

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE METAIS E DEFENSIVOS
AGRÍCOLAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
RESERVATÓRIO DE BIRITIBA – MIRIM (SP)**

Marcelo Denser Monteiro

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo (IGc-USP)

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Malva Andrea Mancuso (IPT)

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/33)**

**SÃO PAULO
2006**

TF
M775
MD.a

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Avaliação do conteúdo de metais e defensivos
agrícolas na área de influência do reservatório de
Biritiba-Mirim (SP)**

Marcelo Denser Monteiro

Monografia de Trabalho de Formatura



Banca Examinadora

Prof. Dr. Joel Barbujani Sigolo

Profa. Dra. Sibeles Ezaki

Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas

São Paulo

2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024341

**AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE METAIS E DEFENSIVOS
AGRÍCOLAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO
RESERVATÓRIO DE BIRITIBA-MIRIM (SP)**

Marcelo Denser Monteiro



Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo (IGc – USP)

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Malva Andrea Mancuso (IPT)

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/33)**

**SÃO PAULO
2006**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Joel B. Sígolo, meu orientador, pelos conselhos, incentivos, orientações e pelos ensinamentos no desenvolvimento deste Trabalho de Formatura.

À Profa. Dra. Malva A. Mancuso, minha co-orientadora, que me apresentou à hidrogeologia e que me deu a primeira oportunidade profissional.

Ao Prof. Marcelo Monteiro da Rocha, que me apresentou à geoestatística e que sempre se mostrou receptivo às minhas idéias.

Aos meus amigos do curso de geologia, Fabrizio P. Caltabeloti (Kudóy), Rodrigo A. Montagnolli (KLB), Alexandre N. Capellozza (Bitoka), Fábio Luiz Oliveira (Suíno), Leandro C. Ollita (Kalhau), André Calado (Xovinista), Maurício Ornelas (Retardado), Hermes A. Barboza (Psico), Fábio A. Madeira (Alfinete), Diego A. Pereira (Apertado), Marília L. de Souza (Gozadinha), Valdemar P. Calegari (Parkinson), André M. Helffenberger (Frodo), Rafael Barbim (Barby) e Matheus P. Moreno (Delicado) pelo companheirismo prestado nestes cinco anos de geologia.

À minha grande amiga Talita Muzzi (Pocotó), companheira de Mapeamento Geológico, que, em várias oportunidades, segurou as pontas quando estive mais atarefado com este TF.

Ao grande amigo, Aroldo Ribeiro da Silva, técnico do IPT, pela inestimável ajuda na confecção e impressão dos mapas.

Aos técnicos do IPT Antônio José Catib Baladore e José da Silva, pela ajuda imprescindível nos trabalhos de campo.

À pesquisadora do IPT Regina Nagamine, pela realização das análises químicas.

Aos funcionários do serviço de graduação do IGc, Ivoneide, Marilda e Diego, pessoas fantásticas, extremamente competentes e bastante atenciosos com os alunos.

A todos funcionários da Seção de Transportes do IGc, em especial ao Miltão e Argilito, pela liberação dos veículos e pela condução nos trabalhos de campo.

Aos meus pais, Clovis e Regina, meu irmão Márcio, minha madrinha Vera Lúcia e meu avô Celso, que sempre torceram por mim, que me apoiaram em todas minhas investidas até aqui e que compreenderam todos os meus momentos de ausência.

À minha namorada Michelle que, mesmo sem entender um pinga de geologia, sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis do curso.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho desenvolveu estudos relacionados à contaminação da água subterrânea por metais oriundos do uso de defensivos agrícolas na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim, localizado no município de Biritiba-Mirim, estado de São Paulo.

A geologia da área onde está inserido o reservatório de Biritiba-Mirim está associada, principalmente, ao Complexo Embu, unidade cujos processos intempéricos levam à formação de um Latossolo Vermelho.

O trabalho teve início com o estudo das características de uso e ocupação da área estudada. Com isso, pode-se identificar as atividades potencialmente contaminantes e os defensivos agrícolas mais utilizados.

Foram analisadas quimicamente as águas subterrâneas coletadas de 19 poços. Os parâmetros analisados foram os cátions Cu, Zn, Mn, Se, B, K, P, Ca e os ânions F^- , Cl^- e NO_3^- .

Os resultados das análises químicas indicaram baixo comprometimento da água subterrânea, sugerindo que a contaminação esteja ocorrendo nas águas superficiais e/ou no solo, que pode adsorver os metais.

O Latossolo, com forte constituição argilosa, dificulta a infiltração da água proveniente das chuvas ou da irrigação, que pode agir como vetor de transporte para os defensivos agrícolas. Ao dificultar a infiltração, a água acaba escapando superficialmente, removendo os defensivos aplicados para drenagens mais próximas, que podem transportá-los até o reservatório.

Recomenda-se a continuação deste estudo, incluindo análise do solo e das águas superficiais, além da conscientização dos agricultores, para que a utilização dos defensivos agrícolas não comprometa a qualidade da água do reservatório.

ABSTRACT

This project developed studies related to groundwater contamination by metals resulting from the use of agricultural defensives in the influence area of the reservoir Biritiba-Mirim, located in Biritiba-Mirim city, in São Paulo state.

The geology of the area where is insert the reservoir Biritiba-Mirim is associate, principally, to Embu Complex, unit whose intemperic process take to formation of a red latosoil.

The work has begun with the study of characteristics of use and occupation of the studied area, that possibilted to identify the potentially contaminating activities and the most used agricultural defensives.

The groundwater chemically analysed came from nineteen wells. The parameters analysed were the cations Cu, Zn, Mn, Se, B, K, P, Ca and the anions F^- , Cl^- and NO_3^- .

The results from the chemical analysis indicated low compromising of the groundwater, suggesting that the contamination has been in the superficial water and/or in the soil, who can adsorve the metals.

The latosoil, with strong clayish contribution, difficult the infiltration of the water from the rains or the irrigation, whose can transport the agricultural defensives. When the water can't to infiltrate, it escapes superficially, removing the defensives applicated to the most near drains, whose can take the defensives to the reservoir.

The continuation of this study is recomendado, including soil and supeficial water sampling, and the education of the agriculturists for the correct use of agricultural defensives, protecting the quality of reservoir water.

Índice

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
2.1. Relevância do Projeto	3
3. Fundamentação Bibliográfica	5
3.1. Caracterização da área estudada.....	5
3.2. Contaminação do meio-ambiente por metais derivados da atividade antrópica.	6
3.3. Modelagem Matemática	7
4. Metodologia	8
4.1. Revisão Bibliográfica	8
4.2. Caracterização Hidrogeológica	9
4.2.1. Rede de Monitoramento	9
4.2.2. Potenciometria da área de estudo	9
4.3. Caracterização da contaminação	10
4.3.1. Caracterização das fontes potencialmente contaminantes	10
4.3.2. Seleção dos pontos de amostragem	10
4.3.3. Medição de parâmetros físico-químicos da água subterrânea.....	11
4.3.4. Análises químicas.....	12
4.3.5. Amostragem de água subterrânea	12
4.4. Modelagem matemática	13
4.5. Análise Estatística	13
4.6. Confecção de figuras e mapas	13
5. Resultados Obtidos	14
5.1. Localização da área de estudo.....	14
5.2. Geologia regional e local	15
5.3. Caracterização Geomorfológica	17
5.4. Caracterização Pedológica.....	19
5.5. Caracterização Hidrogeológica	21
5.5.1 Análise Estatística	22
5.6. Caracterização das águas superficiais	23
5.7. Uso e ocupação do solo	26
5.8. Caracterização da Contaminação	29
5.8.1. Análises Químicas.....	30
5.9. Modelagem Matemática	33

6. Discussão dos resultados38

7. Conclusões42

8. Referências Bibliográficas.....43

9. Anexos47

1. Introdução

O Estado de São Paulo abriga cerca de 40 milhões de pessoas, o que corresponde à quinta parte da população brasileira. Metade de toda a população do Estado de São Paulo concentra-se na Região Metropolitana de São Paulo (IBGE 2001). A Região Metropolitana de São Paulo está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico (UGRHI) nº 6 – Alto Tietê – que possui em larga escala as principais atividades que necessitam de água: agricultura, abastecimento público e uso industrial.

A bacia do Alto Tietê apresenta, atualmente, um *déficit* hídrico e precisa importar cerca de 30 m³/s de água da bacia do Piracicaba para o abastecimento público (Rocha 2005). A crescente demanda por recursos hídricos potáveis na Região Metropolitana de São Paulo contribuiu para a implantação de reservatórios que visam contribuir para o abastecimento. O reservatório de Biritiba-Mirim, área piloto deste projeto, faz parte do Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), que é composto atualmente pelos reservatórios Paraitinga, Ponte Nova, Taiaçupeba, Jundiaí, e pelas obras hidráulicas que interligam estes reservatórios (**Figura 01**).

O reservatório de Biritiba-Mirim abrange áreas dos municípios de Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes, compondo uma bacia de drenagem de aproximadamente 75 Km² (Cavalcanti 2002) e, segundo CCN (1997), está localizado em um local com grande atividade agrícola, onde a principal é a horticultura, com a produção de alface, repolho, couve, cenoura, entre outros.

Com o intuito de aumentar a qualidade das colheitas e diminuir os custos na agricultura, o uso de defensivos agrícolas foi introduzido em grande parte das áreas agrícolas do planeta. A presença de atividades agrícolas altera as condições geoquímicas naturais de áreas próximas a reservatórios como, por exemplo, a concentração de metais pesados como o cobre, o zinco, o chumbo, o mercúrio, entre outros, fator extremamente preocupante, uma vez que pode limitar o uso de sua água para o consumo humano, dessa forma, as áreas onde estão inseridos reservatórios devem ser cautelosamente zeladas, sendo amplamente necessária a existência de restrições ao uso e ocupação do solo nas suas adjacências.

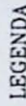


Figura 01 – Os reservatórios e obras de interligação que integram o Sistema Produtor Alto Tietê. Em destaque o reservatório de Biritiba-Mirim. Fonte: Modificado de Cavalcanti (2002).

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi determinar a presença ou não de metais e outros compostos provenientes do uso de defensivos agrícolas nas águas subterrâneas e associá-los ao uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim. Posteriormente, aplicou-se o programa MODPATH (Pollock 1989) no modelo matemático elaborado por Cavalcanti (2002) para a área de estudo, com o intuito de estimar a trajetória de possíveis contaminantes que a água pode transportar para o reservatório, a partir das áreas com atividades potencialmente contaminantes. Na modelagem matemática não foram utilizados novos dados, o que implicaria na re-calibração do modelo matemático, tornando esta parte do trabalho inexecutável em função do tempo disponível. Os reservatórios de Paraitinga e Taiaçupeba não foram abordados neste estudo por demandarem uma excessiva necessidade de tempo e recursos, o que se tornaria impraticável para um Trabalho de Formatura.

2.1. Relevância do Projeto

A atividade agrícola em áreas próximas a reservatórios é muito preocupante, pois pode provocar a contaminação dos mesmos e trazer sérios riscos à saúde humana. Atualmente durante o processo de implantação de reservatórios costuma-se estabelecer um perímetro de desapropriação onde um dos intuitos é manter a ocupação humana a uma distância que não traga riscos à qualidade da água (**Anexo 01**).

O uso de defensivos agrícolas constitui uma técnica potencial de poluição, pois a sua aplicação pode gerar a concentração de compostos nocivos à saúde humana. Os processos superficiais podem carregar estes compostos para o reservatório e suas drenagens contaminando a água superficial. Além disso, os contaminantes podem ser adsorvidos no solo, ou então podem infiltrar, passar pela zona não saturada, chegar às águas subterrâneas e, posteriormente, contaminar o reservatório, que é a área de descarga das águas subterrâneas. Nesse sentido, a modelagem matemática torna-se fundamental, pois fornece subsídios para o conhecimento da direção e velocidade do fluxo das águas subterrâneas, facilitando a delimitação da contaminação e da principal área de descarga da mesma.

Apesar de todas as medidas que vêm sendo tomadas, deve-se sempre monitorar a qualidade da água dos reservatórios, assim sendo, é necessária uma análise geoquímica completa da área do reservatório para determinar a sua contaminação ou não por substâncias e compostos oriundos da atividade agrícola.

O presente trabalho também justificou-se relevante dada a escassez de trabalhos sobre a qualidade da água realizados na região objeto deste Trabalho de Formatura que é o de Biritiba-Mirim, importante fonte e estratégica reserva de abastecimento para o município de São Paulo e sua região metropolitana.

Este trabalho foi desenvolvido em um estágio no Laboratório de Recursos Hídricos e Avaliação Geoambiental (LABGEO) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) em um convênio com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) para a realização de estudos hidrogeológicos na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim.

3. Fundamentação Bibliográfica

A realização do projeto teve início com a etapa de revisão da bibliografia disponível. Esta etapa procurou dar importância para obras que apresentam informações que tragam benefício ao pleno andamento do projeto. Esta etapa se dividiu em 3 tópicos: caracterização da área estudada, contaminação do meio-ambiente por metais derivados da atividade antrópica e aplicações da modelagem matemática.

3.1. Caracterização da área estudada

CPRM (1990) fornece total subsídio para a caracterização geológica da área estudada, por meio de um trabalho de mapeamento geológico na escala 1:50.000 nas folhas Santa Isabel, Mauá e Mogi das Cruzes, esta última compreende a área piloto deste trabalho de formatura.

O Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA / RIMA) referente à implantação dos reservatórios de Biritiba-Mirim e Paraitinga, e ao alteamento do nível d'água do reservatório de Taiaçupeba, produzido por CCN (1997), promove toda a caracterização dos empreendimentos acima descritos, apresentando um eficiente diagnóstico ambiental das áreas abordadas antes do início dos empreendimentos e, por fim, realiza a avaliação do impacto ambiental esperado com o desenvolvimento dos mesmos. Dentro da área de estudo é realizada a caracterização da área estudada, abordando aspectos geológicos, hidrogeológicos, pedológicos e de uso e ocupação do solo, destacando as atividades agrícolas principais.

Cavalcanti (2002) também apresenta muitas informações sobre a área de estudo ao utilizá-la como área piloto no estudo da aplicação da modelagem matemática de fluxos subterrâneos para estimar as elevações induzidas no freático.

O Banco de dados espaciais da Bacia do Alto Tietê, organizado por Macedo (1999), também fornece grandes informações sobre a área de estudo, destacando-se as referentes ao uso e ocupação do solo, aspectos geológicos e sobre as suas características hidrogeológicas.

3.2. Contaminação do meio-ambiente por metais derivados da atividade antrópica.

Quanto à contaminação de metais oriundos da atividade humana há uma grande variedade de material bibliográfico, merecendo destaque o trabalho de Filizola *et al.* (2002), que avaliou a contaminação por resíduos de pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra (SP). Alexandre (1995) realizou estudo detalhado sobre o comportamento geoquímico do arsênio, cobre, chumbo e zinco nas águas subterrâneas e nos solos de áreas urbana e rural no município de Louveira (SP).

No mesmo seguimento do trabalho anterior, Leite (2002) realiza um minucioso estudo sobre a determinação da concentração de metais e a influência dos mesmos nos recursos hídricos superficiais em reservatórios. Campos (2001) analisa a presença e o comportamento de metais oriundos de atividades agrícolas em solo e descreve o seu comportamento.

Ishimine (2002) avalia a contaminação por manganês de uma área em Suzano (SP), aplicando uma metodologia muito eficaz e realizando um estudo detalhado das características hidrodinâmicas e hidrogeoquímicas da área piloto do seu trabalho.

A determinação da contaminação de água subterrânea em uma área piloto realizada por Iezzi (1999) é um trabalho que fornece grande contribuição quanto à metodologia de trabalho a ser seguida dentro do segmento da determinação de contaminação.

Na internet, o “*site*” do Ministério da Agricultura apresenta o sistema Agrofit, que é um grande banco de dados sobre defensivos agrícolas usados no país. São fornecidas informações sobre a composição química, efeitos nocivos, métodos de utilização e classificações ambientais.

O manual de referências bibliográficas elaborado pela CETESB (2001) apresenta um capítulo sobre importantes obras que descrevem os processos de fabricação de defensivos agrícolas e que fornecem informações valiosas sobre os mesmos.

Outras obras tratam dos mecanismos e efeitos de defensivos agrícolas nas águas subterrâneas com destaque para Vighi & Funari (1995), que aborda a presença de resíduos de defensivos agrícolas em águas subterrâneas, discutindo e apresentando os riscos que causam à saúde humana, propondo soluções para a atenuação deste crescente problema.

Em seu trabalho sobre geoquímica de águas subterrâneas, Deutsch (1997) apresenta informações específicas sobre os mais comuns contaminantes de águas subterrâneas, dentre

eles os metais bário, cádmio, chumbo, níquel, zinco, cromo, cobre, arsênio e selênio, destacando inclusive o impacto causado com a migração destes contaminantes.

Hornsby *et al.* (1995) reuniu em um único livro, através da compilação de uma extensa busca bibliográfica, um completo banco de dados com milhares de defensivos agrícolas, incluindo informações referentes à nomenclatura, formulação química e propriedades de interação com meio-ambiente.

3.3. Modelagem Matemática

Cavalcanti (2002) avaliou a aplicação da modelagem matemática de fluxos subterrâneos como instrumento para estimar as elevações induzidas do freático, na área do reservatório de Biritiba-Mirim, neste mesmo trabalho apresenta-se um instrumento de planejamento de uso e ocupação das áreas entorno do reservatório, para a modelagem matemática, a autora utilizou o programa MODFLOW (McDonald & Harbaugh 1988).

Palma (2004) descreve a utilização do programa MODFLOW (McDonald & Harbaugh 1988) para a determinação de frentes de contaminação de águas subterrâneas por efluentes de um lixão na cidade de Poços de Caldas (MG).

Apesar do enfoque totalmente diferente, Camacho (2004) descreve a utilização da modelagem matemática para a determinação do fluxo de água subterrânea e posterior movimentação de frentes de contaminação.

Um trabalho muito interessante referente à aplicação da modelagem matemática é o desenvolvido por Corrêa (2003), que realiza a modelagem matemática de um aquífero na região de Taubaté (SP), usando o programa MODFLOW (McDonald & Harbaugh 1988).

Ainda sobre a modelagem matemática, o trabalho de Iritani (1998) propõe o uso da modelagem matemática como uma eficiente metodologia para a definição de fluxos de águas subterrâneas, tendo como área piloto o município de Caçapava (SP).

4. Metodologia

A metodologia deste trabalho é apresentada subdividida em 4 tópicos: revisão bibliográfica, caracterização da área de estudo, caracterização da contaminação e modelagem matemática.

4.1. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica forneceu informações para o conhecimento das características geológicas, hidrogeológicas, pedológicas e de uso e ocupação da área de estudo através da consulta de trabalhos prévios que tiveram suas atividades desenvolvidas, seja na área de estudo, seja em áreas maiores, onde a área de estudo está inserida.

Os mapas topográficos que compreendem a área de estudo, em escala 1:10.000 elaborados por EMPLASA (1996) foram utilizados na caracterização da área de estudo, assim como os mapas geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos, em escalas 1:50.000 e 1:25.000, respectivamente apresentados por CCN (1997) e Cavalcanti (2002).

Também foram levantadas informações sobre a metodologia de coleta de amostras a ser adotada durante os trabalhos de campo para amostragem.

A pesquisa sobre o comportamento de metais e defensivos agrícolas nas águas subterrâneas foi de extrema importância para a compreensão dos seus aspectos hidroquímicos, hidrodinâmicos e do seu potencial de contaminação.

Após a identificação dos principais defensivos agrícolas utilizados na área estudo, foi feita uma intensa busca na bibliografia disponível, de dados referentes aos compostos mais utilizados, buscando o maior número de informação possível para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

4.2. Caracterização Hidrogeológica

A elaboração de um modelo conceitual de fluxo de águas subterrânea foi feita, tendo como base as informações coletadas durante as primeiras etapas de campo, tais como: geologia, geomorfologia, águas superficiais e águas subterrâneas, junto com as informações provenientes da aplicação da modelagem matemática na área de estudo realizada por Cavalcanti (2002).

4.2.1. Rede de Monitoramento

O convênio IPT / DAEE vêm desenvolvendo projetos na área de estudo, dessa forma, foi construída uma rede de poços e piezômetros para pesquisa e trabalhos na área que, atualmente, conta com 28 piezômetros instalados e com 64 poços do tipo cacimba cadastrados para monitoramento e amostragem de água subterrânea.

A disponibilização da rede de monitoramento no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, permite efetuar medições do nível da água subterrânea a serem utilizadas para o melhor conhecimento e acompanhamento do aquífero freático.

Com a rede de monitoramento também é possível a coleta de amostras de água subterrânea para caracterização geoquímica, sendo também útil para a realização de ensaios hidrogeológicos para determinar parâmetros hidrodinâmicos do aquífero.

4.2.2. Potenciometria da área de estudo

O convênio IPT / DAEE realizou trimensalmente, na fase pré-enchimento do reservatório de Biritiba-Mirim, campanhas de monitoramento para medição do nível da água nos poços e piezômetros da rede de monitoramento. Na fase pós-enchimento do reservatório, as campanhas de monitoramento passaram a ser bimensais. Estas medições são realizadas através de medidor de nível de água.

A cota potenciométrica é calculada através da diferença entre a cota topográfica dos poços medidos e o nível da água obtido, desconsiderando a altura da boca do poço ou piezômetro. A obtenção das cotas potenciométricas permitiu a confecção de mapas potenciométricos que, junto com a modelagem matemática, possibilitou a determinação do fluxo das águas subterrâneas.

4.3. Caracterização da contaminação

4.3.1. Caracterização das fontes potencialmente contaminantes

A identificação das fontes potencialmente contaminantes foi realizada durante as etapas de trabalho de campo, onde procurou-se identificar as atividades agrícolas que fazem uso de defensivos agrícolas. A identificação destas fontes auxiliou na seleção dos pontos de amostragem, além de contribuir para o estudo do uso e ocupação do solo na área de estudo.

Ainda nesta fase procurou-se conhecer quais os defensivos agrícolas são mais utilizados na área de estudo, esta identificação foi realizada através de entrevistas com os agricultores e consultas a postos de venda de defensivos agrícolas e à Casa da Agricultura do município de Biritiba-Mirim. O conhecimento dos defensivos agrícolas mais utilizados auxiliou na seleção dos parâmetros a serem analisados após a campanha de amostragem.

4.3.2. Seleção dos pontos de amostragem

A seleção dos pontos de amostragem foi feita seguindo os seguintes propósitos:

- Distribuição dos pontos de amostragem ao longo da área de estudo, com o intuito de obter dados químicos em toda área de estudo;
- Seleção de poços com comprovado uso de defensivos agrícolas e também poços em locais onde comprovadamente não há o uso de defensivos agrícolas, sendo estes poços referenciados como brancos no contexto das análises químicas;
- A análise dos fluxos de águas subterrâneas e da potenciometria da área de estudo, que também foi levada em consideração para a seleção dos pontos de amostragem.

4.3.3. Medição de parâmetros físico-químicos da água subterrânea

Durante a campanha de amostragem, foram realizadas medidas expeditas dos seguintes parâmetros físico-químicos da água subterrânea: Temperatura, pH e condutividade elétrica (**Foto 01**).

Para a obtenção destas medidas, foi coletada água dos poços utilizando *bailer* de polietileno esterelizado e descartável, sendo a água armazenada em um recipiente de polietileno. Foi utilizado um termômetro digital de mercúrio para a obtenção da temperatura da água.

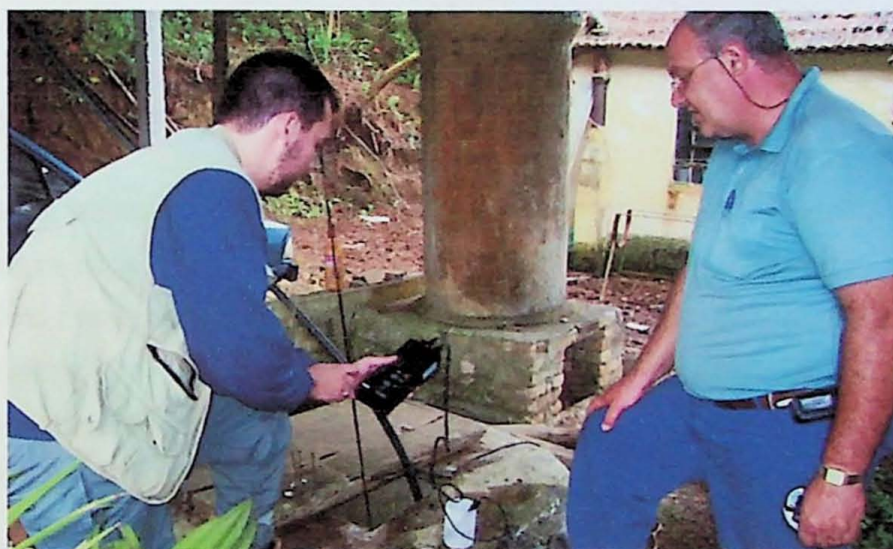


Foto 01 – Medida de pH e condutividade elétrica em campo.

Segundo Ishimine (2002, apud Deustch 1997), a temperatura não é uma característica química do sistema, mas influencia em muitas propriedades geoquímicas.

Os valores de pH e condutividade elétrica foram obtidos com um equipamento da marca Digimed, previamente calibrado com soluções padrão nos laboratórios do CEPAS – Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas.

A obtenção do pH é muito importante, pois o pH interfere nas propriedades geoquímicas do meio estudado, o pH, por exemplo, pode interferir na maior solubilidade em água de um composto, ou também na adsorção do mesmo.

A condutividade elétrica indica a presença de sais dissolvidos na água, sendo interessante a sua determinação para um estudo hidrogeoquímico.

4.3.4. Análises químicas

As amostras de água subterrânea foram enviadas para análise química para a determinação de Cu, Zn, Mn, Se, B, K, P, Ca, F^- , Cl^- e NO_3^- . As análises de Cu, Zn, Mn, Se, B, K, P e Ca foram feitas no Laboratório de Análises Químicas Inorgânicas (LAQI) do IPT. As análises de F^- , Cl^- e NO_3^- foram realizadas no Laboratório Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais LTDA.

A escolha dos parâmetros a serem analisados foi feita associando os parâmetros mais encontrados em contaminações oriundas de atividades agrícolas, com elementos que estão presentes na composição química dos defensivos agrícolas mais utilizados na área de estudo.

4.3.5. Amostragem de água subterrânea

Antes de ter início o processo de amostragem foi providenciado o esgotamento dos poços selecionados para a amostragem. O esgotamento dos poços antes da amostragem é recomendado, pois deseja-se amostrar a água que provem da formação geológica.

Para a análise de metais é necessária a adoção de procedimentos que evitem qualquer alteração no resultado das análises químicas.

A coleta da água foi feita com o uso de *bailer* de polietileno esterelizado e descartável.

A água coletada foi transferida para seringas descartáveis e esterelizadas, com capacidade para 60ml, na boca da seringa são acoplados filtros millipore, constituído por uma membrana com um determinado diâmetro de abertura (**Foto 02**). As amostras foram filtradas nas malhas 0,80 μm , 0,45 μm e 0,22 μm .



Foto 02 – Seringa descartável acoplada a filtro milipore.

Em seguida as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno, opacos, com tampa rosqueável do mesmo material. Antes do fechamento dos frascos, as amostras que seriam analisadas para cátions foram aciduladas, utilizando-se ácido nítrico (HNO_3), até atingirem pH com valor próximo a 2, evitando assim a precipitação de minerais.

Após o fechamento dos frascos, as amostras foram devidamente identificadas e acondicionadas em recipiente térmico e mantidas em temperatura baixa ($4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$). A refrigeração das amostras inibe a ocorrência de processos biológicos que podem provocar alterações no resultado das análises químicas.

As fichas de amostragens são apresentadas no **Anexo 2**.

4.4. Modelagem matemática

Para a identificação da direção de fluxo das águas subterrâneas, necessária para determinação do transporte dos contaminantes foi utilizado o programa MODPATH (Pollock 1989) a partir dos dados e modelo matemático apresentados no trabalho de Cavalcanti (2002).

O MODPATH (Pollock 1989) é um programa que define a trajetória de partículas a partir de um ponto escolhido pelo usuário utilizando a solução de fluxo resultante do programa MODFLOW (McDonald & Harbaugh 1988). Dessa forma é possível identificar a trajetória de um contaminante, precisando a zona de influência de uma área contaminada.

4.5. Análise Estatística

O tratamento estatístico dos dados de potenciometria da área de estudo foi feito com o programa de análise regressiva do software GeoVisual (Yamamoto 2002) no Laboratório de Informática Geológica (LIG) do Instituto de Geociências (IGc) da USP.

4.6. Confeção de figuras e mapas

As figuras inéditas e os mapas presentes neste trabalho foram confeccionados com a utilização dos programas AutoCad 2004 (Autodesk 2002) e Arc View 8.1 (ESRI 2001).

5. Resultados Obtidos

5.1. Localização da área de estudo

O reservatório de Biritiba-Mirim está localizado dentro da UGRHI do Alto Tietê, em áreas que abrangem os municípios de Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes. O reservatório é formado pelo represamento das águas do rio Biritiba-Mirim, que é afluente da margem esquerda do rio Tietê e, segundo dados de Cavalcanti (2002), compõe uma bacia de drenagem de aproximadamente 75 Km².

O acesso à área de estudo, a partir da cidade de São Paulo, pode ser feito pela Rodovia Ayrton Senna (SP – 70), seguida pela Rodovia Pedro Eroles (SP – 88), até o município de Biritiba-Mirim (**Figura 02**).

As obras da barragem de Biritiba-Mirim tiveram início no final da década de 80 e foram logo paralisadas. No final da década de 90 as obras foram retomadas e concluídas. Atualmente, o reservatório se encontra na fase de enchimento.

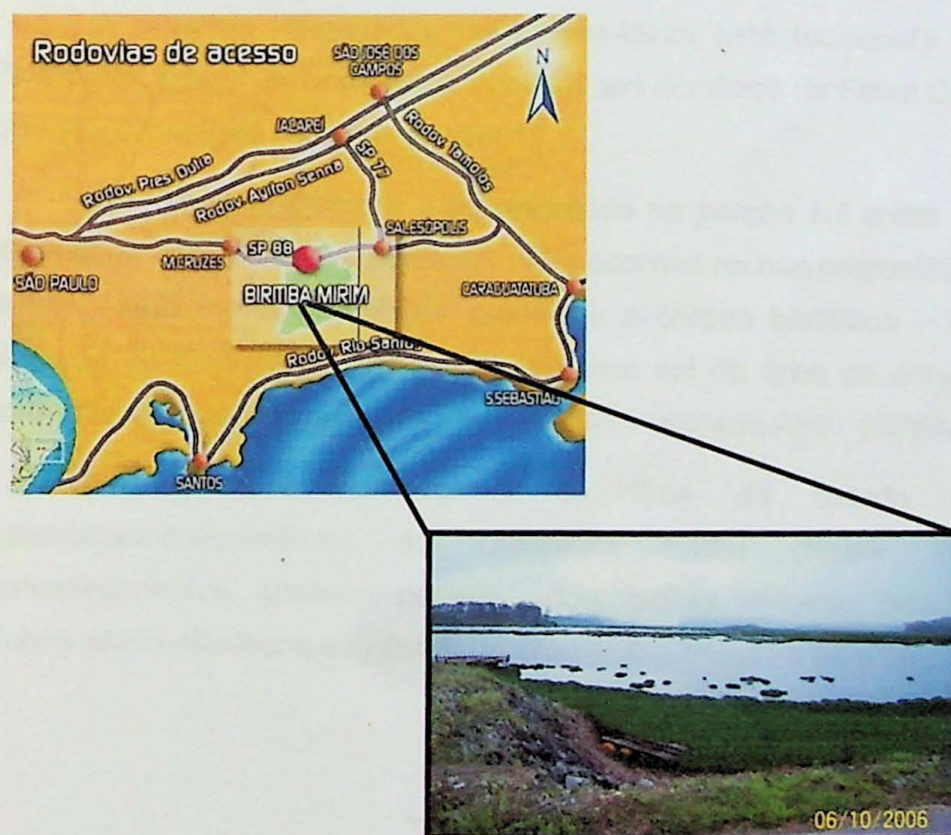


Figura 02 – Localização da área, a foto representa a vista do reservatório a partir da barragem.

5.2. Geologia regional e local

A caracterização geológica é baseada no levantamento da bibliografia disponível sobre a área de estudo, sendo complementada por dados obtidos nos trabalhos de campo realizados. As principais unidades geológicas aflorantes na área de estudo são apresentadas na **Figura 03**.

Segundo CPRM (1990), na região onde está inserida a área de estudo, afloram diversas unidades evoluídas em tempos e situações tectônicas distintas. As unidades mais antigas fazem parte do embasamento Pré-Cambriano, sobre o qual incidiu uma intensa transposição associada a um intenso cisalhamento, acompanhado de migmatização e intensa granitogênese.

Ainda segundo CPRM (1990), encaixa-se no contexto das unidades mais antigas o Complexo Granito-Gnáissico-Migmatítico que envolve rochas de níveis crustais distintos, e as seqüências vulcanossedimentares do Complexo Embu. Entre as unidades mais novas, encontram-se corpos graníticos, predominantemente cálcio-alcalinos, seguidos de subalcalinos a alcalinos e, restritamente, aluminosos.

A área do reservatório de Biritiba-Mirim está localizada na parte leste do Planalto Paulistano. Esses terrenos correspondem aos domínios da Faixa Costeira, área de definição do Complexo Costeiro (Hasui *et al.*, 1981).

O Complexo Costeiro é representado na porção sul e em uma faixa alongada que se estende de centro-oeste a nordeste, onde ocorrem rochas migmatíticas, com extrema variedade textural, associadas a gnaisses graníticos e corpos biotíticos – unidade Ay0+1 -. Também atribuído ao Complexo Costeiro, no extremo sul da área de estudo, há um corpo granítico, porfiróide associado a gnaisses migmatíticos – unidade Ay0 - (CPRM 1990).

Nas porções norte-central da área de estudo ocorrem as seqüências metavulcanossedimentares do Complexo Embu (Hasui 1975), representada por metassedimentos, gnaisses paraderivados, rochas xistosas, quartzitos e subordinadamente, rochas cálcio-silicáticas e metabásicas (unidades PEe11 e PEe14).

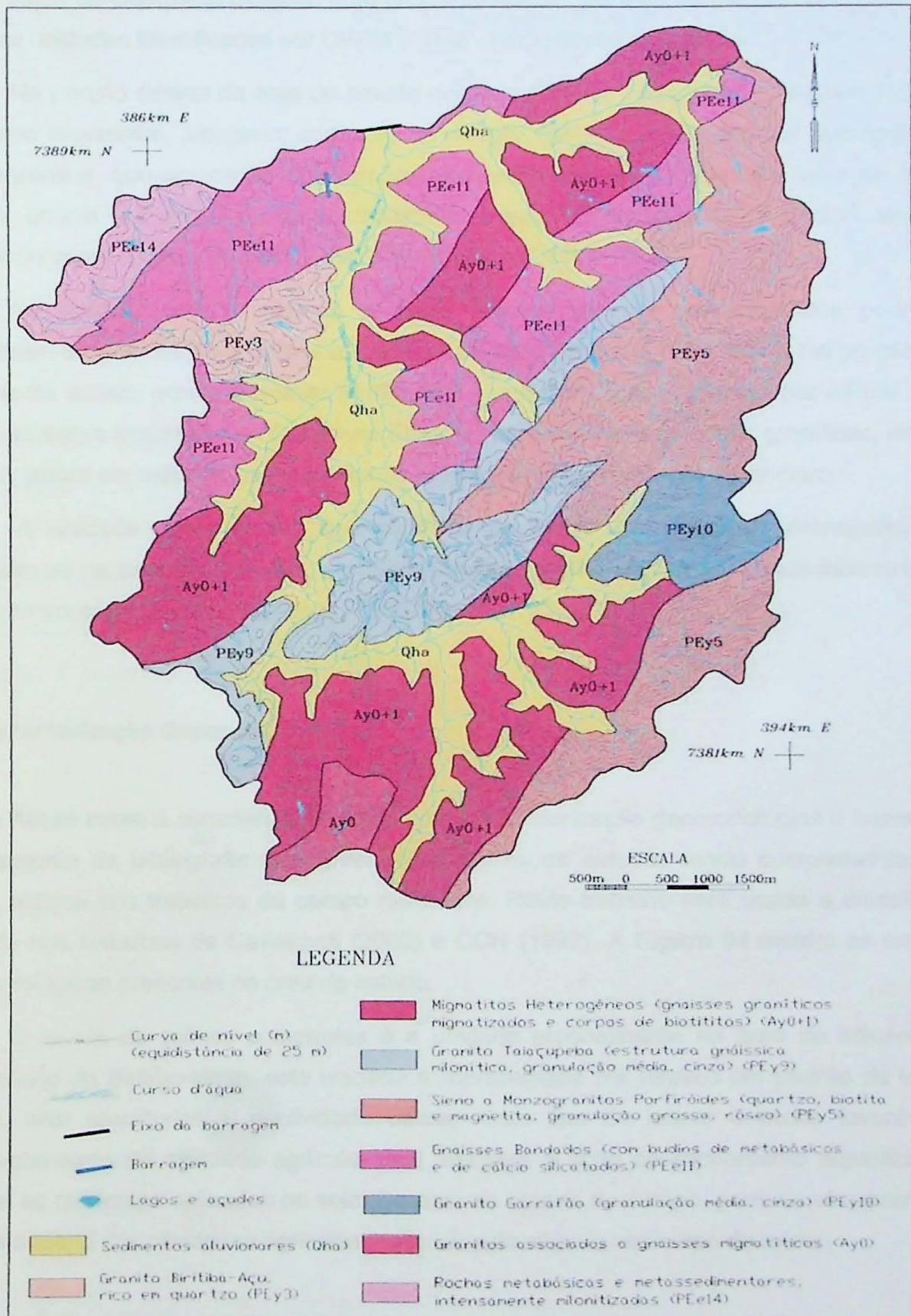


Figura 03 – Unidades geológicas aflorantes na área de estudo. Fonte: Cavalcanti (2002).

Além do Complexo Costeiro e do Complexo Embu, na área de estudo há ocorrência de diversas unidades identificadas por CPRM (1990) como plútons granitóides.

Na porção central da área de estudo ocorre o Granito Taiaçupeba – unidade PEy9 -, é um corpo expressivo, alongado, com eixo na direção SW-NE, constituído por sienogranitos e monzogranitos, que apresenta forma pouco orientada e foliada. No extremo leste da área de estudo, ocorre um corpo de muscovita-biotita granito, discordante e de caráter tectônico, conhecido como Granito Garrafão – unidade PEy10 – (CPRM 1990).

Na porção leste e extremo sudeste ocorrem sieno e monzogranitos porfiróides, potássicos, de granulação grossa e cor rósea – unidade PEy5 - (CPRM 1990). Na porção oeste da área de estudo ocorre o granito Biritiba-Açu - unidade PEy3 -, descrito por CPRM (1990) como um corpo encaixado no Complexo Embu e representado por rochas graníticas, ricas em quartzo, pobre em máficos, com granulação média e coloração rósea a cinza claro.

A unidade mais recente é encontrada ao longo das principais drenagens, onde destacam-se os depósitos fluviais, representados por argilas orgânicas, areias inconsolidadas de granulometria variada e cascalhos – unidade Qha - (CCN 1997).

5.3. Caracterização Geomorfológica

Assim como a caracterização geológica, a caracterização geomorfológica é baseada no levantamento da bibliografia disponível sobre a área de estudo, sendo complementada por dados obtidos nos trabalhos de campo realizados. Neste trabalho será usada a classificação adotada nos trabalhos de Cavalcanti (2002) e CCN (1997). A **Figura 04** mostra as unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.

O relevo de colinas e morrotes é a unidade predominante na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim, esta unidade é representada por relevos em padrão de topos e bacias, com amplitudes e declividade baixas. Este tipo de relevo é muito favorável ao desenvolvimento da atividade agrícola, pois minimiza a ação do escoamento superficial que remove os nutrientes aplicados no solo. Durante as etapas de campo, pode-se observar que a grande maioria das atividades agrícolas visitadas está situada neste tipo de relevo.

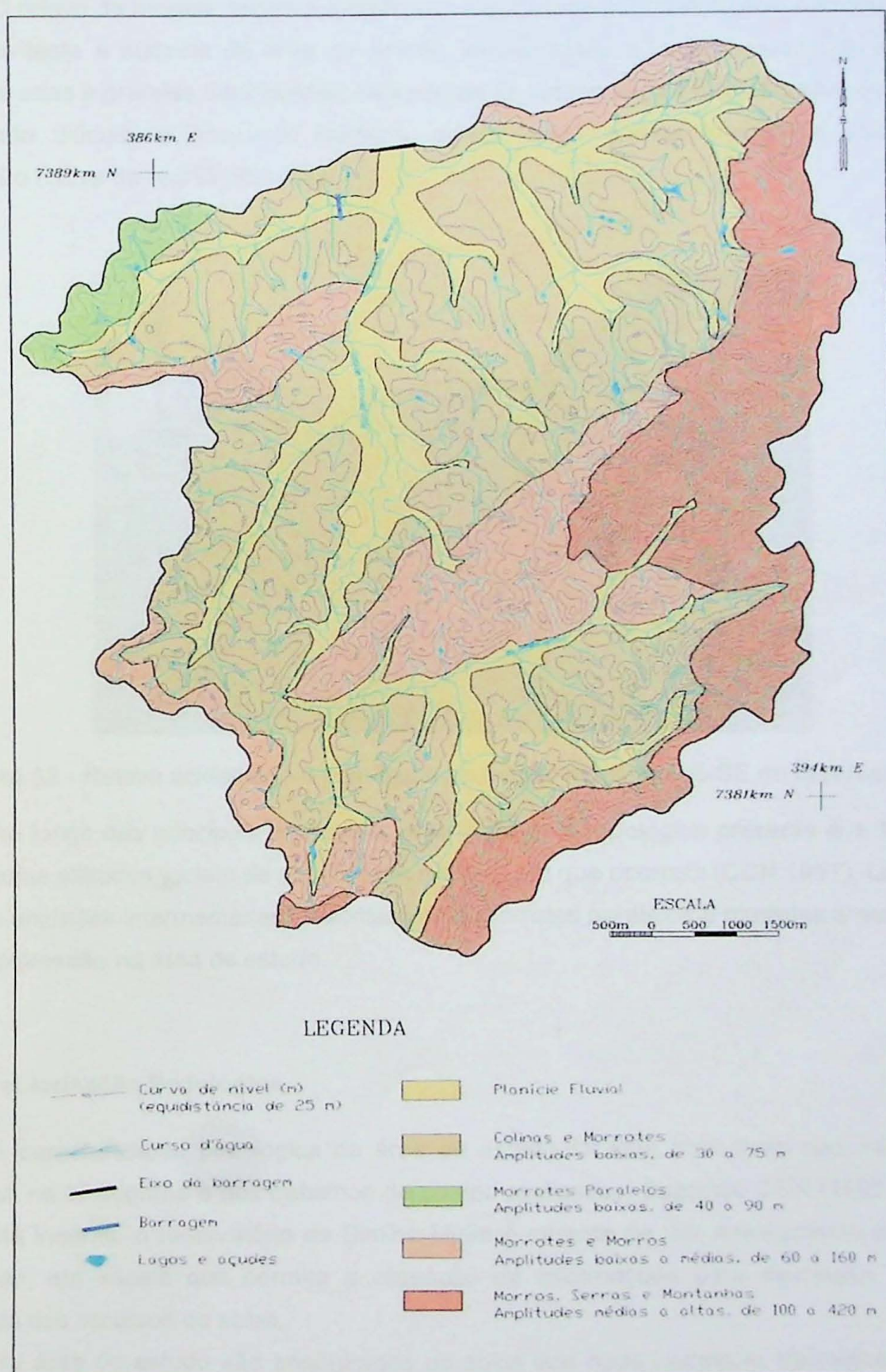


Figura 04 – Unidades geomorfológicas presentes na área de estudo. Fonte: Cavalcanti (2002).

O relevo de morros, serras e montanhas é a unidade geomorfológica predominante nos extremos leste e sudeste da área de estudo, esta unidade é representada por amplitudes médias a altas e grandes declividades. Nas etapas de campo foi possível observar que o relevo acidentado dificulta a ocupação humana, dessa forma, nestas porções é observada a vegetação nativa da região (**Foto 03**).



Foto 03 - Relevo acidentado e com baixa ocupação humana a E-SE do reservatório.

Ao longo das principais drenagens, a unidade geomorfológica presente é a de planície fluvial, cujas altitudes variam de acordo com o relevo em que ocorrem (CCN 1997). Localmente ocorrem unidades intermediárias, descritas como morrotes paralelos e morrotes e morros, com menor expressão na área de estudo.

5.4. Caracterização Pedológica

A caracterização pedológica da área de estudo foi feita com base nas informações coletadas na bibliografia e nos trabalhos de campo realizados. Segundo CCN (1997) a região onde está inserido o reservatório de Biritiba-Mirim é carente de um mapeamento pedológico atualizado, em escala que permita a obtenção de informações para descrição e análise detalhada dos recursos de solos.

Na área de estudo são encontrados os solos dos tipos Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Glei Pouco Húmico.

Os Latossolos são solos minerais, não hidromórficos, muito profundos a profundos, com avançado estágio de intemperização e com predominância de argilominerais. Os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro se diferenciam em relação ao teor de Fe_2O_3 e, conseqüentemente, na coloração. O Latossolo Vermelho-Escuro apresenta maior concentração de Fe_2O_3 e coloração mais avermelhada. Nas etapas de campo, pode-se verificar a grande quantidade de horizontes ricos em preenchimentos de óxidos de ferro e de manganês na unidade pedológica dos latossolos (**Fotos 04 e 05**).



Fotos 04 e 05 – Horizontes ricos em preenchimentos de óxidos de ferro e de manganês.

O solo Podzólico Vermelho-Amarelo compreende solos minerais com horizonte B textural, não hidromórfico, com seqüência de horizontes A, B e C, bem a moderadamente drenados. São solos que apresentam um grande acúmulo de argila nas camadas superficiais. (CCN 1997).

Os Cambissolos são solos minerais com horizonte B câmbico, não hidromórficos, de caráter álico, textura argilosa e com ocorrência em relevos acidentado. Os solos Gleis são formados em áreas planas e topograficamente baixas, desenvolvendo-se em condições de umidade excessiva e deficiência de oxigenação, formando um horizonte superficial de coloração acinzentada (CCN 1997).

5.5. Caracterização Hidrogeológica

Na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim, as unidades hidrogeológicas estão relacionadas com as rochas do embasamento e com os sedimentos quaternários das áreas de inundação. Com base nesta diferenciação, pode-se adotar as nomenclaturas e definições propostas por Hirata & Ferreira (2001) para denominar as unidades hidrogeológicas da área de estudo. O **Anexo 3** apresenta o mapa potenciométrico da área de estudo.

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) está associado às rochas cristalinas do embasamento. De acordo com o comportamento hidrogeológico das rochas, pode-se distinguir duas unidades neste sistema. Uma das unidades está relacionada à decomposição das rochas cristalinas, conhecida como manto de alteração, que forma um aquífero de porosidade granular bastante heterogêneo, de natureza livre, com espessuras médias de 50 m.

A outra unidade está situada abaixo do manto de intemperismo e conectada hidráulicamente com a mesma, é conhecida como Aquífero Cristalino propriamente dito. Nesta unidade as águas circulam por descontinuidades rúpteis da rocha (fraturas e falhas abertas). Esta unidade é de caráter livre a semi-livre e heterogêneo e anisotrópico.

O Sistema Aquífero Cristalino apresenta características de produtividades que variam segundo a litologia dos aquíferos, dessa forma pode-se distinguir duas variedades: uma relacionada às rochas granitóides e filitos (Aquífero de Rochas Granitóides), com capacidade específica (Q/s) média de 0,20 m³/h/m, e a outra relacionada às rochas metamórficas, com capacidade específica de 1,35 m³/h/m (Aquífero de Rochas Metamórficas).

DAEE (1975) determinou transmissividade para o SAC entre 0,4 e 14 m²/dia e coeficiente de armazenamento variando entre 0,5 e 5%, enquanto que Sabesp-Cepas (1994) estabeleceu para esse sistema uma porosidade eficaz (Sy) de 3%. Segundo Rebouças (1992), a condutividade hidráulica na porção intemperizada do SAC varia entre 1x10⁻³ e 1x10⁻⁷ m/s de acordo com a proximidade em relação à rocha sã.

O Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) é representado, na área de estudo, pelo aquífero formado por sedimentos quaternários e terciários da Bacia de São Paulo, com ocorrência restrita às planícies fluviais. Esta unidade apresenta larguras irregulares de 200 a 1000 metros, e espessura média da ordem de 7 metros (Cavalcanti 2002).

Devido ao relevo com padrão de topos e bacias, não há ligação entre as unidades aquíferas das diversas partes da bacia. O resultado é que o bombeamento em uma bacia não tem influência direta sobre a área vizinha (CCN 1997).

5.5.1 Análise Estatística

O monitoramento hidrogeológico da área de estudo teve início no mês de dezembro do ano de 1999. Foram realizadas campanhas de monitoramento hidrogeológico com periodicidade trimestral até o fechamento da comporta da barragem do reservatório, ocorrida no mês de maio de 2005, a partir desta data, as campanhas de monitoramento hidrogeológico passaram a ocorrer com periodicidade bimensal.

Com o intuito de avaliar o comportamento do aquífero superior nas fases pré e pós-enchimento, foi feita uma análise estatística dos dados de potenciometria obtidos desde o início do monitoramento hidrogeológico na área de estudo.

Em primeiro lugar foram analisadas separadamente as fases pré e pós-enchimento cujo comportamento se mostrou similar. Em ambos os casos, o coeficiente de correlação é extremamente alto, indicando que o aquífero tem o mesmo comportamento nos períodos chuvosos e secos (Figura 05).

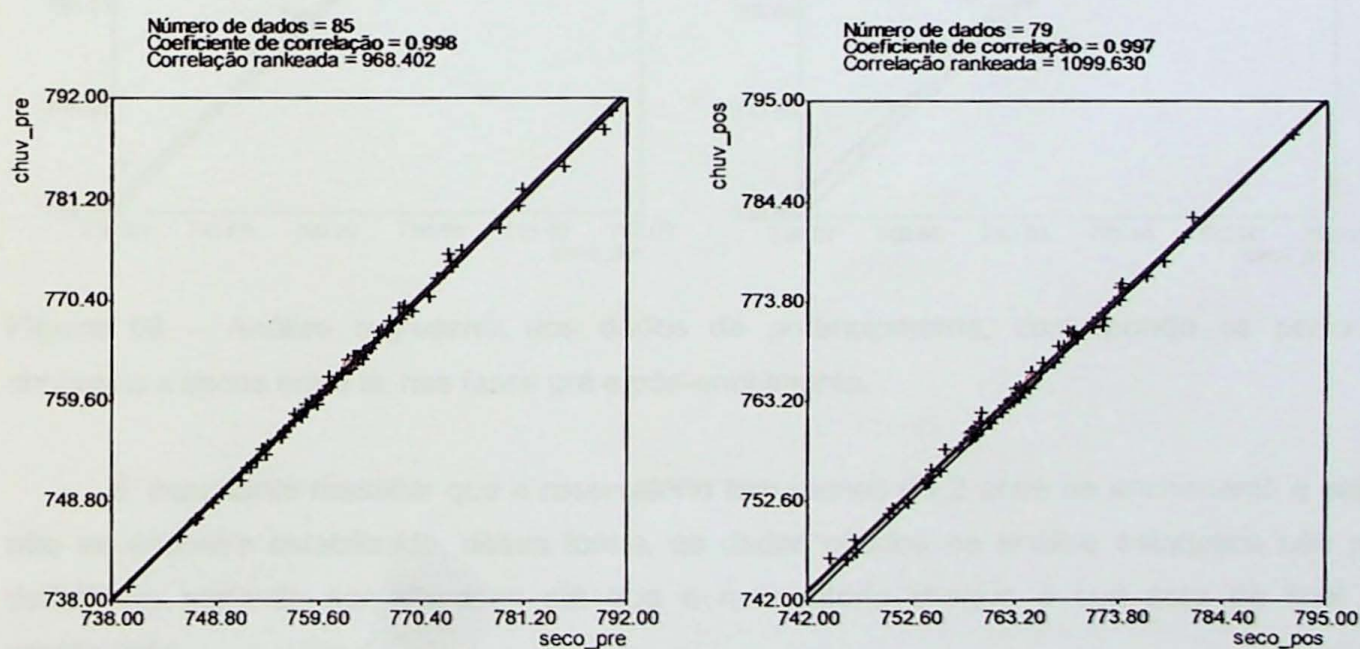


Figura 05 – Análise regressiva dos dados de potenciometria nas fases pré e pós-enchimento.

Ao se comparar apenas os períodos chuvosos entre si, e apenas os períodos secos entre si, entre as fases pré e pós-enchimento, pode-se notar as primeiras mudanças provocadas pelo enchimento do reservatório. Em ambos os gráficos é notado um desvio da reta de correlação no sentido da fase pós-enchimento (**Figura 06**). Isso indica que o enchimento do reservatório está provocando uma elevação, ainda incipiente, na superfície potenciométrica do aquífero superior.

Nos dois gráficos pode ser notada a queda do coeficiente de correlação, que ainda é alto, mas tende a diminuir ainda mais, com o enchimento do reservatório.

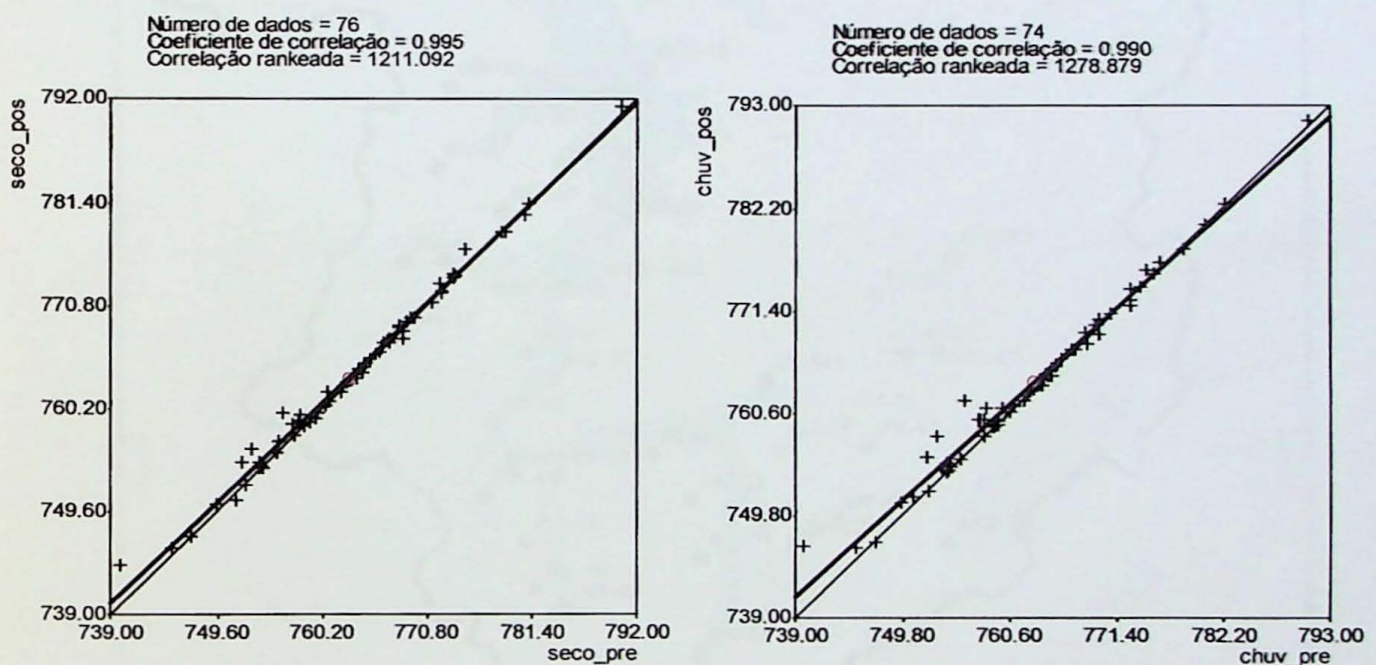


Figura 06 – Análise regressiva dos dados de potenciometria, contrapondo os períodos chuvosos e secos entre si, nas fases pré e pós-enchimento.

É importante ressaltar que o reservatório tem menos de 2 anos de enchimento e ainda não se encontra estabilizado, dessa forma, os dados obtidos na análise estatística não são definitivos, podendo ser alterados até que o reservatório chegue à sua cota de final de enchimento.

5.6. Caracterização das águas superficiais

A hidrografia superficial, junto com a rede de poços disponibilizada é apresentada na **Figura 07**.

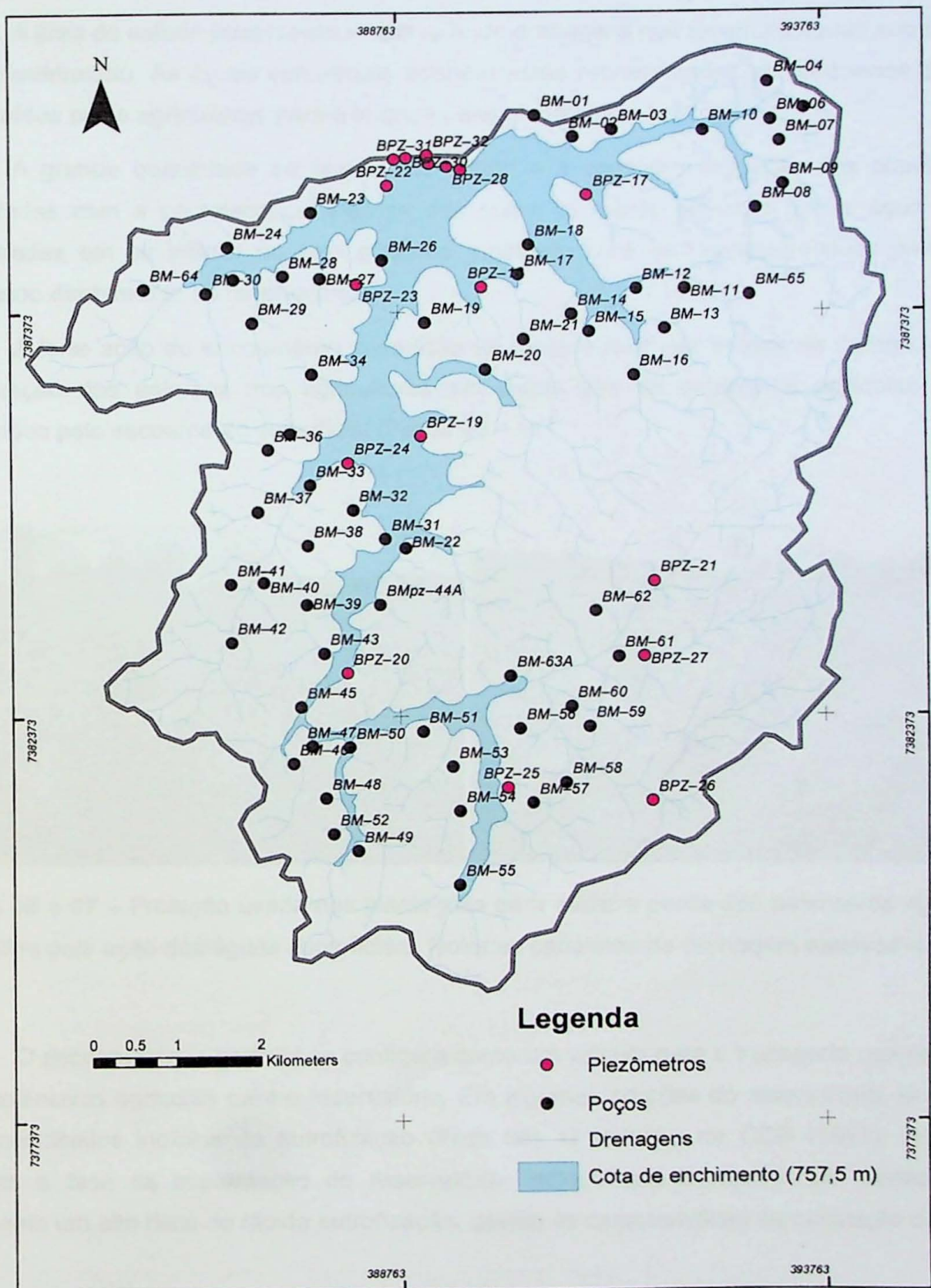


Figura 07 – Hidrografia superficial e rede de monitoramento hidrogeológico da área de estudo.

A área de estudo possui uma ampla rede de drenagens que levam as águas superficiais até o reservatório. As águas superficiais também estão representadas por pequenos açudes construídos pelos agricultores para a irrigação das plantações.

A grande quantidade de chuvas na região e a constante irrigação das plantações, associadas com a característica argilosa dos solos da região faz com que a água tenha dificuldades em se infiltrar no solo e acabe migrando para as drenagens mais próximas, chegando diretamente ao reservatório.

A forte ação do escoamento superficial foi comprovada nas etapas de campo, com a observação dos esforços dos agricultores em evitar que os defensivos agrícolas sejam removidos pelo escoamento superficial (**Fotos 06 e 07**).



Fotos 06 e 07 – Proteção usada nas plantações para evitar a perda dos defensivos agrícolas utilizados pela ação das águas superficiais. Notar as canaletas de drenagem escavadas.

O escoamento superficial se configura como um veículo para o transporte dos resíduos dos defensivos agrícolas para o reservatório. Em algumas porções do reservatório, já podem ser encontrados indícios de eutrofização (**Foto 08**). O trabalho de CCN (1997), realizado durante a fase de implantação do reservatório, indicou que a represa de Biritiba-Mirim apresenta um alto risco de rápida eutrofização, devido às características de ocupação do solo.



Foto 08 – Indícios de eutrofização no reservatório de Biritiba-Mirim.

5.7. Uso e ocupação do solo

A caracterização do uso e ocupação do solo na área de estudo foi feita com base nas informações coletadas na bibliografia e nos trabalhos de campo realizados.

O mapa de uso e ocupação do solo apresentado pela **Figura 08** foi feito em projetos internos do IPT, por meio da interpretação de fotos aéreas.

A maior porção da área de estudo apresenta cobertura vegetal nativa de médio e grande porte (**Foto 09**). A proximidade de grandes indústrias de produção de papel contribui com a grande quantidade de áreas de reflorestamento, representadas por pinheiros e eucaliptos.

Entre as atividades antrópicas encontradas, a mais importante é a agricultura (**Foto 10**). Segundo CCN (1997), as atividades agrícolas predominantemente desenvolvidas na área de estudo, podem ser caracterizada como minifúndios produtivos e mecanizados, principalmente na irrigação e na aplicação de defensivos agrícolas. Sabe-se também que as principais culturas cultivadas na área de estudo são: couve, alface, repolho, banana, pimenta, pêssego, cambucí, cenoura, flores ornamentais, entre outros.

Ainda segundo CCN (1997), as atividades, em sua maioria, são desenvolvidas pela unidade familiar, empregando contratação de terceiros apenas na época da colheita. Outra atividade muito desenvolvida na área de estudo é a granjeira.

A atividade agrícola é a principal atividade contaminante por meio do uso de defensivos agrícolas (**Fotos 11 e 12**), que pode provocar a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. A criação de aves e suínos também se pronuncia como atividade

contaminante ao produzir uma grande quantidade de efluentes de matéria orgânica. Outra fonte de contaminação na área de estudo é a de origem doméstica.

São poucas as áreas com solo exposto, a mais pronunciada ocorre na porção onde foram realizadas as obras para a construção do dique do reservatório.

As atividades comerciais encontradas na área de estudo são representadas por pequenas indústrias, pesqueiros e hotéis fazenda.



Fotos 09 e 10 – Exemplos de áreas com cobertura vegetal nativa e com atividade agrícola intensa.



Fotos 11 e 12 – Equipamentos utilizados para a aplicação de defensivos agrícolas comprovando o uso destes na área de estudo.

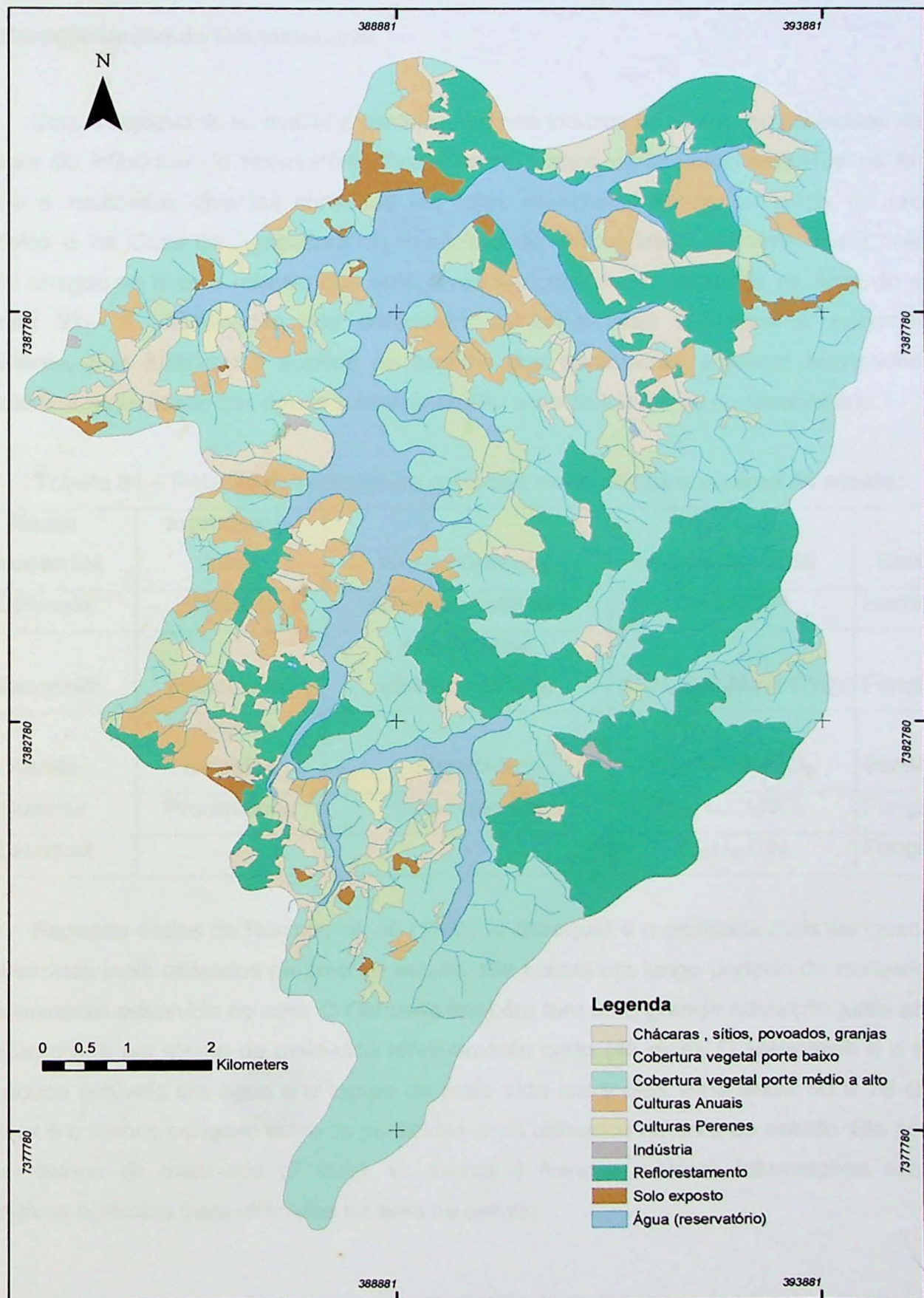


Figura 08 – Mapa de uso e ocupação do solo na área de estudo
Fonte: Modificado de IPT (2005).

5.8. Caracterização da Contaminação

Com o objetivo de se avaliar e confirmar ou não indícios de metais ou pesticidas na água da área de influência do reservatório, foram entrevistados agricultores sediados na área de estudo e realizadas diversas consultas em lojas especializadas no comércio de produtos agrícolas e na Casa de Agricultura do município de Biritiba-Mirim. Através desta coleta de dados chegou-se a uma relação dos defensivos agrícolas mais utilizados na área de estudo (**Tabela 01**). A identificação dos defensivos agrícolas mais utilizados é extremamente importante, pois justificou e auxiliou na escolha dos parâmetros a serem analisados para caracterizar a qualidade das águas subterrâneas na área de influência do reservatório.

Tabela 01 – Relação dos defensivos agrícolas mais utilizados na área de estudo.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Fórmula Bruta	Classe
Glifosato	Glifosato	Glicina substituída	$C_3H_8NO_5P$	Herbicida
Mancozeb	Mancozebe	Alquilenobis (ditiocarbamato)	$(C_4H_6N_2S_4Mn)_x.(Zn)_y$	Fungicida
Karate	Lambda-cialotrina	Piretróide	$C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$	Inseticida
Sumilex	Procimidona	Dicarboximida	$C_{13}H_{11}Cl_2NO_2$	Fungicida
Baraquat	-	-	$C_{23}H_{42}ClN$	Fungicida

Segundo dados de Hornsby *et. al.* (1995), o Baraquat é o pesticida mais perigoso entre os pesticidas mais utilizados na área de estudo. Ele possui um longo período de meia-vida e é extremamente adsorvido no solo. O Glifosato também tem uma grande adsorção junto ao solo, entretanto tem um tempo de meia-vida relativamente curto (45 dias). O Mancozeb e o Karate são pouco solúveis em água e o tempo de meia vida entre eles varia entre 30 e 70 dias. O Sumilex é o menos perigoso entre os pesticidas mais utilizados na área de estudo. Ele possui o menor tempo de meia-vida (7 dias). O **Anexo 4** fornece maiores informações sobre os defensivos agrícolas mais utilizados na área de estudo.

5.8.1. Análises Químicas

Para a realização das análises químicas, foram amostrados 19 poços, sendo 18 poços do tipo cacimba e 1 piezômetro. Foram amostrados 18 poços para as análises de cátions, ao passo que, para as análises de ânions foram amostrados 10 poços. A **Tabela 02** apresenta a distribuição dos poços amostrados em relação ao tipo de análise.

Tabela 02 – Relação dos poços amostrados e os parâmetros analisados quimicamente.

Poço	Análise Química	
	cátions	ânions
BM-01		
BM-06		
BM-10A		
BM-13		
BM-17		
BM-19		
BM-27		
BM-31A		
BM-36		
BM-39		
BM-42		
BM-44A		
BM-47		
BM-51		
BM-55		
BM-56		
BM-58		
BM-64		
BPZ-21		

Conforme mencionado anteriormente, as análises de Cu, Zn, Mn, Se, B, K, P e Ca foram feitas no Laboratório de Análises Químicas Inorgânicas (LAQI) do IPT. As análises de F⁻, Cl⁻ e NO₃⁻ foram realizadas no Laboratório Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais LTDA. O resultado das análises químicas é apresentado nas **Tabelas 03 e 04**.

Tabela 03 – Resultado das análises químicas para cátions. Em vermelho estão os valores acima do valor máximo permitido para o consumo humano, de acordo com a Portaria nº 518, da FUNASA, órgão do Ministério da Saúde.

	mg/L							
Poço	B	Ca	Cu	Mn	P	Se	Zn	K
BM-01	<0,1	12,0	<0,05	0,17	<0,1	<0,1	<0,05	0,79
BM-06	<0,1	8,2	<0,05	0,09	<0,1	<0,1	<0,05	3,60
BM-10A	<0,1	14,6	<0,05	0,16	<0,1	<0,1	<0,05	4,67
BM-13	<0,1	8,6	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	1,13
BM-17	<0,1	10,5	<0,05	0,03	<0,1	<0,1	<0,05	8,30
BM-19	<0,1	11,7	<0,05	0,02	<0,1	<0,1	<0,05	2,24
BM-27	<0,1	8,5	<0,05	0,07	<0,1	<0,1	<0,05	4,74
BM-31A	<0,1	13,7	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	5,5
BM-36	<0,1	5,0	<0,05	0,13	<0,1	<0,1	<0,05	1,91
BM-39	<0,1	18,5	<0,05	0,05	<0,1	<0,1	<0,05	5,7
BM-42	<0,1	7,4	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	3,71
BM-47	<0,1	8,2	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	1,51
BM-51	<0,1	1,6	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	0,86
BM-55	<0,1	11,9	<0,05	0,04	<0,1	<0,1	<0,05	5,16
BM-56	<0,1	11,8	<0,05	<0,02	<0,1	<0,1	<0,05	0,95
BM-58	<0,1	6,7	<0,05	0,22	<0,1	<0,1	<0,05	1,38
BM-64	<0,1	2,7	<0,05	0,49	<0,1	<0,1	<0,05	2,84
BPZ-21	<0,1	5,6	<0,05	0,08	<0,1	<0,1	0,06	3,05

Tabela 04 – Resultado das análises químicas para ânions. Em vermelho estão os valores acima do valor máximo permitido para o consumo humano, de acordo com a Portaria nº 518, da FUNASA, órgão do Ministério da Saúde.

	mg/L		
Poço	cloreto	fluoreto	nitrato
BM-01	2,93	<0,21	<0,06
BM-10A	7,82	1,15	1,72
BM-17	17,6	<0,21	34
BM-44A	5,4	<0,21	5,37
BM-47	7,82	0,61	6,06
BM-51	7,82	0,61	3,11
BM-56	6,36	<0,21	3,63
BM-58	12,7	1,71	13
BM-64	12,7	0,82	23
BPZ-21	4,9	<0,21	2,07

Para uma melhor interpretação das análises químicas, durante os trabalho de campo foram selecionados 4 poços delimitados como branco e também amostrados (BM – 01, BM – 13, BM – 56 e BPZ – 21). Na região destes poços foi constatado que não havia a utilização direta de defensivos agrícolas, sendo que as atividades agrícolas mais próximas destes poços estavam situadas em nível topográfico inferior. Nestes poços, esperava-se um resultado das análises químicas que refletisse apenas a composição química fornecida pela contribuição de elementos químicos disponibilizados pela alteração intempérica da unidade litológica do local de coleta de água onde o poço está situado.

Os valores obtidos foram confrontados com os valores máximos permitidos para o consumo humano (VMP), de acordo com os valores padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, determinados pela Portaria nº 518, da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), órgão do Ministério da Saúde.

Os valores obtidos estiveram acima do valor máximo permitido para o consumo humano (VMP) em 5 poços para o parâmetro manganês (BM – 01, BM – 10 A, BM – 36, BM – 58 e BM – 64), 3 poços para o parâmetro nitrato (BM – 17, BM – 58 e BM – 64) e 1 poço para o parâmetro fluoreto (BM – 58).

Os valores obtidos nas análises químicas serão apresentados na discussão dos resultados.

5.9. Modelagem Matemática

A modelagem matemática foi realizada com a aplicação do programa MODPATH (Pollock 1989) sobre o modelo matemático de fluxos realizado sobre a plataforma MODFLOW (McDonald & Harbaugh 1988) no trabalho de Cavalcanti (2002).

Esta etapa consistiu em duas simulações. A primeira simulação foi realizada a partir do mapa de uso e ocupação do solo (**Figura 08**), utilizando-se as áreas potencialmente contaminantes como ponto de partida para a trajetória das partículas simuladas. A segunda simulação foi realizada usando como ponto de partida para as partículas simuladas, os poços amostrados para as análises químicas.

Na modelagem matemática das áreas potencialmente contaminantes, o mapa de uso e ocupação foi incorporado como um “layer” no cenário proposto, a partir daí foram geradas partículas a partir das células selecionadas. Foi escolhida a opção de uma única partícula, que foi posicionada na superfície do nível da água. Em seguida foi executado o programa, que forneceu o cenário apresentado pela **Figura 09**.

Na segunda modelagem matemática, as partículas foram locadas sobre as células situadas nas mesmas coordenadas dos poços amostrados. Por problemas de escala do trabalho, o poço BM – 10 A foi excluído da modelagem matemática. Neste caso, foi escolhida a opção de 10 partículas, também posicionadas na superfície do nível d’água. Em seguida o programa foi executado, o cenário resultante é apresentado pela **Figura 10**.

O cenário resultante da modelagem matemática foi transferido para o programa ArcGIS e contraposto com o mapa da rede de drenagens na área de estudo. Com isso, foi possível identificar as drenagens diretamente influenciadas pelos poços amostrados, ou seja, em caso de uma contaminação, as drenagens identificadas na **Figura 11** seriam a área de descarga do poço usado na simulação.

O mesmo cenário foi contraposto com a rede de drenagens, agora com o reservatório incluído, neste caso é possível identificar quais poços têm a área de descarga de suas águas diretamente no reservatório (**Figura 12**).

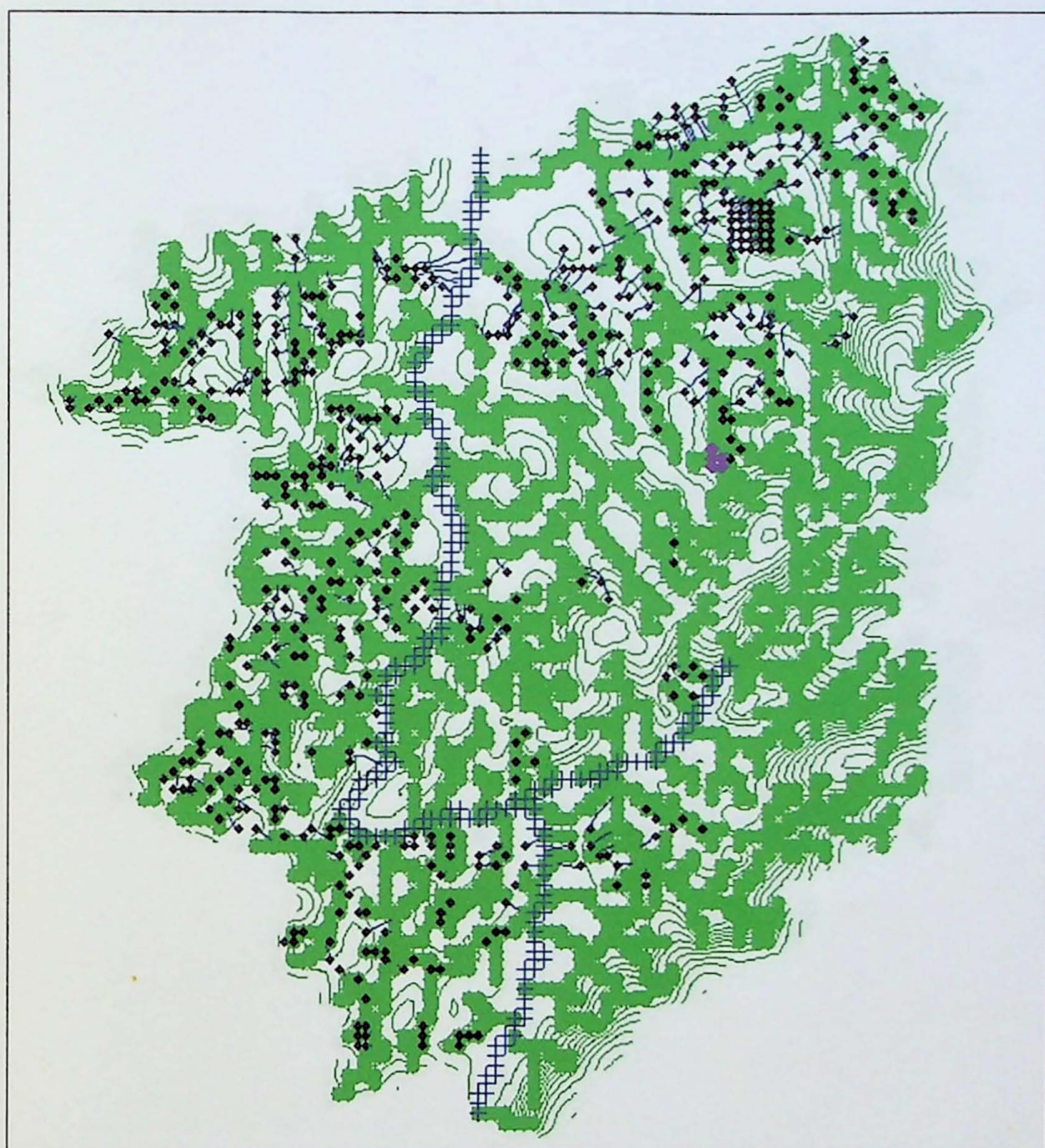


Figura 09 – Resultado da modelagem matemática para o fluxo de partículas a partir das áreas caracterizadas como fontes potenciais de contaminação. Na figura, os pontos de partida das partículas traçadas são representados pelos pontos pretos. A trajetória das partículas é representada pelos traços de cor azul. As cruzes de cor azul representam o antigo desenho do rio Biritiba-Mirim (área de descarga final). As isolinhas de cor verde representam a topografia da área e as linhas cheias na cor verde representam a rede de drenagem da área de estudo.

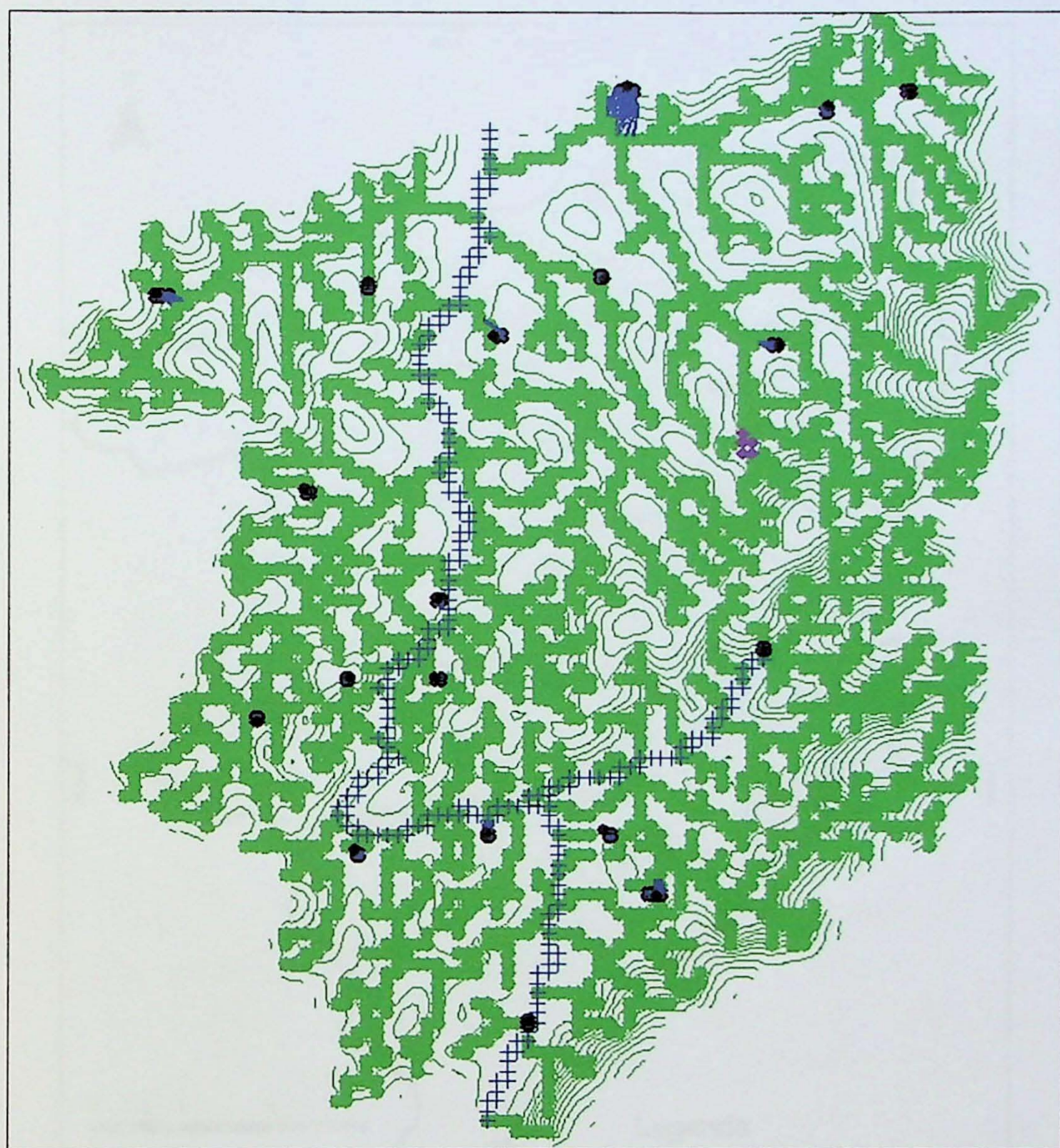


Figura 10 – Resultado da modelagem matemática para o fluxo de partículas nos poços amostrados. Na figura, os poços amostrados são o ponto de partida das partículas traçadas e são representados pelos pontos pretos. As prováveis trajetórias das partículas são representadas pelos traços de cor azul. As cruzes de cor azul representam o antigo desenho do rio Biritiba-Mirim (área de descarga final). As isolinhas de cor verde representam a topografia da área e as linhas cheias na cor verde representam a rede de drenagem da área de estudo.

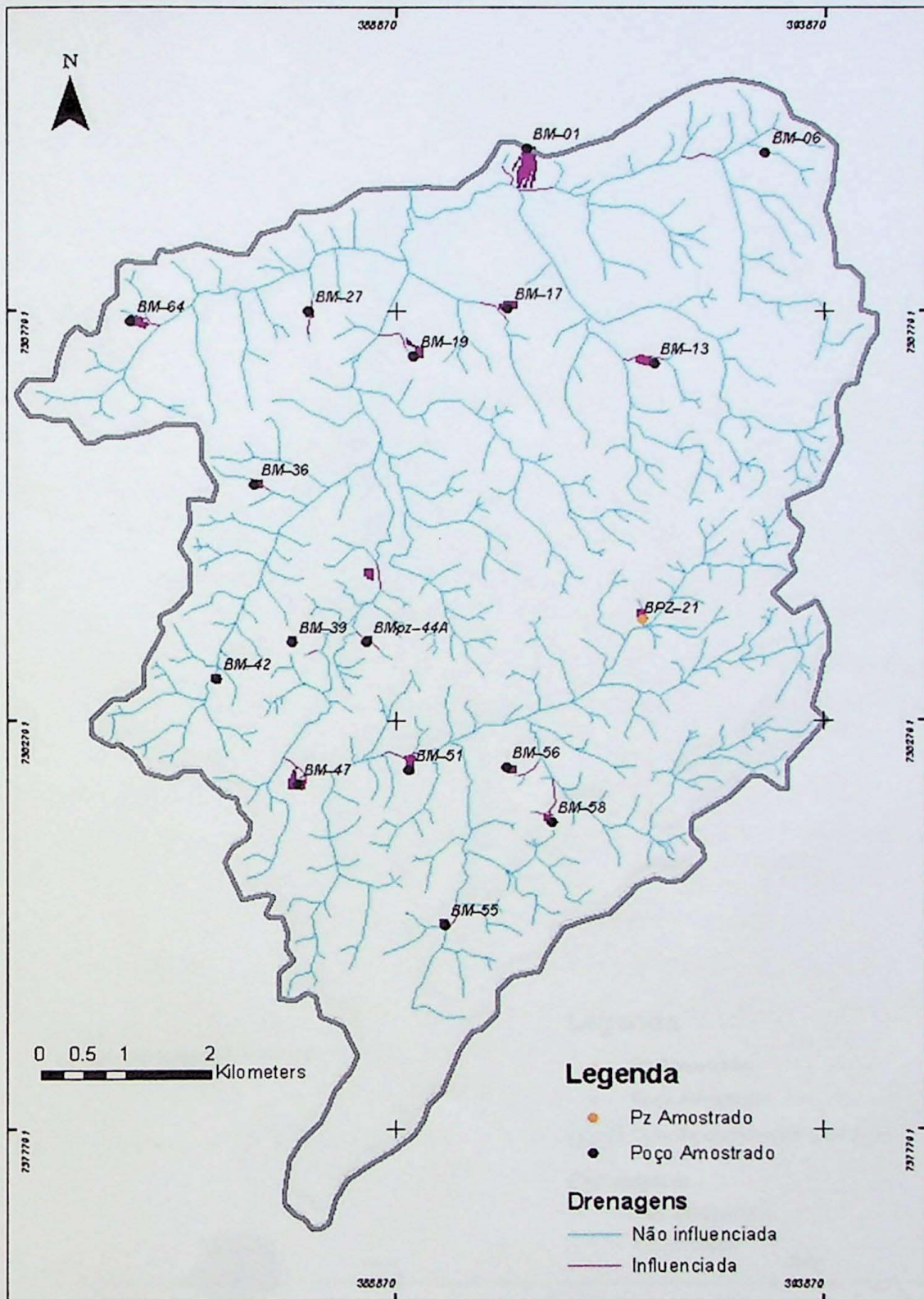


Figura 11 – Localização das drenagens diretamente influenciadas pelos poços amostrados. Cenário sem o reservatório. Os traços de cor vinho representam a trajetória de possíveis contaminantes carregados pelas águas subterrâneas.

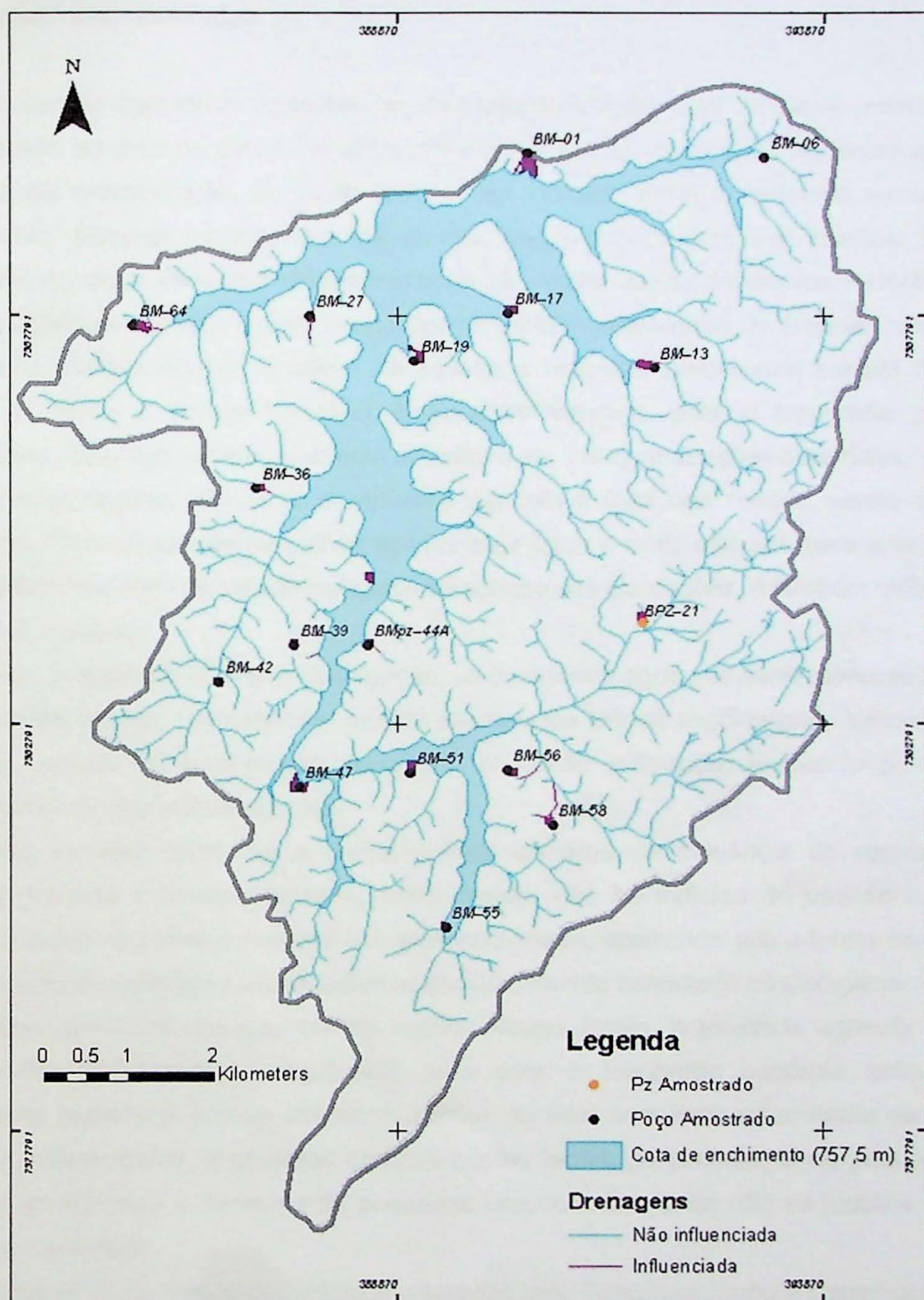


Figura 12 – Localização das drenagens diretamente influenciadas pelos poços amostrados. Cenário com o reservatório. Os traços de cor vinho representam a trajetória de possíveis contaminantes carregados pelas águas subterrâneas.

6. Discussão dos resultados

O uso de defensivos agrícolas faz da agricultura a principal atividade potencialmente contaminante da área de estudo. A utilização consciente dos defensivos agrícolas ameniza o problema da contaminação, ao passo que, o uso indevido torna o problema extremamente preocupante. Durante os trabalhos de campo realizados, foi possível localizar as áreas adjacentes ao reservatório de Biritiba-Mirim onde há o maior uso de defensivos agrícolas.

A atividade agrícola é mais abundante na porção centro-norte da área de influência do reservatório. Nestas regiões o relevo de colinas e morrotes (amplitudes baixas) forma um padrão de topos e bacias favorável à atividade agrícola, pois a topografia permite o revolvimento superficial do solo, por meio de aração em todas as direções e sentidos.

Nestas regiões, em geral, a atividade agrícola é feita nas colinas, sendo as bacias destinadas à construção de pequenos açudes cuja água é mais utilizada para a irrigação. A água subterrânea além de ser utilizada para a irrigação das plantações, é também utilizada para o consumo humano.

Com a ação das chuvas e da irrigação, os defensivos agrícolas eventualmente aplicados em relevo de colinas, teoricamente, podem ser levados até as regiões mais baixas de duas maneiras: através do escoamento superficial ou então infiltrando, passando pelo solo, e chegando até as águas subterrâneas.

Nas porções centro-sul e centro-sudeste da área de influência do reservatório, a atividade agrícola é pouco intensa e, praticamente, não há indícios do uso de defensivos agrícolas, nestas porções o relevo é bastante acidentado, ocorrendo sob a forma de morros e serras (amplitudes médias a altas), estando geologicamente associado ao Complexo Costeiro e aos plútons graníticos que ocorrem na região. Nestes locais, a atividade agrícola é menos desenvolvida e fortemente prejudicada, pois com a topografia bastante acidentada o escoamento superficial é mais intenso e remove do solo com mais intensidade os produtos utilizados. Dessa forma, a atividade agrícola nestes locais, geralmente, é de pequeno porte, servindo apenas para o consumo de pequenas propriedades, onde não se justifica o uso de defensivos agrícolas.

Analisando as unidades litológicas marcadas pelo Complexo Embu e Complexo Costeiro na área estudada, pode-se afirmar que a grande maioria dos poços amostrados encontra-se nas áreas que correspondem ao primeiro grupamento, cujos processos pedogenéticos levam à formação de latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuro. Nos trabalhos de campo foi possível observar que os solos formados por esta unidade são bastante argilosos, sendo que, em alguns locais, são encontrados verdadeiros mantos de argila podem dificultar a percolação

de água para o aquífero freático. Tal fato já foi demonstrado por dados obtidos por Rebouças (1992), onde a condutividade hidráulica na porção intemperizada do Sistema Aquífero Cristalino varia entre 1×10^{-3} e 1×10^{-7} m/s de acordo com a proximidade em relação à rocha sã.

Ainda no que se refere ao Complexo Embu, em afloramentos de solo visitados durante os trabalhos de campos, foi observada uma grande quantidade de preenchimentos de óxido de manganês, fator este devidamente importante, pois pode causar interferência nos valores obtidos nas análises químicas de poços localizados nesta unidade geológica se considerarmos o conteúdo e limites de existência deste elemento nas águas subterrâneas a esta unidade associadas.

As análises químicas mostraram baixo comprometimento das águas subterrâneas na área de estudo. Dos 19 poços amostrados, apenas 6 poços apresentaram algum parâmetro com valor superior ao valor máximo permitido para o consumo humano, destes, 2 poços foram descartados pois as anomalias encontradas estão relacionadas a aspectos geológicos e não têm causas antrópicas.

Para o manganês, foram encontrados valores acima do VMP nos pontos BM – 01, BM – 10 A, BM – 36, BM – 58 e BM – 64. Para os poços BM – 01 e BM – 36, os valores anômalos de manganês muito provavelmente não se relacionam à atividade agrícola e sim aos altos teores de manganês identificados em campo e obtidos como resultado analítico de poços considerados como referência no seio do Complexo Embu. No poço BM – 64, apesar de também estar situado no Complexo Embu, os valores anômalos de manganês encontrados são extremamente superiores, sendo aqui a contaminação atribuída ao comprovado uso de defensivos agrícolas. Os poços BM – 10 A e BM – 58, indicam para o primeiro, vinculação com este mesmo complexo, mas com valores muito acima das referências analisadas, o que pode indicar a este poço o comprometido de suas águas pelo uso intensivo de defensivos agrícolas. O segundo poço encontra-se na área limite entre os dois complexos e pode tanto receber influência dos produtos de degradação destas unidades como pode estar sendo submetido a “estresses” de contaminação por ação de atividade antrópica associada ao uso de defensivos agrícolas.

Para o fluoreto, apenas o poço BM – 58 forneceu valores superiores ao VMP, novamente indicando contaminação pelo uso de defensivos agrícolas neste poço, uma vez que o flúor faz parte da composição química de alguns dos defensivos agrícolas mais usados na área de estudo.

Para o nitrato, foram encontrados valores acima do VMP nos poços BM – 17, BM – 58 e BM – 64. O nitrato está presente na formulação de muitos fertilizantes como também pode ser indicativo de comprometimento destas águas por contato com descargas residuais associadas

a atividade humana. Nos poços BM – 58 e BM – 64, os valores anômalos de nitrato também são atribuídos à já mencionada intensa atividade agrícola, com uso de defensivos, que ocorre na área destes poços. Já no caso do poço BM – 17, localizado em uma pequena propriedade, durante as atividades de campo não foram encontrados indícios de utilização de defensivos agrícolas, entretanto, foram observados precários cuidados com higiene no local, como por exemplo, a má localização do poço e a disposição de lixo próximo ao mesmo. Dessa forma, pode-se afirmar que, neste poço, o valor anômalo de nitrato não tem origem na atividade agrícola e sim com os fatores antrópicos já mencionados acima.

O resultado obtido com as análises químicas junto com as observações de campo, permitiu a constatação da efetiva participação do escoamento superficial no carregamento de possíveis contaminantes para o reservatório e sua área de influência.

O solo, com forte constituição argilosa, dificulta a infiltração da água proveniente das chuvas ou da irrigação, que pode agir como vetor de transporte para os defensivos agrícolas. Ao dificultar a infiltração, a água acaba escapando superficialmente, removendo os defensivos aplicados para drenagens mais próximas, que podem transportá-los até o reservatório.

O escoamento superficial é fortemente atuante mesmo nas porções onde a topografia é mais suave. Durante os trabalhos de campo foi possível constatar que muitos produtores utilizam grandes capas plásticas que envolvem e cobrem as áreas adubadas com o intuito de não ter o fertilizante removido pelas chuvas.

Ainda no que diz respeito ao escoamento superficial, é comum encontrar as canaletas de drenagem entre plantações muito escavadas pela ação das águas superficiais, indicando forte remoção das camadas superficiais do solo.

Outra observação que reforça a tese da forte contribuição do escoamento superficial como forma de transporte dos possíveis contaminantes para o reservatório são os indícios de eutrofização que já podem ser observados em alguns braços do reservatório de Biritiba-Mirim. As águas superficiais, ao removerem as camadas superficiais do solo, carregam os fertilizantes para o reservatório provocando o enriquecimento em nutrientes na água do reservatório.

Além das águas subterrâneas e superficiais, os metais que fazem parte da composição química dos defensivos agrícolas também podem ser retidos no solo através do mecanismo de adsorção. A contribuição argilosa nos solos da área de estudo, principalmente no Complexo Embu, corrobora para este fenômeno.

Ficou evidente que a água subterrânea não é o principal meio transporte ou destino final dos resíduos dos defensivos agrícolas utilizados na área de estudo. Entretanto, a contaminação encontrada nos poços BM – 10 A, BM – 58 e BM – 64 é preocupante, pois se no meio menos propício para a identificação já foram encontrados os contaminantes, isso sugere que nos meios

mais propícios (águas superficiais e solos) a situação da contaminação pode estar mais agravada.

É possível afirmar que, no geral, a grande maioria dos moradores da região situada na área de influência do reservatório tem os seus poços isentos de contaminação por defensivos agrícolas, entretanto, é preocupante a situação do reservatório de Biritiba-Mirim, local de descarga das águas superficiais em sua área de influência.

A modelagem matemática indicou a trajetória de partículas carregadas pelas águas subterrâneas a partir de um ponto inicial. Os pontos iniciais foram, na primeira simulação, as áreas potencialmente contaminantes de acordo com o mapa de uso e ocupação do solo, ao passo que, na segunda simulação, os pontos iniciais foram os poços amostrados.

De acordo com os resultados obtidos na modelagem matemática, pode-se afirmar que as partículas eventualmente presentes nas águas subterrâneas tendem a migrar até as drenagens mais próximas, que servem como área de descarga. As partículas derivadas da porção leste do reservatório percorrem uma distância maior, dentro do aquífero superior, até chegar às drenagens, se comparado com a porção oeste.

É possível afirmar que a modelagem a partir das áreas potencialmente contaminantes se configura como um eficaz método de seleção dos pontos de amostragem para a análise química de águas superficiais, pois ela indica quais as drenagens que recebem influência direta das áreas com intensa atividade agrícola.

No que se refere à modelagem matemática dos poços amostrados, foi possível identificar quais drenagens sofrem influência direta destes poços. Também é possível constatar que os poços BM – 01, BM – 13, BM – 17, BM – 19, BM – 47, BM – 51 e BM – 55 contribuem diretamente com o reservatório de Biritiba-Mirim.

A análise estatística dos dados potenciométricos mostrou uma tendência de elevação do nível potenciométrico na área de influência do reservatório, indicando que o aquífero superior está começando a apresentar os primeiros impactos decorrentes do enchimento do reservatório. A análise estatística também mostrou que o aquífero superior tem comportamento similar dentro das oscilações sazonais de precipitação.

7. Conclusões

A partir dos trabalhos realizados conclui-se:

- A atividade antrópica propicia dois tipos de contaminação na área de estudo. O tipo principal é a contaminação por defensivos agrícolas oriundos da atividade agrícola. O tipo secundário é a contaminação doméstica, que pode ser agravada por condições precárias de higiene e, no caso das águas subterrâneas, por má locação de poços.
- Foram identificadas concentrações de manganês acima do valor máximo permitido para o consumo humano nos poços BM – 01, BM – 10 A, BM – 36, BM – 58 e BM – 64. Destes, apenas nos poços BM – 10 A, BM – 58 e BM – 64 a contaminação está associada à intensa atividade agrícola com uso de defensivos agrícolas.
- Foi identificada concentração de fluoreto acima do valor máximo permitido para o consumo humano no poço BM – 58, estando este valor associado com o uso de defensivos agrícolas.
- Foram identificadas concentrações de nitrato acima do valor máximo permitido para o consumo humano nos poços BM – 17, BM – 58 e BM – 64. Destes, apenas nos poços BM – 58 e BM – 64 a contaminação está associada à intensa atividade agrícola com uso de defensivos agrícolas. A contaminação do poço BM – 17 é de origem doméstica.
- De acordo com as análises químicas, a grande maioria das amostras se encontra dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 518.
- A forte constituição argilosa dos solos da área de estudo faz com que a água subterrânea não seja o principal meio de transporte ou o destino final dos resíduos dos defensivos agrícolas utilizados. Sugere-se que os resíduos dos defensivos agrícolas possam ser encontrados nas águas superficiais ou adsorvidos no solo.
- Ficou evidente a forte ação do escoamento superficial na área de estudo.
- A simulação da trajetória de partículas a partir das áreas potencialmente contaminantes, feita através da modelagem matemática, se apresenta como um interessante método de seleção de amostras para análises de águas superficiais.
- A simulação da trajetória de partículas a partir dos poços amostrados feita através da modelagem matemática, indicou que os poços BM – 01, BM – 13, BM – 17, BM – 19, BM – 47, BM – 51 e BM – 55 contribuem diretamente com o reservatório.
- A análise estatística indica que o aquífero superior já começou a apresentar alterações no nível potenciométrico provocadas pelo início do enchimento do reservatório.

8. Referências Bibliográficas

Alexandre G.A.L. 1995. *Contribuição ao estudo do comportamento geoquímico do As, Cu, Pb e Zn, originários de pesticidas agrícolas, nas zonas não saturada e saturada em área urbana e agrícola do município de Louveira (SP)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 158p.

Autodesk. 2002. Software AutoCad 2004.

Camacho E.N. 2004. *Uma proposta de metodologia para análise quantitativa de riscos ambientais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 150p.

Campos V. 2001. *Comportamento químico de arsênio, fósforo e metais pesados (cromo, cobre, chumbo e mercúrio) em solos expostos a cultivos frutíferos, município de Jundiaí, São Paulo*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 143p.

Cavalcanti M.A.M.P. & Azevedo S.G. 2004. Monitoramento do lençol freático nas áreas de influência dos reservatórios de Paraitinga e Biritiba-Mirim, SP – 5º Relatório de Monitoramento. Relatório Técnico IPT Nº 73.746 – 205, São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 24p.

Cavalcanti M.A.M.P. 2002. *A modelagem matemática associada ao sistema de informação geográfica como instrumento de previsão no estudo do impacto hidrogeológico de reservatórios*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 142p.

CCN – Planejamento e Engenharia S/C Ltda. 1997. Estudo de impacto ambiental. Sistema produtor Alto Tietê. Barragens de Biritiba-Mirim, Paraitinga e complementação Taiaçupeba. São Paulo. vol 2, 134p.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2001. Fabricação de defensivos agrícolas. In: CETESB. *Referências bibliográficas em produção mais limpa, prevenção à poluição e reciclagem*.

Corrêa P.H.A. 2003. *Modelação matemática tridimensional de um aquífero em uma área urbana da bacia de Taubaté*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 52p.

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. 1990. Projeto Santa Isabel / Mogi das Cruzes / Mauá – Relatório Final. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. Pró – Minério. Vol. 1 e 2. São Paulo.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1975. Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 1 – Grande São Paulo. São Paulo. SOMA. 3 vol. 1 – Resumo. 220p.

Deutsch W.J. 1997. *Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination*. Lewis Publishers. Boca Raton, 221p.

EMPLASA – Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A. 1996. Levantamento aerofotogramétrico. Município de Biritiba Mirim – SP. Folha Cruz do Alto. Escala 1 :10000. Índice de nomenclatura SF-23-Y-D-IV-2-NE-F, articulação 5326. São Paulo

ESRI. 2001. Software Arc View. Versão 8.1.

Filizola H.F., Ferracini V.L., Sans L.M.A., Gomes M.A.F. & Ferreira C.J.A. 2002. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. Brasília. Pesq. Agropec. Bras., 37(5): 659-667.

Hasui Y., Dantas A.S.L., Carneiro C.D.R. & Bistrichi C.A. 1981. O embasamento pré-Cambriano e o Eo-paleozóico de São Paulo. In: *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000*. São Paulo, vol. 2.

Hasui Y. 1975. Evolução polifásica do Pré-Cambriano a oeste da capital paulista. São Paulo. Boletim IG, 6: 95 – 107.

Hirata R.C.A. & Ferreira L.M.R. 2001. Os aquíferos da Bacia hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 31(1): 43-50.

Hornsby A.G., Wauchope R.D. & Herner A.E. 1995. Pesticides properties in the enviroment. Springer-Verlag Inc. Gainesville, 227p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2001. Base de informações do censo demográfico 2000, resultados por município. Rio de Janeiro. 1 CD-ROM.

Iezzi P.B.T. 1999. *Estudo de contaminação de água subterrânea por agentes antrópicos na região da APA de Iguatemi*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 33p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 2005. Monitoramento da erosão e do assoreamento nas bacias hidrográficas dos rios Taiaçupeba, Biritiba-Mirim e Paraitinga, SP. Vol. 1. São Paulo. Relatório Técnico 81999-205, 104p.

Iritani M.A. 1998. *Modelação matemática tridimensional para a proteção das captações de água subterrânea*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 200p.

Ishimine V. 2002. *Avaliação hidrogeológica e hidrogeoquímica em área contaminada por manganês na região de Suzano – SP*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 98p.

Leite M.A. 2002. *Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do reservatório de Salto Grande, Americana – SP*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 199p.

McDonald M.G. & Harbaugh A.W. 1988. *A modular three dimensional finite-difference ground-water flow model. Techniques of Water-resources Investigations of U. S. Geological Survey*, 06-A1, United States Geological Survey, Washington, 576p.

Macedo A.B. (Coord.) 1999. Banco de dados espaciais da bacia do Alto Tietê. São Paulo. Laboratório de Informática Geológica (LIG), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Palma J.B., Zuquette L.V. & Elis V.R. 2004. Comportamento de frentes de contaminação a partir de modelagem com diferentes valores de parâmetros de sorção. *Rev. Bras. Geoc.*, 34(2): 175-186.

Pollock D.W. 1989. *Documentation of computer programs to complete and display pathlines using results from the U. S. Geological Survey modular three dimensional finite-difference ground-water model*. United States Geological Survey, Open File Report 89 –381, 81p.

Rebouças A.M. 1996. *Contribuição ao estudo do comportamento do cromo na zona não saturada e saturada*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 85p.

Rocha G. (Org.). 2005. *Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000: nota explicativa*. São Paulo. DAEE / CPRM / IPT / IG, 119p.

SABESP/CEPAS, 1994. Diagnóstico hidrogeológico da região metropolitana de São Paulo. Relatório final. São Paulo, 115p.

Sistema Agrofit, <http://www.agricultura.gov.br>

Vighi M. & Funari E. 1995. *Pesticides risk in groundwater*. Lewis publishers. Milão, 275p.

Yamamoto J.K. 2002. Sistema GeoVisual. Versão 2.2.

9. Anexos

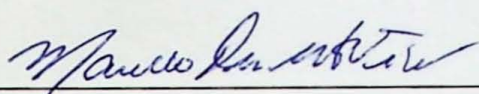
Anexo 01 – Perímetro de desapropriação, reservatório de Biritiba-Mirim

Anexo 02 – Fichas de amostragem

Anexo 03 – Mapa Potenciométrico da área de estudo

Anexo 04 – Dados dos pesticidas mais usados na área de estudo

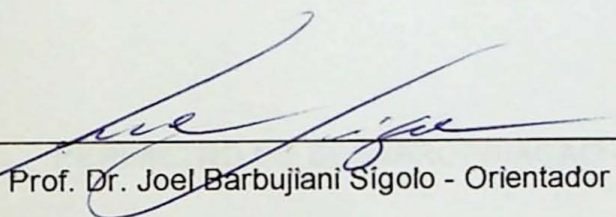
São Paulo, 13 de Novembro de 2006



Marcelo Denser Monteiro

ANEXO 01

De acordo,



Prof. Dr. Joel Barbujianni Sigolo - Orientador

ANEXO 01

PERÍMETRO DE DESAPROPRIAÇÃO – RESERVATÓRIO DE BIRITIBA-MIRIM

Descrição Perímetro de Cadastro

FL. 01/03

Cadastro:

Desenho Final: TSTT 3711/97 ao 3719/97

Nome: Antônio Luiz Alves,
Sepa Country Club,
José Yoshida e Outros

Área total: 12.602.776,70 m²

DECA DE CUERPO DO F

1990 15 103

Área: 2.454.817,26 m²

Descrição :

Inicia-se no ponto denominado "D" de coordenadas topográficas referidas ao sistema UTM: N= 7388.570,6000 e E=390.420,0000 localizado num canto de divisa da área pertencente ao D AEM - desapropriada para fins de canteiro de obras, e caracterizado no desenho Sabesp TSIT 3712/97, daí segue pela linha de divisa (D - C) com azimute de 329°13'47" e distância de 1037,71m até o ponto "5A" de coordenadas N=7389461.6259 e E=389889.1082, localizado na intersecção da curva de nível de altitude 762,70 com a linha de divisa (D - C) do canteiro de obras, deflete a direita e segue pela curva de nível de altitude 762.70 por uma distância de 4546,74m até a estaca 134, de coordenadas N=7.389.824.2300 e E=392.904.9900, localizada na intersecção da referida curva com um Ribeirão sem nome, daí segue ainda pela referida curva por uma distância de 11427,57m até a estaca 461, de coordenadas N=7.387.690.8100 e E=392.235.8800, localizada na intersecção da curva de nível com o Córrego do Júlio, daí segue ainda pela curva de nível de altitude 762,70 por uma distância de 8011,40m até o ponto "955A", de coordenadas N=7.384.121.0800 e E=392.330.0000, localizado na intersecção da curva de nível com a linha de divisa (E - D) do canteiro de obras, tendo confrontado desde o ponto "5A" com o remanescente, daí deflete a direita e segue pela linha de divisa (E - D) com azimute de 46°47'24" e distância de 217,50m até o ponto "D", onde teve início esta descrição.

BACIA DE ACUMUL. DO RESERVATÓRIO BIRITIBA MIRIM - GLEBA 02

Área: 10.147.959,44 m²

Descrição :

Inicia-se no ponto denominado 01-000227, de coordenadas topográficas referidas ao sistema UTM N= 7.388.541,7400 e E=388.958,1400 localizado na linha

ENG. ANGELO ERMANI NETO



Descrição Perimétrica- Cadastro

FL.02/03

Nome: Antônio Luiz Alves,
Sopa Country Club,
José Yoshida e Outros

Área: 12.002.770,70 m²

da divisa (A - E) do canteiro de obras do DAEE, distante 987,32m do ponto "A" de coordenadas N=7.388.780,0000 e E=388.000,0000 ; e caracterizado no desenho Sabesp TSTT 3711/97 , daí segue à montante pelo Rio Biritiba-Mirim por uma distância de 84,28m até o ponto 02-000044, situado na intersecção de um córrego sem nome com o Rio Biritiba-Mirim, deste deflete a direita e segue à montante pelo citado córrego por uma distância de 395,96m até o ponto 176, assim denominado no desenho Sabesp TSTT - 3033/96 , tendo confrontado até este ponto com área pertencente ao DAEE, deflete a esquerda e segue com azimute de 219°44'33" e distância de 437,90m até o ponto "177", deflete a direita com azimute de 235°17'28" e distância de 47,90m até a estaca 265A, de coordenadas N=7.388.161.916 e E=388.413.7496, situado na curva de nível de altitude 762,70m , tendo confrontado do ponto 176 ao ponto 265A com Massaru Yazawa (INT - TJ 011) ; segue pela curva por uma distância de 11009,29 m até a estaca 553, de coordenadas N=7.383.430.1400 e E=386.711.4200 localizado na intersecção da referida curva com o Ribeirão Quatinga , continua pela referida curva de nível por uma distância de 28962,30m até encontrar a estaca 1369 de coordenadas N= 7.378.836.0800 e E=388.888.2600 localizado na intersecção da curva de nível 762,70m com Rio Biritiba Mirim , estando o perímetro descrito até este ponto , situado no município de Mogi das Cruzes. Daí , cruza o citado rio e segue, ainda pela curva de nível de altitude 762,70m, agora no município de Biritiba Mirim , por uma distância de 15497,35m até a estaca 1680 de coordenadas N=7.383.140.7800 e E=392.083.8800, localizado na intersecção da curva de nível com o Ribeirão dos Pretos, continua pela curva de nível , por uma distância de 40.007,19m até o ponto 01-000234 , de coordenadas N=7.388.256,1400 e E=389.393.5500, deste deflete a esquerda e segue com azimute de 235°17'28" por uma distância de 5,30m até o ponto 01-000233, deflete a direita e segue com azimute de 241°33'25" por uma distância de 5,19m até o ponto 01-000232 , deste deflete a direita e segue pelo limite da Estrada Municipal BRM - 151 por uma distância de

Assinatura

Assinatura



companhia de saneamento básico do estado de são paulo - sabesp

Descrição Perimétrica-Cadastro

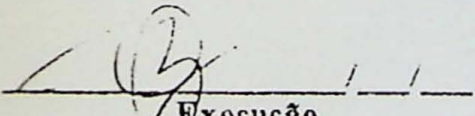
FL.03/03

Nome: Antônio Luiz Alves,
Sepa Country Club,
José Yoshida e Outros

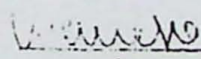
Área total: 12.602.776,70 m²

203,94m até o ponto 01-000228 de coordenadas N= 7.388.446,7400 e E= 389.339,4600 situado na intersecção da Estrada Municipal com a linha de divisa (A - E) do canteiro de obras do DAEE, tendo confrontado desde o ponto 265A, com remanescente, deste desfleto a esquerda e segue pela linha de divisa (A - E), do canteiro de obras, com azimuth de 283°59'16" por uma distância de 392,98m até o ponto 01-000227, onde teve início esta descrição.

Cód. de Contr. : 97.4091.01.01.43


Execução

Seta Engenharia e Agrimensura Ltda.
Engº Clóvis Costa Antunes
CREA : 0600548596


Aprovação

13/08/11
Engº Ângelo Ermani Neto
Div. de Topografia e Geodésia
CREA : 82.610/D

ANEXO 02

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-01 – BRANCO DE AMOSTRA

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 17:10

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 18,6 m

ALT. DA BOCA: 0,41 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 16,66 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,60

CE: 48,4 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 19,3 °C

T_{AR}: 19,6 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-06

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 17:40

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 4,53 m

ALT. DA BOCA: 0,55 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,90 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,80

CE: 92,4 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 19,0 °C

T_{AR}: 19,3 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-10A

DATA: 19 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 09:40

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 4,26 m

ALT. DA BOCA: 0,0 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 1,81 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 7,05

CE: 123,4 $\mu\text{S/cm}$

T_{ÁGUA}: 20,1 °C

T_{AR}: 20,0 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO_3).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-13 – BRANCO DE AMOSTRA

DATA: 19 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 10:00

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 8,27 m

ALT. DA BOCA: 0,63 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 3,51 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,45

CE: 51,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 20,2 °C

T_{AR}: 20,1 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-17

DATA: 19 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 10:30

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Local com péssimas condições de higiene.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 5,88 m

ALT. DA BOCA: 0,13 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 3,10 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,05

CE: 141,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 20,0 °C

T_{AR}: 20,3 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-19

DATA: 19 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 11:20

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Condições precárias de higiene no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 11,98 m

ALT. DA BOCA: 0,42 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 7,58 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,75

CE: 101,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 20,2 °C

T_{AR}: 21,1 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BPZ-21 – BRANCO DE AMOSTRA

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 10:50

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Água do poço muito turva.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 8,97 m

ALT. DA BOCA: 0,14 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 5,18 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ: Sim.

COR: Bege.

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,95

CE: 53,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 20,4 °C

T_{AR}: 22,8 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-27

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 10:24

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Local com más condições de higiene. Não há plantação no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 3,44 m

ALT. DA BOCA: 0,38 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,17 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,70

CE: 91,4 $\mu\text{S/cm}$

T_{ÁGUA}: 19,2 °C

T_{AR}: 18,0 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-31A

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 14:05

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Plantação de alface no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 3,95 m

ALT. DA BOCA: 0,15 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 3,69 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,40

CE: 85,2 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 20,1 °C

T_{AR}: 20,8 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-36

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 11:00

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Difícil filtração.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 3,89 m

ALT. DA BOCA: 0,60 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,55 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,10

CE: 53,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 19,6 °C

T_{AR}: 18,6 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-39

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 15:20

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Plantação de alface no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 6,33 m

ALT. DA BOCA: 0,60 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 4,73 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,90

CE: 109,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 21,0 °C

T_{AR}: 20,8 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO_3).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-42

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 15:50

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Animais (cachorros) no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 3,29 m

ALT. DA BOCA: 0,36 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,00 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,00

CE: 73,5 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 20,3 °C

T_{AR}: 20,5 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-44A

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 10:15

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Água do poço muito turva.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 5,12 m

ALT. DA BOCA: 0,12 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,82 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ: Sim.

COR: Bege.

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,45

CE: 88,4 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 20,7 °C

T_{AR}: 20,4 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☐ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO:

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS:

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☐ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-47

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 09:30

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Plantação de flores ornamentais no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 13,47 m

ALT. DA BOCA: 0,08 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 9,87 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,90

CE: 66,4 $\mu\text{S/cm}$

T_{ÁGUA}: 20,1 °C

T_{AR}: 21,8 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-51

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 08:40

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

OBS.: Plantação de banana no local.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 5,38 m

ALT. DA BOCA: 0,44 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 3,64 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,10

CE: 36,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 19,7 °C

T_{AR}: 22,8 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-55

DATA: 19 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 14:30

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 4,22 m

ALT. DA BOCA: 0,50 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 3,64 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,15

CE: 115,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 19,8 °C

T_{AR}: 21,2 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☐ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-56 – BRANCO DE AMOSTRA

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 13:20

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO:

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 6,45 m

ALT. DA BOCA: 0,32 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 5,30 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,35

CE: 63,4 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 20,0 °C

T_{AR}: 20,9 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-58

DATA: 17 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 11:20

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e úmido.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 5,29 m

ALT. DA BOCA: 0,49 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 2,45 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 5,75

CE: 58,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$

T_{ÁGUA}: 19,9 °C

T_{AR}: 21,9 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μm , 0,45 μm e 0,80 μm .

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

REGISTRO DE INFORMAÇÕES DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

POÇO: BM-64

DATA: 06 - out - 2006

COLETOR: Marcelo

HORA: 16:30

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: Frio e seco.

CONDIÇÕES DO POÇO AMOSTRADO

SITUAÇÃO GERAL DO POÇO: Boa.

PROCEDIMENTO DE CAMPO

-EQUIPAMENTOS E MATERIAIS LIMPOS COM: Água destilada e água do próprio poço.

-PROF. DO POÇO: 9,27 m

ALT. DA BOCA: 0,58 m

- NÍVEL D'ÁGUA: PROF.: 8,67 m

EQUIPAMENTO: Medidor de N.A.

-MÉTODO DE COLETA DA AMOSTRA: Bailer descartável.

-CONDIÇÕES E APARÊNCIA DA ÁGUA APÓS A COLETA:

ODOR:

TURBIDEZ:

COR:

-MEDIÇÕES "IN SITU" :

Ph: 6,20

CE: 123,2 μ S/cm

T_{ÁGUA}: 19,9 °C

T_{AR}: 20,3 °C

-TRATAMENTO "IN SITU" :

-FILTRAÇÃO: ☒ SIM ☐ NÃO

-TIPO DE FILTRO: Milipore - diâmetros: 0,22 μ m, 0,45 μ m e 0,80 μ m.

-PRESERVATIVOS UTILIZADOS: Ácido nítrico (HNO₃).

-OBS: Filtração e acidulação apenas para cátions.

-ARMAZENAMENTO DA AMOSTRA PARA TRANSPORTE:

MATERIAL:

NO:

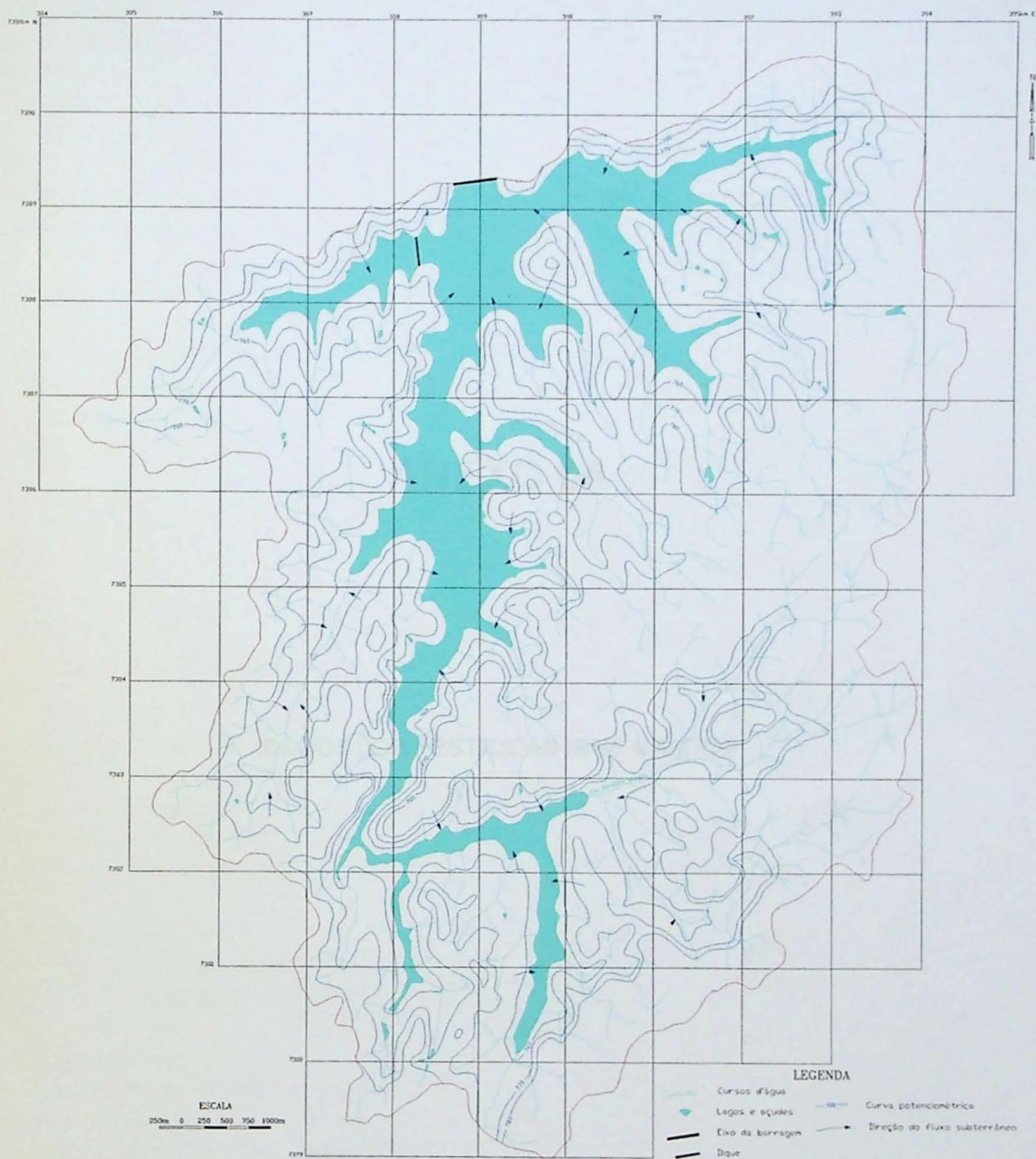
VOL: 1 l.

CONSERVANTE: Gelo

- ANÁLISE QUÍMICA: ☒ CÁTIONS ☒ ÂNIONS

ANEXO 03

MAPA POTENCIOMÉTRICO



Fonte: Modificado de Cavalcanti (2002).

Glicofato

Nome comercial: San Glicofato - novo fertilizante

Nome científico: Roundup, Roundup Systemic, Glyphosate

Forma Molecular: $C_8H_{14}N_2O_5$ (200)

Peso molecular: 200,10 (200)

Resíduo: Metálico

Uso: 0,1 a 0,2 litros/litros de água + 0,20 a 0,40 litros de água + 0,20

Fertilizante: não é um fertilizante, é um herbicida.

Método de aplicação: spray na folhagem da planta-alvo

Preparações:

- Diluído em água (1 litro: 1 litro)

- Tempo de espera: 48 horas

- Concentração de solução: 2-3%

- Produto de venda: 1 litro/litro

- pH: 1,12 - 1,45 (200)

ANEXO 04

Lampro-Calcário

Nome comercial: Lampro

DADOS DOS PESTICIDAS MAIS USADOS

Nome científico: Fome

Forma Molecular: $C_{10}H_{12}N_2O_5$ (200)

Peso molecular: 200,10 (200)

Resíduo: Zinco

Uso: spray

Fertilizante: não é um fertilizante, é um herbicida.

Método de aplicação: spray na folhagem da planta-alvo

Preparações:

- Diluído em água (1 litro: 1 litro)

- Tempo de espera: 48 horas

- Concentração de solução: 2-3%

- Produto de venda: 1 litro/litro (200)

Glisofato

Nome comum: Sal Glisofato Isopropilamínico

Nome comercial: Roundup, Rodeo, Accord, Glifosato

Formula Molecular: $C_3H_8NO_5P \cdot 2$

Peso molecular: 169,10 {2}

Produtor: Monsanto

Uso: 61 colheitas listadas incluindo milho, soja, algodão e trigo.

Formulação: solução aquosa concentrada.

Modo de aplicação: spray na folhagem da planta alvo;

Propriedades:

- Solubilidade em água (mg/l): 900000
- Tempo de meia-vida (dias): 47
- Coeficiente de adsorção (ml/g): 24000
- Pressão de Vapor (mm Hg): 0
- pK: 2,32; 5,86; 10,86

Lambda-Cialotrina

Nome comum: Lambda-Cialotrina

Nome comercial: Karate

Formula Molecular: $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$

Peso molecular: 449,9

Produtor: Zeneca

Uso: algodão.

Formulação: concentrado emulsificante.

Modo de aplicação: spray na folhagem da safra.

Propriedades:

- Solubilidade em água (mg/l): 0,005
- Tempo de meia-vida (dias): 30
- Coeficiente de adsorção (ml/g): 180000
- Pressão de Vapor (mm Hg): $1,5 \times 10^{-9}$ (20°C)

Mancozeb

Nome comum: Mancozeb

Nome comercial: Dithane, Manzate, Penncozeb, Mancozebe

Formula Molecular: $(C_4H_6MnN_2S_4)_x(Zn)_y$

Peso molecular: variável

Produtores: Rohm and Haas; DuPont; Elf Atochem

Uso: vegetais, frutas, batatas, árvores frutíferas, noz, milho, trigo, beterraba doce, amendoim, grãos, plantas ornamentais e grama (ou gramado)

Formulação: líquido dispersante, grânulos dispersantes

Modo de aplicação: spray na folhagem da safra

Propriedades:

- Solubilidade em água (mg/l): 6
- Tempo de meia-vida (dias): 70
- Coeficiente de adsorção (ml/g): > 2000
- Pressão de Vapor (mm Hg): 0

Paraquat

Nome comum: Sal Diclorato Paraquat

Nome comercial: Gramoxone, Prelude, Surefire, Baraquat

Formula Molecular: $C_{12}H_{14}Cl_2N_2$

Peso molecular: 257,2

Produtores: Zeneca

Uso: alfafa, vegetais, frutas, cítricos, grama (ou gramado).

Formulação: solução aquosa concentrada

Modo de aplicação: spray sobre a erva daninha.

Propriedades:

- Solubilidade em água (mg/l): 620000
- Tempo de meia-vida (dias): 1000 {1}
- Coeficiente de adsorção (ml/g): 1000000 {2}
- Pressão de Vapor (mm Hg): 0
- $pK_b < 4$

Notas: {1} longa-vida devido à extrema adsorção do solo.

{2} adsorção catiônica em superfície argilosa

Procimidona

Nome comum: Procimidona

Nome comercial: Sumisclex, Sumilex

Formula Molecular: $C_{13}H_{11}Cl_2NO_2$

Peso molecular: 284,1

Produtores: Sumitomo Chemical Co

Uso: feijão, cereais, frutas, morangos e azeite.

Formulação: pó solúvel

Modo de aplicação: aplicação no solo.

Propriedades:

- Solubilidade em água (mg/l): 4,5
- Tempo de meia-vida (dias): 7
- Coeficiente de adsorção (ml/g): 1500 E
- Pressão de Vapor (mm Hg): $1,4 \times 10^{-4}$

“ A GEOLOGIA FAZ VOCÊ OLHAR O MUNDO COM OUTROS OLHOS... “



* A GEOLOGIA FAZ VOCE OLHAR O MUNDO COM OUTROS OLHOS *



DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>02/05/08</i>

