solos, principalmente na forma de óxidos de manganês. Sob condições anaeróbias o óxido de manganês é reduzido para as formas solúveis (ANDRADE, 2005). A maior concentração total ou dissolvida de manganês foi no mês de fevereiro, mesmo fato observado para o alumínio e ferro, o que sugere estes teores estão associados ao material em suspensão. Além disso, a Resolução CONAMA nº 357 indica uma concentração máxima de 0,1 mg/L de manganês total para as águas superficiais, valor não atingido durante quase todos os meses do coleta, com exceção de fevereiro.

O níquel complexado (níquelcianeto) é tóxico aos organismos de água doce em baixos valores de pH, quando em concentrações acima de 1,0 mg/L. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos humanos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios. O chumbo é um metal com alto grau de toxicidade em baixas concentrações. Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas. Maiores concentrações são decorrentes de processos corrosivos em encanamentos e soldas, tintas e por ação de indústrias como a metalúrgica ou a de mineração (ANDRADE, 2005). Na natureza, o zinco encontra-se na forma de sulfeto ou associado com sulfeto de outros metais. Ele é essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. Trata-se de um elemento tóxico para peixes e algas, agindo semelhantemente ao níquel sobre o sistema respiratório dos peixes. Segundo a Resolução CONAMA nº 357, as concentrações máximas permitidas para as águas superficiais de Classe 2 para o níquel total, chumbo

total e zinco total são de 0,025 mg/L, 0,010 mg/L e 0,180 mg/L, respectivamente. Todas as amostras quantificadas para o níquel total, chumbo total e zinco total obtiveram teores menores que os sugeridos pela Resolução CONAMA nº 357, com exceção da amostra coletada em novembro de 2010 para os teores de chumbo total e dissolvido.

Com isso, os resultados da quantificação dos teores totais e dissolvidos de Al, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn nas águas superficiais da bacia do Ribeirão Monjolo Grande, quando comparados com as concentrações sugeridas pela Resolução CONAMA nº 357 para águas superficiais de Classe 2, indicam que os teores de bário, cádmio, cobre, níquel e zinco estão de acordo com os limites propostos. Contudo, para o alumínio, ferro e manganês, a amostra coletada em fevereiro apresentou teores mais elevados que o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357, fato devido ao material em suspensão que se encontra no Ribeirão Monjolo Grande originado pela erosão laminar que ocorreu mais intensamente em fevereiro.

6 – TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Os resultados de largura, profundidade, velocidade e vazão obtidos durante a amostragem para a quantificação do transporte de sedimentos encontram-se nas Tabelas 6.1 e 6.2. Em relação à largura do canal do Ribeirão Monjolo Grande, verifica-se uma variação de quase 11 m, devido ao regime pluviométrico ao longo do ano. Este fato pode ser facilmente visualizado quando se compara o resultado obtido para o dia 29 de janeiro (largura de 13,0 m), aonde o acumulado de chuva para este mês chegou a 519 mm, e para o dia 10 de setembro (largura 2,1 m), época de um grande período de estiagem que se estendeu desde a metade do mês de julho até o início do mês de setembro.

Em relação aos dados de profundidade média e velocidade média que foram medidos em três diferentes pontos no exutório do Ribeirão Monjolo Grande, estes também apresentam grande variação devido ao mesmo motivo. A profundidade média oscilou de 118,0 a 5,3 cm, respectivamente nos dias 29 de janeiro e 18 de julho. A

velocidade média também variou de 1 m/s a 0,16 m/s, sendo os maiores e menores valores obtidos nos dias 15 de janeiro e 26 de fevereiro e 08 de novembro, respectivamente. A análise de todos os dados obtidos para os pontos 1, 2 e 3 possibilitam constatar que o ponto 1 é o local de maior profundidade em 91,6% das datas amostradas e 83,3% das vezes é neste ponto que ocorre maior velocidade de escoamento (Tabela 6.1). Assim, neste ponto ocorrerá uma maior energia de entalhe e transporte de sedimentos. Essa maior energia do canal permite também que permaneçam maiores quantidades de sedimentos em suspensão na coluna de água.

Tabela 6.1 – Variação pontual de profundidade (P) e velocidade (V*) do Ribeirão Monjolo Grande durante a amostragem para a quantificação do transporte de sedimentos.

Data	P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	V3 (m/s)
15/01	0,26	0,18	0,10	1,20	1,20	0,80
21/01	0,40	0,40	0,20	1,00	1,00	1,00
29/01	1,65	1,24	0,65	0,31**	0,65**	0,31
04/02	0,26	0,18	0,10	0,50	1,00	0,50
19/02	0,23	0,13	0,09	0,47	0,32	0,07
26/02	0,33	0,21	0,20	1,00	1,20	0,80
08/03	0,17	0,17	0,10	1,00	0,90	0,83
18/03	0,21	0,17	0,07	0,77	0,77	0,30
29/03	0,13	0,11	0,07	0,68	0,67	0,53
09/04	0,25	0,16	0,10	0,77	0,83	0,28
18/04	0,16	0,10	0,08	0,62	0,58	0,22
30/04	0,12	0,10	0,10	0,67	0,55	0,18
10/05	0,10	0,10	0,10	0,48	0,45	0,43
21/05	0,14	0,12	0,12	0,55	0,55	0,40
31/05	0,16	0,12	0,10	0,58	0,41	0,38
11/06	0,30	0,90	0,02	1,00	0,80	0,22
21/06	0,25	0,03	0,06	0,58	0,30	0,30
30/06	0,12	0,03	0,09	0,45	0,25	0,27
12/07	0,10	0,03	0,03	0,58	0,22	0,29
20/07	0,14	0,07	0,10	0,41	0,27	0,26
28/07	0,15	0,08	0,07	0,40	0,32	0,40
10/08	0,11	0,05	0,05	0,47	0,18	0,24
18/08	0,19	0,10	0,03	0,35	0,20	0,20
30/08	0,27	0,07	0,00	0,35	0,25	0,00
10/09	0,15	0,12	0,00	0,30	0,30	0,00
21/09	0,21	0,08	0,00	0,30	0,30	0,00
30/09	0,13	0,02	0,08	0,30	0,20	0,30
14/10	0,14	0,09	0,05	0,30	0,10	0,10
22/10	0,13	0,06	0,10	0,35	0,30	0,30
29/10	0,10	0,04	0,10	0,30	0,20	0,30
8/11	0,24	0,04	0,06	0,20	0,10	0,20
19/11	0,14	0,10	0,02	0,25	0,35	0,05
29/11	0,14	0,08	0,05	0,30	0,17	0,20
10/12	0,11	0,03	0,11	0,40	0,30	0,40
20/12	0,15	0,08	0,08	0,35	0,35	0,20
28/12	0,16	0,09	0,13	0,45	0,33	0,35

* Medida realizada a 60% da profundidade (CARVALHO, 2008)

** Média entre as medidas realizadas a 20% e 80% da profundidade (CARVALHO, 2008)

Tabela 6.2 – Resultados da largura, profundidade média, velocidade média e vazão do Ribeirão Monjolo Grande durante a amostragem para a quantificação do transporte de sedimentos.

Data	Largura (m)	Profundidade média (m)	Velocidade média (m/s)	Vazão (m³/s)
15/01	6,00	0,18	1,00	1,08
21/01	8,30	0,33	0,66	1,92
29/01	13,00	1,18	0,62	5,25
04/02	7,10	0,17	0,66	0,52
19/02	7,00	0,15	0,90	0,86
26/02	7,00	0,25	1,00	1,70
08/03	6,60	0,14	0,91	0,90
18/03	6,80	0,15	0,61	0,70
29/03	6,30	0,20	0,62	0,40
09/04	6,40	0,17	0,62	0,73
18/04	6,80	0,11	0,47	0,31
30/04	6,00	0,10	0,42	0,29
10/05	6,40	0,10	0,45	0,29
21/05	6,20	0,13	0,50	0,39
31/05	6,00	0,12	0,45	0,34
11/06	5,70	0,13	0,32	0,51
21/06	6,00	0,11	0,44	0,31
30/06	5,90	0,08	0,32	0,16
12/07	6,20	0,05	0,35	0,12
20/07	6,00	0,10	0,31	0,17
28/07	4,40	0,09	0,35	0,16
10/08	4,50	0,07	0,29	0,10
18/08	3,60	0,08	0,25	0,11
30/08	2,90	0,17	0,30	0,09
10/09	2,10	0,13	0,30	0,07
21/09	2,20	0,14	0,30	0,08
30/09	6,00	0,07	0,26	0,12
14/10	5,60	0,06	0,23	0,09
22/10	4,40	0,09	0,31	0,13
29/10	4,60	0,08	0,28	0,10
8/11	5,70	0,11	0,16	0,09
19/11	4,50	0,08	0,18	0,08
29/11	5,80	0,09	0,22	0,11
10/12	5,30	0,08	0,36	0,15
20/12	6,00	0,10	0,30	0,23
28/12	5,60	0,13	0,37	0,26

Como a vazão é resultado direto da área do canal de drenagem e a velocidade média de escoamento, os maiores valores foram caracterizados em janeiro e fevereiro (Tabela 6.2 e Figura 6.1) devido à ação de um sistema de chuvas concentrado que ocorreu durante este período, como pode ser observado na Figura 6.2.

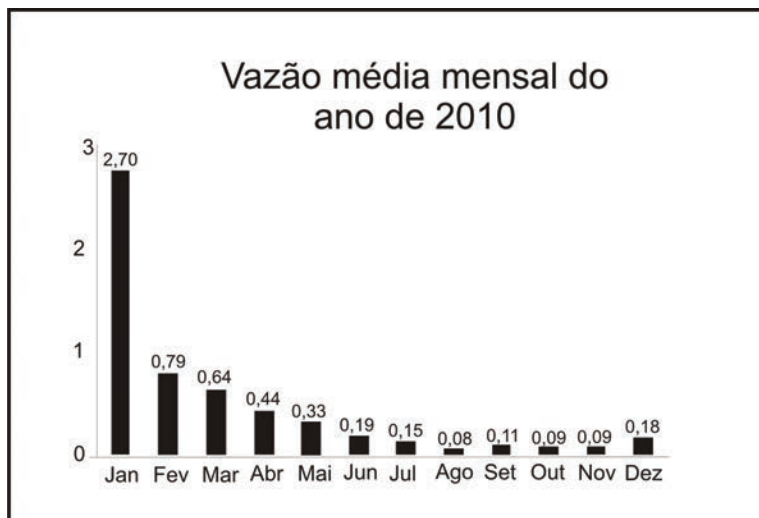


Figura 6.1 - Variação das vazões médias mensais ao longo do ano de 2010 para o Ribeirão Monjolo Grande.

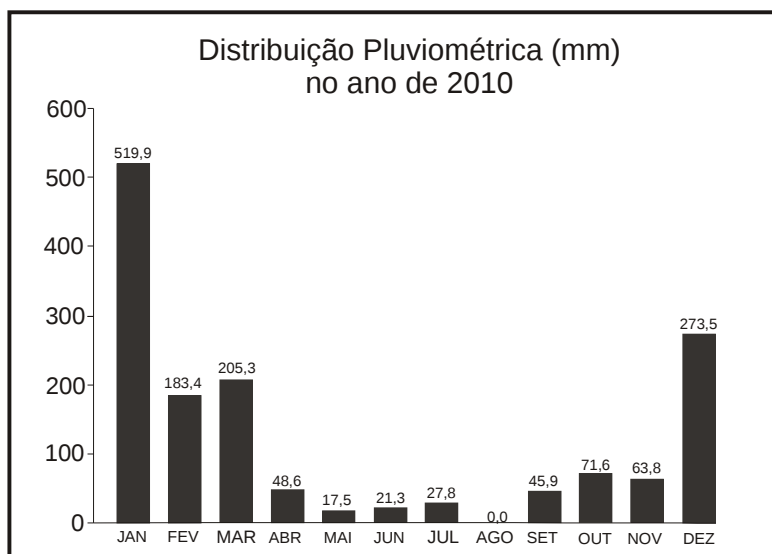


Figura 6.2 - Quantidade de chuva registrada no ano de 2010 para a bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Fonte: CEAPLA, UNESP.

As concentrações obtidas de sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais em suspensão (particulado) (STS) e sólidos totais (ST) quantificadas no exutório do Ribeirão Monjolo Grande podem ser observadas na Tabela 6.3, bem como sua variação pode ser visualizada na Figura 6.3.

Tabela 6.3 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais em suspensão (STS) (particulado) e sólidos totais (ST) quantificados no Ribeirão Monjolo Grande.

Data	STD (mg/L)	STS (mg/L)	ST mg/L)
15/01	28,00	25,00	53,00
21/01	22,00	361,00	383,00
29/01	16,00	566,00	582,00
04/02	35,00	61,00	96,00
19/02	34,00	48,00	82,00
26/02	22,00	118,00	140,00
08/03	33,00	58,30	91,30
18/03	33,00	30,00	63,00
29/03	31,00	32,00	63,00
09/04	33,00	27,30	60,30
18/04	35,00	15,60	50,60
30/04	36,00	24,00	60,00
10/05	36,00	44,00	70,00
21/05	37,00	64,00	95,50
31/05	24,60	11,00	35,60
11/06	35,00	32,00	67,00
21/06	32,00	36,00	65,50
30/06	28,90	7,00	36,90
12/07	29,60	2,00	31,60
20/07	20,00	19,00	39,00
28/07	38,00	29,00	67,00
10/08	30,80	13,20	44,00
18/08	26,80	10,20	37,00
30/08	34,10	22,90	57,00
10/09	21,00	14,60	35,60
21/09	40,68	15,92	56,60
30/09	45,08	12,52	57,60
14/10	44,42	42,58	87,00
22/10	36,70	14,30	51,00
29/10	42,40	8,60	51,00
8/11	40,50	7,50	48,00
19/11	37,30	30,30	67,60
29/11	41,70	21,30	63,00
10/12	36,80	20,50	57,30
20/12	36,80	46,20	83,00
28/12	59,60	11,00	70,60

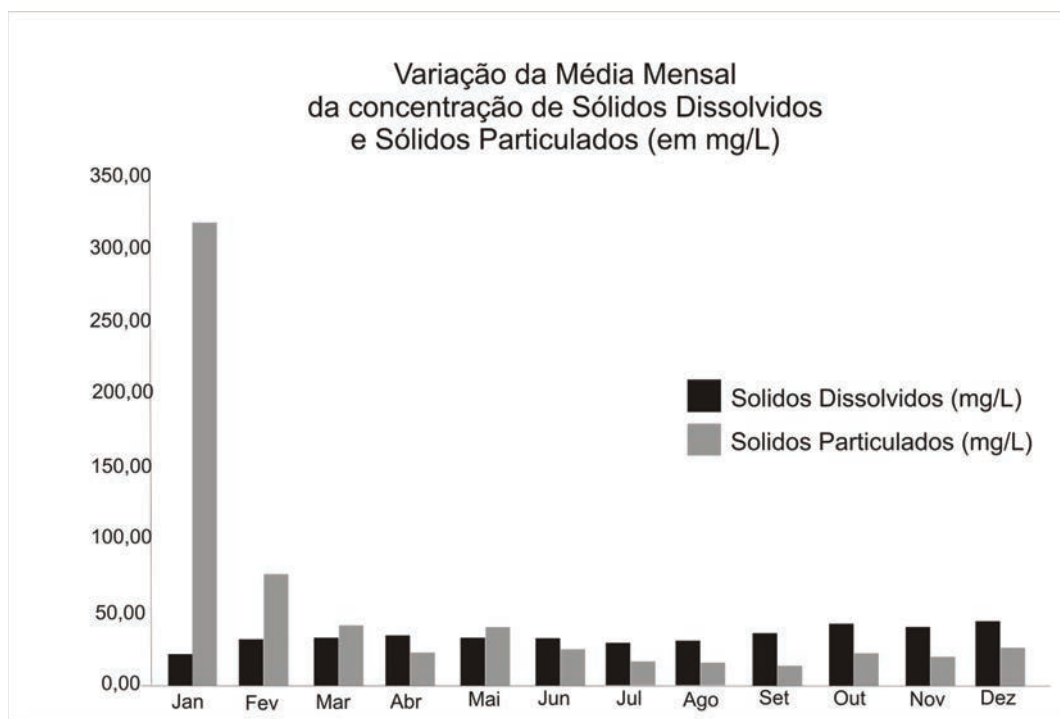


Figura 6.3 – Variação da concentração da média mensal dos sólidos na bacia do Ribeirão Monjolo Grande no ano de 2010.

Como se pode concluir com os resultados apresentados na Tabela 6.3, a concentração de sólidos totais em suspensão (particulado) é maior durante o período mais chuvoso, caracterizado pelos meses de janeiro a março, onde a concentração de material particulado representa cerca de 70 % do total registrado durante o período deste trabalho. Ao passo que este cenário inverte-se no restante do ano, sendo predominante a concentração de sólidos totais dissolvidos, à exceção de algumas datas isoladas, as quais podem ser atribuídas a episódios de chuva. Durante a estação chuvosa, com o rio mais caudaloso, a energia da corrente permite o transporte dos sedimentos mais pesados em suspensão por um maior tempo, dando às águas do Ribeirão Monjolo Grande aparência mais turva, ao passo que quando há a diminuição do volume de precipitação e diminuição da energia da corrente, os materiais mais pesados são depositados e arrastados através do fundo do canal (Figura 6.4).

Em relação ao transporte de sedimentos, a interpretação dos resultados apresentados na Tabela 6.4 indica predominância do transporte por arrasto durante praticamente todo o período analisado, à exceção apenas de duas datas durante o mês de

agosto e novembro de 2010. Tal fato se deve à própria característica dos sedimentos encontrados no exutório do Ribeirão Monjolo Grande que, de acordo com análise granulométrica realizada do sedimento coletado no fundo do canal através do método da pipetagem (CAMARGO, 1986), constatou-se que aproximadamente de 99% do material amostrado situa-se na fração areia (69,65% de areia grossa, 29,9% de areia fina, 0,10% de silte e 0,35% de argila).



Figura 6.4 - Ribeirão Monjolo Grande em diferentes períodos: janeiro (a), fevereiro (b), abril (c), maio (d), setembro (e) e dezembro (f). Notar a diferença na turbidez da água devido aos sólidos totais em suspensão (particulado).

Tabela 6.4– Resultados do transporte de sedimentos obtido pelo método de Colby (1957) durante o ano de 2010 no exutório do Ribeirão Monjolo Grande.

Data	Transporte em suspensão (toneladas/dia)	Transporte em arrasto (toneladas/dia)	Transporte total (toneladas/dia)
15/01	4,58	39,20	43,78
21/01	63,50	122,37	185,87
29/01	264,00	413,24	677,24
04/02	3,50	66,10	69,60
19/02	1,84	46,20	48,04
26/02	20,50	107,94	128,44
08/03	7,09	51,10	58,19
18/03	3,81	21,34	25,15
29/03	2,20	13,93	16,13
09/04	3,80	13,80	17,60
18/04	1,35	5,24	6,59
30/04	1,50	5,82	7,32
10/05	1,93	10,51	12,44
21/05	3,21	12,20	15,41
31/05	3,07	3,54	6,61
11/06	2,95	3,49	6,44
21/06	1,75	6,33	8,08
30/06	0,51	1,16	1,67
12/07	0,33	0,80	1,13
20/07	0,57	1,74	2,31
28/07	0,92	2,36	3,28
10/08	0,38	1,29	1,67
18/08	0,35	0,69	1,04
30/08	1,72	1,46	3,18
10/09	0,21	0,55	0,76
21/09	0,39	0,56	0,95
30/09	0,59	1,32	1,91
14/10	0,67	1,30	1,97
22/10	0,57	1,09	1,66
29/10	0,44	0,72	1,16
8/11	0,37	0,24	0,61
19/11	0,46	0,74	1,20
29/11	0,60	0,87	1,47
10/12	0,74	5,30	6,04
20/12	1,64	3,15	4,79
28/12	1,58	2,06	3,64

Tal material arenoso, que tem como origem as rochas sedimentares das formações Botucatu e Pirambóia, desloca-se predominantemente por rolamento ou

saltação no leito do canal do Ribeirão Monjolo Grande, compondo uma camada arenosa bastante espessa no fundo deste formando depósitos ao longo das margens que marcam as variações do nível deste canal. Dadas as características topográficas do Ribeirão Monjolo Grande (que é fortemente encaixado) durante o período chuvoso a energia do canal aumenta de maneira significativa, permitindo o transporte de grandes seixos que são arrastados no fundo do canal durante períodos de grande turbulência e que são depositados no leito maior durante o período mais seco, quando o canal perde sua energia de transporte (Figura 6.5).



Figura 6.5 - Leito maior do Ribeirão Monjolo Grande evidenciando a deposição de grandes seixos transportados em épocas de cheia.

A análise dos resultados também permite constatar a grande variação da quantidade de material transportado ao longo do ano, ou seja, variação de 0,61 até 677 toneladas por dia. Pode-se observar na Figura 6.6, que o transporte total de sedimentos possui significativa relação com a vazão, obtendo correlação de Pearson $r = 0,98$ ($P < 0,01$), indicando que o transporte de sedimentos depende diretamente da vazão do Ribeirão Monjolo Grande, que por sua vez tem relação com a precipitação ocorrida na bacia durante o período de amostragem.

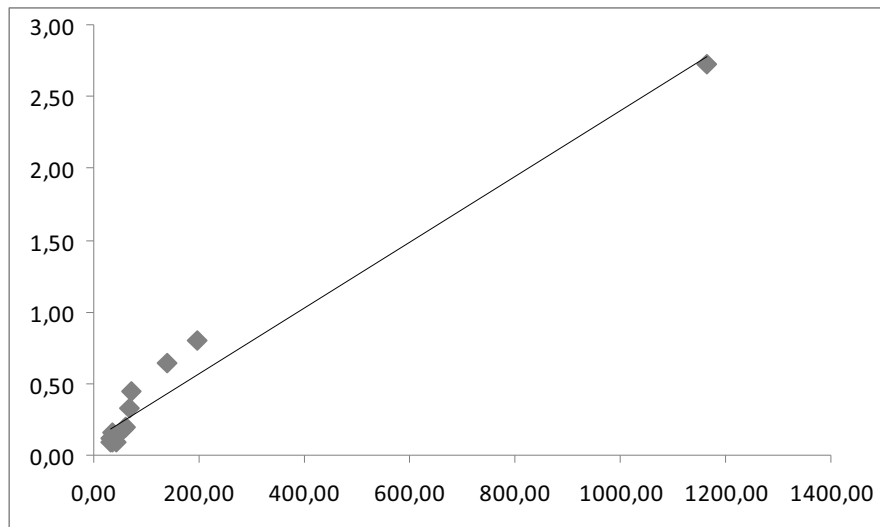


Figura 6.6 - Correlação entre vazão (m^3/s) (eixo vertical) e transporte de sedimentos (ton/dia) (eixo horizontal) na bacia do Ribeirão Monjolo Grande durante o ano de 2010.

No entanto, observou-se que a vazão depende, além da quantidade de precipitação, da própria morfologia e litologia do canal, o qual pode ter mais incisão em um determinado ponto, aumentando a profundidade da coluna de água e sua velocidade e, conseqüentemente, aumentando a vazão neste ponto, conferindo-lhe maior energia e maior capacidade de transporte. Este fato, no entanto só pode ser comprovado mediante a periodicidade em curtos intervalos de amostragem, permitindo assim a observação sistemática das variações do canal de drenagem e de todos os seus parâmetros.

O transporte mensal de sedimentos mostra claramente a grande discrepância entre o mês de janeiro e os demais meses do ano, representando somente em um dia um total de 9069,3 toneladas de sedimentos transportados através do exutório da bacia do Ribeirão Monjolo Grande (Figura 6.7). Um fato que chama a atenção é o transporte de sedimentos relativo ao mês de agosto. Este mês foi totalmente ausente de precipitações, no entanto houve um transporte total de sedimentos equivalente a 58,9 toneladas, valor superior aos meses de setembro (36,2 ton), outubro (47,9 ton) e novembro (32,8 ton), que registraram episódios de chuva.

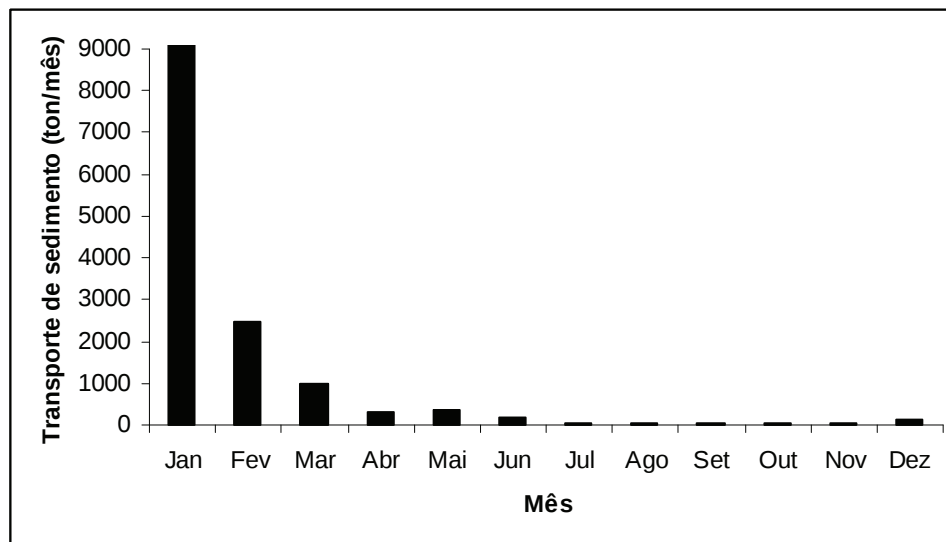


Figura 6.7 - Transporte mensal de sedimentos na bacia do Ribeirão Monjolo Grande durante o ano de 2010.

Se os valores mensais forem somados, então, um total de 13.735 toneladas de sedimentos foram transportados durante o ano de 2010 pelo Ribeirão Monjolo Grande. Os meses com maior precipitação (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro) são responsáveis pelo transporte de 93% dos sedimentos transportados no ano de 2010, sendo janeiro responsável por aproximadamente 66% do valor total de sedimentos que chegaram ao Rio Passa Cinco, receptor direto das águas do Ribeirão Monjolo Grande. Dividindo-se o valor total anual do transporte de sedimentos pela área total desta bacia (28,87 km²), pode-se estimar uma remoção de aproximadamente 476 ton/km²/ano de material removido devido à erosão química (processos intempéricos) e à erosão física (erosão laminar e linear) na bacia do Ribeirão Monjolo Grande.

A bacia do Ribeirão Monjolo Grande é uma bacia de pouco menos de 30 km² e sua topografia com vertentes inclinadas e canais mais encaixados proporciona um predomínio dos processos de erosão e transporte em detrimento dos processos de deposição. Se observado transporte de sedimentos nas sub-bacias do Rio São Francisco, do Rio Paraguai, a bacia do Ribeirão Água Fria (SILVA e SCHULZ, 2007) e a Bacia do Rio Orínoco e do Rio da Prata (MILLIMAN e MEADE, 1983) (Figura 6.8), o valor encontrado neste trabalho está inserido entre os valores obtidos para estas bacias.

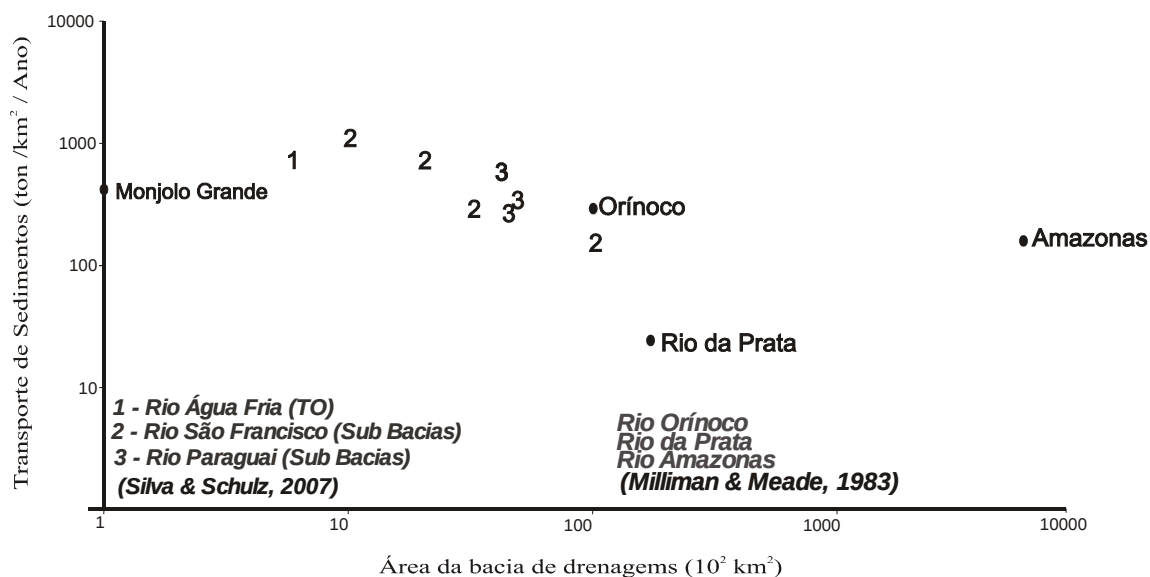


Figura 6.8 – Curva de transporte de sedimentos versus área de drenagem com o valor encontrado neste trabalho e outros obtidos por diferentes autores.

Segundo Haan (1994), para bacias hidrográficas de escala regional, a produção e transporte de sedimentos dependem de fatores como a erodibilidade das litologias, topografia e uso e ocupação da terra. Como já descrito ao longo do trabalho, o Ribeirão Monjolo Grande possui como litologias principais as formações Corumbataí, Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. As formações Botucatu e Pirambóia são compostas por arenitos com diferentes graus de coesão, sendo que a Formação Pirambóia por possuir menor grau de agregação das partículas arenosas é fonte de grande parte do sedimento transportado pela bacia do Ribeirão Monjolo Grande, assim como a Formação Corumbataí, composta por sedimentos argilosos que são facilmente transportados pela erosão laminar e linear, assim como por arrasto e em suspensão na coluna d'água, conferindo turbidez à água especialmente após episódios de chuva, ou ainda incorporados às águas da bacia através de processos intempéricos, como material dissolvido.

A topografia, como já mostrada, é marcada por maciços residuais do relevo das *Cuestas* Basálticas nas cabeceiras do Ribeirão Monjolo Grande, situados a cerca de 900 m de altitude e com o exutório situado a cerca de 560 m altitude, ou seja, a bacia possui um desnível altimétrico de quase 340 m em pouco mais de 7 km de comprimento, mostrando uma grande influencia tectônica no modelado das vertentes, as quais

possuem forte grau de inclinação. De acordo com Pereira (2010), cerca de 50% das vertentes possuem inclinação igual ou superior a 20% (Fig. 3.5), propiciando à bacia predomínio dos processos de erosão e transporte, não permitindo a formação de áreas de várzea e o extravasamento dos sedimentos para eventuais planícies de inundação. O terceiro ponto destacado quanto ao uso e ocupação da terra também já foi abordado e, visto que o uso e ocupação da terra priorizou a retirada da vegetação e, com conivência por parte dos proprietários na manutenção dos processos erosivos, aumenta a quantidade de material sedimentar adicionado às águas da bacia.

7 - CONCLUSÕES

Conforme levantado pela avaliação de impactos ambientais simplificada, dos 20 pontos avaliados, 50% apresentam impactos de nível alto ou preocupante, mostrando que essa é uma área que sofre impactos advindos da falta de manejo adequado associado ao uso e ocupação da terra, refletidos na retirada da vegetação tanto das vertentes quanto da vegetação ciliar, em descumprimento com a legislação federal, representada pelo Código Florestal Brasileiro e Resolução CONAMA nº 303 de 2002. Observa-se que o uso e ocupação da terra, destinado quase que exclusivamente à pecuária extensiva e em algumas glebas a monocultura de cana-de-açúcar, contribui para a ocorrência e manutenção de processos erosivos laminares e lineares (sulcos e ravinas) ao longo da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Em alguns pontos estes processos atingem níveis avançados, cujo entalhe no solo atinge o lençol freático, caracterizando processo de boçorocamento, com a perda constante de água e sedimentos. Tal processo contribui para que em diversos pontos ao longo do Ribeirão Monjolo Grande e em alguns de seus afluentes ocorram processos de assoreamento. Face à causa destes impactos, propõe-se

estratégias de manejo que possam recuperar a médio e longo prazo a qualidade ambiental, tais como cumprimento da legislação para a conservação de APP; recuperação de áreas degradadas, controle e planejamento da expansão agrícola; melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais, capacitar mão-de-obra qualificada; aplicar técnicas de uso e conservação do solo; fomentar atividades florestais sustentáveis.

De todos os parâmetros analisados neste estudo para a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia Ribeirão Monjolo Grande, somente alguns valores de fosfato ficaram acima do permitido para a Classe 2, devido à provável solubilização e lixiviação de fertilizantes fosfatados. Além disso, as concentrações totais e dissolvidas dos teores de bário, cádmio, cobre, níquel e zinco estão de acordo com os limites propostos. Contudo, para o alumínio, ferro e manganês, a amostra coletada em fevereiro apresentou teores mais elevados que o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357, fato devido ao material em suspensão que se encontra no Ribeirão Monjolo Grande originado pela erosão laminar que deve ter ocorrido mais intensamente em fevereiro. Além desta confirmação, foi possível apontar que a boa qualidade não foi obtida somente durante um período do ano, mas ao longo de todo o ano de 2010.

A avaliação do transporte de sedimentos mostrou uma grande carga de material sendo transportado para fora da bacia do Ribeirão Monjolo Grande, ou seja, 476 ton/km²/ano, sendo a maioria do material transportado por arrasto ou saltação no fundo do leito e no período chuvoso. Como já mencionado, tal comportamento reflete a forma e tamanho dos sedimentos, constituídos por grãos de quartzo com fração granulométrica arenosa. O tamanho e peso dos sedimentos aliado à morfologia das vertentes e ao uso e ocupação da terra faz com que estes sedimentos transportados permaneçam no leito durante todo o percurso de entrada no canal até a saída da bacia via exutório. O fato de se efetuar a avaliação do transporte de sedimentos com uma amostragem a cada dez dias se mostrou muito apropriado, permitindo caracterizar as variações que são inerentes a qualquer sistema ambiental. Outro ponto importante a se destacar neste trabalho foi à importância do uso de diferentes ferramentas que podem interagir entre si e revelar o estado das condições da bacia do Ribeirão Monjolo Grande. Este fato possibilitou a aquisição de informações referentes ao meio físico, as quais puderam e poderão proporcionar a elaboração de estratégias de manejo, visando o planejamento e gestão dos recursos biofísicos desta bacia localizada no interior paulista.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDO, E. G. **Guia técnico de coleta e preservação de amostras de água**. CETESB. São Paulo, 1988.

ANDRADE, C.F.F. **Avaliação In Situ da Especiação de Metais Traço no Estuário da Lagoa dos Patos Utilizando o Sistema DGT**. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, 2005.

ANDREOZZI, S. L. **Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica**: Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2005.

BENZIE, J.A.; PUGH, K.B.; DAVIDSON, M. B. The rivers of North East Scotland: physicochemical characteristics. **Hydrobiologia**, v.218, p. 93-106, 1991.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. Ed. Ícone, São Paulo 1993.

BONOTTO, D.M.; MANCINI, L.H. Estudo hidroquímico e isotópico dos aquíferos de Rio Claro (SP). **Geochimica Brasiliensis**. v.6, n. 2, p. 153-167, 1992.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Ed. Prentice Hall. São Paulo, 2002.

BRASIL. Lei Federal n. 4.771 de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Legislação Ambiental Básica**. Ministério do Meio Ambiente, Consultoria Jurídica. Brasília, 2008.

CAMARGO, O.A; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A; VALADARES, J.M. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronomico de Campinas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico de Campinas** n. 106, 94p. Governo do Estado de São Paulo - Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Campinas, 1986.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. 2ª Edição. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2008.

CARVALHO, T.M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v.01, n.01, p. 73-85, 2008.

CEAPLA/UNESP. **Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí**. Rio Claro, 2001. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas.swf>. Acesso em 08 de Agosto de 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo 1981.

CLOSE, M. E.; DAVIES-COLLEY, R. J. Baseflow water chemistry in New Zealand rivers 2. Influence of environmental factors. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v.24, p. 343-356, 1990.

COLBY, B. R. Relationship of unmeasured sediment discharge to mean velocity. **Transactions**, American Geophysical Union. V. 38, n.5, p.708-719, 1957.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Variáveis de qualidade das águas**. São Paulo, 2009. Disponível em www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf acessado em 13 de abril de 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e Diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano>. Acesso em 26/04/2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. (CONAMA). Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Legislação Ambiental Básica**, Ministério do Meio Ambiente, Consultoria Jurídica. Brasília, 2008.

CONCEIÇÃO, F. T. **O método do desequilíbrio isotópico do urânio aplicado no estudo do intemperismo na bacia do Rio Corumbataí (SP)**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2000.

CONCEIÇÃO, F. T., BONOTTO, D. M. Relações Hidroquímicas aplicadas na avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental na bacia do Rio Corumbataí (SP). **Geochimica Brasiliensis**, v.16, n.1, p. 1-21, 2002.

CONCEIÇÃO, F. T., BONOTTO, D. M. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Geochemistry**, v.19, n.4, p. 575-591, 2004.

CONCEIÇÃO, F. T. ; Sardinha, D. S. ; Souza, A. D. G. ; BONOTTO, D. M. . Hydrochemical relationship at Meio Stream watershed (Leme city), São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, p. 389-400, 2007.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 1988.

EYRE, B. D.; PEPPERELL, P. A spatially intensive approach to water quality monitoring in the Rous River catchment, NSW, Australia. **Journal Environmental Management**, v.56, p.97-118, 1999.

FACINCANI, E. M. **Influência da estrutura tectônica no desenvolvimento das boçorocas da região de São Pedro, SP. Proposta de reabilitação e aspectos jurídicos-institucionais correlatos**. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1995.

GIBBS R.J. Mechanisms controlling world water chemistry. **Science**, v. 170, pp. 1088-1090, 1970.

HAAN, C.T., BARFIELD, B.J; HAYES, J.C. **Design hydrology and sedimentology for small catchments**. Academic Press – USA. 1994.

HACH. Water Analysis Handbook. 2nd ed. Hach Company, Loveland, Colorado, USA. 1992.

HAMMITT, W.E.; COLE, D.N. **Wildland recreation: ecology and management**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, v.56 n.3, p.275-370, 1945.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981.

LANDIM, P. M. B. **O grupo Passa Dois (P) na Bacia do rio Corumbataí (SP)**. 1967. 98 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1967.

LOTSPEICH, F.; PLATTS, W. An integrated land-aquatic classification system. **North A. J. Fish. Management**, v.2, p. 38-149, 1982.

LOWE, W. H. Landscape-Scale Spatial Population Dynamics in Human-Impacted Stream Systems. **Environmental Management**, v.30, n.2, p.225-233, 2002.

MAASDAM, R.; SMITH, D. G. New Zealand's national river water quality network: Relationships between physico-chemical data and environmental factors. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, v.28, p. 37-54, 1994.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

MILLIMAN, J.D; MEADE, R.H. World-wide delivery of river sediment to the oceans. **The Journal of Geology**, v. 91, n.1, p. 1-21,1983.

MOLDAN, B.; CERNÝ, J. **Biogeochemistry of Small Catchments: A Tool for Environmental Research**. Chichester. John Wiley & Sons. 1994.

MORETTI, L. R. **Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais**. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. **Environmental Indicators**. Paris, 1994.

OURSO, R. T.; FRENZEL, S. A. Identification of linear and threshold responses in streams along a gradient of urbanization in Anchorage, Alaska. **Hydrobiologia**, v.50, n.1: 117-131, 2003.

PAIVA, J.B.D; BELING, F.A.; ROSA, L.H. **WinTSR – Calculo do transporte de sedimentos em rios**. HDS-CT-UFSM. 2002. (software não publicado).

PENTEADO, M. M. Implicações tectônicas na Gênese das Cuestas da Bacia de Rio Claro. **Notícia Geomorfológica**, v.8, n.15, p.19-41. Campinas, 1968.

PEREIRA, L.H. **Caracterização Da Erosão Hídrica Laminar Do Solo Em Uma Bacia Hidrográfica Com Base Na Malha Fundiária, Por Meio De Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento E Modelagem**. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2010.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of wateranalyses. **Transactions American Geophysical Union**, v. 25, p. 914-928, 1944.

PRADO, H.; OLIVEIRA, J.B & ALMEIDA, C.L.A. **Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo**: quadrícula de São Carlos, Escala 1:100.000. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, 1981.

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E.L.G. (org.). **A bacia hidrográfica do rio Monjolinho**: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. Ed.Rima. São Carlos 2000.

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do rio Corumbataí SP**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1996.

SALLES, M. H. D. ; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELUCCI, V. A. ; SIA, R. ; PEDRAZZI, F. J. M. ; Sardinha, D. S. ; NAVARRO, G. R. B.; CARRA, T. A.; MONTEIRO, G. F. Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba. **Revista de Estudos Ambientais**, v.10, n. 1, p. 6-20, 2008.

SALOMONS, W., FÖRSTNER, U. E MADER, P. Heavy Metals Problems and Solutions. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, v.19, p. 33-41, 1995.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 10.755** de 22 de novembro de 1977.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental:** conceitos e métodos. Ed.Oficina de Textos. São Paulo, 2006.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; CARVALHO, D. F.; CUNHA, R.; SOUZA, A. D. G. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais do município de Altinópolis (SP). **Geociências**, v.26, n.2, p.161-172, 2007.

SARDINHA, D.S; CONCEIÇÃO, F.T.; BONOTTO, D.; SALLES, M. H.D.; ANGELUCCI, V. A. Avaliação de balanço anual de cátions e ânions na bacia do alto Sorocaba (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 4, p. 730-740, 2008.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L. **Chemistry for sanitary engineers**. McGraw - Hill, New York, 1967, 518 p.

SCAPIN, J.;PAIVA, J.B.D.; BELING, F. A. Avaliação de métodos de cálculo do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, p 05-21, 2007.

SCHNEIDER, R. F. ,MUHLMANN, H. E.. , MEDEIROS, R. A. , DAEMON, R. F. NOGUEIRA, A. A. Revisão Estratigrafica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1974. **Anais SBG**. v .1, n. 28, p. 41-65. Porto Alegre, 1974.

SEMHI, K., SUCHET, P. A., CLAUER, N., PROBST, J. L.,. Impact of nitrogen fertilizers on the natural weathering-erosion process and fluvial transport in the Garonne basin. **Applied Geochemistry**, v.15, p.865-878, 2000.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E. Hydrossedimentological dynamic on Água Fria Watershed. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, n.5. Curitiba, 2007.

SILVA, V.C. **Estimativa da erosão atual, erosão potencial e do aporte de sedimentos na bacia do rio Paracatu – MG/GO/DF**. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, 2001.

SILVEIRA, A., **Influencia da umidade atmosférica sobre o mecanismo de transferência de gases através da interface água-atmosfera**. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Aspectos da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1973. **An. XXVII Cong. Bras. Geol.** V. 1, p. 243-256. Porto Alegre, 1973.

SOUZA, A. D. G. E TUNDISI, J. G. Water Quality in Watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a Case Study. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, p.711-721. Curitiba, 2003.

STANDARD METHODS. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20° ed., American Public Health Association, Washington, 1999.

STEINER, F. Landscape planning: A method applied to a growth management example. **Environmental Management**, v.15, n.4, p.519-529, 1991.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (área altitude) analysis of erosional topography. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, v.63, n.10, p. 1117-1142, 1952.

TODD, D.K. **Groundwater Hydrology**. John Wiley & Sons, New York, 1980.

TUCCI, C. M. I. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4: Editora da Universidade/Edusp/ABRH. Porto Alegre, 2000.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2ªed., São Carlos, Editora Rima, 2005.

VEGA, M.; PARDO, R.; ENRIQUE, B.; DEBÁN, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v. 32, n.12, p. 3581-3592 1998.

WALSH, C. J. Urban impacts on the ecology of receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. **Hydrobiologia**, v.43, n.1, p.107-114, 2000.

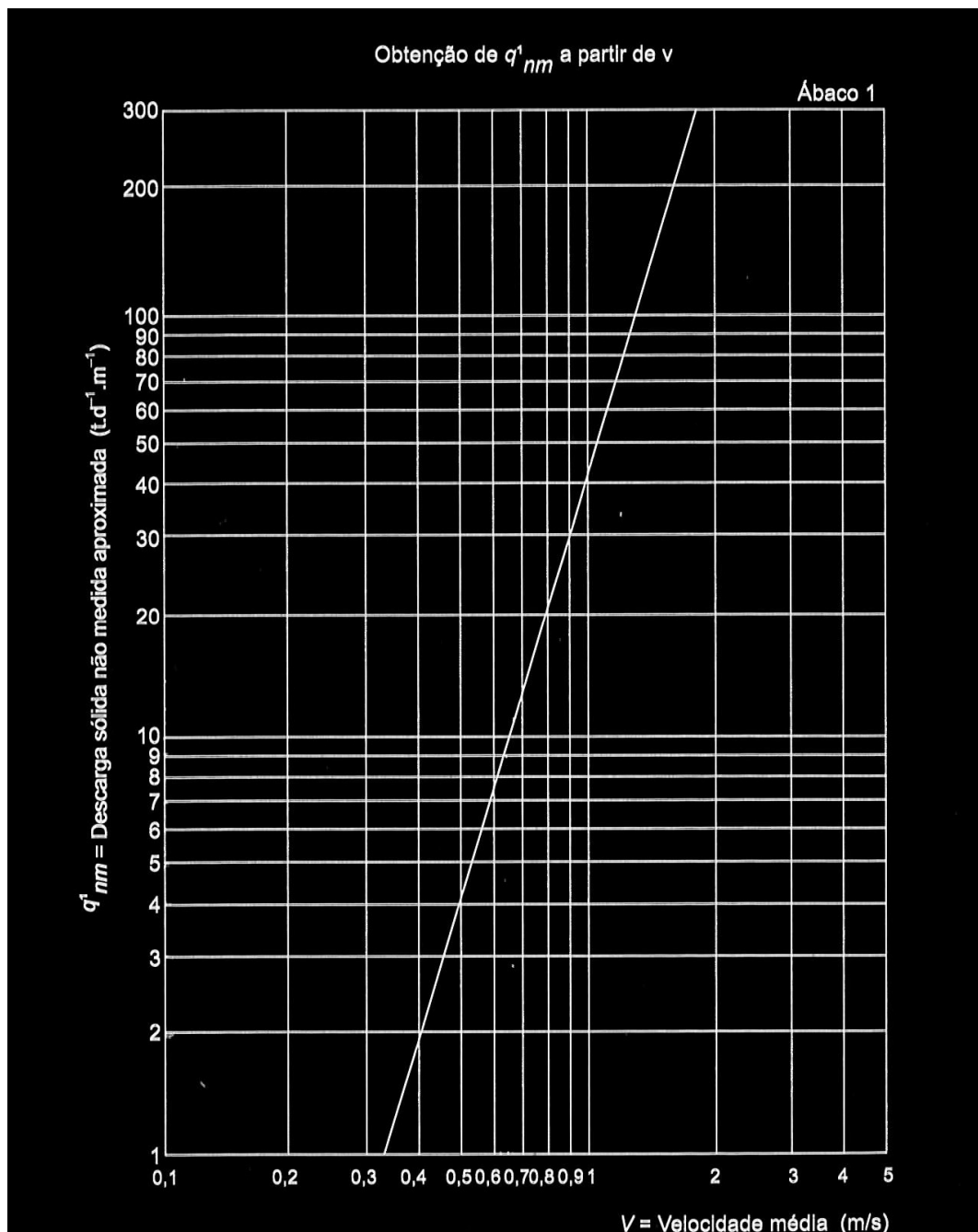
WARD, J. V. Riverine Landscapes: Biodiversity Patterns, Disturbance Regimes, Andaquatic Conservation. **Biological Conservation**, v.83, n.3, p.269-278, 1998.

ZAINE, M. P; PERINOTTO, J. A J. **Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro-SP**. Câmara Municipal de Rio Claro. Arquivo Público e Histórico do Município de Rio Claro, 1996.

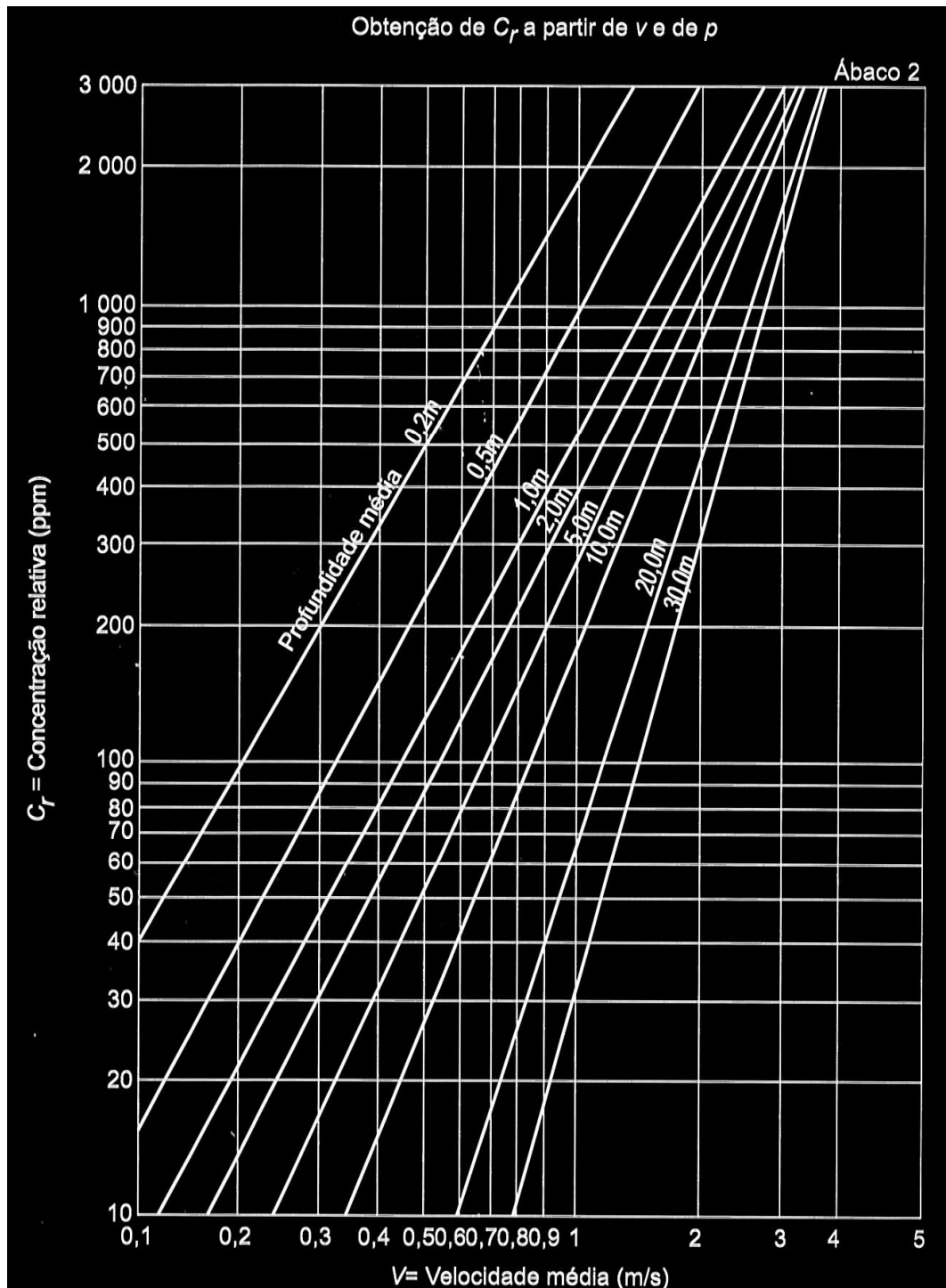
ZALAN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C. de J.; MARQUES, A. Bacia do Paraná **In: Origem e evolução de Bacias Sedimentares - PETROBRÁS** - Coordenadores Guilherme P. Raja Gabaglia e Edison J. Milani , p.135-138, Rio de Janeiro, 1990.

ANEXO 1

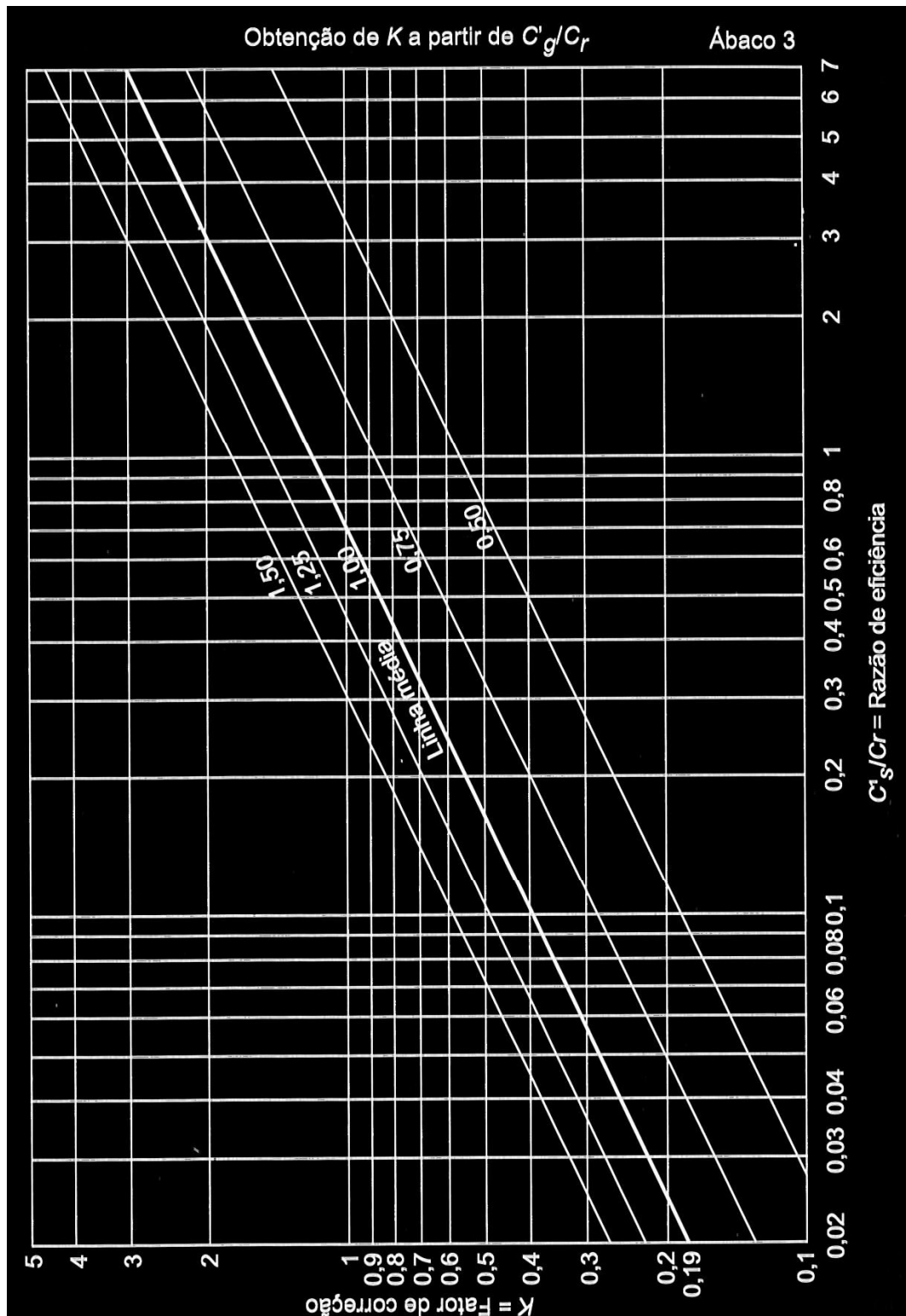
ÁBACOS REFERENTES AO MÉTODO
SIMPLIFICADO DE COLBY 1957



Ábaco 1 para cálculo da descarga sólida total pelo método Simplificado de Colby – Obtenção da descarga sólida não medida aproximada, por metro de largura do rio, a partir da velocidade média do curso d'água. Fonte: Carvalho, 2008.



Ábaco 2 para cálculo da descarga sólida total pelo método Simplificado de Colby – Obtenção da concentração relativa a partir da velocidade média do curso d'água.



Ábaco 3 para cálculo de descarga sólida pelo método Simplificado de Colby – Obtenção do fator de correção a partir da razão de eficiência.