UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL

CAMILA DE SOUZA TRINDADE

**RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS NO
RESERVATÓRIO DE BIRITIBA-MIRIM-SP FACE AO USO DO SOLO
EM ÁREAS SOB VEGETAÇÃO NATURAL E ÁREAS AGRÍCOLAS.**

São Paulo

2016

CAMILA DE SOUZA TRINDADE

Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciência Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo

Versão Original

São Paulo

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

TRINDADE, Camila de Souza.

Relação entre a qualidade da água e sedimentos no reservatório de Biritiba-Mirim-SP face ao uso do solo em áreas sob vegetação natural e áreas agrícolas.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Ambiental do Instituto de Energia e
Ambiente da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de doutor em Ciência Ambiental.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedicatórias

Primeiramente a Deus...

"Se vós estiverdes em mim, e as minhas palavras estiverem em vós, pedireis tudo o que quiserdes, e vos será feito."

(João 15:7)

Ao meu marido André e ao meu filho Álvaro:

Meus amores, minha vida ! Obrigada pelo apoio incondicional , sem vocês esse sonho não seria possível.

Aos meus pais, Maria José e Manoel:

Que dignamente me ensinaram valores essenciais para a vida, como o da família, da honestidade e persistência! Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao meu mestre, Professor Titular Joel Barbujani Sígolo

Grande profissional, obrigada pelos ensinamentos, confiança e dedicação. Além de um grande professor, tornou-se um amigo durante essa jornada. Serei eternamente grata.

Agradecimentos

Aos meus queridos irmãos, Gustavo e Natália, que sempre acreditaram em mim.

Aos meus sogros, Cleide e José Carlos que sempre me apoiaram e auxiliaram em todas as fases do desenvolvimento desta tese .

A todos meus familiares: sobrinhos, cunhados, primos e tios pelo carinho e compreensão.

Aos meus amigos Edvaldo e Carolina que trabalharam comigo, acreditando e tornando possível a concretização desse trabalho.

Ao Isaac pela colaboração, apoio e a disponibilidade para ensinar e transmitir seus conhecimentos.

Aos estagiários do laboratório de sedimentologia pelo apoio e auxílio .

A Seção de Pós-graduação do Procam, em especial Luciano e Julia, que sempre estiveram prontos para colaborar e orientarem. Obrigada.

A Seção de Pós-graduação do Departamento de Geociências, pelo auxílio quando necessário.

Aos funcionários do Departamento de Geociências por me receberem e colaborarem durante o desenvolvimento do trabalho, em especial Minduca.

Aos funcionários da Biblioteca do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo pelo auxílio durante a elaboração desta Tese.

Ao amigo Antônio pelo auxílio na confecção dos Mapas.

Aos meus amigos especiais que me acompanharam nessa jornada, sem vocês essa caminhada não seria completa. Obrigada pelos momentos compartilhados.

A todos professores da pós-graduação que contribuíram com o desenvolvimento desta tese ao transmitir seus conhecimentos tão valiosos neste período.

A SABESP, em especial ao Edvaldo, que tornou possível a realização desta tese. Portanto, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

A CAPES pelo auxílio financeiro durante a realização desse doutorado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, fica expressa aqui meu carinho e minha gratidão.

“Em todas as coisas da natureza existe algo de maravilhoso”.

(Aristóteles) Livro I, 645.a16.

RESUMO

A Região Metropolitana de São Paulo representa o maior aglomerado urbano do país, conduzindo a uma gestão complexa no que diz respeito ao fornecimento de água em quantidade e qualidade suficientes para atender a demanda aí inserida. O reservatório de Biritiba-Mirim representa um dos sistemas produtores no provimento desse recurso. Inserido no Sistema Produtor Alto Tietê, o mesmo foi objeto de análise nessa Tese quanto a qualidade da água e as possíveis alterações nos ciclos biogeoquímicos diante da pressão causada por ações antrópicas na região. Foram analisados dois sistemas, a água e os sedimentos em suspensão nos quais se coletaram diversas amostras em dois setores do ambiente lacunar, uma em que atividades agrícolas encontravam-se próximas do corpo de água e outra onde havia a proteção de mata ciliar, comparando essas áreas. Determinaram-se parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido, potencial de oxirredução, condutividade elétrica e turbidez). Os sedimentos em suspensão foram quimicamente analisados de forma qualitativa e semi-quantitativa com utilização de microscópio eletrônico de varredura (MEV). O mapeamento do reservatório quanto ao seu atual uso e ocupação, considerando as características regionais, sociais, geológicas, hidrológicas, pedológicas, geomorfológicas foram levantadas através de imagens de sensoriamento remoto e por revisão e atualização bibliográfica. Os resultados obtidos indicaram diferenças estatísticas significativas entre essas duas áreas quanto aos parâmetros físico-químicos analisados. Presença de P, K, Mn, Mg, Cr, Mo, Cu e Zn na área com atividade agrícola indicando intervenção antrópica provenientes de aditivos agrícolas ou ligados a fertilizantes, defensivos agrícolas, ou dejetos da criação granjeira da região. Na área protegida por mata ciliar foi detectado elementos químicos não esperados, podendo-se atribuir ao fluxo das águas causadas pelos ventos ou ao transporte e decomposição das macrófitas existentes dentro dessa microbacia. A metodologia e ferramentas empregadas podem representar um método rápido e pouco custoso como ação preventiva a um processo de degradação de um reservatório quanto a qualidade de suas águas.

Palavras Chaves: Reservatório, preservação, metodologia preditiva, comprometimento ambiental, atividade agrícola, uso e ocupação.

ABSTRACT

The metropolitan region of Sao Paulo represents the largest urbanized area agglomeration of the country, leading to a complex management with regard to the supply of water in sufficient quantity and quality to meet the inserted demand. The Biritiba-Mirim reservoir is part of the watershed responsible for providing this feature. Inserted in the Alto Tiete Producer System, the same has been the object of analysis in this Thesis about water quality and the possible changes in biogeochemical cycles under the pressure caused by human activities in the region. Two systems were analyzed, the water and sediments in suspension in which several samples were collected in two sectors of the lacustrine environment, one in which agricultural activities were close to the body of water and another where there was the protection of riparian vegetation by comparing these areas. It was determined physical and chemical parameters (pH, dissolved oxygen, oxidation-reduction potential, electric conductivity and turbidity). The suspended sediments were chemically analyzed qualitatively and semi quantitatively using a scanning electron microscopy (SEM). The mapping of the reservoir as for its current use and occupation, considering the regional, social, hydrological, geological, pedological and geomorphological features were raised through remote sensing images and bibliographical review and update. The results showed statistically significant differences between these two areas as physical and chemical parameters analyzed. Presence of P, K, Mn, Mg, Cr, Mo, Cu and Zn in the area with agricultural activity indicating human intervention from agricultural or additives linked to fertilizer, pesticide, or wastes of poultry breeding in the region. Unexpected chemical elements were detected in the area protected by ciliary wood, and can be attributed to the flow of water caused by the winds or the transport and decay of macrophytes that exist within this watershed. The methodology and tools employed may represent a quick and little expensive method as a preventive action to a process of degradation of a reservoir as the quality of its waters.

Key words: Reservoir, preservation, predictive methodology, environmental commitment, agriculture, use and occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do Alto Tiete.....	36
Figura 2 - Os reservatórios que integram o Sistema Produtor Alto do Tiête, e o esquema hidráulico constituído por sistema em cascata.....	37
Figura 3 - Mapa ilustrando o reservatório de Biritiba-Mirim e os locais onde foram realizadas as coletas.....	44
Figura 4 - Início das coletas após visitas no reservatório de Biritiba-Mirim.	44
Figura 5 - Áreas de coleta com presença de atividade agrícola.....	45
Figura 6 - Uma das áreas de coleta com o seu entorno protegido por mata ciliar.....	45
Figura 7 - Área de amostragem da Sabesp.	46
Figura 8 - A e B Imagens da Sonda Multiparâmetro Modelo YSI 6820 V2, para determinação de parâmetros “in situ” na Represa Biritiba-Mirim	47
Figura 9 - Resultado dos parâmetros medidos in situ, devidamente anotados em campo.....	47
Figura 10 - Imagens do processo de amostragem para a coleta do sedimento em suspensão..	50
Figura 11 - Imagens do Microscópio Eletrônico de Varredura modelo LEO 440I acoplado ao Energy Dispersive Spectrum (EDS) da marca OXFORD.	50
Figura 12 - Mapa do Estado de São Paulo com a atual divisão das UGRHIs	66
Figura 13 - Mapa destacando a localização do município de Biritiba-Mirim	73
Figura 14 - Intensidades de chuva mensais e anuais no Reservatório de Biritiba-Mirim	75
Figura 15 - Unidades geológicas aflorantes na área de estudo.....	77
Figura 16 - Mapa hidrogeológico da área de estudo.	79
Figura 17 - Unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.....	82
Figura 18 - Expansão Urbana na Região Metropolitana de São Paulo de 1881 a 2002.....	83
Figura 19 - Áreas de proteção de Mananciais por Sub-bacia.....	84
Figura 20 - Vista geral de granja e das estufas agrícolas na área	86
Figura 21 - Vista geral de granja na área.....	86
Figura 22 - Imagem demonstrando a atividade antrópica no entorno do reservatório	87
Figura 23 - Vista das estufas agrícolas no entorno do reservatório.....	88
Figura 24 - Vista geral de plantação de hortaliças presentes na área do entorno do reservatório	88
Figura 25 - Vista geral da vegetação remanescente natural	89

Figura 26 - Levantamento comparativo Lupa no município de Biritiba-Mirim nos anos de 1995/96 e 2007/08.	90
Figura 27 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo no reservatório de Biritiba-Mirim.	91
Figura 28 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, com a marcação das estações de amostragem: SS – (sistema sujo), área atividade agrícola; SL - (sistema limpo); área preservada e PB – (ponto balizado pela Sabesp); pontos de amostragem da Sabesp.....	92
Figura 29 - Mapa de desapropriação.	94
Figura 30 - Gráfico das Componentes Principais (PC1-PC2) dos resultados físico-químicos das amostras das águas de Biritiba-Mirim, os pontos representam as áreas com atividade agrícola (SS), “sistema sujo”, mata ciliar (SL), “sistema limpo”.	100
Figura 31 - Gráfico apresentando os valores do pH nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com os valores máximo de 9 e mínimo de 6 como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1...	101
Figura 32 - Gráfico apresentando os valores do oxigênio dissolvido (mg/l) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com os valores máximo de 6mg/l como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.....	102
Figura 33 - Gráfico apresentando os valores do oxigênio dissolvido (%) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.....	103
Figura 34 - Gráfico apresentando os valores do potencial de oxi-redução (mV) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.....	103
Figura 35 - Gráfico apresentando os valores da temperatura (o C) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.	104
Figura 36 - Gráfico apresentando os valores da condutividade elétrica (µS/cm) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta próximos à nascente (Sabesp) à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.	105

- Figura 37 - Gráfico apresentando os valores de turbidez (NTU) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor máximo de 40 NTU como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1... 105
- Figura 38 - Gráfico apresentando os valores de alumínio (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,1mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1. . 110
- Figura 39 - Gráfico apresentando os valores de ferro (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,3mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1. 110
- Figura 40 - Gráfico apresentando os valores de manganês (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,1mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1. . 111
- Figura 41 - Gráfico apresentando os valores de zinco (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,18mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1. 111
- Figura 42 - Gráfico apresentando os valores de fósforo (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,02mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1. 112
- Figura 43 - Gráfico comparativo apresentando a média dos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e a média dos pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante e o valor máximo permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1 em cada um dos elementos químicos apresentados..... 113
- Figura 44 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área com atividade agrícola, aumento de 800 vezes. 119
- Figura 45 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da amostra com atividade agrícola, aumento de 800 vezes..... 120
- Figura 46 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análise os quais estão

indicados pelas siglas CAS em azul. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.	121
Figura 47 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento em suspensão (CAS4005-1) na micrografia apresentada pela figura 46, exibindo os elementos químicos encontrados nesse ponto. Nesse ponto foi detectada a presença de: Cl, P, S, Ca, Ti, Fe, F, K, Al, Si e M.	121
Figura 48 - Espectro EDS da análise química qualitativa de um ponto de sedimento (CAS4005-2) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: Cl, P, S, Ca, Ti, Fe, K, Al, Si e M.	122
Figura 49 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-3) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: P, Ti, Fe, Al e Si.	123
Figura 50 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-4) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Mg, Fe, Al e Si.	123
Figura 51 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-5) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, Cu, Cl, Fe, Al, Si, Na e Ca.	124
Figura 52 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-6) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Fe, AL, Si, P, Fe, Al, Si.	125
Figura 53 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-7) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, K, Cu, Fe, Mg, Al, Si e Ca.	125
Figura 54 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-8) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Al, K, Mo Fe, Al, Si, Ti e Ca.	126
Figura 55 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-9) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: Al, Si, S, P, Cl, Ti, Fe e Ca.	127
Figura 56 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-10) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Al, Si, S, Ca, Ti e Fe.	127

Figura 57 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-11) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Ca e Fe.	128
Figura 58 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-12) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.	129
Figura 59 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-13) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, Cl, Fe, Al e Si.	129
Figura 60 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-5) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, Fe, Al, Si, Na, Mg, K, Ca, Ti.	130
Figura 61 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-15) na micrografia apresentada pela figura 46 indicando a presença dos elementos químicos: P, K, Fe, Al, Si, Ti e Ca.	131
Figura 62 - Espectro EDS da análise de mais um ponto de sedimento (CAS4005-16) na micrografia apresentada pela figura 46, destacado na porção superior esquerda pela seta amarela, indicando a presença dos elementos químicos: Cl, P, S, Ca, Fe, K, Ti, Al, Si.	131
Figura 63 - Micrografia de alta resolução, da área com atividade agrícola, com aplicação de elétrons secundários permitindo a detecção de particulados em suspensão e presença de diversas formas de diatomáceas, aumento de 1.500 vezes.	132
Figura 64 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas CAS em azul os retângulos rosa representam análises em área correspondente a esses retângulos.	133
Figura 65 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-1) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, P, S, Ti e Fe.	133
Figura 66 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-2) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si e Fe.	134

Figura 67 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-3) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos : Al, Si, Ca, e Fe.....	135
Figura 68 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-4) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos : Al, Si, P, S, Cl, K e Ca.....	135
Figura 69 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-5) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti e Fe.....	136
Figura 70 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-6) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ti e Fe	137
Figura 71 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-7) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Ca, Ti e Fe.....	137
Figura 72 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-8) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti e Fe.	138
Figura 73 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-9) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, Ca, Ti e Fe	139
Figura 74 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de sedimentos particulados em suspensão da outra estação de amostragem com atividade antrópica, aumento de 1.500 vezes.....	140
Figura 75 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhados detectadas da amostra com atividade agrícola, aumento de 600 vezes.....	140
Figura 76 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas EDSS em azul o semi retângulo em rosa representa área analisada no ponto correspondente ao retângulo.	141
Figura 77 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-1) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.	141

Figura 78 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-2) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.	142
Figura 79 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-3) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si e Cu.	143
Figura 80 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-4) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, K, Ca, Ti e Fe.	143
Figura 81 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-5) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe e Cu.	144
Figura 82 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-6) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, Ti, V, Fe e Cu.	145
Figura 83 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-7) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ti, Mn e Fe	145
Figura 84 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-8) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.	146
Figura 85 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-9) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.	147
Figura 86 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-10) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, Ca, Ti e Fe.	147
Figura 87 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-11) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti, Mn, Fe e Cu.	148
Figura 88 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-12) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti , Fe e Cu.	149

Figura 89 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-13) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti, Fe e Cu.....	149
Figura 90 - Micrografia de alta resolução com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da estação de amostragem da área preservada, aumento de 3.500 vezes.	151
Figura 91 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área preservada, aumento de 250vezes.	151
Figura 92 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área preservada por mata ciliar, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas CAL em azul e o retângulo rosa representa a análise em toda essa área de cobertura do retângulo.	152
Figura 93 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-1) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Cr, Mn, Fe, Co , Ni e Mo.....	152
Figura 94 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-2) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Fe e Cu.	153
Figura 95 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-3) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ti e Fe.	154
Figura 96 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-4) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Cr, Mn, Fe, Ni e Cu.....	154
Figura 97 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-5) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Fe e Cu.....	155
Figura 98 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-6) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Ca, Mn, Fe e Cu.	156
Figura 99 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-7) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Mn, Fe e Cu.....	156

Figura 100 - Micrografia com os elétrons secundários detectados a partir de filtro contendo sedimentos particulados em suspensão da estação de amostragem da área preservada por mata ciliar, aumento de 600 vezes.	157
Figura 101 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhados detectadas da amostra de outra área preservada, aumento de 600vezes.	158
Figura 102 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDL-2005-4) presente na micrografia apresentada pela figura 87, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Na, Al, Si,Cl, K, Ca, Ti, Fe, e Cu.	158
Figura 103 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhados detectadas da amostra da área de coleta da SABESP, aumento de 100 vezes.	160
Figura 104 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área delimitada como de coleta de controle da SABESP, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas PBJ em azul e os retângulos rosa representam análise química semi-quantitativa do toda a área do retângulo....	160
Figura 105 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-1) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Fe e Cu.....	161
Figura 106 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-2) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, K, Ca, Ti, Fe e Cu.....	161
Figura 107 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-3) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ti, Mn, Fe e Cu.	162
Figura 108 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-4) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Fe e Cu.....	163
Figura 109 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-5) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Mg, Al, Si, K, Ti, Fe e Cu.	163
Figura 110 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-6) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Ca e Ti.....	164

Figura 111 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-7) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe e Ni.	165
Figura 112 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-8) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Cr, Mn, Fe, Ni e Cu.	165
Figura 113 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-9) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn e Fe.	166
Figura 114 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-10) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Al, Si e K.	167
Figura 115 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-11) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Cr, Mn, Fe e Ni.	167
Figura 116 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-12) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Zn e Ba.	168
Figura 117 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-13) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn e Fe.	169
Figura 118 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-14) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca e Fe.	169
Figura 119 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-15) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Al, Si e K.	170
Figura 120 - Reservatório de Biritiba-Mirim com presença de macrófitas a esquerda, conforme demonstrado pela seta vermelha.	180
Figura 121 - Esquema longitudinal das zonas de um reservatório.	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 - Pontos das Estações de Amostragens.....	43
Tabela 3. 1 - Estimativa e distribuição da água na Terra (Gleick, 1996).	52
Tabela 3. 2 - Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.	53
Tabela 3. 3 - Dinâmica do uso da água no mundo por setor (km ³ /ano) (Shiklomanov, 1997).	55
Tabela 3. 4 - Variáveis de qualidade de água utilizadas para cálculo dos respectivos índices.	67
Tabela 3. 5 - Classificação da qualidade de elementos em sedimentos a partir de TEL e PEL (CETESB, 2011).	69
Tabela 4. 1 - Características do reservatório de Biritiba-Mirim.....	74
Tabela 5. 1 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ para o Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com atividade agrícola.....	97
Tabela 5. 2 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ para o Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas preservadas com mata ciliar.	98
Tabela 5. 3 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ na cabeceira do rio Biritiba - Mirim, pontos utilizados pela Sabesp.	99
Tabela 5. 4 - Valor das variáveis nas principais componentes rotacionadas mais significantes para os pontos de estudo no Reservatório de Biritiba-Mirim.	99
Tabela 5. 5 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com atividade agrícola, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.....	107
Tabela 5. 6 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com mata ciliar, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.....	108
Tabela 5. 7 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas de coleta da Sabesp, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.....	109

Tabela 5. 8 - Número de micrografias, espectroscopia de energia dispersiva e análises quantitativas realizadas por área no presente estudo.	118
Tabela 5. 9 - Resultado da análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	122
Tabela 5. 10 - Resultado de análises químicas semi-quantitativas correspondente ao ponto CAS4005-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	122
Tabela 5. 11 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	123
Tabela 5. 12 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	124
Tabela 5. 13 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	124
Tabela 5. 14 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	125
Tabela 5. 15 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	126
Tabela 5. 16 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	126
Tabela 5. 17 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	127
Tabela 5. 18 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-10, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	128

Tabela 5. 19 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-11, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	128
Tabela 5. 20 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-12, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	129
Tabela 5. 21 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-13, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	130
Tabela 5. 22 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-14, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	130
Tabela 5. 23 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-15, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	131
Tabela 5. 24 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-16, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	132
Tabela 5. 25 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	134
Tabela 5. 26 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	134
Tabela 5. 27 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	135
Tabela 5. 28 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	136
Tabela 5. 29 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	136

Tabela 5. 30 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	137
Tabela 5. 31 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	138
Tabela 5. 32 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	138
Tabela 5. 33 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	139
Tabela 5. 34 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	142
Tabela 5. 35 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	142
Tabela 5. 36 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	143
Tabela 5. 37 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	144
Tabela 5. 38 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	144
Tabela 5. 39 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	145
Tabela 5. 40 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	146

Tabela 5. 41 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	146
Tabela 5. 42 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	147
Tabela 5. 43 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-10, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	148
Tabela 5. 44 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-11, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	148
Tabela 5. 45 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-12, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	149
Tabela 5. 46 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-13, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.....	150
Tabela 5. 47 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-1, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	153
Tabela 5. 48 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-2, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	153
Tabela 5. 49 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-3, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	154
Tabela 5. 50 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	155
Tabela 5. 51 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	155

Tabela 5. 52 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-6, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	156
Tabela 5. 53 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-7, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	157
Tabela 5. 54 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDL – 2005-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.....	159
Tabela 5. 55 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 1, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	161
Tabela 5. 56 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 2, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	162
Tabela 5. 57 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 3, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	162
Tabela 5. 58 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 4, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	163
Tabela 5. 59 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 5, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	164
Tabela 5. 60 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 6, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	164
Tabela 5. 61 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 7, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	165
Tabela 5. 62 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 8, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	166

Tabela 5. 63 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 9, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	166
Tabela 5. 64 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 10, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	167
Tabela 5. 65 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 11, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	168
Tabela 5. 66 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 12, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	168
Tabela 5. 67 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 13, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	169
Tabela 5. 68 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 14, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	170
Tabela 5. 69 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 15, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.	170
Tabela 5. 70 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico excedeu os limites do considerado péssimo na Tabela TEL e PEL, e o fósforo pela resolução CONAMA 454/2012 na área com presença de atividade agrícola...	172
Tabela 5. 71 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico excederam os limites do considerado péssimo na Tabela Tel e Pel, e o fósforo pela resolução CONAMA 454/2012 na área protegida de mata ciliar no entorno do Reservatório de Biritiba-Mirim.	173
Tabela 5. 72 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico excedeu os limites do considerado péssimo na Tabela TEL e PEL, pela resolução CONAMA 454/2012 na área de coleta da SABESP.	174

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

ANOSIM – Análise de Similaridade

ANVISA - Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

APPs – Áreas de Proteção Permanente

APRMs - Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais

BH-AT - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

CAL – Área protegida com mata ciliar ao redor

CAS - Áreas com atividade agrícola

CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

CC - Complexo Cristalino

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment

CE – Complexo Embu

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Cfa - Clima temperado úmido com verão quente, segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger

CG – Complexo Granítico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica

EDL – Área protegida com mata ciliar ao redor

EDS / EDX - Energy Dispersive x-ray Spectrometer / Espectrômetro de Dispersão de Energia de Raios X

EDSS - Áreas com atividade agrícola

Eh - Potencial Redox

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGc - Instituto de Geociências

LUPA - Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola.

MEV - Microscópio Eletrônico de Varredura

MS – Ministério da Saúde

OD - oxigênio dissolvido

ORP – Potencial de oxirredução

PBJ - Áreas de coleta usada como referência pela SABESP

PCA – Análise das Componentes Principais

PEL - Probable Effect Level

PERH - Política Estadual de Recursos Hídricos

pH - Potencial Hidrogeniônico

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

RMS – Região Metropolitana de São Paulo

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP)

SAC - Sistema Aquífero Cristalino

SAS - Sistema Aquífero Sedimentar (SAS)

SL – Área protegida por mata ciliar

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SPAT- Sistema Produtor Alto Tiête

SS – Área com presença de atividade agrícola

TEL - Threshold Effect Level

T°C - temperatura

UGRHIs - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	34
1.1 Comprendendo a pesquisa	34
1.2 Justificativa	35
1.3 Objetivo	38
1.3.1 Objetivo Geral	38
1.3.2 Objetivos específicos	39
CAPÍTULO II – MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
2.1 Bases Conceituais	40
2.2 Métodos de Trabalho	41
2.3 Reconhecimento do local e dados das coletas	42
2.4 Coleta das amostras	46
2.5 Parâmetros físico-químicos da água determinados <i>in situ</i>	46
2.6 Métodos estatísticos utilizados	47
2.7 Análise dos Elementos Químicos presentes na Água.....	48
2.8 Procedimentos utilizados para análise dos sedimentos em suspensão	49
2.9 Confeção dos mapas	51
CAPÍTULO III - REVISÃO DE LITERATURA.....	52
3. 1 A água em foco, no mundo e no Brasil	52
3.1 Reflexo da ocupação urbana sobre os recursos hídricos.	57
3.2 A importância da conservação dos reservatórios.	58
3.3 A água na agricultura.....	59
3. 4 Gestão das águas.....	61
3.5 Monitoramento das águas.....	63
3.6 Índices da Qualidade de Água e dos Sedimentos no Estado de São Paulo	66
3.7 Crise hídrica.....	70
CAPÍTULO IV - A ÁREA DE ESTUDO	72
4.1 Biritiba-Mirim	72

4.2	O reservatório de Biritiba-Mirim.....	73
4.3	Condições climáticas	74
4.4	Contexto Geológico	76
4.5	Hidrogeologia	78
4.6	Configuração Pedológica.....	80
4.7	Cenário Geomorfológico	80
CAPÍTULO V - RESULTADOS.....		83
5.1	O Uso e Ocupação do Solo.....	83
5.1.1	Estudo do Uso e Ocupação do Solo em Biritiba-Mirim.....	85
5.1.2	Interpretação dos dados obtidos	95
5.2	Parâmetros físico-químicos da água.....	96
5.2.1	Análise dos parâmetros físico – químicos.....	96
5.2.2	pH e OD.....	101
5.2.3	Potencial de oxi-redução	103
5.2.4	Temperatura.....	104
5.2.5	Condutividade elétrica e Turbidez.....	104
5.2.6	Teste de similaridade.....	105
5.2.7	Análise dos elementos inorgânicos.....	106
5.2.8	Considerações sobre as análises físico-químicas da água no reservatório de Biritiba-Mirim.	113
5.3	Microscopia Eletrônica de Varredura e a obtenção dos dados para a análises das amostras.....	117
5.3.1	Resultados das determinações químicas qualitativas e semi-quantitativas aplicadas nas amostras de sedimentos em suspensão no reservatório de Biritiba-Mirim e Discussão desses dados.	119
5.3.2	Conclusões preliminares referentes as análises realizadas em MEV	175
CAPÍTULO VI – DISCUSSÃO FINAL		177
CAPÍTULO VII – CONCLUSÃO.....		182
VIII -- CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES FINAIS.....		184
REFERÊNCIAS.....		187

APÊNDICE A203

APÊNDICE B.....213

APÊNDICE C214

APÊNDICE D217

APÊNDICE E.....233

ANEXO A.....236

ANEXO B238

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Compreendendo a pesquisa

A água é patrimônio de valor inestimável e indispensável não só para o abastecimento público, mas para atividades agrícolas, industriais, elétrica e de lazer. Nas últimas décadas, no entanto, com o acelerado desenvolvimento industrial, intensa produtividade agrícola, aglomeração e ocupação desordenada urbana entre outros fatores, a qualidade e disponibilidade da água para o consumo humano tornou-se motivo de preocupação diante da rápida degradação que o ecossistema aquático vem sofrendo. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é uma região bastante urbanizada, com alta densidade populacional e uma população de mais de 19 milhões de habitantes e um consumo de água de $69 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê o mais importante provimento de água da RMSP. O seu suprimento de água potável é efetuado pelo Sistema Integrado de Abastecimento de Água, composto por sistemas produtores, entre eles o reservatório de Biritiba-Mirim, destinado também à captação, armazenamento e tratamento de água para a Grande São Paulo.

A ineficiência nos processos de gestão e planejamento do uso e ocupação do entorno desse local principalmente em função das atividades agrícolas, pode estar comprometendo a qualidade da água do reservatório de Biritiba-Mirim, pois a possível transferência de defensivos agrícolas do solo para a água, como hipótese de investigação, tem como base a possibilidade de que o reservatório venha a receber esses produtos com características de elevada toxicidade, principalmente por escoamento superficial e lixiviação, poluindo as águas superficiais e subterrâneas. Além de intoxicar diretamente os agricultores, eles ainda podem ampliar este processo até as populações dos grandes centros urbanos com resíduos presentes nas águas de abastecimento.

Não só as atividades agrícolas, mas as agropecuárias também são dependentes de agroquímicos e o uso destes defensivos agrícolas, no controle de pragas e doenças de diversos cultivos existentes, têm colocado o país como o maior consumidor mundial de agrotóxicos, conforme informações do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2010). Pessoa *et al.* (2006) afirmam, no entanto, que o local em que os produtos são aplicados apresentam características que possibilitam avaliar a tendência natural do transporte dos defensivos agrícolas, o que subsidia informações

imprescindíveis relacionadas aos aspectos geológicos, pedológicos e de uso e ocupação dos solos para caracterizar, avaliar e efetuar prognósticos de áreas agrícolas.

Já as áreas não afetadas pelas atividades antrópicas, e que mantiveram sua vegetação natural no entorno do reservatório, têm como base da pesquisa o não acometimento de um impacto ambiental, refletido na boa qualidade das águas e solos, pois estas áreas de zona ripária desempenham importante função como a filtragem superficial da água, diminuindo a ocorrência de escoamento superficial e carreamento de nutrientes e sedimentos não desejáveis para dentro da bacia.

O conhecimento do local como um todo, desde os parâmetros físicos, químicos da água e do sedimento em suspensão analisados, incluindo também o aspecto socioambiental desta área, auxiliam na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, podendo ser, bons indicadores para iniciar uma investigação ambiental.

1.2 Justificativa

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, dividida em 5 sub-regiões em 1994 pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), agrupa municípios em sub-bacias, como: sub-região Juqueri – Cantareira, sub-região do Alto Tietê – Cabeceiras, Sub-região Cotia – Guarapiranga, Sub-região Billings – Tamanduateí e sub-região Pinheiros – Pirapora (FIGURA 1).

Figura 1 - Principais sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do Alto Tietê.

Fonte: Plano Bacia Alto Tietê - FUSP-2002.

A sub - bacia hidrográfica do Alto Tietê – Cabeceiras possui uma área 1.889 km² de drenagem e é constituída pelos rios Tietê (desde sua nascente até a divisa com Itaquaquecetuba), Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí e Taiaçupeba-Mirim. Nesta bacia, estão presentes os reservatórios Ribeirão dos Campos, Ponte Nova (no município de Salesópolis), Jundiaí (em Mogi das Cruzes), Taiaçupeba (na divisa de Mogi das Cruzes e Suzano), Biritiba-Mirim (em Biritiba-Mirim) e Paraitinga (em Salesópolis), os dois últimos recentemente concluídos. Os reservatórios Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí e Taiaçupeba formam o Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), destinados a captação, armazenamento e tratamento de água para a Grande São Paulo, totalizando uma área de 1.196 Km², englobando as cabeceiras do rio Tietê e seus afluentes, sendo objeto de severas restrições ao uso e ocupação do solo (CCN, 1997).

O Sistema Produtor Alto Tietê possui um esquema hidráulico constituído por um sistema em cascata no qual os reservatórios estão interligados por meio de sistemas de túneis e canais, aumentando o recebimento de água para abastecimento da RMSP. O funcionamento ocorre através da captação das águas provenientes dos reservatórios Ponte Nova e Paraitinga

que são parcialmente derivadas para uma estação elevatória, onde são recalçadas até o túnel de interligação Tietê/Biritiba-Mirim, onde o escoamento é feito por gravidade, passando por um canal até atingir um braço do reservatório de Biritiba-Mirim. e por meio de sistemas canal-túnel-canais, a água é transferida para o reservatório Jundiá, e, posteriormente, vai alimentar o reservatório de Taiaçupeba, para que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) faça a captação (SENDACZ, 2005) (FIGURA 2).

Figura 2 - Os reservatórios que integram o Sistema Produtor Alto do Tietê, e o esquema hidráulico constituído por sistema em cascata.

Fonte: DAEE - 2012

O sistema em cascata está em funcionamento desde junho de 1999, e quando sem intercorrências, (crise hídrica, por exemplo) disponibiliza um total de água de 15 m³/s para a RMSP. O sistema implantado pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) é administrado e operado em parceria com a SABESP (DAEE, 2011).

Com esse sistema de reservatórios em cascata, é esperada uma diminuição dos poluentes ao longo do sistema, pois o reservatório a montante tem o papel de deter parte dos poluentes e nutrientes, melhorando a qualidade das águas e sedimentos ao longo do percurso. No entanto, ao invés da gradual melhora da qualidade da água no decorrer da série de reservatórios do SPAT, tem sido constatado o aumento progressivo dos efeitos da eutrofização ao longo do sistema (SENDACZ, 2005).

A utilização dos defensivos agrícolas e fertilizantes são apontados como um dos principais responsáveis pela eutrofização dos sistemas hídricos. Apesar das restrições de uso e

ocupação das áreas de proteção ambiental ao longo do rio Tietê, Biritiba-Mirim é uma região com parte de sua economia baseada na agricultura, compondo parte do Cinturão Verde de SP. O uso do solo para esse fim, acaba se estendendo até o entorno do reservatório deste município, podendo ocorrer a degradação do solo e alterando as condições geoquímicas naturais da área, comprometendo a qualidade da água, seus usos múltiplos e principalmente a potabilidade para consumo humano. Mesmo quando em conformidade com as normas legais de lançamento, esses efluentes ainda podem degradar as inter-relações biológicas, extinguindo espécies e gerando problemas para as populações que utilizam este recurso.

O local de estudo se mostra interessante por possuir poucos trabalhos investigativos na região e apenas 2 pontos de monitoramento da qualidade da água (CETESB e SABESP) e nenhum ponto de monitoramento da qualidade do sedimento.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar se as diferentes paisagens que compõem o entorno do reservatório de Biritiba-Mirim: área com presença de atividade agrícola e protegida por mata ciliar resultam em um ecossistema aquático heterogêneo, em termos de potabilidade e qualidade da água desta microbacia e dos sedimentos em suspensão; avaliando as possíveis alterações nos ciclos biogeoquímicos causados por ações antropogênicas, relacionando tais informações com o meio ambiente.

Com os resultados espera-se fornecer subsídios para efetuar o planejamento da área que circunda o reservatório de Biritiba-Mirim e conciliar as atividades desenvolvidas principalmente pelo sistema agrícola familiar através de estratégias que não comprometam o ambiente e não restrinjam o trabalho da comunidade local, utilizando os conhecimentos adquiridos quanto à sua natureza, localização e mudanças ocorridas em determinados períodos diante da pressão antrópica provinda de atividade agrícola (que é o caso) da expansão do tecido urbano.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterização da área de estudo, compreendendo suas principais características quanto a atividades agrícolas, ecológicas e socioeconômicas desta região,
- Determinação de alguns parâmetros físico-químicos da água superficial do reservatório de Biritiba-Mirim em quatro estações de amostragem.
- Mapeamento da área com o objetivo de identificar e analisar distintas áreas que compõe o cenário no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim e entender o processo pelo qual a bacia está sendo submetida e sua possível implicação na qualidade da água.
- Avaliar a presença de elementos químicos presentes nos sedimentos em suspensão e sua interação com o ecossistema local, por meio da utilização de microscopia eletrônica de varredura.
- Gerar subsídios para futuras tomadas de decisões na região, a partir dos resultados obtidos, favorecendo uma possível consonância entre a proteção e recuperação da mata ciliar e a agricultura praticada nesta região.

CAPÍTULO II – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Bases Conceituais

A crise ambiental evidenciou a necessidade de revisão do atual modelo econômico da sociedade mundial em termos de produção, consumo e organização. As ciências naturais e as instituições modernas, trouxeram à tona a capacidade do homem de dominar e explorar a natureza, mostrando-se, no entanto, limitadas para compreenderem e tratarem as incertezas crescentes em relação aos problemas sociais e ambientais da atualidade (MORIN, 2006).

A complexidade gerada pelo impacto antrópico sobre o ecossistema em todo seu conjunto de interações, colocou em destaque a ciência ambiental, que através de um campo interdisciplinar agrega diferentes referências epistemológicas para a explicação dos mais variados fenômenos, ou seja, a construção de um novo saber ambiental que integra o conhecimento multidisciplinar, para explicar o comportamento dos sistemas socioambientais (LEFF, 1986/2000).

O saber ambiental é capaz de questionar o conhecimento fragmentado em disciplinas e administração setorial do desenvolvimento, para reconstruir um campo de conhecimentos teóricos e práticos integrado e orientado para as relações sociedade-natureza. Este conhecimento não fica apenas inerte aos paradigmas da ecologia visando a compreensão da dinâmica dos processos socioambientais, nem se restringe a um componente ecológico nos paradigmas contemporâneos do conhecimento. O saber ambiental ultrapassa as ciências ambientais, constituídas como especializações surgidas da incorporação dos enfoques ecológicos às disciplinas tradicionais – ecologia, economia, antropologia ecológica, saúde, psicologia, e engenharia ambientais, e se estende além do campo de articulação das ciências, para alcançar a ética, dos conhecimentos práticos e dos saberes tradicionais (LEFF, 2000).

O progresso das ciências e suas aplicações no processo econômico têm como base o método analítico e a consciência subjetiva como princípios do conhecimento do ser e da matéria, e o mecanismo como causa eficiente de sua transformação. O discurso ambiental a complexidade do pensamento e o estruturalismo crítico provocam uma análise da razão e da autoconsciência do sujeito como princípios do conhecimento objetivo e do saber. Contribuíram para estas mudanças no discurso científico e ideológico os avanços da cibernética e da termodinâmica de sistemas abertos na compreensão dos processos de desestruturação e de organização da matéria, assim como das características de auto-

organização, generatividade, criatividade e produtividade dos sistemas complexos. Isso estabeleceu os limites do pensamento mecanicista para apreender o desenvolvimento dos processos da vida e da economia (MORIN, 1977, 1980, 1993).

O processo de transição, do qual pode surgir uma nova tradição da ciência normal, não se trata do resultado de uma articulação do antigo paradigma, mas sim, uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, que altera algumas das generalizações teóricas, metodológicas e aplicações mais básicas (KUHN, 1996).

As dimensões consideradas na pesquisa ambiental como a busca pela combinação de métodos, dependem dos objetivos da pesquisa e não de encaixar a pesquisa em procedimentos previamente disponíveis, do objeto e problema estudado, não havendo um único método aplicável a qualquer tipo de pesquisa (SANTOS FILHO; GAMBOA, 2000). É um processo de construção de uma metodologia coerente que atenda aos objetivos previamente estabelecidos pelo tema, fazendo uso da interdisciplinaridade e moldando o trabalho de acordo com a integração das diversas faces que moldam um estudo ambiental.

Segundo Sachs (2008), é imprescindível, uma análise holística e interdisciplinar, em que profissionais das ciências naturais e sociais trabalhem unidos para o uso e aproveitamento dos recursos da natureza, respeitando sua diversidade, com o objetivo, não apenas de aumentar as reservas naturais, mas sim o seu uso produtivo, de maneira que não prejudique o meio ambiente ou destrua sua diversidade.

Considerando a complexidade envolvida na relação e interação da sociedade com o meio ambiente e seguindo essas bases conceituais, o presente trabalho, através de um embasamento teórico-metodológico, se propõe a realizar um delineamento do presente estudo, visando compreender quais fatores auxiliam ou prejudicam a conservação do reservatório de Biritiba-Mirim. Em termos de qualidade e potabilidade da água, dentro desta perspectiva da área da Ciência Ambiental, campo cujo a essência interdisciplinar permite uma análise mais fiel da realidade através das variáveis existentes neste meio.

2.2 Métodos de Trabalho

Para a realização desta pesquisa, foram necessárias 3 visitas ao campo, dividido em reconhecimento e caracterização do local, e coleta dos materiais necessários para a obtenção dos dados da pesquisa, como água e sedimento em suspensão. A Estruturação da tese, foi

compartimentada de acordo com as principais fases correspondentes aos objetivos específicos do presente estudo:

I - Revisão da literatura: uma abordagem e acúmulo de conhecimentos sobre o tema a ser tratado.

II - Conhecendo a área de estudo: Biritiba - Mirim, em seu contexto climático, geológico, hidrogeológico, pedológico, geomorfológico, localização, gerando informações primordiais para o processo de entendimento e discussão dos demais capítulos.

III - Uso e ocupação do solo: produção de mapas, por meio de levantamento de dados e informações territoriais do município e entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, envolvendo o uso de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, e de Sensoriamento Remoto.

IV - Análise de alguns parâmetros físicos e químicos da água superficial como: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (ORP), temperatura (T°C) e turbidez, determinados in situ com o auxílio de uma sonda modelo YSI 6820 V2, e a determinação de alguns elementos químicos.

V – Análise semi-quantitativa e qualitativa de elementos inorgânicos nos sedimentos em suspensão por meio da utilização de microscópio eletrônico de varredura.

VI – Discussão final – capítulo cujo objetivo foi sintetizar todos os resultados para alcançar uma discussão mais aprofundada da proposta do tema.

VII – Conclusão e recomendações – se propõe a finalizar o estudo após alcançar o objetivo e contribuir com algumas considerações referentes ao uso e ocupação do solo do entorno do reservatório em áreas de mata ciliar e agrícolas como vetor de pressão sobre a qualidade da água.

2.3 Reconhecimento do local e dados das coletas.

Após ter sido realizado o reconhecimento do local, os parâmetros considerados relevantes como: as características do reservatório de Biritiba-Mirim, o uso e ocupação do solo, despejo de fontes pontuais e difusas de poluição, risco ambiental na bacia e mata ciliares, foram critérios decisivos para escolha dos pontos de amostragem.

O reservatório foi dividido em 4 áreas distintas para a coleta de amostras de água e sedimentos e uma área para a coleta dos pontos balizados pela Sabesp (Figura 3), de tal modo que todas as áreas do reservatório fossem contempladas: zona lacustre e zona de transição,

além da zona de influência dos rios, esta última, local onde a Sabesp tem suas estações de amostragem. As coletas foram realizadas após a visita (Figura 4) em duas etapas nos meses de junho e julho. As áreas escolhidas foram divididas em duas áreas com presença de atividade agrícola (SS) no seu entorno (Figura 5), totalizando 11 estações de coletas (6 estações em uma área e 5 em outra) e duas áreas protegidas com vegetação nativa ao seu redor (SL) (FIGURA 6), onde foram amostradas 10 estações (5 estações por local), resultando em 21 estações ao longo do Reservatório de Biriba Mirim; e os 2 pontos na cabeceira do rio, que são estações de amostragem da Sabesp (FIGURA 7). A coleta dos pontos foram realizadas no sentido Sul-Norte, mantendo uma distância de 50 metros entre eles em cada área.

Os pontos de coletas foram georreferenciados com o sistema de coordenadas UTM, Datum Sad 69 e meridiano central W 45°00, dados obtidos por GPS portátil modelo Xtrex GARMIN conforme seguem os dados na Tabela 2.1.

Tabela 2. 1 - Pontos das Estações de Amostragens

Código Estações Atividade Agrícola	Coordenadas	Código estações com área preservada	Coordenadas	Código estações Pontos Sabesp	Coordenadas
P1	S 23° 36 352' W046°03.989'	P12	S 23° 36 240' W046°04.879	P22_montante	S 23° 40 240' W046°04.522'
P2	S 23° 36 355' W046°04.020'	P13	S 23° 36 257' W046°04.904'	P23_juzante	
P3	S 23° 36 355' W046°04.054'	P14	S 23° 36 282' W046°04.928'		
P4	S 23° 36 350' W046°04.090'	P15	S 23° 36.291' W046°04.951'		
P5	S 23° 36 347' W046°04.173'	P16	S 23° 36.296' W046°04.981'		
P6	S 23° 36 348' W046°04.173'	P17	S 23° 37.30' W 046° 51 50'		
P7	S 23° 36 611' W046°05.723'	P18	S 23° 37 15' W 046° 5 38		
P8	S 23° 37 594' W046°05.725'	P19	S 23° 37 29' W 046° 5 36'		
P9	S 23° 37 569' W046°05.734'	P20	S 23° 37 13' W 046° 5 34'		
P10	S 23° 37.552' W046°05.755'	P21	S 23° 37 11' W 046° 5 34'		
P11	S 23° 37.33' W 046° 5.45'				

Fonte : GPS portátil modelo Xtrex GARMIN

Figura 3 - Mapa ilustrando o reservatório de Biritiba-Mirim e os locais onde foram realizadas as coletas.

Figura 4 - Início das coletas após visitas no reservatório de Biritiba-Mirim.

Figura 5 - Áreas de coleta com presença de atividade agrícola

Figura 6 - Uma das áreas de coleta com o seu entorno protegido por mata ciliar.

Figura 7 - Área de amostragem da Sabesp.

2.4 Coleta das amostras

Todos procedimentos e preservações das amostras foram realizados de acordo com o Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: CETESB. Brasília. ANA, 2011.

2.5 Parâmetros físico-químicos da água determinados *in situ*

Foram analisados e determinados *in situ* com auxílio de uma sonda modelo YSI 6820 V2, (Figura 8A e 8B) que utiliza sensores corrigidos e calibrados e com tecnologia aprovada pelo USEPA através do protocolo *Environmental Technology Verification Program* (ETV) a uma profundidade de 0,30m a partir do fundo do reservatório os seguintes parâmetros físico-químicos: potencial hidrogeniônico (PH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (ORP), temperatura (T°C) e turbidez. Os resultados dos pontos foram analisados e devidamente anotados (Figura 9). A determinação foi realizada em 2 dias.

Figura 8 - A e B Imagens da Sonda Multiparâmetro Modelo YSI 6820 V2, para determinação de parâmetros “in situ” na Represa Biritiba-Mirim

Figura 9 - Resultado dos parâmetros medidos in situ, devidamente anotados em campo.

2.6 Métodos estatísticos utilizados

Na análise dos parâmetros físico e químicos da água, como: potencial hidrogeniônico (PH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (ORP), temperatura (T°C) e turbidez, o método escolhido foi a análise de componentes principais (PCA), técnica que visa reduzir os dados multivariados e detectar os parâmetros mais significativos que descrevam esses elementos com a mínima perda dos dados originais

(PIELOU, 1984 e PETERSEN et al 2001) facilitando sua interpretação. Com um número reduzido de componentes seu objetivo é a explicação da maior parte da variância dos dados originais (MARTEN, 1991), pois para análises dos dados de sistemas naturais em que as variáveis estão relacionadas recomenda-se não utilizar os métodos univariados, que dificultam a avaliação do período e sazonalidade das principais fontes de poluição pontuais e difusas (VEGA, 1998).

Com a aplicação da PCA foi verificado as similaridades e diferenças das amostras de água de uma determinada área, com base em seus parâmetros físico-químicos, e interferências antrópicas possivelmente decorrentes de atividades agrícolas. Foi realizada a Análise de Similaridade (ANOSIM), um procedimento não paramétrico que tem como hipótese a inexistência de diferença entre dois ou mais grupos de amostras (MCCUNE & GRACE, 2002). Atribuiu-se como nível de significância valores de $p < 0,05$.

As análises das PCA e da ANOSIM foram desenvolvidas com auxílio do Software PAST 3.0 (HAMMER *et al.* 2001). E foram elaborados gráficos para comparar alguns parâmetros segundo os valores orientadores estabelecidos pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005.

2.7 Análise dos Elementos Químicos presentes na Água

A análise química da água superficial foi realizada no laboratório de química da Sabesp, na cidade de Botucatu/SP, acreditado pela NBR ISO/IEC 17025:2005, elementos químicos como: prata (Ag), alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), níquel (Ni), chumbo (Pb), antimônio (Sb), selênio (Se), zinco (Zn), fósforo (P) e Cloreto foram analisados. Esses elementos foram determinados pelo equipamento de ICP OES/SMEWW – 3120 B. Os ânions foram analisados com o auxílio do aparelho SWEWW – 4500, método do ácido ascórbico e o cloreto, com emprego do equipamento DR 5000 método argentométrico. Todos os métodos descritos foram realizados Segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (2012). Apenas os elementos acima do valor de referência estabelecido pelo CONAMA 357/2005 foram apresentados em gráficos comparativos.

2.8 Procedimentos utilizados para análise dos sedimentos em suspensão

A coleta de água com os sedimentos em suspensão no campo foi realizada com o auxílio de um amostrador de testemunho do tipo gravidade (FIGURA 10) onde a amostra foi filtrada *in situ*. Os filtros eram descartáveis para seringa com membrana Durapore (PVDF) hidrofílica de 0,22µm de poro, da marca Millipore.

As amostras foram acondicionadas em recipiente térmico com gelo a uma temperatura menor que 4°C, embaladas em saco plástico inerte sem preservante e com remoção de bolhas de ar. Posteriormente, foram encaminhadas para o Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

No laboratório, o filtro foi aberto com materiais devidamente esterilizado e retirada a membrana para que esta fosse preparada e colada com fita de carbono em Stubs e recobertas com carbono, para a sua visualização no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), potencializando a qualidade dos dados.

Para o processamento de imagens dos particulados em suspensão, foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura modelo LEO 440I acoplado ao Energy Dispersive Spectrum (EDS) da marca OXFORD, pertencente ao Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências – USP (FIGURA 11). Este aparelho permitiu a análise químicas pontuais qualitativas e semi-quantitativas das partículas suspensas formadas principalmente por óxidos, hidróxidos, sulfetos metálicos, argila, minerais e matéria orgânica.

A determinação química pontual qualitativa e semi-quantitativa do material observado apresentou-se como um importante instrumento na avaliação do grau de interação do ecossistema aquático com o conteúdo dos metais presentes neste ambiente de estudo, pois os sedimentos particulados em suspensão fornecem uma ideia da capacidade atual de transporte de elementos potencialmente tóxicos inorgânicos e orgânicos dentro do reservatório.

Além das análises realizadas nos diferentes ambientes estudados, também foram feitas algumas determinações qualitativa e semi-quantitativa com filtros novos, sem uso (branco), afim de descartar uma possível contaminação. Elementos como: O, F, Na, Mg, Si, Fe, Ti, S, Cl, P, Mn, K e Cu foram encontrados, mas em concentrações ínfimas quando comparados com as áreas de atividade agrícola e de mata ciliar. Essas análises podem ser visualizadas no APÊNDICE-A.

Figura 10 - Imagens do procedimento de amostragem para a coleta do sedimento em suspensão.

Figura 11 - Imagens do Microscópio Eletrônico de Varredura modelo LEO 440I acoplado ao Energy Dispersive Spectrum (EDS) da marca OXFORD.

Respeitando restrições como as determinações em MEV serem pontuais e não totais, e o sedimento em suspensão encontrar-se imediatamente acima do sedimento de fundo, mas sabendo que sua tendência será repousar no leito do reservatório. Foi realizada uma análise dos resultados semi-quantitativos, que através da porcentagem em peso dos elementos químicos e orgânicos encontrados, comparou-se com os valores orientadores estabelecidos pela resolução CONAMA 454/2012, que especifica valores limites de contaminantes químicos para sedimento de fundo, baseados na classificação de cinco classes de qualidade, encontrados na tabela de valores TEL e PEL (ANEXO A).

2.9 Confecção dos mapas

Para a realização dos mapas: de uso e ocupação, da localização do município, e localização dos locais onde foram efetuado as coletas no reservatório de Biritiba-Mirim, foi utilizado o software ArcGis 10.1 e o Google Earth, devidamente georreferenciado e em escala. O mapa de uso do solo do entorno do reservatório de Biritiba Mirim foi elaborado a partir de um mosaico de imagens de satélite, pertencentes ao acervo online da ESRI, na escala de 1:30.000. As imagens são do satélite WorldView 1, data de 13/06/2010 e 22/07/2010, resolução espacial de 0,5 quilômetros.

CAPÍTULO III - REVISÃO DE LITERATURA

3. 1 A água em foco, no mundo e no Brasil

A água é um elemento importante na manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, responsável por manter em equilíbrio os ecossistemas e a adequada qualidade de vida da população, inclusive como um recurso social e de referência cultural (CAPOBIANCO e WHATELY, 2000); detém um valor inquestionável nos seus diversos usos, considerado estratégico para o desenvolvimento econômico e fundamental à produção. Sua essencialidade em todo o ambiente terrestre e para todos os seres vivos o torna um elemento com alto potencial de possíveis tensões e conflito de interesses em todo mundo.

Ao longo da história, a civilização humana tem feito um uso intensivo dos rios, tornando-se a água o recurso natural mais utilizado (ARTHINGTON e WELCOMME, 1995). Os cursos de água continentais estão entre os ecossistemas mais mudados do planeta, com uma diminuição notavelmente mais rápida da sua biodiversidade quando comparado com outros ecossistemas terrestres (SAUNDERS *et al.*, 2002).

Aproximadamente 97,5% das águas do mundo são impróprias para consumo humano direto Gleick (1996), estimou a distribuição da água (TABELA 3.1), concluindo que a utilização racional dos recursos hídricos é imprescindível, pois de toda água presente no planeta Terra, aproximadamente 3%, apenas, é de água doce, as quais em princípio seriam apropriadas para o consumo. Deve-se, no entanto, salientar que as geleiras nos círculos polares são inacessíveis para o uso humano pelos meios tecnológicos atuais, e a água subterrânea é um recurso não renovável, e ambos representam uma grande parte dessa porcentagem de água doce.

Tabela 3. 1 - Estimativa e distribuição da água na Terra (Gleick, 1996).

Localização	Porcentagem do total
Lagos de água doce, rios, umidade do solo e água subterrânea	0,62
Lagos salinos e mares interiores	0,008
Atmosfera	0,001
Gelo	2,1
Oceanos	97,25

Com o aumento exponencial não apenas das atividades urbanas e agropecuárias, mas também da população, alguns países vivenciam, principalmente os em desenvolvimento; ocorre também uma má distribuição temporal e espacial deste recurso, fazendo com que algumas regiões sofram permanentemente com a falta de água (TABELA 3.2), conforme apontado por Setti *et al* (2001). Há indícios também do comprometimento da qualidade da água em muitos países, e grandes dificuldades para reverter este problema.

Tabela 3. 2 - Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo.

País	Área (10 ³ km ²)	Pop. (10 ³ hab.)	Volume disponível (Km ³ /ano)			Disponibilidade hídrica	
			méd.	máx.	mín.	por área (m ³ /Km ² .ano)	per capita (m ³ /hab.ano)
Austrália	7.680,0	17.900,0	352,0	701,0	228,0	45.833,0	19.665,0
Albânia	30,0	3.410,0	18,6	42,9	13,0	620.000,0	5.454,0
Argélia	2.380,0	27.300,0	13,9			5.840,0	509,0
Argentina	2.780,0	34.200,0	270,0	610	150,0	97.122,0	7.895,0
Bolívia	1100,0	7.240,0	361,0	487	279,0	328.181,8	49861,9
Brasil*	8.512,0*	157.070,0*	5.745,0*	7.640	5.200,0	674.918,9*	36575,5*
Burkina Faso	270,0	10.000,0	14,7			54.444,4	1470,0
Canadá	9.980,0	29.100,0	3.290,0	3.760	2.910,0	329.659,3	113058,4
Chile	760,0	14.000,0	354,0			465.789,5	25285,7
China	9.600,0	1.209.000,0	2.700,0	3.930	1.970,0	281.250,0	2233,2
Colômbia	1.140,0	34.300,0	1.200,0			1.052.631,6	34985,4
Congo	2.340,0	42.600,0	987,0	1.328	786,0	421.794,9	23169,0
Cuba	110,0	11.000,0	84,5			768.181,8	7681,8
Equador	280,0	11.200,0	265,0			946.428,6	23660,7
Espanha	510,0	39.600,0	108,0	253	27,2	211.764,7	2727,3
Estados Unidos	9.360,0	26.000,0	2.810,0	3.680	1.960,0	300.213,7	10766,9
França	550,0	57.800,0	168,0	263	90,3	305.454,5	2906,8
Gambia	10,0	1.080,0	3,2			320.000,0	2962,9
Guatemala	110,0	10.300,0	116,0			1.054.545,5	11262,1
Honduras	110,0	5.490,0	102,0			927.272,7	18579,2
Índia	3.270,0	919.000,0	1.456,0	1.794	1.0605,0	445.259,9	1584,3
Itália	300,0	57.200,0	185,0			616.666,7	3234,3
Jordânia	100,0	5.200,0	0,9			9.600,0	184,6
Jamaica	10,0	2.430,0	8,3			830.000,0	3415,6
Kasaquistão	2.720,0	17.000,0	70,2	111	39,3	25.808,8	4129,4
Líbano	10,0	3.060,0	2,8			280.000,0	915,03
Líbia	1.760,0	5.220,0	5,3			3.005,7	1013,4
Madagascar	590,0	14.300,0	395,0			669.491,5	27622,4
Mali	1.240,0	10.500,0	50,0			40.322,6	4761,9
Mauritânia	1.030,0	2.220,0	0,4			388,3	180,2
México	1.970,0	91.900,0	347,0	645,0	229,0	176.142,1	3.775,8
Marrocos	447,0	26.500,0	30,0			67.114,1	1.132,1
Nicarágua	130,0	4.270,0	175,0			1.346.153,8	40.983,6
Nigéria	920,0	109.000,0	274,0	437,0	148,0	297.826,1	2.513,7
Nova Zelândia	270,0	3.500,0	313,0	405,0	246,0	1.159.259,3	89.428,6
Paquistão	810,0	137.000,0	85,0	140,0	48,0	104.938,3	620,4

Continua...

Continuação

Tabela 3.2 - Disponibilidade hídrica em alguns países do mundo

Panamá	80,0	2.580,0	144,0			1.800.000,0	55.813,9
Peru	1.280,0	23.300,0	1.100,0			859.375,0	47.210,3
Polônia	310,0	38.300,0	49,5			159.677,4	1.292,4
Portugal	90,0	9.830,0	18,5	157,0	15,2	205.555,6	1.882,0
Rússia	17.080,0	148.000,0	4059,0	4.541,0	3.533,0	237.646,4	27.425,7
Senegal	200,0	8.100,0	17,4			87.000,0	2.148,1
Sudão	2.510,0	27.400,0	22,0			8.764,9	802,9
Suriname	160,0	420,0	230,0			1.437.500,0	547.619,0
Suécia	450,0	8.740,0	164,0			364.444,4	18.764,30
Tailândia	510,0	58.200,0	199,0			390.196,1	3.419,2
Tunísia	160,0	8.730,0	3.52,0			22.000,0	403,2
Uruguai	180,0	3.170,0	68,0			377.777,8	2.1451,1
Uzbequistão	450,0	20.300,0	9,5	19,7	4,9	21.155,6	469,0

Fonte: ANEEL, 1999.

A distribuição demográfica e dos recursos hídricos no mundo são bastante variáveis. O dado de volume total da água em cada país está diretamente relacionado com a sua área geográfica, onde ocorre uma grande variabilidade dos valores máximos e mínimos de recursos hídricos disponíveis, e problemas sazonais também podem contribuir para um panorama de escassez. Quanto à disponibilidade hídrica por unidade de área e de habitante em cada país, é possível visualizar as grandes diferenças existentes na distribuição geográfica dos recursos hídricos (TABELA 3.2). Segundo Setti (2001), há situações em que a escassez hídrica decorre em razão da baixa disponibilidade de água na região em um dado momento, e outras nas quais com disponibilidade suficiente, a escassez é ocasionada por uma excessiva demanda de utilização desse recurso.

Segundo a OMM/UNESCO (1997), há uma previsão de que a população se estabilize em meados de 2050, estimando-se 10-12 bilhões de habitantes, representando cerca de 5 bilhões a mais da população atual; em contrapartida ocorrerá o decréscimo da disponibilidade de água potável. A crise global da água, atualmente tornou-se um tema discutido em praticamente todos os países do mundo, com ênfase quanto sua disponibilidade em quantidade e qualidade para os diferentes usos (pesca, recreação, irrigação, agricultura, indústria, geração de energia e abastecimento público). Revenga *et al.* (1998), ao analisarem 106 bacias hidrográficas primárias no mundo, constataram que em cerca de um terço destas bacias, mais da metade da área da terra, havia sido convertido para a agricultura ou uso-urbano industrial. Na Europa, 13 bacias hidrográficas perderam 90% de sua cobertura florestal original. Yangtze e Rio Amarelo (China) perderam 85% e 78% das suas coberturas, respectivamente. Na bacia

do Indus, 90% das terras florestais foram convertidos para outros usos, assim como no Senegal e nas bacias do Lago Chade na África subsaariana. Diante desta dinâmica do uso da água no mundo, Shiklomanov (1997), calculou e estimou o consumo por setor conforme pode ser visualizado na Tabela 3.3. Nota-se que no setor agrícola ocorre maior demanda por volume de água, já que e retorna aos rios em uma quantidade muito pequena, seguido pelo uso industrial e abastecimento da população ao longo das décadas.

Tabela 3. 3 - Dinâmica do uso da água no mundo por setor (km³/ano) (SHIKLOMANOV, 1997).

Setor	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
População (milhões de hab.)	3.527	4.313	5.176	5.520	5.964	6.842	8.284
Área Irrigada (milhões de ha)	173	200	243	254	264	288	329
Uso agrícola	1.850 1.405	2.191 1.698	2.412 1.907	2.503 1.952	2.595 1.996	2.792 2.133	3.162 2.377
Uso Industrial	548 38	683 62	681 73	715 80	748 87	863 111	1.106 146
Abastecimento	130 29	208 42	321 53	354 57	386 62	464 68	645 81
Reservatórios	65.9	119	164	188	211	239	275
TOTAL	2.574 1.539	3.200 1.921	3.580 2.196	3.760 2.275	3.940 2.354	4.360 2.550	5.187 2.879

*Volume de água efetivamente consumido.

Aqui no Brasil, o país é um grande detentor de recursos hídricos, 12% de toda água doce superficial do planeta (REBOUÇAS, 1999). Apesar da grande disponibilidade hídrica, sua ampla extensão territorial e a discrepância climática, populacional e socioeconômica fazem com que a distribuição da água não aconteça homogeneamente. Com disponibilidade hídrica *per capita* ao redor de 36.000 m³, esse número diminuí para aproximadamente 10.000 m³, caso exclua a produção brasileira da bacia Amazônica, mas ainda assim, é superior ao índice de 2.500 m³/(hab.ano), valor considerado suficiente para o exercício normal das atividades humanas (THAME, 2000).

Alguns Estados e regiões no Brasil, como o Nordeste, por exemplo, possuem índice inferior a 1.700 m³/(hab.ano), caracterizando uma situação de alerta para a escassez hídrica, de acordo com os patamares estabelecidos por Beekman (1999). Em algumas regiões, esse índice chega a ser inferior a 500 m³/(hab.ano), o que evidencia uma situação de escassez hídrica absoluta, como nas bacias do Piracicaba e do Alto-Tietê, onde se insere a RMSP.

A RMSP, dentre outras regiões no Brasil, apresenta uma grande relevância, pois possui uma área de 8.051 km² e população, em 2010 de 19,6 milhões de habitantes, ou seja, 10% da população do país habitando 0,09% da área total do território nacional (CENSO IBGE, 2010a). A maior parte de seus municípios localizam-se dentro da Bacia Hidrográfica

do Alto Tietê (IZAZOLA e CARMO, 2004), sendo responsável pela drenagem de 70,17% da região metropolitana, e uma superfície de 5.985 km² integrada por 34 dos 39 municípios da Grande São Paulo. Apenas 5% da área da bacia estão fora da RMSP (CBH-AT, 2001).

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê é o mais importante provimento de água da metrópole paulista (WALDMAN, 2005), sendo considerada também uma das bacias com menor disponibilidade hídrica por habitante do Brasil (WHATELY e DINIZ, 2009). O suprimento de água potável para a RMSP é efetuado pelo Sistema Integrado de Abastecimento de Água, composto por sistemas produtores, os quais utilizam basicamente, mananciais de superfície (LOMBA, 2010).

O aumento da intensidade e diversidade das atividades antrópicas, a crescente ampliação das atividades industriais, a formação de aglomerados urbanos e das mudanças nos padrões de consumo favorecem a exacerbada exploração dos recursos naturais GOULART e CALLISTO (2003) destacam-se as atividades mineradoras, o lançamento de efluentes domésticos não tratados, a construção de barragens e represas, a exploração de recursos pesqueiros, introdução de espécies exóticas, retificação e desvio do curso natural dos rios, desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias como potenciais fontes de alteração do meio aquático; assim como as atividades agrícolas envolvendo a disposição inadequada de resíduos e a aplicação de fertilizantes fosfatados e defensivos provocam sérias contaminações do solo e água (CONCEIÇÃO e BONOTTO, 2002).

Consequências indesejáveis destes processos degradadores como assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de habitats e microhabitats e eutrofização artificial (enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio) (GOULART e CALLISTO, 2003), podem ocorrer, diminuindo a biodiversidade deste meio por desestruturação química, física do ambiente e na estrutura e dinâmica das comunidades biológicas (CALLISTO *et al.*, 2002), além do comprometimento da qualidade da água podendo resultar em danos a saúde pública.

3.1 Reflexo da ocupação urbana sobre os recursos hídricos.

A expansão da malha urbana, sem acompanhamento e planejamento do setor público e a ausência de projetos de zoneamento urbano, trazem problemas intrínsecos ao uso e ocupação desordenada do território, geralmente acompanhados de pobreza e insuficiente infra-estrutura de serviços, refletindo em um processo de deterioração progressiva dos reservatórios e consequentemente baixos padrões de qualidade da água para o abastecimento público, podendo até progredir para um processo de escassez deste recurso.

A complexidade dos problemas urbano-ambientais nas Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRMs) pelas manchas urbanas ali situadas, demonstra a displicência das autoridades responsáveis, aliada a política urbana e pública inadequadas, que não garantem segurança hídrica e ambiental. A inexistência de planejamento da ocupação populacional nas cidades, em meio às transformações econômicas enfrentadas pelo país, resulta em um maior uso dos recursos hídricos, gerando a necessidade de buscar água em microbacias cada vez mais distantes, consequentemente surgindo problemas de escassez em outras bacias e também poluição destes cursos d'água. As APRMs na RMSP correspondem a 4.356Km² (54%) dos 8.051 km² da área total da região. Nelas convivem mais de 2,2 milhões de habitantes (SSRH, 2011), que ultrapassaram os limites da área de proteção. As invasões nestes locais ocorreram em virtude do abandono das regiões centrais da cidade e expansão das áreas periféricas, resultado da especulação imobiliária da criação de indústrias e serviços próximos a estes mananciais, além da falta de programas habitacionais (ISA, 2005).

Os primeiros investimentos em infraestrutura básica social e de moradia e social na área de mananciais, só ocorreram em 1992, com a criação do Programa Guarapiranga. Este programa posteriormente atingiu a Billings, quando em 1997 foi promulgada a Nova Política para Mananciais, Lei Estadual nº 9866 no ano de 1997, alterando as antigas leis e formulando novas medidas individuais por bacias. O objetivo era recuperar e sanear as áreas com ocupação consolidada e proteger aquelas não degradadas, uma vez que as Leis 1172/76 e 898/75 estabeleciam e delimitavam apenas as áreas de proteção aos mananciais da RMSP, e os princípios da sua regulamentação continham pressupostos controle do uso do solo, sem muito êxito.

Quando se analisa a distribuição populacional no país, é notória a ausência de políticas públicas para a ocupação territorial de forma harmônica, em acordo com a disponibilidade hídrica de cada região, constituindo um grande desafio para a Política Nacional de Recursos

Hídricos de 1997, a garantia de água às futuras gerações em quantidade e qualidade necessárias à vida, ao bem-estar e ao desenvolvimento de seus usos múltiplos.

O monitoramento ambiental, em bacias hidrográficas, torna-se essencial, pois por meio dele, é possível diagnosticar aspectos relevantes nas mudanças decorrentes do uso e ocupação do solo e avaliar os prováveis efeitos na esfera ambiental, cultural, social e econômica. Um dos maiores paradoxos da atualidade reside na capacidade de compreender as correlações entre o recurso natural e a pressão política e econômica vigente neste século. Para entender esta relação é necessário que se possa avaliar, ou quantificar, de alguma forma o padrão da evolução da ação do homem na bacia (DORNELLES, 2003).

3.2 A importância da conservação dos reservatórios.

A conservação da água está diretamente relacionada com a preservação dos demais recursos naturais encontrados no meio. Segundo Lima (1996), essa relação existe pois a fase terrestre do ciclo hidrológico é capaz de refletir de uma maneira direta as condições, os usos e coberturas do terreno de onde ela provém. Estudos têm demonstrado uma estreita relação entre as florestas e bacias hidrográficas, a proteção das zonas ripárias ao longo das bacias tem sido relevante para a conservação do sistema hídrico, pois bacias hidrográficas com seu entorno adequadamente protegidos por florestas, produzem água de qualidade superior, resultando em expressiva redução de custos de purificação, mesmo que isso decorra de diferentes níveis e proporções de poluentes (WWF & IUCN, 2003).

Mais de um terço das maiores cidades no mundo captam parcial ou totalmente suas águas para abastecimento público de bacias protegidas por florestas. Entre estas cidades podemos citar: Tóquio, Singapura, Nova York, Bogotá, Rio de Janeiro, Los Angeles, Brasília, Viena, Barcelona, Sidnei, Melbourne (WWF & IUCN, 2003).

Segundo Ernst (2004), ao analisar 27 fornecedores de água dos EUA, avaliou-se que os custos de tratamento de água potável para consumo humano, decorrentes de bacias hidrográficas abrangidas com cerca de 60% de cobertura florestal, eram metade do custo do tratamento da água de bacias hidrográficas com cobertura florestal de 30%, e um terço do custo de purificação de água de bacias hidrográficas com cobertura florestal de 10%. Matas ciliares ao longo desses cursos d'água, com cerca de vinte ou trinta metros de largura, segundo Hamilton e Cassells (2003), são capazes de filtrar os sedimentos e seus compostos, diminuindo o processo de poluição e mantendo a qualidade da água. Outra vantagem ainda é a

redução dos bancos de sedimentos e regulação da temperatura da água. Lima e Zakia (2000), ressaltam que a mata ciliar é capaz de contribuir com o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia, aumentar a vazão em época de estiagem; diminuir a concentração de herbicidas nos cursos d'água, reter os nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres pelo sistema radicular da mata ripária. Naiman *et al.* (1997), afirmam que as áreas ripárias removem 80-90 % dos sedimentos oriundos das áreas agrícolas.

A proteção por mata ciliares no entorno dos mananciais também exerce funções como a filtragem superficial e subsuperficial do fluxo da água, entretanto, sua presença isoladamente não é suficiente na proteção dos recursos hídricos, pois quando se estuda ambiente, medidas integradas devem ser tomadas nos processos decisórios como as relacionadas ao adequado uso e manejo do solo.

3.3 A água na agricultura

No ano de 1966, a Revolução Verde representou um marco muito importante na agricultura. Com o objetivo de aumentar a produtividade agrícola e resolver a escassez de alimentos no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, tornou-se um verdadeiro paradigma tecnológico que resultou na introdução do uso intensivo de fertilizantes, agrotóxicos e melhoramento genético com uma grande produção de alimentos, a qual foi apontada como uma das causas da degradação dos solos, das águas e até do próprio ecossistema.

A segurança hídrica do planeta, depende de como usamos a água; a produção de alimentos por exemplo, é responsável pela alta demanda de água. Atualmente a participação do setor agrícola no consumo total de água encontra-se em declínio, no entanto, em 2020, acredita-se que a participação será maior que os demais usos, totalizando 60% (PADILLA, 1999), e gerando diversos impactos ambientais associados a este uso.

Alloway *et al.* (1997) apontam a agricultura como uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por elementos químicos. Em determinadas concentrações alguns desses elementos podem implicar em sérias consequências ao equilíbrio natural do meio aquático, alterando a vida dos seres que ali vivem ou até causando a mortalidade de comunidades nectônicas, bentônica, perifítica e planctônica, e quando ingeridas pelo ser humano também pode gerar graves consequências. O estudo destes elementos na área ambiental é muito relevante, pois como não são biodegradáveis, permanecem em ciclos

biogeoquímicos globais, acumulando-se na biota aquática em níveis significativamente elevados, podendo ser encontrados nos:

- Fertilizantes: Cd, Cr, Mo, Pb, U, V e Zn
- Defensivos agrícolas: Cu, As, Hg, Pb, Mn e Zn
- Dejetos de produção intensiva de porcos e aves: Cu, As e Zn

Os defensivos agrícolas são considerados difíceis de serem avaliados e estudados, pois apresentam um comportamento pouco conhecido, uso amplo e em baixas concentrações, Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2013), o Brasil é o maior consumidor de produtos agrotóxicos no mundo, e pela importância, tanto em relação à sua toxicidade quanto à escala de uso no Brasil, esses produtos possuem grande cobertura e normas legais no país. O referencial legal mais importante é a Lei nº 7802/1989, que rege o processo de registro de um produto agrotóxico, regulamentada pelo Decreto nº 4074/2002.

A agricultura convencional, segundo Gliessman (2001), pode afetar o meio ambiente atingindo o solo por processos de alagamento, compactação, salinização contaminação por agrotóxicos, perda da fertilidade e erosão. O uso exagerado de herbicidas pode contaminar a água e provocar eutrofização por uso de fertilizantes, além do assoreamento em razão dos sedimentos; perda da variabilidade genética e a uniformidade dos materiais plantados.

É importante ressaltar que a proteção e a manutenção da zona ripária, envolvendo a vegetação característica, no manejo de microbacias hidrográficas, têm como objetivo a interceptação do escoamento subsuperficial sendo essencial para a manutenção e vitalidade da função de filtragem assim como as características do solo também influenciam a eficiência da mata ciliar na filtragem de nutrientes e de agrotóxicos (NAIMAN et al., 1997).

Os demais elementos que constituem o solo possuem um papel determinante na interação solo e defensivos, influenciando a adsorção de uma substância, onde a biodisponibilidade e movimentação dos contaminantes estão relacionadas ao potencial de degradação, lixiviação (DORES; DE-LAMONICA, 1999), sorção e absorção pelas plantas do poluente. Os agroquímicos podem também ser degradados no solo por processos microbiológicos ou químicos, resultando em amônia e dióxido de carbono (LOURENCETTI, et al., 2007). Já a concentração dos elementos inorgânicos depende de fatores como o teor e a composição da argila, matéria orgânica e as condições físico-químicas (BARONA; ROMERO, 1996).

Os elementos essenciais de origem natural ocorrem principalmente como componentes traços do intemperismo de rochas, da erosão das planícies aluvionares e de solos ricos nestes

metais, e são transportados e depositados nos sedimentos de fundo de lagos, rios e oceanos (FÖRSTNER e WITTMAN, 1983; MOORE e RAMAMOORTHY, 1984; STUMM e MORGAN, 1996). Já os elementos inorgânicos de origem antrópicas provêm de efluentes industriais, resíduos sólidos acondicionados de maneira inadequada, esgotos domésticos, emissões de poluentes atmosféricos, água de irrigação contaminada, queima de biomassa e principalmente de fertilizantes e defensivos agrícolas. Estes, depois de lançados nas águas superficiais juntam-se aos materiais particulados, ou são carregados e dissolvidos, ou encontram-se na forma coloidal. A periculosidade aumenta quando esses elementos se unem aos sedimentos, pois facilita o transporte dos contaminantes para outros locais e sua concentração pode implicar em uma fonte de liberação em longo prazo (LEMES, 2001).

Nos sistemas lacustres, os reservatórios são considerados fontes potenciais desses elementos inorgânicos, por representarem bacia de sedimentação, com características específicas de ambientes deposicionais podendo atingir níveis de poluição bastante elevados em certos locais (ESTEVES, 2011). Dentro deste ecossistema a distribuição destes elementos no meio litogênico e antropogênico diferem nos diversos compartimentos, refletindo assim a interação direta entre sedimentos e macrófitas (AMAZARRAY, 1992). Vale ressaltar também que as atividades antrópicas são bons parâmetros usados para detectar a presença de macrófitas, em especial, relacionado com as atividades agrícolas e a presença de macrófitas emergentes (CHERUVELIL e SORANNO, 2008). Lacoul e Freedman (2006), afirmam que algumas espécies são tolerantes à poluição, principalmente os elementos provenientes de áreas agrícolas. Gaudet apud Mitchell (1974), coloca que entre as inúmeras funções desempenhadas pelas macrófitas nos ambientes aquáticos, a estabilização de sedimentos; a produção primária e a de detritos; a absorção; a acumulação e a liberação de nutrientes são de grande importância para esse sistema.

Segundo Stanford (2010), a chave para se alcançar o equilíbrio entre o uso agrícola da água e a disponibilidade para outras necessidades exige um projeto colaborativo, coordenado e de fácil entendimento, assim como a implementação de políticas agrícolas e de gestão de água integradas, em níveis regionais e nacional.

3. 4 Gestão das águas

No Brasil a gestão dos recursos hídricos, segundo Jacobi (2011), é uma perspectiva conceitual de alternativas teóricas e práticas, na expectativa de uma real ligação entre as

propostas da sociedade e o governo. A busca por uma forma de gestão ideal ocorre em razão da compreensão de que exista uma diversidade de situações e que isto representa um desafio para efetivar a governança das águas.

As propostas de gestão dos recursos hídricos são consideradas a partir da grande influência que a água exerce para os seres vivos, no desenvolvimento das atividades humana, visando a manutenção da qualidade e renovabilidade deste recurso, tentando evitar a escassez. No entanto, a distribuição e apropriação desigual deste recurso, coloca os mecanismos de gestão frente a conflitos desafiadores relacionados ao sistema de governança da água (FRACALLANZA E SINISGALLI, 2009).

A cultura de desperdício entre a população se consolidou a partir do paradigma da inesgotabilidade da água, conjuntamente com a inexistência de um sistema de gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Na falta de investimentos necessários para a proteção e manutenção da qualidade das águas surge a necessidade da criação de leis, órgãos e agências responsáveis pelo controle. Bem como o estabelecimento de critérios de concentrações máximas permissíveis de poluentes para assegurar e proteger a saúde pública e o meio ambiente.

Uma das principais leis e resoluções que regem os recursos hídricos foi promulgada em 1997 a Lei nº 9.433 do dia 08 de janeiro, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) Esta lei criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), e representou um importante avanço para a proteção destes recursos. Um dos seus objetivos em destaque é *“assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos seus múltiplos usos,”* justificando a regulamentação de procedimentos para controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

No ano de 2000 o Conselho Nacional de Recursos Hídricos aprovou a resolução 5/2.000, estabelecendo diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas, a qual criou órgãos consultivos e deliberativos que constituem a base do sistema de gerenciamento, onde são promovidos debates sobre as questões e os conflitos relacionados aos recursos hídricos da bacia. Esse sistema de gerenciamento, segundo Jacobi (2011) é baseado na descentralização, participação e integração, focando a água em termos de quantidade e qualidade através dos seus usos múltiplos. A lei fortalece a descentralização na gestão de cada bacia hidrográfica, atribuindo a tomada de decisões aos comitês, subcomitês e agências, partindo do fundamento que a água é dotada de valor econômico, instituindo ainda a cobrança pelo uso do recurso como um dos principais instrumentos de atuação desses órgãos.

Segundo o mesmo autor, o processo efetivo de gestão das bacias hidrográficas ainda está em fase inicial, estando mais voltados na criação de instrumentos necessários para gerir.

Em julho de 2000 com a Lei 9.984 foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), e ampliou a composição desse Sistema ao inseri-la como entidade federal no SNGRH, com a competência de implementação de políticas de coordenação do Sistema de Bacias.

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual no 7.663/1991, anterior à Lei Federal, estabeleceu a Política e o Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos, instituindo a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e criando o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entre os elementos básicos da PERH, que foram também implantados em nível federal, estão: o gerenciamento descentralizado e participativo, a cobrança pelo uso da água e a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento (ROCHA et al., 2000).

3.5 Monitoramento das águas

Para a gestão funcional de recursos hídricos, é necessário a existência de informações confiáveis, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. Atualmente estas informações são estimadas através de redes de monitoramento.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere valores máximos permissíveis no âmbito mundial por meio do guia para a qualidade de água potável. Nos Estados Unidos a Agência de Proteção Ambiental Americana – EPA (*Environmental Protection Agency*, 2000) e na Europa a Agência Ambiental Européia – EEA (*European Environmental Agency*) (BARCELÓ, 1993), são agências internacionais que sugerem também estes valores. No Brasil o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão responsável pela elaboração de normas e padrões compatíveis com o meio ambiente para seus diferentes tipos de uso.

Em 2005 com a revisão da resolução do CONAMA 20/1986 e a emissão da nova Resolução CONAMA 357/2005, foram regulamentados a Classificação e Enquadramento de Corpos de Água e o Padrão de Lançamento de Efluente. Essa resolução visa assegurar às águas, qualidade compatível com os diferentes usos a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas. Ela também classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos em treze classes de qualidade, cujo destaque será dado apenas para cinco delas:

I - classe especial - águas destinadas aos seguintes usos:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1 - águas que podem ser destinadas:

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

III - classe 2 - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3 - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4 - águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Para cada uma das classes acima descritas, na seção desta resolução, são fixadas as condições, os padrões orgânicos e os inorgânicos a serem respeitados. Cabe ressaltar também, que as águas classificadas como doces são aquelas cuja salinidade for igual ou inferior a

0,5%. As águas salobras apresentam salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%; e as águas salinas são águas com salinidade igual ou superior a 30 %.

No capítulo III, seção 1, artigo 9º, §2º desta resolução, outro trecho merece destaque neste estudo: “Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias”. Isto demonstra a importância destes como indicador de qualidade dos reservatórios.

No dia 12 de dezembro de 2011, o Ministério da Saúde emite a portaria número 2914, que revoga e substitui integralmente a Portaria MS nº 518, de 25/03/2004. A nova portaria dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle, e aos cuidados da qualidade da água para consumo humano e aos seus padrões de potabilidade em todo território nacional. A água potável, portanto, deve estar em conformidade com diversos padrões estabelecidos nesta portaria, com valores de referência máximos e mínimos para diferentes parâmetros, tais como: padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção, padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano; padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde; padrão de radioatividade para água potável; e padrão de aceitação para consumo humano.

Planos de amostragem de cada sistema devem ser elaborados pelos responsáveis que controlam a qualidade da água e aprovados em conjunto com a autoridade de saúde pública. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 devem ser coletadas para análise, amostras semestrais da água bruta, junto ao ponto de captação, avaliando a compatibilidade entre as características da água e o tipo de tratamento existente. A autoridade de saúde pública (federal, estadual e municipal), deve implementar seu próprio plano de amostragem, conforme as diretrizes específicas do Sistema Único de Saúde – SUS.

Apesar das várias medidas tomadas para garantir a preservação da qualidade das águas pelos órgãos governamentais, ainda assim, continua sendo muito importante o controle da qualidade das águas, bem como o manejo circunscrito ao divisor de águas e aos produtos que a compõem e a delimitam.

No entanto, percebe-se que o desafio ainda se encontra na descentralização da gestão dos recursos hídricos para conseguir prosseguir na implementação das políticas destes recursos, relativos às questões institucionais e legais bem como nas transferências naturais de águas em uma bacia hidrográfica quando há dois domínios hídricos envolvidos e também transferências hídricas artificiais entre bacias hidrográficas ou regiões.

3.6 Índices da Qualidade de Água e dos Sedimentos no Estado de São Paulo

As variações e características físicas e químicas do ambiente podem tornar os contaminantes e nutrientes acumulados nos sedimentos disponíveis para a coluna d'água, influenciando diretamente na qualidade desse compartimento (BEVILACQUA, 1996).

Com o objetivo de manter o equilíbrio e a manutenção do ecossistema aquático e garantir os seus usos múltiplos, desde 1974 a CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, no Estado de São Paulo é a responsável pela fiscalização e monitoramento da qualidade das águas. De acordo com a Lei Estadual nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994 a operação da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores (rios e reservatórios), situada nas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) (FIGURA 12), está dividida no conceito de bacia hidrográfica, onde os recursos hídricos convergem para um corpo d'água principal.

Figura 12 - Mapa do Estado de São Paulo com a atual divisão das UGRHs
Fonte: Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J.G (2011)

Em 13 de agosto de 1998, a Resolução da Secretária do Meio Ambiente, SMA-65, criou o Índice de Qualidade de águas brutas para fins de Abastecimento Público (IAP) e o

Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA). A CETESB então integrou diversas variáveis através de um único indicador, os índices de qualidade das águas para os seguintes usos:

IQA - Índice de Qualidade das Águas;

IAP - Índice de Qualidade das Águas para fins de abastecimento público;

IET – Índice do Estado Trófico;

IVA – Índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática. Esse índice é completado pelos índices de Comunidades Aquáticas;

IB - Índice de Balneabilidade; e

CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos. O CQS foi criado por ser um parâmetro importante na avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, pois a utilização de variáveis da água não era sempre detectável, e o uso do sedimento é capaz de retratar atividades antrópicas (CETESB, 2006).

A tabela 3.4 apresenta os parâmetros utilizados para os cálculos dos respectivos índices da qualidade

Tabela 3. 4 - Variáveis de qualidade de água utilizadas para cálculo dos respectivos índices.

Índice de qualidade	Variáveis de qualidade
IQA	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e turbidez.
IAP	Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e turbidez, ferro dissolvido, manganês, alumínio dissolvido, cobre dissolvido, zinco, potencial de formação de trihalometanos, número de células de cianobactérias, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel
IET	Clorofila a e fósforo total.
IVA	Oxigênio dissolvido, pH, toxicidade, cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes, fenóis, clorofila a e fósforo total.
IB	Coliforme termo tolerante ou <i>E. coli</i> .
CQS	Leva em consideração a classificação dos sedimentos em diferentes linhas de evidência: concentração de substâncias químicas, ecotoxicidade, mutagenicidade e comunidade bentônica

A CETESB atualmente faz uso de 50 variáveis de qualidade de água, as mais representativas, são (CETESB, 2012):

1)*Variáveis Físicas*: Absorvância no ultravioleta, coloração, série de resíduos (dissolvidos, total e volátil), temperatura da água e do ar, turbidez e transparência.

2)*Variáveis Químicas*: Alumínio, Bário, Cádmio, Carbono Orgânico Dissolvido, Chumbo, Cloreto, Cobre, Condutividade, Cromo, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fenóis, Ferro, Fluoreto, Fósforo Total, Manganês, Mercúrio, Níquel, Óleos e Graxas, Ortofosfato Solúvel, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Série de Nitrogênio (Kjeldahl, Amoniacal, Nitrato e Nitrito), Sódio, Surfactantes e Zinco.

3)*Variáveis Microbiológicas*: Coliformes termotolerantes e E.coli.

4)*Variáveis Hidrobiológicas*: Clorofila-a e comunidades fitoplantônica, zooplantônica e bentônica.

5)*Variáveis Toxicológicas*: Microcistinas, ensaio de toxicidade aguda com a bactéria luminescente - *V. fischeri* (Sistema Microtox); ensaio de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Ceriodaphnia Dúbia* e ensaio de mutação reversa (teste de Ames).

Para as análises dos sedimentos a CETESB faz uso de 34 variáveis de qualidade (físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas), dentre elas estão:

1)*Variáveis Físicas*: granulometria (areia, silte e argila), PH, série de resíduos e umidade.

2)*Variáveis Químicas Inorgânicas*: cobre, alumínio, mercúrio, níquel cádmio, chumbo, cromo, fósforo, ferro, manganês e zinco.

3)*Orgânicas*: Compostos organoclorados (aldrin, BHC, clordano, DDD, DDE, DDT, dieldrin, endosulfan, endosulfansulfato, endrin, heptaclor, heptacloroepóxido, hexaclorobenzeno, lindano, metoxiclor, mirex, PCBs, TDE e toxafeno). HAP (acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(K)fluoranteno, criseno, dibenzo(A,H)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd) pireno, naftaleno e pireno).

4)*Variáveis Hidrobiológicas*: comunidade bentônica.

5)*Variáveis Toxicológicas*: ensaio de toxicidade aguda/subletal com o anfípodo *Hyalella azteca*, deformidade em bento de *Chironomus sp.*, e ensaio de mutação reversa (teste de Ames).

Para avaliar o grau de químicos presentes no sedimento, visando à proteção da vida aquática, a CETESB utiliza os valores orientadores estabelecidos pela resolução CONAMA 454/2012, que revogou a 344/2004. Para disposição do material dragado em águas brasileiras,

são especificados valores limites de contaminantes químicos, baseados nos valores estabelecidos pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME), os quais são divididos e classificados em cinco classes de qualidade, pois os valores de concentração para os elementos são muito distantes e não contempla os que estão presentes apenas pela classificação de TEL (*Threshold Effect Level*) e PEL (*Probable Effect Level*) resultando assim, em dados mais confiáveis. A qualidade ÓTIMA, para cada contaminante, corresponde à concentração inferior a TEL. A qualidade BOA, a faixa entre TEL, inclusive, e a concentração correspondente a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL. A qualidade REGULAR, a faixa superior a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL e inferior a PEL. A qualidade RUIM, a faixa entre PEL, inclusive, e a concentração correspondente a 1,5 vezes de seu próprio valor. E a qualidade PÉSSIMA acima de 1,5 vezes PEL. A pior situação é, quando as concentrações encontradas superam significativamente o valor de PEL (em mais de 50%). Esta classificação é adotada atualmente pela CETESB na avaliação dos sedimentos do Estado de São Paulo (TABELA 3.5).

De acordo com a CETESB, a adoção desses valores deve ter caráter apenas orientador na busca de evidências de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos deletérios, sobretudo com relação à toxicidade para a biota. O CONAMA instrui que as substâncias não presentes na Tabela 3.5, terão seus valores previamente estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Existindo dados sobre valores basais (valores naturais reconhecidos pelo órgão ambiental competente) de uma determinada região, estes deverão prevalecer sempre que se apresentarem mais elevados.

Tabela 3. 5 - Classificação da qualidade de elementos em sedimentos a partir de TEL e PEL (CETESB, 2011).

ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
As (mg/ kg) < 5,9	≥ 5,9 – 11,5	> 11,5 - < 17,0	17,0 – 25,5	> 25,5
Cd (mg/kg) < 0,6	≥ 0,6 – 2,1	> 2,1 - 3,5	3,5 – 5,3	> 5,3
Pb (mg/kg) < 35,0	≥ 35,0 – 63,2	> 63,2- < 91,3	91,3 – 137,0	> 137,0
Cu (mg/ g) < 35,7	35,7 - 116,4	> 116,4 < 197,0	197,0 – 295,5	> 295,5
Cr (mg /k < 37,3	≥ 37,3 – 63,7	> 63,7 - < 90,0	90,0-135,0	> 135
g (mg/ kg) 0,170	≥ 0,170 – 0,328	> 0,328 - < 0,486	0,486 – 0,729	> 0,729
Ni (mg /) < 18	≥ 18 – 27	> 27- < 36	36 - 54	> 54
Zn (mg/ kg) < 123	≥ 123 – 219	219 - < 315	315 - 473	> 473

3.7 Crise hídrica

Recentemente a Região Sudeste, representante de grande importância no aspecto social e econômico do país, e em especial a RMSP, foco do presente estudo, foi atingida por uma crise hídrica que colocou em alerta toda a população e as autoridades sobre a fragilidade que cerceia a governança deste recurso, e a incapacidade preditiva por de trás destes gestores, em uma situação de escassez.

As causas foram atribuídas tanto aos fatores climáticos e às variações sazonais que ocorrem periodicamente por uma conjunção de fatores, segundo dados analisados por especialistas da área durante algumas décadas (OBREGON MARENGO e NOBRE, 2014). Devem ser considerados também as atividades antrópicas, o desperdício de água e a demanda abusiva, tanto em residências, como na agricultura e na indústria, Outros fatores como; o desmatamento das matas ciliares ao redor dos reservatórios, especialmente em áreas de nascente; displicência na manutenção de infraestrutura dos equipamentos básicos na captação e distribuição da água pelas concessionárias dos serviços públicos de saneamento básico; poluição nos rios; ausência de tratamentos de esgotos. Enfim, são inúmeras as causas que individualmente ou conjuntamente acabam contribuindo para o agravamento desta situação.

Muitos destes fatores apontados como responsáveis pela crise hídrica são reflexos da cultura que está enraizada em uma sociedade que crê na inesgotabilidade deste recurso, a qual traz conceitos errôneos de que no Brasil a água existe em abundância e isto mascara a ocorrência de regiões com baixos valores de produção hídrica de superfície ou áreas com alta densidade populacional.

Ao colocar a população em estado de alerta devido as dimensões que o problema alcançou, inúmeros setores já haviam sido afetados: a produção industrial e agrícola; a matriz energética; e até individualmente, com a possível deterioração da água podendo repercutir na saúde pública. Este panorama, no entanto, expôs várias medidas cabíveis em situações como esta que podem ser implementadas para reduzir o impacto gerado e evitar a recorrência deste quadro em nosso país.

A primeira e a mais simples é a economia de água pelos usuários, pois ao repensar o uso, a necessidade e disponibilidade deste bem, é possível reduzir a demanda através da mudança de hábitos da população principalmente através de um reconhecimento público e de conscientização social da magnitude da crise.

Outras opções são:

- avaliar a inclusão da valoração dos “serviços” dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos;
- reflorestamento dos mananciais, em todo seu entorno;
- reúso de água, permitindo sua reutilização para os múltiplos usos deste recurso;
- projetos de saneamento básico e tratamento de esgotos;
- monitoramento de quantidade e qualidade da água;
- gestão compartilhada dos recursos hídricos.

Ao analisar sistematicamente a situação de crise hídrica no sudeste, conclui-se que apenas um gerenciamento dos recursos hídricos integrado e preditivo, possa amenizar eventuais situações de escassez no futuro, com a participação de todos os setores da sociedade, principalmente de gestores com visão interdisciplinar, educando e monitorando a população.

CAPÍTULO IV - A ÁREA DE ESTUDO

4.1 Biritiba-Mirim

Conhecida como cinturão verde da RMSP, Biritiba-Mirim tem sua economia baseada no setor hortifrutigranjeiro, principalmente em decorrência da imigração japonesa em 1929. Pertenceu ao município de Mogi das Cruzes até o ano de 1963, a região é marginada pelo rio Tietê e teria sido passagem dos bandeirantes, exploradores de ouro e preação de índios. O nome Biritiba-Mirim é originário da língua tupi e significa ‘ muitos buris pequenos’. Buri é uma planta ornamental que produz flores coloridas (MURILLO, 2008).

Segundo IBGE (2010b), o município possui uma área de 317,406 km², composto por bioma de Mata Atlântica e uma população de 28.575 habitantes. A densidade demográfica é de 90,1 habitantes por km² no território do município. Situada ao lado dos municípios de Mogi das Cruzes, Bertioga e Salesópolis, no estado de São Paulo. Biritiba Mirim está a 16 km, Sul-Leste de Mogi das Cruzes a maior cidade nos arredores. Em uma altitude de 775 metros, suas coordenadas geográficas são: Latitude: 23° 34' 26" S, Longitude: 46° 2' 19" W. A Figura 13 ilustra a localização do município de Biritiba-Mirim, no território nacional.

Figura 13 - Mapa destacando a localização do município de Biritiba-Mirim

4.2 O reservatório de Biritiba-Mirim

A área escolhida para desenvolver este trabalho foi a bacia de drenagem compreendida pelo médio e alto curso do rio Biritiba-Mirim. Este tem suas nascentes na serra do Garrafãozinho, seguindo uma direção geral norte por 22 km, até desaguar no rio Tietê, 11 km a montante da cidade de Mogi das Cruzes (CCN, 1997). A barragem de Biritiba-Mirim é uma das obras integrantes do Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT). O reservatório é formado pelo represamento das águas do rio Biritiba-Mirim, afluente da margem esquerda do rio Tietê, abrangendo as áreas dos municípios de Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes, ocupando uma área de 11,4 Km², e sendo drenada em uma área de 75 Km². Fornece água para 3,5 milhões de habitantes da Região Leste da Grande São Paulo, entre outras características que podem ser vistas na Tabela 4.1.

Tabela 4. 1 - Características do reservatório de Biritiba-Mirim

Características gerais do reservatório Biritiba	
CARACTERÍSTICAS	DADOS
Área	11,40 km ²
Área da bacia de drenagem	75,00km ²
Formato	Subdendrítico
Volume acumulado	60,2 milhões de m ³
Volume operacional	35 milhões de m ³
Tempo de detenção	0,95 ano
Vazão regularizada	1,75 m ³ /s
Vazão máxima vertida para juzante	30,50m ³ /s
Cota máximo operacional	752,50m
Cota máximo normal	757,50m
Cota máximo maximorum	758,50m
Cota da crista	760m
Comprimento da barragem	500m
Altura máxima da barragem 2	6m

Fonte: DAEE, 2006.

O enchimento do reservatório Biritiba teve início em 13 de maio de 2005, atingido seu nível máximo em 21 de abril de 2006, portanto, um reservatório jovem (informação verbal fornecida pelo engenheiro Luiz Carlos da Silva do DAEE de Biritiba-Mirim).

A área de inundação do reservatório está em solos muito férteis, com alto teor de umidade e matéria orgânica, sendo possível visualizar a área no entorno do reservatório como uma paisagem tipicamente agrícola e de horticultura (CCN, 1997). Nota-se a presença de alface, couve, cogumelos, flores ornamentais; e também atividade granjeira, ocupando uma extensão significativa da área.

4.3 Condições climáticas

O município de Biritiba-Mirim possui um clima tropical temperado, com temperaturas anuais médias ao redor de 18°C, máxima de 23°C e mínima de 15°C nos meses de fevereiro e julho, respectivamente (PMBM, 2009).

Seguindo a classificação de Koppen (1918), Biritiba-Mirim insere-se em uma região de clima úmido, temperado, com inverno seco e verão temperado - Cwb, estando limitada ao norte por áreas de clima úmido e quente, inverno seco e verão quente - Cwa e ao sul por região de clima úmido, com verão temperado e sem estação seca – Cfb.

A avaliação do índice pluviométrico no Reservatório de Biritiba-Mirim foi elaborada tomando-se as médias mensais dos valores registrados na média histórica no período de 2002

a 2012 (números fornecidos pelo DAAE local) e confrontado com o índice do ano de 2013 até o mês de setembro, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Intensidades de chuva mensais e anuais no Reservatório de Biritiba-Mirim

Através da visualização do gráfico, fica claro que durante o período de 2002 a 2012, a estação chuvosa se estendeu de outubro a março e os meses mais secos entre abril e setembro, corroborando os resultados descritos na literatura. No entanto, dados coletados em 2013 mostram que a época considerada historicamente de estiagem, com precipitações mensais inferiores a 100 mm, apresentou-se anômala, demonstrando aumento de intensidade pluviométrica atípica nos meses de junho e julho, coincidentes com o período de coleta do presente estudo.

A figura 14 evidencia ainda que os volumes superiores à média pluviométrica, precipitados em junho e julho, foram compensados pelos menores índices pluviométricos ocorridos nos demais meses. Nota-se que janeiro foi o mês com maior índice pluviométrico, acompanhando a média histórica, enquanto agosto foi o mais seco, com apenas 4,70 mm de chuva registrada.

4.4 Contexto Geológico

Na área onde está inserido o reservatório de Biritiba-Mirim, consta a presença de diversas unidades geológicas evoluídas em tempos e situações tectônicas distintas. As principais unidades aflorantes na área estão apresentadas na Figura 15.

O reservatório, objeto do presente estudo, ocupa a região leste do Planalto Paulistano e sul do Lineamento de Cubatão, constituído por um conjunto de rochas em conformidade a esse Lineamento, com direção N60°-70° e imersões acentuadas para noroeste, compreendendo terrenos correspondentes à Faixa Costeira, do Complexo Costeiro (HASUI *et al.*, 1981).

O Complexo Costeiro está localizado na porção Sul, em uma faixa alongada que se estende do centro-oeste a nordeste, representado pelas rochas migmatíticas (Ay0+1) com textura variável, associadas a gnaisses graníticos e corpos biotíticos. Atribuído a este mesmo complexo, ocorrem rochas graníticas de textura porfiróide (Ay0) ao sul, estando intimamente associadas a gnaisses migmatíticos (CPRM, 1990).

A leste e extremo sudeste encontram-se sieno a monzogranitos porfiróides (PEy5), apresentando características como granulação grossa e coloração rósea, sendo potássicos e possuindo alto teor de quartzo e biotita, este último como principal máfico (CPRM, 1990).

No Complexo Embu ocorrem as rochas mais antigas, sendo representadas nas porções Norte (incluindo um trecho da barragem com extensão para o Leste e Oeste), e na Central pelas sequências metavulcanossedimentares, intensamente milonitizadas e alteradas, representadas por metassedimentos, gnaisses paraderivados, rochas xistosas, quartzitos e subordinadamente, rochas cálcio-silicáticas e metabásicas unidades PEe11 e PEe14 – (CPRM, 1990).

Nas rochas das unidades mais novas encontram-se os corpos graníticos (CPRM, 1990). Na porção Central ocorre o Granito Taiaçupeba (PEy9), presente no sentido SW-NE, constituído por sieno e monzogranitos, pouco orientados e foliados, por vezes porfiróides, equigranulares, homogêneos, de granulação fina a média, cor cinza, localmente róseos ou esbranquiçados e com raros xenólitos metassedimentares (CPRM, 1990). Na área Centro-Leste, de caráter pós-tectônico discordante, aflora a unidade muscovita-biotita granito, conhecido como Granito Garrafão (PEy10), caracterizado por leuco-granitos de cor cinza esbranquiçados, de textura equigranular, fina a média, a duas micas e composição sienogranítica (CPRM 1990).

O Granito Biritiba-Açu (PEy3), possui uma coloração rósea a cinza claro, alto teor de quartzo, equigranular ou porfiróide, granulação média, encaixado em rochas migmatíticas do Complexo Embu, e encontrado na região Oeste (CPRM, 1990).

Nas proximidades do reservatório emergem diversas unidades evoluídas em tempos e situações tectônicas distintas. O embasamento Pré-Cambriano, uma das unidades mais antigas, sofreu intensa transposição associada a cisalhamento acompanhado de migmatização e intensa granitogênese. Nas drenagens principais, por exemplo, encontram-se as unidades mais recentes, destacando-se os depósitos fluviais (Qha), constituídos por camadas argilosas, ricas em material orgânico, areias inconsolidadas de granulometria variada e cascalhos. Sua extensão é restrita nos afluentes secundários, e nas áreas de relevo acentuado (CCN, 1997).

Figura 15 - Unidades geológicas aflorantes na área de estudo.

Fonte: Monteiro, 2006.

4.5 Hidrogeologia

O reservatório de Biritiba-Mirim está inserido na Bacia do Alto Tietê, localizada na região leste do Estado de São Paulo, área onde as unidades hidrogeológicas estão relacionadas com as rochas do embasamento e sedimentos quaternários das áreas de inundação. Diferencia-se em dois grandes sistemas aquíferos distintos: Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) e Sistema Aquífero Cristalino (SAC) (FIGURA 16).

O Sistema Aquífero Sedimentar (SAS) é formado por sedimentos quaternários e terciários da Bacia de São Paulo presença de depósitos sedimentares aluviais, destacando-se os areno-argilosos que ocupam com larguras irregulares as planícies das principais drenagens da área, com um tamanho entre 200 a 1000 metros, e espessura média de 7 metros (CAVALCANTI, 2002). O SAS se estende por uma pequena área da região (HIRATA & FERREIRA, 2001).

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) é constituído por granitos e rochas metamórficas do embasamento, associadas com o Complexo Embu, Grupo São Roque e Serra do Itaberaba. A água disponível nas rochas cristalinas é encontrada em falhas e fraturas da decomposição mecânica ou por meio de pequenas alterações das rochas cristalinas (manto de alteração). Diferenciam-se pelas características presentes, uma vez que a rocha, resistente à água, escoar somente nas discontinuidades rúpteis da rocha, enquanto que na rocha semi-alterada a textura pode ser identificada e ainda possui um grau de resistência. Quando há alteração total da rocha, o escoamento ocorre nos interstícios da rocha intemperizada, e decomposição total dos minerais (CAVALCANTI, 2002).

Abaixo da camada intemperizada, conectada hidraulicamente, encontra-se o Aquífero Cristalino, possuindo características diferentes, variando com o comportamento hidrogeológico das rochas encontradas. As águas circulam por discontinuidades rúpteis da rocha (fraturas e falhas abertas), de caráter livre a semi-livre, heterogêneo e anisotrópico (HIRATA & FERREIRA 2001). As rochas granitóides e gnáissicas constituem o Aquífero A, produzindo uma vazão média de 9,1 m³/h e capacidade específica de 0,2 m³/h/m, enquanto as rochas metassedimentares formam o Aquífero B, apresentando vazões de 17,5 m³/h e capacidade específica de 1,4 m³/h/m (CAVALCANTI, 2002).

Com profundidade aproximada de 120 a 150 metros na RMSP, o aquífero cristalino na região de Mogi das Cruzes e suas vizinhanças apresenta capacidade específica média de 0,24

$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, transmissividade ao redor de 0,4 e $14 \text{ m}^2/\text{dia}$ e entre 0,5 e 5% do coeficiente de armazenamento (DAEE 1975). A porosidade eficaz (S_y) é de 3% (SABESP-CEPAS, 1994).

A condutividade hidráulica na porção intemperizada permanece entre 1×10^{-3} e $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, de acordo com a proximidade em relação à rocha intacta (REBOUÇAS, 1992).

Figura 16 - Mapa hidrogeológico da área de estudo.

Fonte: Cavalcanti, 2002.

4.6 Configuração Pedológica

A região de Biritiba-Mirim não possui um mapeamento atualizado na área pedológica em escala que permita a obtenção de informações para descrição e análise detalhada dos recursos de solos. No entanto, é possível caracterizar os diversos tipos de solos encontrados na área, que se distribuem em: Latossolo vermelho-Amarelo, Latossolo vermelho-escuro, Glei Pouco Húmico, Podzólico vermelho-amarelo e Cambissolo (CCN, 1997).

Os Latossolos são solos com predominância de argilominerais, não hidromórficos, variando entre muito profundos e profundos, são minerais com avançado estágio de intemperização. Os Latossolos vermelho-amarelo e vermelho-escuro se diferem pelo teor de hidróxido de ferro o qual confere uma coloração mais escura quando em maior concentração (CCN, 1997).

O solo Podzólico vermelho-amarelo apresenta um grande acúmulo de argila nas camadas superficiais. Possui solos minerais com horizonte B textural, não hidromórfico, com sequência de horizontes A, B e C, moderadamente drenados. Sendo solos de baixa fertilidade (CCN, 1997).

Os solos Glei Pouco Húmico apresentam um horizonte de coloração acinzentada resultado de modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo. São formados na presença de encharcamento em áreas planas e topograficamente baixas, e com deficiência de oxigenação (CCN, 1997).

Os Cambissolos são solos minerais com textura argilosa, ocorrem com horizonte B câmbico, não hidromórficos, de caráter álico, e são encontrados em relevos acidentado.

4.7 Cenário Geomorfológico

Situada na extremidade leste do Planalto Paulistano, geomorfológicamente Biritiba-Mirim está limitada a sudeste pelo Planalto Paraitinga/Paraibuna, integrante parcial da unidade morfoestrutural do Planalto Atlântico (ROSS; MOROZ, 1997). A bacia de drenagem do Biritiba-Mirim é alongada no sentido N-S, subdendrítico, evidenciando forte controle pelas estruturas das rochas do embasamento cristalino associadas à Zona de Cisalhamento de Cubatão. As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo estão disponíveis na Figura 17.

A presença marcante de planície fluvial (terrenos baixos e inclinados em direção ao canal) é característica das principais drenagens ao longo do reservatório, associadas a áreas alagadas e pantanosas, com variação das altitudes de acordo com o relevo em que ocorrem (CCN, 1997).

A cabeceira do rio Biritiba-Mirim apresenta uma paisagem constituída por relevo de morros, serras e montanhas superiores a 100m e declividades médias a altas. Contrapondo-se ao restante da bacia, na zona de baixo curso há o predomínio de relevos de colinas e morrotes e planícies fluviais, com pequenas porções onde ocorrem relevos de morrotes e morros e morrotes paralelos, (PIRES NETO, 1992).

Os relevos de colinas e morrotes favorecem a agricultura nesta região, solos férteis, pois sua amplitude entre 30 a 75 m, vertentes com declividades baixas de 10 a 15% e altitudes variáveis de 780 a 800 m, de acordo com dados de Cavalcanti (2002) diminuem o escoamento superficial e consequentemente a remoção dos produtos aplicados no solo.

Os relevos de morros, serras e montanhas também estão presentes nesta área de estudo, apresentando amplitudes que variam de 100 a 420 m, vertentes com declividades de 20 a 53% (CAVALCANTI, 2002).

Unidades menos significativas também foram descritas por Cavalcanti (2002), nesta área, embora encontradas em menor proporção. Os morrotes paralelos, por exemplo, apresentam 40 a 90 m de amplitude, vertentes com declividades de 23 a 50% e perfis retilíneos. Seus topos e vales são estreitos, padrão de drenagem em treliça e paralelo de alta densidade. Os morrotes e morros com amplitudes de 60 a 160 m, possuem vertentes com declividades de 13 a 40%, formando topos amplos, convexos e forma de topos estreitos, sendo os vales estreitos e padrão de drenagem dentrítico e subparalelo de média a alta densidade.

Figura 17 - Unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.
Fonte: Monteiro, 2006.

CAPÍTULO V - RESULTADOS

5.1 O Uso e Ocupação do Solo

No processo de ocupação de um território e uso do seu solo, independente da forma como ocorre, se por processos naturais ou sociais, as repercussões sobre o ecossistema local geram consequências ao ambiente. Estas devem ser compreendidas e gerar alternativas para a garantia de um sistema ecológico e humano em equilíbrio. Por meio do levantamento do uso e ocupação do solo é possível analisar a forma como o espaço está sendo ocupado, podendo apoiar e melhorar planos de desenvolvimento de uma região.

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, apesar de pouco favorável à ocupação urbana, acabou sendo intensamente ocupada. De acordo com o CBHAT (2014), não foram respeitadas suas fragilidades geológicas, morfológicas e ambientais locais, seguindo-se um processo contínuo de urbanização, resultando em um aglomerado que abriga um dos principais polos econômicos do Brasil, e está entre os cinco maiores aglomerados urbanos do mundo.

A Empresa Paulista de Planejamento Urbano S/A (Emplasa) demonstrou bem a evolução da mancha urbana de 1881 a 2002 na RMSP (FIGURA 18). Notando-se que a ocupação aconteceu em direção às áreas periféricas. No período de 1950 a 1962 já se observavam as áreas de mananciais sendo tomadas. A pressão populacional exercida nestas áreas resultou principalmente da expansão da agricultura, das pastagens e agroindústrias.

Expansão Urbana na Região Metropolitana de São Paulo de 1881 a 2002

Figura 18 - Expansão Urbana na Região Metropolitana de São Paulo de 1881 a 2002.

Fonte: Emplasa – Mapa da Expansão da Área urbanizada.

Apesar da existência das áreas de proteção dos mananciais que envolvem todos os reservatórios e rios, que fazem parte do sistema metropolitano de abastecimento de água (FIGURA 19), a ocupação nessas áreas continua resultando em solos com cultivo agrícola, pastagem, indústrias, residências e chácaras clandestinas e precárias, muitas vezes trazendo prejuízo ao meio ambiente, desmatamentos e comprometimento dos cursos de água, levando ao comprometimento da qualidade das águas.

A extensão total das áreas de proteção na RMSP é de 4.116 km², sendo que 2.768 km² estão dentro dos limites da BHAT, área que não está sendo respeitada pela pressão urbana, que ultrapassa esses limites.

Figura 19 - Áreas de proteção de Mananciais por Sub-bacia.

Fonte: Base Cartográfica Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, CBH-AT, 2014;

Recentemente foi sancionado pelo Governador Geraldo Alckmin, no Estado de São Paulo, o projeto de Lei nº 980/2015, que foi transformado em Lei nº 15913/2015 de 02 de outubro de 2015, mais conhecida como Lei Específica do Alto Tietê Cabeceiras. Esta lei permitirá a realização de processos de desapropriação e regularização fundiária em áreas de proteção ambiental, especificando o uso e a ocupação do solo, de maneira a adequar os limites de lançamento de substâncias poluidoras e garantir a qualidade da água dos mananciais, além de estabelecer diretrizes e parâmetros para a elaboração das leis municipais de uso, ocupação

do solo. Também pretende organizar a expansão urbana e garantir, nas áreas consideradas de risco, a implantação de programas de reurbanização, remoção e realocação de populações e recuperação do ambiente.

5.1.1 Estudo do Uso e Ocupação do Solo em Biritiba-Mirim

A bacia hidrográfica de Biritiba-Mirim situa-se sobre solos ricos em ferro e alumínio, destacando as atividades agrícolas, a silvicultura, pastagens e capoeiras, com importante presença de formações florestais nativas (CAVALCANTI, 2002).

As atividades predominantes no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim são facilmente identificadas. Ao percorrer a área da bacia, nota-se a extensão tomada pela agricultura e pelas granjas (FIGURAS 20, 21, 22, 23 e 24), e também estão presentes importantes remanescentes naturais de mata (FIGURA 25), os quais dominam grande parte das planícies fluviais e se estendem às vertentes dos morrotes e morros que circundam os vales. Uma cobertura vegetal nativa de médio e grande porte. Surge ao sudeste próximas de grandes indústrias de produção de papel as áreas de reflorestamento compondo o cenário.

Figura 20 - Vista geral de granja e das estufas agrícolas na área

Figura 21 - Vista geral de granja na área

Figura 22 - Imagem demonstrando a atividade antrópica no entorno do reservatório

Figura 23 - Vista das estufas agrícolas no entorno do reservatório

Figura 24 - Vista geral de plantação de hortaliças presentes na área do entorno do reservatório

Figura 25 - Vista geral da vegetação remanescente natural

Já as atividades comerciais compreendem, principalmente, a agroindústria de pequeno porte, atividades pesqueiras, comércio local e turismo.

Para o conhecimento do uso e do solo dessa área utilizaram-se de dados obtidos pelo Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola (LUPA) (FIGURA 26), distribuição das classes de uso e ocupação do solo no reservatório de Biritiba-Mirim (FIGURA 27), mapa de uso e ocupação do entorno do reservatório de Biritiba-Mirim (FIGURA 28) mapa de desapropriação do DAAE, 2010 (FIGURA 29). No mapa de uso e ocupação do solo, que ao considerar a finalidade, as fontes de informação, a visualização do local e os recursos disponíveis para a execução do mapeamento, definiram-se que as classes estudadas compreenderiam as seguintes:

Área úmida: Área de composição variável que sofre influência dos rios, estando sujeita a inundações periódicas ou permanentes.

Chácaras: Chácaras de lazer ou de uso residencial, como bairros e sítios que se encontram, ao longo das estradas. Constituem terrenos regulares, com presença de pomares, hortas, solo preparado para plantio, lagoas, bosques, etc.

Indústria: Prédios ou conjunto de instalações caracterizados pela presença de grandes pátios de estacionamento localizados dentro ou fora de área urbanizada.

Reflorestamento: Na RMSP, as áreas de reflorestamento são constituídas por paisagens homogêneas, geralmente de eucaliptos e pinus, cultivadas pelo homem com fim econômico.

Fragmentos florestais: Formados por árvores de porte superior a 5 metros, com junção de copas (as mais densas) ou com uma cobertura de pelo menos 40% (nos tipos mais abertos). No caso de formações secundárias, o porte das árvores pode ser inferior a 5 metros, apenas com um tronco (árvores e não arbustos).

Cultura Agrícola: Áreas de cultura agrícola perene ou anual, incluindo a horticultura.

Campos Antrópicos: vegetação de campo formada em áreas originais de floresta, devido à intervenção humana e ações para uma maior produtividade de espécies forrageiras, principalmente com a introdução de espécies nativas ou exóticas, não considerada remanescente de campo de altitude; e as pastagens.

Na Figura 26 é possível visualizar algumas classes e dados retirados dos dois últimos levantamentos LUPA referente ao município de Biritiba-Mirim considerados relevantes para o presente estudo, esses dados foram compilados e apresentados de maneira comparativa para facilitar na análise.

Figura 26 - Levantamento comparativo Lupa no município de Biritiba-Mirim nos anos de 1995/96 e 2007/08.

Ao analisar os dados obtidos na Figura 26, percebe-se que houve diminuição da área com cultura perene de 2,438Km² para 2,324Km². Aumento na área de cultura semi-perene e

anual para cultura temporária de 7,692 e 11,009 respectivamente para 20,315Km²; diminuição na área de pastagem de 15,080 para 13,604Km²; aumento na área de reflorestamento de 51,525 para 54,695Km²; a área de vegetação natural aumentou de 79,985 para 84,048Km².

Esse aumento da vegetação natural no município, corrobora a expressiva área de fragmentos florestais visualizados no mapeamento realizado no entorno do reservatório, (FIGURA 28), deixando evidente que apesar da severa pressão exercida nestas áreas ligadas à expansão agrícola, os dados demonstram que é grande a área de fragmentos florestais remanescentes, 9,90Km² e na ordem de 45,9 % (FIGURA 27). Observa-se que muitos trechos à margem dos cursos d'água, as APPs estão ainda totalmente desprovidas de vegetação nativa (FIGURA 28). A cultura agrícola e os campos antrópicos possuem grande representatividade no uso do solo, com 4,00Km² e 3,80Km² respectivamente, correspondendo a 18,7% e 17,8% (FIGURA 27). Ainda na Figura 27, observa-se que as chácaras estão distribuídas em uma área equivalente 1,80Km², ou 8,4% do território estudado, enquanto as áreas úmidas, 1,30Km² (5,9%), e o reflorestamento também se faz presente no entorno deste reservatório com 0,58Km² (2,70%). Este é formado principalmente por eucaliptos que são usados pela indústria de papel e celulose, localizadas próximo a esta área; onde as indústrias ocupam 0,13Km² (0,61%) do total da área analisada. É importante também ter uma visão espacial do uso e ocupação do solo, como mostrado na Figura 28, uma vez que os valores quantitativos não representam, por si só, a dinâmica do uso e ocupação.

Figura 27 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo no reservatório de Biritiba-Mirim.

Na Figura 28, observam-se todas as classes atribuídas ao uso e à ocupação no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, sendo possível visualizar também os pontos de amostragem

distribuídos na zona lacustre, zona de transição e zona de influência do rio. As áreas com atividade agrícola, designadas pela sigla SS além da cultura agrícola predominante no local da coleta, possuem áreas de pastagem, indústria, chácaras e fragmentos florestais ao seu redor. As áreas com fragmentos florestais preservados SL, apesar de estarem próximas de áreas com alguma atividade antrópica, possuem o mínimo de 30 metros de mata a partir da margem do reservatório, o que lhes garantem proteção contra eventuais interferências de escoamento superficial e possível entrada de poluentes. Os pontos utilizados pela Sabesp (PB), estão localizados em meio a fragmentos florestais, área com atividade agrícola e chácaras.

Atualmente uma área de 6,65Km², já foi desapropriada, visando preservar a qualidade da água (FIGURA 29), abrangendo quase que totalmente o limite de APPs ao entorno do reservatório, de largura mínima, em projeção horizontal, medida a partir do nível máximo normal de 30 metros em áreas urbanas consolidadas. No entanto, quando se visita o entorno desse reservatório, observa-se que nesta área, ainda permanece a existência de granjas, agricultura, chácaras e demais tipos de ocupação.

Figura 29 - Mapa de desapropriação.
Fonte: DAAE, 2010.

5.1.2 Interpretação dos dados obtidos

O uso e a ocupação no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, mesmo possuindo significativa quantidade de fragmentos florestais, ainda sim, é uma região tradicionalmente agrícola, com forte ocupação e pressão antrópica, o que pode ser justificado por estar inserido no Cinturão Verde de São Paulo. O entorno do reservatório deveria estar preservado com mata ciliar, mas conforme mostrado no mapeamento, fotografias e por meio de observações efetuadas em visita no campo, a área ainda abriga considerável estrutura hortifrutigranjeira, uma progressiva redução da mata nativa e abundância de vegetação sobrenadante (macrófitas).

A ocupação dos solos exercida pela agricultura, característica do município de Biritiba-Mirim, pode vir a provocar não só profundas alterações nos ecossistemas local, mas também eliminar a cobertura vegetal no entorno do reservatório, podendo interferir no ciclo hidrológico da bacia. O escoamento superficial, por exemplo, é um evento importante dentro deste panorama, desencadeando maiores ocorrências de processos erosivos, transporte de poluentes, nutrientes e sedimentos para dentro deste ambiente, alterando a qualidade da água, reduzindo a biodiversidade e a degradação de imensas áreas.

A elevada taxa de expansão urbana é um fator preocupante para a área estudada, pois o aglomerado formado pela população está ocorrendo de forma desordenada e sem planejamento, invadindo as APPs. Sem as devidas fiscalizações para se fazer cumprir, a lei torna-se ineficaz, gerando um impacto ambiental, social e econômico, pois além da necessidade de proteger as áreas verdes dos mananciais, é necessário também resolver o acesso à terra urbana e moradia digna à população de forma ambientalmente responsável.

Portanto, com este levantamento, fica clara a necessidade da recomposição das áreas de preservação permanente, conforme a preconização da lei. A fragmentação das formações florestais observadas podem levar à extinção de muitas espécies vegetais e animais, acompanhada de uma grande redução na quantidade e qualidade da água para fins de abastecimento público, como a crise hídrica que a RMSPP já está vivenciando.

Medidas mais rígidas de governança local por meio de processos participativos do município devem ser realizadas para fazer frente aos impactos gerados, pois, mesmo possuindo um Conselho de Meio Ambiente, ainda não possui um Plano Diretor e Leis de Zoneamento implantados até o momento. Com a ausência de fiscalização e adoção de política

de incentivos, principalmente na agricultura familiar, sempre será observado uma perda quantitativa e qualitativa da água.

Todo este cenário deve ser planejado e modificado a médio e longo prazos. A crise hídrica colocou em iminência os problemas apresentados pelos reservatórios da RMS, que até então estavam todos ocultos, evidenciando que o uso e a ocupação desses solos, exercem significativa pressão sobre o reservatório, repercutindo na qualidade e disponibilidade da água, consequentemente no bem-estar de toda a população exposta.

5.2 Parâmetros físico-químicos da água

Com a criação de órgãos e agências responsáveis pelo controle e estabelecimento de critérios e concentrações máximas permissíveis dos poluentes, para assegurar e proteger a saúde da população e do meio ambiente, o monitoramento das variáveis físicas e químicas da água são alguns dos instrumentos que contribuem para avaliação da qualidade deste recurso. Apresentam vantagens como: a identificação das propriedades físicas e químicas; detecção precisa da variável modificada, determinação das concentrações alteradas, demonstrando serem bons indicadores para a investigação ambiental. No presente estudo analisaram as variáveis como: profundidade (PROF.) potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (ORP), temperatura (T°C) e turbidez (TURB.), e os elementos: prata (Ag), alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), níquel (Ni), chumbo (Pb), antimônio (Sb), selênio (Se), zinco (Zn), fósforo (P) e cloreto da água superficial do reservatório de Biritiba-Mirim.

5.2.1 Análise dos parâmetros físico – químicos.

Os resultados da caracterização dos elementos físico-químicos determinados *in situ* nas águas do Reservatório de Biritiba-Mirim, nas estações de amostragem escolhidas, estão apresentados nas Tabelas 5.1, referente à área com atividade agrícola, 5.2 referente a mata ciliar e 5.3 com os pontos coletados na cabeceira do rio Biritiba-Mirim, onde a Sabesp realiza as coletas das suas amostras.

Tabela 5. 1 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ para o Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com atividade agrícola.

Pontos Área Atividade Agricultura	PROF/m	T°C	pH	CE μS/cm	ORP mV	OD%	OD mg/L	TURB/ NTU
P1	2,4	19,4	5,9	35	206	35,4	3,2	9,5
P2	3,0	19,3	6,0	34	231	35,3	3,2	9,7
P3	3,8	19,2	6,3	33	238	47,9	4,4	7,2
P4	3,9	19,1	6,2	33	223	72,8	6,8	5,0
P5	2,8	19,5	7,0	31	202	80,6	7,4	3,5
P6	1,9	20,2	7,1	31	198	103,8	9,4	5,4
P7	1,1	18,7	5,4	28	256	53,8	5,4	6,4
P8	1,7	18,8	6,3	28	258	50,1	4,7	6,7
P9	1,7	18,7	6,4	28	253	50,8	4,7	6,7
P10	2,5	18,7	6,3	28	258	50,7	4,7	6,5
P11	2,4	18,8	5,4	28	238	59,1	5,5	6,5

Tabela 5. 2 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ para o Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas preservadas com mata ciliar.

PONTO Área Preservada	PROF/ m	T/C°	pH	CE μS/cm	ORP mV	OD%	OD mg/L	TUB NTU
P12	2,7	18,8	7,0	31	186,7	67,7	6,3	6,3
P13	2,9	18,8	6,8	31	258,6	64,2	6,0	7
P14	1,9	18,9	6,8	31	274,3	84,1	7,9	7,1
P15	2,7	18,8	6,7	31	268,8	70,2	6,5	10,6
P16	3,1	18,8	6,7	31	264,7	71,3	6,6	6,4
P17	1,6	19,1	6,2	28	247,7	60,8	5,6	6,8
P18	1,7	19,1	5,8	28	274,9	61,8	5,7	6,6
P19	1,7	19,1	5,9	28	281,7	62,4	5,8	6,6
P20	1,7	19,2	6,4	28	253,0	67,2	6,2	6,7
P21	2,7	19,0	6,5	29	263,5	67,6	6,3	6,5

Tabela 5. 3 - Valores dos parâmetros físico-químicos analisados in situ na cabeceira do rio Biritiba - Mirim, pontos utilizados pela Sabesp.

PONTO	PRO F/m	T/C°	pH	CE μS/cm	ORP mV	OD %	OD mg/L	TURB/NT U
PB22_M	1	14,7	4,8	16	238,0	74,5	7,57	2,2
PB23_J	1	14,7	5,0	17	227,0	74,0	7,51	2,5

Para a realização da análise estatística, variáveis como profundidade e temperatura, por não possuírem relação direta com a qualidade da água, foram excluídas. O oxigênio dissolvido em mg/l também não entrou como parâmetro da pesquisa, pois optou-se pelo uso do oxigênio dissolvido em porcentagem de saturação, já que este é um elemento mais completo, e utiliza a temperatura e pressão. De acordo com a PCA apresentadas na Tabela 5.4, os parâmetros abióticos se associaram em axis identificando a importância de cada coeficiente na variação da qualidade da água e sua correlação positiva ou negativa conforme representado pelos sinais matemáticos. No processamento dos resultados deste trabalho, duas componentes principais permitiram representar aproximadamente 73,6% da variância dos dados, que foram utilizadas para verificar semelhanças e diferenças dentro do conjunto amostral. A PC1 explicou 41,64% da variância total onde o pH e OD% foram as que melhor contribuíram para essa componente. Já a CE foi a principal variáveis da PC2 (35,34%) da variância total dos dados (TABELA 5.4).

Tabela 5. 4 - Valor das variáveis nas principais componentes rotacionadas mais significantes para os pontos de estudo no Reservatório de Biritiba-Mirim.

Parâmetros	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
pH	0.8158	0.1304	0.4501	-0.312	0.1324
CE	0.2193	0.9091	0.0711	0.2885	0.1926
Od%	0.8132	-0.3639	0.2737	0.2862	-0.2226
ORP	-0.5752	-0.5702	0.5222	0.1423	0.2261
Turb	-0.6133	0.5509	0.4973	-0.0658	-0.2622
Eigenvalue	2.0817	1.6045	0.8026	0.2870	0.2240
Variance%	41.636	32.090	16.0520	5.7403	4.4813

Na Figura 30 é possível observar a apresentação dos resultados das amostras (“Scores”) e das variáveis (“Loadings”) no mesmo gráfico da PCA, ou seja, adotou-se a utilização de vetores identificando as principais variáveis responsáveis pelos agrupamentos das amostras.

Figura 30 - Gráfico das Componentes Principais (PC1-PC2) dos resultados físico-químicos das amostras das águas de Biritiba-Mirim, os pontos representam as áreas com atividade agrícola (SS), “sistema sujo”, mata ciliar (SL), “sistema limpo”.

A PCA demonstrou que houve um agrupamento em função do local de coleta (Figura 30). As amostras coletadas na área usada para o desenvolvimento de atividades agrícolas (SS), foram agrupadas, na maioria dos casos, no lado esquerdo da CP1 (Figura 30) e na área com preservação de mata nativa em seu entorno (SL), demonstrando tendência de agrupamento no lado direito do eixo do gráfico. A separação entre os lados direito e esquerdo do vetor horizontal foi fortemente influenciada pelos valores de pH e OD (figura 30), onde a área SS apresentou um pH ácido e menores concentrações de OD%, quando comparado com a área preservada SL. Além disso, valores menores de ORP também estão relacionados às áreas SS (Figura 30) discriminando as duas áreas. Altos valores de condutividade elétrica e turbidez caracterizaram dois pontos “sistema sujo” em destaque a esquerda, (Figura 30) que poderiam ser considerados como um terceiro grupo em condições também impactadas.

5.2.2 pH e OD

Ao visualizar a Figura 31, tornam-se mais claras as diferenças de pH entre as áreas, pois os pontos localizados na área com atividade agrícola evidenciam um valor nitidamente mais baixo, quando comparado com os pontos da área preservada, variando entre 5,34 a 7,11 (Tabela 5.2). A resolução 357/2005 do CONAMA estabelece que o pH esteja entre 6,0 e 9,0. A área com atividade agrícola apresentou 4 pontos em não conformidade com o CONAMA, e 5 pontos com valores entre 6,0 e 6,5, enquanto a área com vegetação natural apresentou 8 pontos em conformidade, dos quais apenas 1 com valor abaixo de 6,5, e 2 pontos em não conformidade (Tabela 5.1 e 5.2). Nas áreas com mata ciliar ao redor nota-se maior pH (Figura 31). Demonstrando menor variação e maior neutralidade entre as amostras Já o pH das amostras da área de coleta da Sabesp apresentaram certa acidez e homogeneidade (Figura 31).

Figura 31 - Gráfico apresentando os valores do pH nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com os valores máximo de 9 e mínimo de 6 como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

Para a concentração de oxigênio dissolvido em águas de classe 1, a resolução 357/2005 do CONAMA estabelece que o valor não seja inferior a 6mg/l. Na Figura 32 e Tabela 5.1, nota-se que na área agrícola (SS) grande parte dos pontos coletados não estão em conformidade com o valor estabelecido pelo CONAMA, inclusive foi encontrado o valor de 3,2mg/l em uma das amostras, considerado crítico para a existência de determinadas espécies, e apenas 3 pontos apresentam valores acima de 6mg/l. Diferente da área preservada que

possui a maioria dos pontos em conformidade com a concentração mínima estabelecida e dos pontos coletados na cabeceira do rio (Sabesp) que estão todos enquadrados.

Figura 32 - Gráfico apresentando os valores do oxigênio dissolvido (mg/l) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com os valores máximo de 6mg/l como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

Na Figura 33, estão apresentados os valores em porcentagem de saturação de oxigênio, que é a porcentagem existente deste gás na água de acordo com o máximo que pode ser dissolvido. Resultados coerentes com a suas respectivas temperaturas amostrais (Tabelas 5.1 a 5.4), uma vez que a porcentagem de saturação de oxigênio depende da temperatura da água e da pressão atmosférica.

Figura 33 - Gráfico apresentando os valores do oxigênio dissolvido (%) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.

5.2.3 Potencial de oxi-redução

Quanto ao potencial de oxi-redução, as áreas com atividade agrícola, apresentaram valores estatisticamente mais baixos quando comparados com as área preservadas (TABELA 5.2, FIGURA 30 e 34), enquanto os pontos próximos da nascente (Sabesp), o valor médio foi em torno de 232,3 mV. A resolução CONAMA 357/2005 não estabelece parâmetros para o ORP

Figura 34 - Gráfico apresentando os valores do potencial de oxi-redução (mV) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.

5.2.4 Temperatura

A temperatura nas áreas com atividade agrícola e de área preservada permaneceu ao redor de 19°C, já na nascente foi 14,6 °C em ambos os pontos (TABELAS 5.1 A 5.4 E FIGURA 35).

Figura 35 - Gráfico apresentando os valores da temperatura (o C) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.

5.2.5 Condutividade elétrica e Turbidez

Em relação à condutividade elétrica e turbidez, houve 2 pontos em destaque pertencentes à área agrícola que os distinguiu dos demais grupos, possivelmente localizados em ambiente impactado (Figura 30, 34 e 35). Nos demais pontos seus valores não foram significativamente altos para diferenciá-las e no caso da variável turbidez, não ultrapassaram o limite permitido pela resolução 357 do CONAMA, que é de 40 NTU em águas doces classe 1. A condutividade e turbidez, nos pontos próximos à nascente foram baixos (Figura 36 e 37, Tabela 5.4), com valores entre 16 e 17 μ S/cm para CE e 2,2 NTU para turbidez.

Figura 36 - Gráfico apresentando os valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta próximos à nascente (Sabesp) à montante e jusante, em Biritiba-Mirim.

Figura 37 - Gráfico apresentando os valores de turbidez (NTU) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor máximo de 40 NTU como referência preconizada pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

5.2.6 Teste de similaridade

A ANOSIM realizada a partir da matriz dos dados abióticos comparou as distâncias dentro dos grupos com as distâncias fora dos grupos a partir de 9999 permutações, indicando que há heterogeneidade espacial, ou seja, as áreas em questão apresentaram diferenças

significativas entre elas, pois resultou em um valor de $p=0.0042$. Para este teste os valores variam entre -1 a 1, representando o valor 1 maior similaridade entre as amostras dos grupos. O teste *post hoc* sequencial de Bonferroni (grupo de resposta) realizado, rejeitou a hipótese (H_0) de que não existe diferença entre os grupos, com um valor de significância atribuído para o teste de $p < 0,05$. Os testes estatísticos estão apresentados no APÊNDICE – B.

5.2.7 Análise dos elementos inorgânicos

Foram analisados e determinados os seguintes elementos químicos das amostras de água superficial: Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, P e Cloreto. Os resultados totais da análise química da água podem ser visualizados no APÊNDICE-C; já os resultados apresentados nos Gráficos abaixo e nas Tabelas 5.5, 5.6 e 5.7 são apenas dos elementos que ultrapassaram os limites permitidos pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, como o Al, Fe, Mn, Zn e P.

Na Tabela 5.5 são apresentados os valores dos elementos químicos encontrados na área com presença de atividade agrícola, sendo possível visualizar que 8 pontos não estão enquadrados no limite determinado pela resolução 357/2005 do CONAMA para os elementos Al e Fe; 5 pontos estão acima do recomendado para níveis de P, 3 para Zn e 1 para Mn. A média de detecção para os elementos como Al, Fe e P, na área agrícola ficaram acima do recomendado pelo CONAMA.

Na área em que ocorre cobertura por mata ciliar no entorno do reservatório, foi detectada a presença de Al, Fe, Zn e P em 9, 6, 2 e 9 pontos respectivamente (TABELA 5.6). A média de detecção para os elementos como Al, Fe e P nesta área também ficaram acima do recomendado pelo CONAMA.

Na Tabela 5.7 estão demonstrados os 2 pontos de coleta balizados pela Sabesp, tanto à montante como a jusante foram encontrados níveis acima do permitido pelo CONAMA para os elementos Al, Zn, Fe e P.

Tabela 5. 5 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com atividade agrícola, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.

Amostras Área Agrícolas	Al	Fe	Mn	Zn	Fósforo
P1	0,052	0,262	0,020	0,066	0,060
P2	0,111	0,404	0,020	0,204	0,010
P3	0,092	0,258	0,020	0,295	0,070
P4	0,268	0,226	0,020	0,107	0,370
P5	0,138	0,475	0,020	0,075	0,010
P6	0,238	0,450	0,020	0,078	-0,020
P7	0,120	0,327	0,020	0,083	0,020
P8	0,129	0,333	0,020	0,142	0,020
P9	4,883	18,19	0,700	0,061	0,750
P10	0,085	0,367	0,020	0,066	0,080
P11	0,174	0,319	0,020	0,228	0,020
Média	0,572	1,965	0,082	0,128	0,126
Desvio Padrão	1,431	5,131	0,205	0,080	0,232
*V.M.P. (Conama classe 1)	0,100	0,300	0,100	0,180	0,020

Valor Máximo Permissível para o enquadramento pelo Conama em rios de classes 1 (mg/l).

Tabela 5. 6 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas com mata ciliar, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.

Amostras Área Mata Ciliar	Al	Fe	Mn	Zn	Fósforo
P12	0,108	0,465	0,02	0,209	0,020
P13	0,122	0,442	0,02	0,060	0,030
P14	0,267	0,684	0,02	0,049	0,030
P15	0,093	0,184	0,02	0,106	0,040
P16	0,123	0,200	0,02	0,180	0,060
P17	0,134	0,338	0,02	0,185	0,030
P18	0,134	0,307	0,02	0,122	0,210
P19	0,107	0,393	0,02	0,052	0,090
P20	0,154	0,248	0,02	0,138	0,050
P21	0,116	0,266	0,02	0,156	0,060
Média	0,136	0,353	0,02	0,126	0,060
Desvio Padrão	0,049	0,151		0,058	0,056
*V.M.P.	0,100	0,300	0,100	0,180	0,020

* Valor Máximo Permissível para o enquadramento pelo CONAMA em rios de classes 1 (mg/l)

Tabela 5. 7 - Valores dos elementos químicos analisados no Reservatório de Biritiba-Mirim nas áreas de coleta da Sabesp, que ultrapassaram o limite de detecção permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA, classe 1, em pelo menos um ponto de amostragem em mg/l.

Amostras Pontos Sabesp	Al	Fe	Mn	Zn	Fósforo
P22-M	0,352	0,537	0,048	0,138	0,44
P23-J	0,170	0,706	0,024	0,252	0,13
Média	0,261	0,622	0,036	0,195	0,285
Desvio Padrão	0,129	0,120	0,017	0,081	0,219
*V.M.P.	0,100	0,300	0,100	0,180	0,020

Valor Máximo Permissível para o enquadramento pelo CONAMA em rios de classes 1 (mg/l).

Na Figura 38 nota-se que, em praticamente todas as áreas, o nível de alumínio está acima do recomendado pelo CONAMA, mas um ponto coletado em área com presença de atividade agrícola, destaca-se por apresentar um valor 48,83 vezes maior do que o permitido pelo CONAMA para este elemento.

Figura 38 - Gráfico apresentando os valores de alumínio (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,1mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

No Figura 39 o mesmo ponto aparece novamente em destaque por apresentar um valor 60,63 vezes maior do que o permitido pelo CONAMA para o elemento ferro; assim como na Figura 40, no qual ele foi o único ponto não enquadrado por possuir um valor acima do permitido pelo CONAMA para a concentração de manganês.

Figura 39 - Gráfico apresentando os valores de ferro (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,3mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

Figura 40 - Gráfico apresentando os valores de manganês (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,1mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

No figura 41 é possível visualizar que os maiores valores foram encontrados na área com atividade agrícola para o zinco, apesar da oscilação do elemento apresentada também nas demais áreas.

Figura 41 - Gráfico apresentando os valores de zinco (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,18mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

Com relação ao elemento fósforo, por meio do Figura 42, nota-se a sua presença em todas as áreas analisadas, mas no ponto 9 (área com atividade agrícola) novamente, o valor encontrado é 37,5 vezes acima do permitido pelo CONAMA 357/2005.

Figura 42 - Gráfico apresentando os valores de fósforo (mg/L) nos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante, em Biritiba-Mirim, com o valor de referência máximo de 0,02mg/L estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1.

Na Figura 43 são demonstradas as médias dos elementos analisados por área. Fica nítido que a área agrícola apresentou uma concentração média maior dos elementos químicos quando comparada com a área protegida por mata ciliar; e com exceção do manganês e zinco, a média se apresentou sempre com valores mais altos do que o permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA. Os pontos onde a Sabesp coleta as amostras, apesar de serem apenas 2, também estão acima do recomendado pelo CONAMA.

Figura 43 - Gráfico comparativo apresentando a média dos pontos de amostragem das áreas agrícolas, de mata ciliar e a média dos pontos de coleta da Sabesp à montante e jusante e o valor máximo permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA para águas de classe 1 em cada um dos elementos químicos apresentados.

* Valor Máximo Permissível para o enquadramento pelo CONAMA em rios de classes 1 (mg/l).

5.2.8 Considerações sobre as análises físico-químicas da água no reservatório de Biritiba-Mirim.

As análises realizadas neste capítulo contribuíram para elucidar inicialmente as condições de qualidade da água superficial no reservatório de Biritiba-Mirim.

No presente estudo as amostras coletadas nas áreas com atividade agrícola, demonstraram valores de pH, OD e ORP estatisticamente inferiores quando comparadas com a área preservada. O pH, OD e ORP possuem uma relação intrínseca em um sistema aquático, de acordo com Mcneely (1979). O pH é capaz de provocar alterações em um corpo hídrico, e influenciar processos biológicos como a fotossíntese e respiração, enquanto o teor de oxigênio dissolvido altera o pH pela variação de dióxido de carbono. Bollmann et al., (2005) afirmam que a dinâmica de degradação da matéria orgânica nos reservatórios influencia a ciclagem dos nutrientes disponibilizando esses materiais assimiláveis para a biota do ecossistema, e indiretamente, através do consumo de O₂ e redução do potencial oxi-redução do meio.

O pH da maioria das águas naturais varia entre 6,0 e 8,5, valores menores podem ocorrer em águas com elevada concentração de matéria orgânica (CHAPMAN, 1992). Segundo Canadá (1999), quando os níveis do pH se encontram baixos, ocorre uma mudança nas superfícies de cargas e forças atrativas destes hidróxidos, o que resulta na adsorção de metais que associados aos sedimentos, podem causar a degradação do corpo d'água. Von

Sperling (2005) afirma que valores de pH muito afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática, como os peixes e os microrganismos.

A diminuição do pH das águas naturais provoca um aumento da concentração de íons alumínio na água, pois segundo Baird (2002), o alumínio é mais solúvel em águas ácidas ($\text{pH} < 6$); situação coerente com os achados em Biritiba-Mirim, pois as áreas com atividade agrícola apresentaram menores valores de pH e maiores concentrações de íons alumínio. Baird (2002), ainda descreve que o consumo de água com mais de $100 \mu\text{g/L}$ de alumínio, pode causar danos neurológicos como perda de memória e aumento da incidência da doença de Alzheimer. O ferro também foi encontrado em maiores quantidades nas áreas com atividades agrícolas, e o manganês teve apenas um ponto nesta área em não conformidade com a resolução 357/2005 do CONAMA. Estes íons podem ter como possíveis fontes de entrada o próprio ambiente, por fazerem parte o Fe e Mn do Complexo Embu e o Al do Complexo granítico e a ação do intemperismo atuando sobre eles, ou mesmo de indústrias e no caso do Mn defensivo agrícola também pode ser uma provável fonte.

Nas áreas preservadas e de coleta da Sabesp foi observado pH entre neutro a levemente ácido. De acordo com CCN (1997), antes do enchimento do reservatório Biritiba, os índices de pH do rio oscilavam entre neutro, com leve tendência à acidez devido a baixos valores de alcalinidade, e dureza total. Para Silva *et. al* (2010), o pH pode refletir o tipo de solo que as águas percorrem ao longo da bacia.

Lançamentos de poluentes nas águas provocam degradação de matéria orgânica pelas bactérias, e poluentes atmosféricos contribuem para a modificação do pH (CANADÁ, 1999). Já os baixos valores de OD e do ORP presente nas áreas agrícolas, conforme encontrados no presente estudo, pode indicar, segundo Von Sperling (1985), processos de consumo na decomposição de compostos orgânicos das substâncias lançadas na água, podendo ser indicativo de comprometimento ambiental quanto a qualidade deste elemento. Bollmann (2005) descreve que quando ocorre déficit de oxigênio, diminuição do pH e do potencial redox, há aumento na decomposição da matéria orgânica, e na concentração da matéria orgânica dissolvida. De acordo com British Columbia (1998), as fontes antrópicas que contribuem para o decréscimo de oxigênio são: desflorestamento, agricultura, efluentes de fábricas, de esgotos domésticos, estações de tratamento e alagamentos (lagos).

As maiores fontes não pontuais de nutrientes para os ecossistemas aquáticos são as áreas agrícolas, sendo que a entrada de fósforo é o maior problema. O fósforo é um nutriente essencial para o cultivo de vegetais, mas quando ocorre a lixiviação em decorrência das chuvas há aumento da concentração desse elemento na água, desencadeando o processo de

eutrofização (SHARPLEY, *et al.*, 1999). Em Biritiba – Mirim, todas as áreas analisadas, mas principalmente nas áreas com atividade agrícola, as concentrações de fósforo estavam em níveis muito acima do limite, indicando elevado aporte deste nutriente para o meio. Pôde ser observado em alguns trechos que as atividades de irrigação interagem com fertilizantes, sendo estes carregados para o corpo hídrico. Sharpley e Halvorson (1994) documentaram que em bacias hidrográficas dos Estados Unidos a perda de fósforo por escoamento e erosão são maiores à medida que as florestas diminuem e as áreas com agricultura aumentam.

Em alguns pontos o elemento zinco, tanto nas áreas com atividade agrícola como nas de zona ripárias, não se enquadrou no limite máximo estabelecido pelo CONAMA. Este elemento é encontrado principalmente em defensivos agrícolas e dejetos de produção intensiva de porcos e aves. Doses altas de zinco podem causar problemas pulmonares, febre, calafrios, gastroenterites, sonolência, náusea, desidratação e descoordenação muscular (ROCHA, 1985).

Variáveis físicas, como a temperatura dos sistemas aquáticos, acompanham as flutuações do clima durante o ano. As faixas de temperatura em nossas águas superficiais encontram-se entre 4 a 30°C (BRANCO, 1986), com variação sazonal, observando-se valores mais altos nos meses mais quentes e menores nos mais frios (HYNES, 1970).

No reservatório de Biritiba-Mirim ao longo das estações de amostragem foi observado aumento de temperatura na área próxima à nascente. Nas demais áreas a jusante, encontraram-se diferenças que podem indicar uma variação associada ao acúmulo de calor nas massas de água represadas. Este fenômeno foi observado também no estudo de Nogueira *et al.* (2005), no rio Paranapanema, em SP. Segundo Braga *et al.* (2003), a construção de um reservatório resulta em concentrações de massas de água maiores, podendo alterar a temperatura da água não só localmente, mas também dos rios a jusante.

A Resolução 357/2005 do CONAMA não estabelece limites para o parâmetro condutividade, mas segundo a CETESB (2008), a quantidade de sais existentes na água, pode representar indiretamente a concentração de poluentes. A água possui baixo potencial de ionização e se pequenas quantidades de soluções condutoras forem nela dissolvidas (ácidos inorgânicos, bases e sais), haverá aumento de níveis de condutividade. Níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicam que o ambiente foi impactado. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados e altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Os valores de condutividade elétrica e turbidez observados em quase todos os pontos amostrados foram relativamente baixos. No entanto, dois pontos de amostragem nas áreas

com presença de maior ocupação receberam destaque por apresentarem aumento de valores estatisticamente significativos quando comparados aos das demais regiões. Resultados que corroboram com os dados de Sendacz *et al.* (2005) que ao estudarem o Alto Tietê Cabeceiras, observaram maior valor de condutividade elétrica nas regiões com presença de urbanização e menor na presença de mata e reflorestamento, além de grande variabilidade nos dados de condutividade. Outro fator a ser considerado foram os períodos de precipitações atípicos quando as coletas foram realizadas, podendo terem interferido nos resultados. Moccellini (2006), em seu estudo, observou variação sazonal bem definida da condutividade elétrica, com menores valores no período de maior precipitação. Estes dados salientam o efeito de diluição que ocorre nas águas e também a influência geológica da bacia hidrográfica resultando em material lixiviado neste período.

De acordo com Esteves (2011), a turbidez é uma medida da capacidade de dispersão da radiação. Para Branco (1986) a turbidez da água é dada pela presença de partículas em suspensão, por isso as prováveis áreas impactadas apresentaram valores de CE e turbidez mais altos.

Já o teste *post hoc* sequencial de Bonferroni realizado indicou que há diferenças entre as áreas com atividade agrícola (SS) e as áreas preservadas (SL), deste modo através dos parâmetros físico-químicos analisados no reservatório de Biritiba-Mirim, fica evidente que estão ocorrendo alterações nestes locais, confirmados pela baixa concentração de OD, pH, ORP e alta concentração de fósforo e zinco na área agrícola. Há também 2 pontos com alta CE e turbidez, provavelmente devido ao excesso de matéria orgânica e nutrientes. A decomposição destes produtos resulta em maior consumo de oxigênio que gera acidez da água, possivelmente em razão do uso e ocupação inadequados no entorno do reservatório.

Embora alguns valores possam estar relacionados ao ambiente geológico ao redor do reservatório, as altas concentrações de alguns metais indicam uma influência da ação antrópica no Reservatório de Biritiba - Mirim já que se trata de uma região ocupada por áreas agrícolas e por granjas. Portanto, acredita-se que as alterações ocorridas provavelmente resultam de entrada de substâncias de origem antrópica, em razão do uso e da ocupação inadequada no entorno do reservatório.

5.3 Microscopia Eletrônica de Varredura e a obtenção dos dados para a análises das amostras.

Com o inadequado uso do solo no entorno do reservatório de Biritiba-Mirim, principalmente pela agricultura, como descrito nos resultados de uso e ocupação do solo anteriormente, esse reservatório vem exibindo alguns aspectos físico-químicos que podem ser indicação de seu comprometimento quanto a qualidade de suas águas. O uso de defensivos agrícolas, adubos e nutrientes sabidamente empregados por esses agricultores, podem estar entrando por escoamento superficial dos solos, ficando em suspensão até sedimentarem no leito desse reservatório.

Para rastrear a presença ou não de elementos químicos potencialmente tóxicos agregados ao sedimento em suspensão, foi utilizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) como uma ferramenta inédita e preditiva no auxílio desse diagnóstico e possível comprometimento do ecossistema aquático. A técnica foi baseada na obtenção de sedimentos suspensos no reservatório através da filtragem da água superficial *in situ* e de posterior processamento (Capítulo II), para efetuar as determinações pontuais em busca de possíveis elementos químicos associados principalmente ao uso de fertilizantes, defensivos e nutrientes agrícolas, que poderiam interferir na qualidade da água do reservatório colocando em risco esse ecossistema e o abastecimento público.

O processamento das imagens por meio do MEV permitiu a determinação analítica química qualitativa e semi-quantitativa das amostras analisadas dos sedimentos em suspensão amostrados nos filtros de coleta. O mapeamento dos elétrons secundários forneceram as imagens de topografia da superfície da amostra e foram os responsáveis pela obtenção das imagens de alta resolução com elevada profundidade. Posteriormente foi realizado o mapeamento por elétrons retroespalhados que fornecem uma imagem característica da variação de composição e determinação química dos sedimentos. Essa imagem apresenta tons de cinza, onde o peso atômico dos elementos analisados tem a sua correspondência inversamente proporcional a coloração da imagem. Quanto maior o peso atômico, mais claro é o tom de cinza. A resolução da imagem gerada a partir de elétrons retroespalhados é inferior à dos elétrons secundários. E com a análise EDS obteve-se os espectros em que os picos são equivalentes às concentrações de determinados elementos presentes nas amostras.

Os resultados geraram um grande volume de dados (TABELA 5.8), face a esse aspecto e do espaço limitado do texto estão sendo apresentadas no decorrer dessa Tese,

apenas algumas análises e imagens de MEV cujas informações são básicas para a discussão que se seguirá. Essa discussão contempla todos os elementos químicos identificados e presentes em todas as amostras coletadas em cada uma das áreas de estudo. As outras análises efetuadas estarão disponíveis no APÊNDICE junto com as micrografias relevantes conforme segue o capítulo.

Tabela 5. 8 - Número de micrografias, espectroscopia de energia dispersiva e análises quantitativas realizadas por área no presente estudo.

MICROGRAFIAS		ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA(EDS)	ANÁLISES QUÍMICAS SEMI-QUANTITATIVA
ÁREAS ANTRÓPICA	22	54	68
ÁREAS PRESERVADAS	23	6	17
ÁREA DE COLETA DA SABESP	6	15	17
FILTRO NOVO (BRANCO)	20	5	0
TOTAL	91	80	102

Considerando que boa parte das imagens e análises obtidas provinham das películas dos filtros utilizados no processo de filtragem dos sedimentos em suspensão, foram analisados os filtros brancos isoladamente, sem que tenham sido empregados na filtragem de sedimentos em suspensão. O intuito nesse caso visava identificar a composição dos mesmos e indicar se esses poderiam ou não apresentar algum elemento químico em sua composição que viesse a se confundir com os elementos procurados oriundos de atividades antrópicas (agricultura, silvicultura, avicultura etc) como foi descrito na metodologia dessa tese.

Nas análises semi-quantitativas, como citado no Capítulo II, respeitando o fato de que as determinações em MEV serem pontuais e não totais o que gera resultados com certa restrição quanto a generalidade de interpretação, mas podem ser indicadores de informações importantes quanto a qualidade do fluxo de sedimentos de outros materiais para o interior da massa de água constituída do reservatório. Por outro lado os sedimentos em suspensão encontram-se imediatamente acima do sedimento de fundo e posteriormente devem se depositar no fundo do reservatório, além da inexistência de valores máximos permitidos para os elementos químicos agregados aos sedimentos em suspensão na legislação em águas superficiais de um reservatório. Com essas limitações foram realizadas as determinações das amostras cujo resultado em porcentagem do peso foram comparados com os valores

orientadores estabelecidos pela resolução CONAMA 454/2012 para sedimentos de fundo, que especifica os valores limites de contaminantes orgânicos e químicos, este último baseado na classificação de cinco classes de qualidade, encontrados na Tabela de valores TEL e PEL (ANEXO A) e para fósforo (ANEXO B).

5.3.1 Resultados das determinações químicas qualitativas e semi-quantitativas aplicadas nas amostras de sedimentos em suspensão no reservatório de Biritiba-Mirim e Discussão desses dados.

Os resultados abaixo apresentam algumas micrografias analisadas e os pontos dessas imagens que foram submetidos à EDS, seus respectivos espectros representados e seguidos da análise semi-quantitativa. Convencionou-se o uso das siglas CAS e EDS para as áreas com atividade agrícola no entorno do reservatório, CAL e EDL para a área protegida com mata ciliar ao redor, e das áreas de coleta usada como referência pela SABESP, a sigla PBJ.

Na Figura 44, observa-se imagem em alta resolução onde os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área com presença de atividade antrópica.

Figura 44 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área com atividade agrícola, aumento de 800 vezes.

Também se pode observar na micrografia com os elétrons retroespalhado detectados de particulados em suspensão da estação de amostragem com atividade antrópica, aumento de 800 vezes (Figura 45), e todos os pontos que foram analisados nesta amostra (Figura 46). Nas figuras 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61 e 62 são apresentados os espectros dos pontos analisados correspondentes a figura 46. Nas tabelas 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 estão apresentadas as análises químicas semi-quantitativa correspondente ao espectro que estão acima dessas tabelas respectivamente.

Figura 45 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da amostra com atividade agrícola, aumento de 800 vezes.

Figura 46 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas CAS em azul. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Figura 47 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento em suspensão (CAS4005-1) na micrografia apresentada pela figura 46, exibindo os elementos químicos encontrados nesse ponto. Nesse ponto foi detectada a presença de: Cl, P, S, Ca, Ti, Fe, F, K, Al, Si e M.

Tabela 5. 9 - Resultado da análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	25.78	1.3490	19.12	0.52	57.33
Al K	2.13	0.5763	3.69	0.10	6.56
Si K	1.17	0.6625	1.77	0.08	3.02
P K	0.22	1.0426	0.21	0.06	0.33
S K	0.23	0.8387	0.27	0.06	0.40
Cl K	0.11	0.7803	0.14	0.05	0.18
Ca K	0.41	1.0838	0.38	0.05	0.45
Ti K	0.07	0.9693	0.08	0.05	0.08
Mn K	1.71	0.8986	1.90	0.11	1.66
Fe K	32.03	0.9174	34.91	0.31	29.99
Totals			62.46

Figura 48 - Espectro EDS da análise química qualitativa de um ponto de sedimento (CAS4005-2) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: Cl, P, S, Ca, Ti, Fe, K, Al, Si e M.

Tabela 5. 10 - Resultado de análises químicas semi-quantitativas correspondente ao ponto CAS4005-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	11.43	0.8699	13.15	0.51	55.01
Al K	8.74	0.8681	10.06	0.12	24.96
Si K	3.49	0.6594	5.30	0.11	12.61
P K	0.21	0.8966	0.24	0.06	0.51
S K	0.27	0.7306	0.37	0.06	0.78
Cl K	0.10	0.6853	0.15	0.05	0.28
K K	0.13	0.9850	0.14	0.04	0.23
Ca K	0.26	0.9618	0.27	0.05	0.45
Ti K	0.21	0.8354	0.26	0.05	0.36
Mn K	0.23	0.8302	0.28	0.06	0.34
Fe K	3.16	0.8486	3.73	0.13	4.46
Totals			33.94

Figura 49 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-3) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: P, Ti, Fe, Al e Si.

Tabela 5. 11 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	8.03	0.3657	21.97	0.90	67.49
Al K	2.79	0.7335	3.80	0.09	6.92
Si K	1.02	0.7749	1.32	0.07	2.30
P K	0.56	1.1710	0.48	0.06	0.76
Ti K	17.84	0.8911	20.02	0.19	20.54
Fe K	1.89	0.8357	2.26	0.11	1.99
Totals			49.85

Figura 50 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-4) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Mg, Fe, Al e Si.

Tabela 5. 12 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	29.48	1.0716	27.51	0.41	54.23
F K	2.70	0.2260	11.93	0.88	19.80
Mg K	0.09	0.7048	0.13	0.05	0.16
Al K	2.62	0.8231	3.19	0.08	3.73
Si K	16.04	0.8483	18.91	0.16	21.24
Fe K	1.24	0.8298	1.49	0.09	0.84
Totals			63.16

Figura 51 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-5) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, Cu, Cl, Fe, Al, Si, Na e Ca.

Tabela 5. 13 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	28.21	1.3528	20.87	0.34	65.08
Na K	0.15	0.4879	0.30	0.15	0.65
Al K	3.09	0.6240	4.95	0.11	9.15
Si K	1.77	0.6709	2.64	0.09	4.69
P K	0.08	1.0212	0.08	0.06	0.13
S K	0.15	0.8206	0.18	0.05	0.28
Cl K	0.08	0.7617	0.11	0.05	0.15
Ca K	0.12	1.0467	0.12	0.04	0.14
Fe K	19.41	0.8898	21.81	0.25	19.49
Cu K	0.23	0.8140	0.28	0.11	0.22
Totals			51.34

Figura 52 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-6) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Fe, AL, Si, P, Fe, Al, Si.

Tabela 5. 14 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	13.76	0.5177	26.58	0.92	42.56
F K	5.46	0.1872	29.15	1.26	39.31
Al K	2.19	0.6885	3.18	0.09	3.02
Si K	1.24	0.7732	1.61	0.07	1.47
P K	0.34	1.1763	0.29	0.06	0.24
Ti K	20.75	0.8815	23.54	0.20	12.59
Fe K	1.49	0.8405	1.78	0.10	0.81
Totals			86.11

Figura 53 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-7) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, K,Cu, Fe, Mg, Al, Si e Ca.

Tabela 5. 15 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	22.37	1.1028	20.28	0.47	52.71
F K	2.23	0.2304	9.69	0.79	21.21
Mg K	0.13	0.7134	0.18	0.06	0.30
Al K	8.33	0.8232	10.13	0.12	15.60
Si K	4.14	0.6932	5.97	0.12	8.84
S K	0.18	0.7668	0.23	0.05	0.30
K K	0.08	0.9976	0.08	0.04	0.08
Ca K	0.13	0.9652	0.13	0.04	0.14
Ti K	0.33	0.8226	0.40	0.05	0.35
Fe K	0.52	0.8333	0.62	0.07	0.46
Totals			47.71

Figura 54 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-8) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Al, K, Mo Fe, Al, Si, Ti e Ca.

Tabela 5. 16 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	13.88	1.0901	31.07	0.92	39.52
F K	4.00	0.2946	33.07	1.18	35.42
Al K	6.59	0.8045	19.99	0.46	15.08
Si K	3.42	0.6951	12.01	0.33	8.70
K K	0.06	1.0007	0.16	0.10	0.08
Ca K	0.14	0.9698	0.36	0.10	0.18
Ti K	0.16	0.8288	0.48	0.12	0.21
Fe K	0.48	0.8422	1.39	0.17	0.51
Mo L	0.40	0.6642	1.46	0.34	0.31
Totals			100.00

Figura 55 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-9) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: Al, Si, S, P, Cl, Ti, Fe e Ca.

Tabela 5. 17 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corm.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	13.83	0.9408	14.71	0.49	64.95
Al K	7.08	0.8766	8.08	0.11	21.15
Si K	2.57	0.6729	3.81	0.10	9.59
P K	0.20	0.9291	0.21	0.06	0.48
S K	0.27	0.7481	0.36	0.05	0.79
Cl K	0.08	0.6940	0.11	0.05	0.23
Ca K	0.31	0.9567	0.33	0.04	0.58
Ti K	0.21	0.8200	0.25	0.05	0.38
Fe K	1.22	0.8334	1.47	0.09	1.86
Totals			29.33

Figura 56 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-10) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Al, Si, S, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 18 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-10, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	14.96	1.1965	12.51	0.39	38.14
F K	4.73	0.3090	15.28	0.68	39.24
Al K	5.84	0.7821	7.47	0.11	13.51
Si K	3.12	0.6961	4.48	0.10	7.78
S K	0.17	0.7816	0.22	0.05	0.33
Ca K	0.14	0.9775	0.14	0.04	0.17
Ti K	0.15	0.8320	0.18	0.05	0.19
Fe K	0.62	0.8411	0.74	0.08	0.65
Totals			41.01

Figura 57 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-11) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Ca e Fe.

Tabela 5. 19 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-11, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	20.66	1.1844	17.44	0.34	59.93
F K	1.17	0.2039	5.74	0.80	16.61
Na K	0.08	0.7327	0.12	0.07	0.28
Mg K	0.19	0.7058	0.27	0.06	0.60
Al K	6.84	0.8095	8.45	0.11	17.21
Si K	0.94	0.6628	1.41	0.08	2.76
P K	0.25	1.0068	0.25	0.06	0.44
S K	0.65	0.7948	0.81	0.06	1.39
Ca K	0.37	0.9657	0.38	0.04	0.52
Fe K	0.21	0.8293	0.25	0.06	0.25
Totals			35.12

Figura 58 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-12) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 20 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-12, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	32.87	1.0886	30.19	0.55	55.82
F K	2.48	0.2183	11.35	0.92	17.67
Al K	11.60	0.8354	13.89	0.14	15.23
Si K	6.61	0.7036	9.39	0.14	9.89
P K	0.13	0.9460	0.14	0.06	0.13
S K	0.20	0.7617	0.26	0.05	0.24
K K	0.09	0.9939	0.09	0.04	0.07
Ca K	0.18	0.9622	0.19	0.04	0.14
Ti K	0.43	0.8206	0.53	0.06	0.33
Fe K	0.77	0.8316	0.92	0.08	0.49
Totals			66.94

Figura 59 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-13) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, Cl, Fe, Al e Si.

Tabela 5. 21 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-13, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corm.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	20.24	1.3730	14.74	0.27	51.31
Al K	1.29	0.5511	2.35	0.09	4.85
Si K	0.98	0.6546	1.50	0.08	2.97
S K	0.08	0.8423	0.10	0.05	0.16
Cl K	0.47	0.7873	0.60	0.06	0.94
Fe K	37.22	0.9329	39.89	0.33	39.77
Totals			59.18

Figura 60 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-5) na micrografia apresentada pela figura 46, indicando a presença dos elementos químicos: S, P, Fe, Al, Si, Na, Mg, K, Ca, Ti.

Tabela 5. 22 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-14, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corm.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	42.17	1.0804	39.03	0.58	66.23
Na K	0.08	0.6904	0.12	0.09	0.14
Mg K	0.25	0.6726	0.37	0.07	0.41
Al K	13.23	0.7859	16.84	0.16	16.94
Si K	6.66	0.6802	9.79	0.15	9.47
P K	0.36	0.9467	0.38	0.07	0.33
S K	0.16	0.7632	0.20	0.06	0.17
K K	0.25	1.0078	0.24	0.05	0.17
Ca K	0.23	0.9789	0.24	0.05	0.16
Ti K	0.39	0.8467	0.46	0.06	0.26
Fe K	9.95	0.8466	11.75	0.20	5.71
Totals			79.43		

CAS4005-15

Figura 61 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4005-15) na micrografia apresentada pela figura 46 indicando a presença dos elementos químicos: P, K, Fe, Al, Si, Ti e Ca.

Tabela 5. 23 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-15, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	33.15	0.9775	33.91	0.59	67.61
Al K	10.72	0.8097	13.24	0.14	15.65
Si K	6.76	0.7023	9.62	0.14	10.93
P K	0.23	0.9459	0.25	0.06	0.26
K K	0.20	1.0062	0.20	0.04	0.16
Ca K	0.17	0.9770	0.18	0.04	0.14
Ti K	1.47	0.8390	1.75	0.08	1.16
Fe K	6.02	0.8398	7.17	0.16	4.10
Totals			66.32		

CAS4005-16

Figura 62 - Espectro EDS da análise de mais um ponto de sedimento (CAS4005-16) na micrografia apresentada pela figura 46, destacado na porção superior esquerda pela seta amarela, indicando a presença dos elementos químicos: Cl, P, S, Ca, Fe, K, Ti, Al, Si.

Tabela 5. 24 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4005-16, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Conn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.13	0.8351	21.72	0.55	51.73
Al K	9.85	0.7070	13.93	0.15	19.67
Si K	4.18	0.6552	6.38	0.13	8.65
P K	0.24	0.9641	0.25	0.07	0.31
S K	0.08	0.7835	0.10	0.06	0.12
Cl K	0.09	0.7369	0.12	0.05	0.13
K K	0.13	1.0541	0.12	0.05	0.12
Ca K	0.17	1.0330	0.17	0.05	0.16
Ti K	4.20	0.8991	4.67	0.11	3.72
Fe K	19.89	0.8806	22.58	0.26	15.41
Totals			70.03		

Na figura 63 é possível observar outra amostra da área com atividade agrícola e a presença de diatomáceas, na figura 64 observa-se todos os pontos que foram analisados nessa micrografia. Nas figuras 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72 e 73 seguem os espectros dos pontos analisados e suas respectivas análises correspondentes a figura 64. Nas tabelas 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32 e 5.33 estão representadas as análises químicas semi-quantitativas correspondentes ao espectro que estão acima destas tabelas respectivamente.

Figura 63 - Micrografia de alta resolução, da área com atividade agrícola, com aplicação de elétrons secundários permitindo a detecção de particulados em suspensão e presença de diversas formas de diatomáceas, aumento de 1.500 vezes.

Figura 64 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas CAS em azul os retângulos rosa representam análises em área correspondente a esses retângulos.

Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Figura 65 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-1) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, P, S, Ti e Fe.

Tabela 5. 25 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	5.42	0.3268	27.63	1.05	45.99
F K	1.06	0.1481	11.99	1.12	16.81
Al K	2.84	0.7156	6.62	0.19	6.54
Si K	1.25	0.7739	2.71	0.12	2.56
P K	0.09	1.1757	0.13	0.08	0.11
S K	0.14	0.9225	0.25	0.07	0.20
apTi K	24.95	0.9093	45.81	0.88	25.47
Fe K	2.47	0.8459	4.87	0.22	2.32
Totals			100.00

Figura 66 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-2) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si e Fe.

Tabela 5. 26 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	48.66	0.9805	57.90	0.30	70.91
Al K	2.80	0.8862	3.69	0.10	2.68
Si K	28.97	0.9059	37.31	0.28	26.03
Fe K	0.77	0.8185	1.10	0.10	0.38
Totals			100.00

Figura 67 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-3) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos : Al, Si, Ca, e Fe.

Tabela 5. 27 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	7.61	0.7949	43.04	0.80	57.72
Al K	1.06	0.9413	5.06	0.22	4.02
Si K	9.97	0.9280	48.13	0.72	36.76
Ca K	0.08	0.9234	0.37	0.17	0.20
Fe K	0.63	0.8277	3.40	0.35	1.31
Totals			100.00

Figura 68 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-4) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos : Al, Si, P, S, Cl, K e Ca.

Tabela 5. 28 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	24.28	1.0099	54.81	0.60	68.44
Al K	10.48	0.8812	27.09	0.40	20.06
Si K	3.77	0.6754	12.69	0.28	9.03
P K	0.19	0.9322	0.47	0.15	0.30
S K	0.18	0.7505	0.55	0.12	0.34
Cl K	0.12	0.6981	0.39	0.12	0.22
K K	0.05	0.9831	0.12	0.10	0.06
Ca K	0.39	0.9528	0.94	0.11	0.47
Ti K	0.12	0.8141	0.33	0.11	0.14
Fe K	0.95	0.8279	2.60	0.19	0.93
Totals			100.00

Figura 69 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-5) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 29 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	36.27	0.9888	54.19	0.46	68.01
Mg K	0.34	0.7744	0.64	0.09	0.53
Al K	13.44	0.8707	22.77	0.27	16.95
Si K	8.21	0.7058	17.15	0.25	12.26
P K	0.23	0.9195	0.36	0.10	0.24
S K	0.13	0.7431	0.25	0.08	0.16
Cl K	0.04	0.6946	0.09	0.08	0.05
K K	0.36	0.9813	0.54	0.07	0.28
Ca K	0.20	0.9505	0.31	0.07	0.16
Ti K	0.45	0.8148	0.82	0.09	0.34
Fe K	1.62	0.8277	2.89	0.15	1.04
Totals			100.00

Figura 70 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-6) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ti e Fe

Tabela 5. 30 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	46.68	1.0733	53.28	0.39	68.67
Mg K	0.27	0.7108	0.46	0.08	0.39
Al K	13.48	0.8195	20.14	0.22	15.39
Si K	8.91	0.7038	15.50	0.20	11.38
P K	0.17	0.9356	0.23	0.08	0.15
S K	0.19	0.7557	0.31	0.07	0.20
K K	0.25	0.9947	0.31	0.06	0.16
Ti K	0.43	0.8318	0.64	0.07	0.27
Fe K	6.24	0.8364	9.14	0.20	3.37
Totals			100.00

Figura 71 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-7) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 31 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	11.78	1.0763	50.30	0.95	67.53
Al K	2.86	0.7853	16.70	0.44	13.29
Si K	2.49	0.7169	15.95	0.45	12.20
P K	0.09	0.9472	0.45	0.25	0.31
S K	0.10	0.7631	0.59	0.21	0.40
Ca K	0.13	0.9775	0.61	0.18	0.33
Ti K	0.07	0.8445	0.40	0.21	0.18
Fe K	2.76	0.8448	15.01	0.54	5.77
Totals			100.00

Figura 72 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-8) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 32 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.42	0.8271	47.98	0.65	62.15
Al K	2.07	0.9356	4.77	0.15	3.66
Si K	19.47	0.9268	45.27	0.58	33.41
Ca K	0.09	0.9243	0.20	0.09	0.10
Ti K	0.13	0.8004	0.34	0.11	0.15
Fe K	0.55	0.8231	1.43	0.18	0.53
Totals			100.00

Figura 73 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAS4011-9) presente na micrografia apresentada pela figura 64, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, Ca, Ti e Fe .

Tabela 5. 33 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4011-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	7.19	0.4650	30.14	1.11	42.51
F K	2.82	0.1780	30.84	1.30	36.63
Al K	1.64	0.7000	4.56	0.17	3.81
Si K	1.04	0.7750	2.62	0.13	2.11
Ca K	0.08	1.1166	0.14	0.07	0.08
Ti K	13.86	0.8829	30.60	0.72	14.42
Fe K	0.48	0.8395	1.11	0.16	0.45
Totals			100.00		

Nas figuras 74, 75 e 76 estão apresentadas mais algumas análises de outra estação de amostragem da área com atividade agrícola. Nas figuras 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 e 89 são apresentados os espectros dos pontos analisados correspondentes a figura 76. Nas tabelas 5.34, 5.35, 5.36, 5.37, 5.38, 5.39, 5.40, 5.41, 5.42, 5.43, 5.44, 5.45 e 5.46 estão representadas as análises semi-quantitativa correspondente ao espectro que estão acima destas tabelas respectivamente.

No APÊNDICE D encontra-se as mais micrografias, espectros e tabela semi-quantitativa das outras amostras da área com atividade agrícola.

Figura 74 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de sedimentos particulados em suspensão da outra estação de amostragem com atividade antrópica, aumento de 1.500 vezes.

Figura 75 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da amostra com atividade agrícola, aumento de 600 vezes.

Figura 76 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas EDSS em azul o semi retângulo em rosa representa área analisada no ponto correspondente ao retângulo.

Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Figura 77 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-1) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.

Tabela 5. 34 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-1, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	4.34	1.5513	14.67	0.81	17.82
F K	7.22	0.5457	69.25	0.91	70.84
Al K	0.99	0.6960	7.45	0.40	5.37
Si K	1.21	0.7344	8.63	0.42	5.97
Totals			100.00

Figura 78 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-2) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.

Tabela 5. 35 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-2, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
F K	11.09	1.0986	90.32	0.74	93.11
Al K	0.34	0.6515	4.70	0.54	3.41
Si K	0.41	0.7271	4.98	0.55	3.47
Totals			100.00

Figura 79 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-3) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si e Cu.

Tabela 5. 36 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-3, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	19.96	0.7306	40.60	0.53	54.64
Al K	0.22	0.9959	0.34	0.08	0.27
Si K	40.43	1.0251	58.62	0.54	44.94
Cu K	0.24	0.7969	0.45	0.21	0.15
Totals			100.00

Figura 80 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-4) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, K, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 37 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-4, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	20.74	1.0637	31.56	0.62	53.36
Al K	5.60	0.6721	13.49	0.27	13.53
Si K	5.19	0.6787	12.38	0.27	11.93
P K	0.31	0.9585	0.52	0.14	0.45
S K	0.17	0.7787	0.34	0.11	0.29
K K	0.12	1.0502	0.18	0.09	0.12
Ca K	0.55	1.0281	0.87	0.11	0.59
Ti K	0.30	0.9071	0.54	0.11	0.30
Fe K	22.04	0.8891	40.12	0.51	19.43
Totals			100.00

Figura 81 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-5) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe e Cu.

Tabela 5. 38 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-5, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	24.48	0.4983	49.48	0.86	71.68
Mg K	0.29	0.5865	0.49	0.10	0.47
Al K	4.23	0.7118	5.98	0.17	5.14
Si K	4.65	0.7695	6.09	0.17	5.02
S K	0.11	0.8791	0.13	0.07	0.09
K K	0.11	1.1140	0.10	0.06	0.06
Ca K	0.12	1.0879	0.11	0.06	0.06
Ti K	23.69	0.8809	27.09	0.50	13.11
Mn K	0.19	0.8161	0.24	0.10	0.10
Fe K	8.39	0.8399	10.06	0.28	4.18
Cu K	0.19	0.8127	0.24	0.16	0.09
Totals			100.00

Figura 82 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-6) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, Ti, V, Fe e Cu.

Tabela 5. 39 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-6, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	19.47	0.3394	49.79	1.00	73.87
Al K	2.03	0.7156	2.46	0.11	2.17
Si K	0.96	0.8111	1.02	0.08	0.86
P K	0.24	1.2355	0.17	0.07	0.13
Ti K	46.39	0.8930	45.06	0.91	22.33
V K	0.51	0.8771	0.50	0.16	0.23
Fe K	0.67	0.8279	0.70	0.11	0.30
Cu K	0.28	0.8201	0.29	0.14	0.11
Totals			100.00

Figura 83 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-7) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ti, Mn e Fe .

Tabela 5. 40 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-7, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	24.31	0.4538	49.23	0.83	73.21
Al K	3.00	0.6910	3.98	0.14	3.51
Si K	2.09	0.7737	2.48	0.11	2.10
Ti K	31.70	0.8955	32.53	0.56	16.16
Mn K	0.52	0.8168	0.59	0.10	0.26
Fe K	10.26	0.8419	11.20	0.29	4.77
Totals			100.00

Figura 84 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-8) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 41 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-8, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	10.12	0.8517	39.86	1.37	52.76
F K	0.54	0.2262	7.99	1.95	8.90
Al K	5.61	0.9031	20.85	0.67	16.36
Si K	5.81	0.7397	26.37	0.83	19.88
K K	0.08	0.9715	0.27	0.17	0.15
Ca K	0.21	0.9468	0.76	0.19	0.40
Ti K	0.29	0.8151	1.21	0.23	0.54
Fe K	0.67	0.8339	2.69	0.34	1.02
Totals			100.00

Figura 85 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-9) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, K, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 42 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-9, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	17.15	0.8933	43.82	1.11	56.71
F K	0.67	0.2132	7.14	1.61	7.78
Al K	7.10	0.8965	18.09	0.48	13.88
Si K	9.06	0.7605	27.21	0.68	20.06
K K	0.08	0.9704	0.20	0.12	0.10
Ca K	0.28	0.9448	0.69	0.13	0.36
Ti K	0.27	0.8122	0.75	0.16	0.33
Fe K	0.76	0.8305	2.10	0.25	0.78
Totals			100.00

Figura 86 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-10) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, Ca, Ti e Fe.

Tabela 5. 43 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-10, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	21.97	1.1962	33.22	0.65	57.50
Al K	3.57	0.6245	10.35	0.27	10.62
Si K	2.42	0.6682	6.55	0.23	6.46
P K	0.60	1.0063	1.08	0.16	0.97
Ca K	0.64	1.0531	1.10	0.11	0.76
Ti K	0.19	0.9308	0.37	0.12	0.21
Fe K	23.53	0.8988	47.33	0.58	23.47
Totals			100.00

Figura 87 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-11) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti, Mn, Fe e Cu.

Tabela 5. 44 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-11, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	8.44	0.5316	39.99	1.36	61.65
Al K	3.27	0.7402	11.12	0.37	10.17
Si K	3.33	0.7444	11.27	0.38	9.90
Ca K	0.17	1.0615	0.41	0.13	0.25
Ti K	7.65	0.8819	21.82	0.61	11.24
Mn K	1.11	0.8285	3.36	0.29	1.51
Fe K	3.86	0.8525	11.40	0.48	5.04
Cu K	0.20	0.8193	0.63	0.33	0.24
Totals			100.00

Figura 88 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-12) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti, Fe e Cu.

Tabela 5. 45 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-12, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	17.78	0.3940	48.73	0.78	70.50
Al K	4.91	0.7516	7.06	0.18	6.05
Si K	4.73	0.7906	6.46	0.17	5.33
Ca K	0.20	1.1072	0.20	0.06	0.12
Ti K	29.02	0.8749	35.80	0.57	17.30
Fe K	1.05	0.8292	1.36	0.14	0.56
Cu K	0.30	0.8158	0.39	0.16	0.14
Totals			100.00

Figura 89 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDSS4008-13) presente na micrografia apresentada pela figura 76, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti, Fe e Cu.

Tabela 5. 46 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4008-13, da área com presença de atividade agrícola no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	28.08	0.4019	56.04	0.61	77.61
Al K	2.92	0.7259	3.23	0.11	2.65
Si K	2.93	0.8082	2.91	0.10	2.29
Ca K	0.14	1.1301	0.10	0.05	0.06
Ti K	40.49	0.8760	37.09	0.53	17.15
Fe K	0.29	0.8238	0.28	0.09	0.11
Cu K	0.36	0.8109	0.35	0.13	0.12
Totals			100.00		

Na área com proteção no entorno de mata ciliar a micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão, em alta resolução está representada na figura 90 e nas figuras 91 e 92 estão também representadas as micrografias da estação de amostragem da área preservada por mata ciliar. Os pontos de análise da amostra estão em azul e o retângulo rosa representa a análise nessa área de cobertura da figura 92. Nas figuras 93, 94, 95, 96, 97, 98 e 99 seguem os espectros dos pontos analisados correspondentes a figura 92. Nas tabelas 5.47, 5.48, 5.49, 5.50, 5.51, 5.52 e 5.53 estão representadas as análises químicas semi-quantitativas correspondente ao espectro que estão acima destas tabelas respectivamente. No APÊNDICE E encontram-se as micrografias das análises realizadas por meio do MEV nas áreas preservadas por mata ciliar no seu entorno. Uma delas com presença de partículas retroespalhados e outra com elétrons secundários detectados.

Figura 90 - Micrografia de alta resolução com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da estação de amostragem da área preservada, aumento de 3.500 vezes.

Figura 91 - Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área preservada, aumento de 250vezes.

Figura 92 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área preservada por mata ciliar, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas CAL em azul e o retângulo rosa representa a análise em toda essa área de cobertura do retângulo.

Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Figura 93 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-1) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Mo.

Tabela 5. 47 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-1, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	6.30	1.3334	4.72	0.41	15.92
Al K	0.26	0.5056	0.52	0.11	1.05
Si K	0.75	0.6356	1.18	0.11	2.27
Cr K	15.05	1.1013	13.66	0.22	14.17
Mn K	1.54	0.9725	1.58	0.17	1.56
Fe K	53.58	0.9684	55.33	0.48	53.43
Co K	0.56	0.9408	0.59	0.23	0.54
Ni K	9.55	0.8959	10.66	0.31	9.80
Mo L	1.64	0.7288	2.25	0.28	1.26
Totals			90.50

Figura 94 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-2) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Fe e Cu.

Tabela 5. 48 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-2, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	25.94	0.9193	28.22	0.48	63.87
Al K	0.75	0.9147	0.82	0.07	1.10
Si K	25.03	0.9546	26.22	0.21	33.80
S K	0.14	0.6905	0.20	0.07	0.23
Fe K	1.07	0.8250	1.30	0.12	0.84
Cu K	0.23	0.7929	0.29	0.13	0.17
Totals			57.05

Figura 95 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-3) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ti e Fe.

Tabela 5. 49 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-3, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	14.83	0.7005	21.17	0.68	53.92
Mg K	0.37	0.8309	0.45	0.07	0.75
Al K	10.01	0.9196	10.88	0.15	16.43
Si K	11.33	0.7628	14.85	0.20	21.54
K K	5.18	0.9809	5.28	0.12	5.51
Ti K	0.27	0.8021	0.34	0.07	0.29
Fe K	1.79	0.8343	2.14	0.13	1.56
Totals			55.12

Figura 96 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-4) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Cr, Mn, Fe, Ni e Cu.

Tabela 5. 50 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	6.09	1.3879	4.39	0.32	14.89
Al K	0.57	0.5067	1.12	0.10	2.26
Si K	1.42	0.6319	2.24	0.11	4.34
S K	0.48	0.8371	0.57	0.08	0.97
Cr K	14.47	1.1023	13.13	0.21	13.70
Mn K	1.69	0.9680	1.75	0.17	1.72
Fe K	51.97	0.9651	53.85	0.47	52.33
Ni K	8.94	0.8911	10.03	0.31	9.27
Cu K	0.52	0.8670	0.60	0.21	0.52
Totals			87.68

Figura 97 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-5) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Fe e Cu.

Tabela 5. 51 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	19.82	1.5096	13.14	0.26	80.35
Al K	1.64	0.7503	2.18	0.09	7.92
Si K	1.68	0.7393	2.27	0.09	7.89
Fe K	1.70	0.8342	2.03	0.13	3.56
Cu K	0.14	0.7879	0.18	0.12	0.28
Totals			19.80		

CAL-5007-6

Figura 98 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-6) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Ca, Mn, Fe e Cu.

Tabela 5. 52 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-6, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	27.03	1.0880	24.85	0.53	62.54
Al K	4.50	0.7716	5.83	0.13	8.71
Si K	10.59	0.7651	13.84	0.19	19.85
S K	0.17	0.7465	0.22	0.07	0.28
Ca K	0.35	0.9789	0.36	0.06	0.36
Mn K	0.41	0.8365	0.49	0.10	0.36
Fe K	9.16	0.8545	10.72	0.24	7.73
Cu K	0.23	0.8041	0.28	0.13	0.18
Totals			56.59		

CAL-5007-7

Figura 99 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (CAL-5007-7) presente na micrografia apresentada pela figura 92, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Mn, Fe e Cu.

Tabela 5. 53 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAL-5007-7, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	7.71	0.9799	26.19	0.87	44.40
Mg K	0.09	0.6147	0.49	0.22	0.55
Al K	4.29	0.7350	19.43	0.46	19.53
Si K	3.60	0.6740	17.79	0.47	17.18
P K	0.25	0.9026	0.91	0.26	0.80
S K	0.13	0.7388	0.59	0.22	0.50
K K	0.20	1.0185	0.65	0.18	0.45
Ca K	0.27	0.9981	0.89	0.19	0.60
Mn K	0.08	0.8639	0.31	0.25	0.15
Fe K	8.39	0.8842	31.58	0.67	15.33
Cu K	0.29	0.8225	1.17	0.42	0.50
Totals			100.00		

Outra estação de amostragem com a área protegida por mata ciliar segue representada pelas micrografias com aplicação de elétrons secundários detectados de sedimentos particulados em suspensão na Figura 100 e a micrografia com os elétrons retroespalhados detectados está apresentada na Figura 101. Na Figura 102 exibe-se o espectro do ponto analisado correspondente as figuras 100 e 101. Na Tabela 5.54 está representada a análise química semi-quantitativa correspondente ao espectro que está acima desta tabela.

Figura 100 - Micrografia com os elétrons secundários detectados a partir de filtro contendo sedimentos particulados em suspensão da estação de amostragem da área preservada por mata ciliar, aumento de 600 vezes.

Figura 101 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da amostra de outra área preservada, aumento de 600vezes.

Figura 102 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (EDL-2005-4) presente na micrografia apresentada pela figura 87, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Ti, Fe, e Cu.

Tabela 5. 54 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDL – 2005-4, da área preservada por mata ciliar no seu entorno no reservatório de Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
F K	7.60	0.3053	34.00	1.01	36.42	0.00		3.84
Na K	0.19	0.6670	0.40	0.19	0.35	0.53	Na ₂ O	0.04
Al K	10.49	0.7752	18.49	0.36	13.94	34.93	Al ₂ O ₃	1.47
Si K	5.44	0.6912	10.76	0.27	7.79	23.01	SiO ₂	0.82
Cl K	0.22	0.7268	0.42	0.09	0.24	0.00		0.03
K K	0.53	1.0130	0.72	0.09	0.37	0.87	K ₂ O	0.04
Ca K	0.18	0.9767	0.25	0.08	0.13	0.35	CaO	0.01
Ti K	0.14	0.8350	0.23	0.09	0.10	0.38	TiO ₂	0.01
Fe K	2.24	0.8446	3.62	0.20	1.32	5.18	Fe ₂ O ₃	0.14
Cu K	0.15	0.8076	0.25	0.17	0.08	0.31	CuO	0.01
O			30.86	0.56	39.25			4.14
Totals			100.00					
							Cation sum	2.54

Com relação as amostras da cabeceira do rio correspondente aos pontos em que a SABESP realiza suas coletas, a micrografia com os elétrons retroespalhado encontra-se na Figura 103, e os pontos de análise na figura 104, e nas figuras 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 115, 117, 118 e 119 seguem os espectros dos pontos analisados. Nas tabelas 5.55, 5.56, 5.57, 5.58, 5.59, 5.60, 5.61, 5.62, 5.63, 5.64, 5.65, 5.66, 5.67, 5.68 e 5.69 estão representadas as análises semi-quantitativa correspondente ao espectro que estão acima destas tabelas.

Figura 103 - Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da amostra da área de coleta da SABESP, aumento de 100 vezes.

Figura 104 - Micrografia de amostra de filtro de sedimento em suspensão da área delimitada como de coleta de controle da SABESP, destacando os pontos focados para análise os quais estão indicados pelas siglas PBJ em azul e os retângulos rosa representam análise química semi-quantitativa do toda a área do retângulo.

Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Figura 105 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-1) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Fe e Cu.

Tabela 5. 55 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 1, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	20.32	1.2721	62.71	0.59	76.72
Al K	2.58	0.7856	12.88	0.31	9.34
Si K	2.96	0.7455	15.59	0.35	10.86
Fe K	1.78	0.8312	8.38	0.38	2.94
Cu K	0.09	0.7890	0.43	0.34	0.13
Totals			100.00

Figura 106 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-2) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, K, Ca, Ti, Fe e Cu.

Tabela 5. 56 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 2, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	22.82	1.2127	62.63	0.63	76.76
Al K	2.88	0.7854	12.21	0.29	8.87
Si K	3.49	0.7516	15.46	0.34	10.79
S K	0.09	0.7821	0.38	0.15	0.23
K K	0.05	1.0039	0.16	0.13	0.08
Ca K	0.11	0.9695	0.37	0.13	0.18
Ti K	0.08	0.8288	0.33	0.15	0.14
Fe K	1.98	0.8307	7.95	0.35	2.79
Cu K	0.12	0.7892	0.50	0.31	0.15
Totals			100.00

Figura 107 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-3) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ti, Mn, Fe e Cu.

Tabela 5. 57 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 3, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	28.06	0.7694	37.50	0.53	56.70
Mg K	2.34	0.6468	3.71	0.11	3.70
Al K	6.55	0.7317	9.20	0.15	8.25
Si K	13.95	0.7508	19.10	0.23	16.45
K K	8.67	1.0281	8.67	0.14	5.36
Ti K	1.10	0.8439	1.34	0.08	0.68
Mn K	0.57	0.8367	0.70	0.09	0.31
Fe K	16.22	0.8567	19.47	0.27	8.43
Cu K	0.23	0.8105	0.29	0.13	0.11
Totals			100.00

Figura 108 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-4) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Fe e Cu.

Tabela 5. 58 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 4, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	26.09	0.8866	50.68	0.53	65.42
Mg K	0.23	0.7715	0.51	0.10	0.43
Al K	10.87	0.8714	21.48	0.28	16.44
Si K	7.90	0.7188	18.93	0.28	13.92
P K	0.24	0.9159	0.45	0.12	0.30
S K	0.32	0.7410	0.75	0.10	0.49
K K	0.25	0.9828	0.43	0.08	0.23
Ca K	0.70	0.9532	1.26	0.09	0.65
Ti K	0.74	0.8155	1.56	0.11	0.67
Fe K	1.77	0.8307	3.68	0.18	1.36
Cu K	0.12	0.7975	0.26	0.17	0.09
Totals			100.00

Figura 109 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-5) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Mg, Al, Si, K, Ti, Fe e Cu.

Tabela 5. 59 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 5, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	25.07	0.6750	41.79	0.47	57.77
Na K	0.18	0.8401	0.25	0.08	0.24
Mg K	0.61	0.7885	0.87	0.08	0.79
Al K	12.98	0.8846	16.51	0.19	13.53
Si K	17.24	0.7749	25.03	0.26	19.71
K K	9.18	0.9903	10.43	0.15	5.90
Ti K	0.37	0.8029	0.52	0.07	0.24
Fe K	3.41	0.8331	4.61	0.16	1.83
Totals			100.00

Figura 110 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-6) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Ca e Ti.

Tabela 5. 60 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 6, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	37.85	1.2289	36.58	0.61	60.10
Al K	5.56	0.6496	10.16	0.18	9.90
Si K	5.44	0.6873	9.41	0.18	8.80
P K	0.35	0.9970	0.42	0.09	0.35
S K	0.32	0.8036	0.48	0.08	0.39
Ca K	0.40	1.0401	0.45	0.07	0.30
Ti K	0.09	0.9178	0.11	0.07	0.06
Cr K	3.78	0.9706	4.62	0.14	2.34
Mn K	2.00	0.8744	2.72	0.15	1.30
Fe K	24.59	0.8856	32.97	0.40	15.52
Ni K	1.49	0.8518	2.08	0.17	0.93
Totals			100.00

Figura 111 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-7) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe e Ni.

Tabela 5. 61 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 7, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	41.47	1.0344	48.68	0.54	65.51
Al K	12.22	0.8078	18.37	0.24	14.66
Si K	10.51	0.7147	17.85	0.25	13.68
P K	0.25	0.9270	0.33	0.09	0.23
S K	0.18	0.7510	0.29	0.07	0.19
K K	0.22	0.9983	0.26	0.06	0.15
Ca K	0.32	0.9708	0.41	0.06	0.22
Ti K	0.26	0.8400	0.37	0.07	0.17
Cr K	0.65	0.8696	0.90	0.09	0.37
Mn K	0.24	0.8279	0.35	0.09	0.14
Fe K	8.02	0.8441	11.54	0.23	4.45
Ni K	0.45	0.8396	0.65	0.12	0.24
Totals			100.00

Figura 112 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-8) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Cr, Mn, Fe, Ni e Cu.

Tabela 5. 62 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 8, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	4.68	1.3103	3.69	0.38	11.42
Al K	0.54	0.5001	1.11	0.10	2.03
Si K	0.81	0.6271	1.33	0.09	2.34
S K	0.69	0.8427	0.84	0.08	1.30
Cr K	17.42	1.1076	16.27	0.20	15.47
Mn K	1.45	0.9729	1.54	0.15	1.38
Fe K	58.82	0.9676	62.86	0.40	55.67
Ni K	10.10	0.8932	11.70	0.25	9.85
Cu K	0.56	0.8695	0.67	0.18	0.52
Totals			100.00

Figura 113 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-9) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn e Fe.

Tabela 5. 63 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 9, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	20.96	1.0008	38.90	0.63	58.46
Mg K	0.08	0.6235	0.23	0.10	0.23
Al K	5.86	0.7466	14.55	0.25	12.97
Si K	7.12	0.7157	18.48	0.29	15.82
P K	0.28	0.9299	0.55	0.12	0.43
S K	0.19	0.7554	0.47	0.10	0.35
K K	0.18	1.0163	0.33	0.09	0.21
Ca K	0.34	0.9921	0.63	0.09	0.38
Ti K	0.22	0.8677	0.47	0.10	0.24
Mn K	0.33	0.8459	0.73	0.14	0.32
Fe K	11.48	0.8642	24.65	0.39	10.61
Totals			100.00

Figura 114 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-10) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Al, Si e K.

Tabela 5. 64 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 10, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	23.34	0.5963	42.85	0.40	58.39
Na K	0.38	0.8889	0.46	0.07	0.44
Al K	8.34	0.9293	9.82	0.13	7.94
Si K	25.81	0.8695	32.50	0.27	25.23
K K	12.89	0.9827	14.36	0.17	8.01
Totals			100.00

Figura 115 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-11) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Cr, Mn, Fe e Ni.

Tabela 5. 65 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 11, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	8.50	1.2868	7.36	0.38	20.51
Al K	1.13	0.5176	2.44	0.11	4.03
Si K	1.84	0.6355	3.22	0.11	5.11
P K	0.16	1.0162	0.17	0.08	0.25
S K	0.48	0.8325	0.65	0.08	0.90
Cr K	14.67	1.0871	15.05	0.20	12.90
Mn K	1.21	0.9594	1.40	0.15	1.14
Fe K	50.13	0.9562	58.45	0.40	46.65
Ni K	8.48	0.8881	10.65	0.25	8.08
Cu K	0.46	0.8631	0.60	0.19	0.42
Totals			100.00

Figura 116 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-12) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Zn e Ba.

Tabela 5. 66 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 12, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	24.96	0.8700	44.41	0.46	61.46
Na K	3.90	0.7940	7.60	0.28	7.32
Mg K	0.13	0.6294	0.32	0.09	0.29
Al K	1.62	0.7402	3.40	0.12	2.79
Si K	15.28	0.8039	29.42	0.31	23.19
K K	1.72	0.9931	2.68	0.11	1.52
Ca K	0.95	0.9549	1.55	0.10	0.85
Fe K	0.26	0.8413	0.48	0.12	0.19
Zn K	2.22	0.8131	4.23	0.30	1.43
Ba L	3.01	0.7872	5.92	0.26	0.96
Totals			100.00

Figura 117 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-13) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn e Fe.

Tabela 5. 67 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 13, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	16.68	0.7726	37.69	0.71	56.63
Mg K	0.75	0.6557	2.00	0.13	1.98
Al K	4.22	0.7582	9.72	0.20	8.66
Si K	10.12	0.7645	23.14	0.34	19.80
K K	2.44	1.0184	4.18	0.14	2.57
Ca K	0.40	0.9730	0.71	0.09	0.43
Ti K	1.50	0.8482	3.08	0.14	1.55
Mn K	0.20	0.8351	0.41	0.12	0.18
Fe K	9.33	0.8549	19.08	0.35	8.21
Totals			100.00

Figura 118 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-14) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca e Fe.

Tabela 5. 68 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 14, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	42.50	1.0259	53.32	0.34	67.64
Al K	12.92	0.8669	19.19	0.20	14.44
Si K	12.54	0.7350	21.96	0.23	15.87
Ca K	0.24	0.9512	0.32	0.06	0.16
Fe K	3.36	0.8302	5.20	0.17	1.89
Totals			100.00

Figura 119 - Espectro EDS da análise de um ponto de sedimento (PBJ005-15) presente na micrografia apresentada pela figura 104, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Al, Si e K.

Tabela 5. 69 - Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto PBJ005 - 15, da área de coleta usada como referência pela SABESP em Biritiba-Mirim.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	32.99	0.6475	46.83	0.34	62.10
Na K	0.48	0.8658	0.51	0.07	0.47
Al K	9.35	0.9130	9.41	0.12	7.40
Si K	28.97	0.8628	30.87	0.24	23.31
K K	13.24	0.9833	12.38	0.14	6.71
Totals			100.00		

Com a inexistência de uma legislação específica para ser usada como valor de referência no controle de qualidade do sedimento em suspensão, a solução atribuída para dar maior legitimidade aos dados encontrados foi o uso da resolução CONAMA 454/2012 para sedimentos de fundo. Quando existente o elemento em questão nesta resolução, a mesma foi comparada com as devidas restrições como mencionado anteriormente, utilizando a Tabela de referência TEL e PEL e no caso do fósforo os elementos orgânicos.

Segundo o CONAMA as substâncias não listadas na Tabela TEL e PEL, quando necessária a sua investigação, seus valores devem ser previamente estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Existindo dados sobre valores basais (valores naturais reconhecidos pelo órgão ambiental competente) de uma determinada região, esses deverão prevalecer sobre os valores da Tabela, sempre quando mais elevados.

As análises químicas semi-quantitativas dos espectrogramas apresentados pelas tabelas anteriormente apresentadas, demonstraram que na área com atividade agrícola no entorno do reservatório, foram encontrados os elementos: Al, Si, Na, S, Cl, P, Mn, Mg, Mo, Sr, K, V, Ca, Ti, Fe, F, Cu e Cr, enquanto que os resultados apresentados para as áreas com proteção de mata ciliar encontraram-se os elementos químicos: Al, Si, S, Cl, Mn, Mg, Mo, K, Ca, Na, F, Ti, Fe, Co, P, Cu e Cr.

Nesses resultados os elementos Fe, Al, Si, Ti, foram encontrados tanto nas áreas agrícolas e preservadas com mata ciliar, na maioria das análises realizadas. Pode-se atribuir a presença desses elementos a própria composição dos sedimentos em suspensão sabidamente de origem das litologias que circundam o reservatório (graníticas e gnáissicas, Capítulo IV dessa Tese), cujos componentes estão entre os dez elementos mais abundantes da crosta terrestre. Outros elementos que provavelmente derivam de minerais da classe das argilominerais como o Ca, Na e Mg também se fizeram presentes nestes ambientes. Por outro lado o K, além de ser um elemento também presente nas rochas graníticas e gnáissicas, é também constituinte de fertilizantes, compondo os sulfetos, nitratos e cloreto de potássio, detectado nessas duas áreas. Portanto, com exceção do K, a presença dos demais elementos acima citados provavelmente derivam do contexto geológico do reservatório.

Outros elementos como F e Cl são componentes conhecidos de defensivos agrícolas encontrados comumente na forma de fluormetils, clorofenois e cloropropanos respectivamente (WHO, 2011), esses foram detectados nas diferentes análises nas duas áreas, mas em maior número de pontos nas áreas com atividade agrícola.

O enxofre presente na agricultura insolúvel em água é convertido por bactérias em enxofre hidrófilo, facilitando o transporte por percolação no solo (CECOTTI, 1996). Este elemento é comumente encontrado em fertilizantes, fungicidas e inseticidas, e apareceu em maior número de vezes nas análises das áreas com atividade agrícola do que a preservada por mata ciliar circunjacente.

O Mo é outro elemento que não apresenta valor orientador e apareceu nas análises de todas as áreas estudadas. Podendo ser constituinte da geologia local, esse elemento também

pode ser provenientes de aditivos agrícolas, pois faz parte da composição dos agrotóxicos e de suplementos agrícolas.

O vanádio e estrôncio, elementos usualmente utilizados por indústrias, estavam presentes exclusivamente nas áreas com atividade agrícola.

Nas Tabelas 5.70 (referente a área com atividade agrícola) e 5.71 (referente a presença de mata ciliar) são apresentados os resultados de todas as análises químicas semi-quantitativas efetuadas apresentando os números e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico, que constam na legislação e excederam os limites do considerado péssimo ao serem comparados com a Tabela de referência TEL e PEL,

Tabela 5. 70 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico excedeu os limites do considerado péssimo na Tabela TEL e PEL, e o fósforo pela resolução CONAMA 454/2012 na área com presença de atividade agrícola.

Elementos presente na área com atividade Agrícola	Número de amostras encontradas acima do considerado péssimo	% em que os elementos encontrados estão acima do considerado péssimo	Total de análises realizadas
Cu	8	12	68
Cr	1	1,5	68
Ni	0	0	68
P	27	40	68

Na Tabela 5.70 são apresentados os elementos e os números de amostras que estavam presentes e excederam níveis considerados péssimos do PEL. O fósforo se apresentou em níveis de concentração de até 5,4 vezes maior que o limite orientador pela resolução CONAMA 454/2012, estando presente em 40% das amostras analisadas neste ambiente, elemento comumente presente em fertilizantes, aditivo alimentar ou pesticida. Algumas fontes como descargas de esgoto, escoamento superficial de terras cultivadas e fertilizadas, efluentes industriais também podem ser causadores do aumento excessivo do fósforo em águas naturais, estimulando a produção em *habitats* deste meio (RICKLEFS, 2003). O fósforo pode ser encontrado nas águas sob três formas diferentes: ortofosfatos, fosfatos condensados e fosfatos organicamente combinados (METCALF & EDDY, 1991). O fosfato é um nutriente indispensável para o crescimento das algas, pois faz parte da composição de importantes compostos celulares ligados ao armazenamento de energia da célula. A maior parte do fosfato contido na biomassa do fitoplâncton, macrófitas aquáticas, zooplâncton, nécton e bentos, são liberados após a morte destes organismos para a coluna d'água (ESTEVES, 2011).

Com relação ao cobre, 12% das amostras encontradas estão potencialmente comprometidas e em concentrações até 21 vezes acima do considerado péssimo na classificação de qualidade estabelecidos a partir de TEL e PEL (Tabela 5.45), Seu uso é amplo pelo homem nas indústrias elétricas, em pesticidas agrícolas, linhas de transmissão, em rolamento de motores, algicidas, entre outras aplicações e produtos industriais (QUINÁGLIA, 2006).

O Cr foi encontrado em concentrações que atingiram até 160 vezes maior que o limite considerado péssimo. Nas atividades antropogênicas o Cr pode ser encontrado em ligas de aço inox, pigmentos, alguns tipos de fertilizantes, cromeação, curtumes, preservativos de madeira, sínteses orgânicas.

Na Tabela 5.71 estão apresentados os elementos e os números de amostras que estavam presentes e excederam níveis considerados péssimos do PEL na área de mata ciliar no entorno do reservatório.

Tabela 5. 71 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico excederam os limites do considerado péssimo na Tabela Tel e Pel, e o fósforo pela resolução CONAMA 454/2012 na área protegida de mata ciliar no entorno do Reservatório de Biritiba-Mirim.

Elementos presente na área protegida de mata ciliar	Número de amostras encontradas acima do considerado péssimo (Tabela TEL e PEL)	Porcentagem em que os elementos encontrados estão acima do considerado péssimo	Total de análises realizadas
Cu	13	76,5	17
Cr	4	23,5	17
Ni	4	23,5	17
P	3	17,6	17

Conforme demonstrado na tabela 5.71, o cobre esteve presente em 76,5% das amostras analisadas e apareceu em concentrações até 40 vezes acima do considerado péssimo na classificação de qualidade estabelecidos a partir de TEL e PEL (TABELA 5.54), evidenciando maior presença nesta área. O fósforo se apresentou em níveis de concentração de até 4,5 vezes maior que o limite orientado pela resolução CONAMA 454/2012, estando presente em 17,6% das amostras. O Cr em concentrações 1000 vezes maior e o Ni em níveis 2000 vezes maior que o recomendado pela resolução CONAMA 454/2012 (TABELA 5.50). Os compostos de níquel são encontrados em muitos minerais, pois níquel como metal puro dificilmente ocorre na natureza, além de insolúvel na água, seus sais, por outro lado são

altamente solúveis, no entanto quando presentes na água são tóxicos para as plantas, mas para a vida aquática são variáveis e dependentes do pH e efeitos sinérgicos de outros metais devido a despejos industriais (SAMPAIO, 2003). O níquel é utilizado com grande frequência em ligas não ferrosas, aços inoxidáveis, aços para ferramentas e na indústria automobilística. Por ser um metal resistente à corrosão e duro é um importante componente das ligas dos quais faz parte (KOLJONEN, 1992).

Também foram analisados alguns filtros com sedimento em suspensão da cabeceira do rio Biritiba-Mirim, local de recarga do reservatório em que a SABESP faz suas coletas para análise de controle de qualidade da água de recarga do reservatório. Nesses filtros foram detectados elementos químicos como: Al, Mn, K, Si, Na, Ca, S, P, Ti, Fe, Co, Ba, P e Zn. Na Tabela 5.72 apresentam-se todos os resultados das análises químicas semi-quantitativas efetuadas, apresentando os números e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico, que constam na legislação e excederam os limites permitidos do considerado péssimo ao serem comparados com a Tabela de referência TEL e PEL, para esta área.

Tabela 5. 72 - Número e porcentagem de pontos em que cada elemento químico e orgânico excedeu os limites do considerado péssimo na Tabela TEL e PEL, pela resolução CONAMA 454/2012 na área de coleta da SABESP.

Elementos presente na área de coleta da SABESP	Número de amostras encontradas acima do considerado péssimo (Tabela TEL e PEL)	Porcentagem de elementos encontrados em que os elementos estão acima do considerado péssimo	Total de análises realizadas
Cu	6	35,2	17
Cr	4	23,5	17
Ni	4	23,5	17
P	4	23,5	17
Zn	1	6	17

As análises realizadas demonstraram que o Cu estava presente em concentrações até 22 vezes acima do considerado péssimo na classificação de qualidade estabelecidos a partir de TEL e PEL mesmo em se tratando de sedimentos em suspensão e não de sedimentos de fundo aos quais se refere a tabela TEL e PEL. O Cr e o Ni em concentrações 1000 e 2000 vezes maior respectivamente que o considerado péssimo (TABELA 5.63), o elemento Zn também foi encontrado em níveis 90 vezes que o considerado péssimo (TABELA 5.72). O cobre esteve presente em 35,2% das amostras analisadas, seguidas pelo Cr, Ni e P. Nesta área foi

encontrado o elemento zinco, que não estava presente nas outras áreas, geralmente presente na agricultura, aplicado em dos solos como fungicida e pesticida. Elemento presente no ambiente principalmente como íons hidratados ou compostos dissolvidos insolúveis. Em ambiente aquático antes de sedimentar se liga ao material suspenso (El SAFETY *et al.*, 2008).

5.3.2 Conclusões preliminares referentes as análises realizadas em MEV

Os resultados apresentados demonstraram a presença de importantes elementos químicos nos sedimentos em suspensão das áreas estudadas, que podem estar relacionados a processos agrícolas, ou ainda de outras atividades antrópicas (descarga doméstica ou industrial, etc), ou ainda como elementos provindos da própria alteração intempérica das rochas que circundam o reservatório como: K, S, Mo, Zn, Cu, F, Cr, Cl, S, Mn, V e Sr.

Ao comparar os elementos Cr, Ni, Cu e P com valores orientadores da resolução 454/2012 CONAMA, evidenciou-se que todos estão excedendo o limite de qualidade considerado péssimo mais uma vez respeitando que se está comparando resultados para sedimentos de fundo dessa tabela de referência com resultados de sedimentos em suspensão os quais não encontram qualquer indicação de restrição em tabela alguma. Seguramente o fósforo não está ligado a configuração geológica local (degradação de rochas circundantes ao reservatório) e foi encontrado em vários pontos em altas concentrações, principalmente na área com atividade agrícola. O elemento P e também o S estão presentes em macronutrientes e quando detectados associados ao K, podem ser provenientes de alguma atividade antrópica muito provavelmente de origem agrícola. Esses por sua vez são muito comumente encontrados em fertilizantes e ração animal. O Cu, assim como o Zn podem estar vinculado ao uso de fertilizantes, defensivos agrícolas ou dejetos da criação granjeira da região, assim como o Mo e Mn provindos do emprego de fertilizantes.

Elementos como Cl e S encontrados tanto nas amostras das áreas com atividade agrícola como na protegida por mata ciliar, podem ter sua origem de alguma descarga doméstica ou industrial próxima a esses locais, também visível no capítulo de uso e ocupação (CAPÍTULO V), pois essas áreas apresentam bairros e até indústria nas suas proximidades.

Nas amostras retiradas do ponto de trabalho da SABESP, foram encontrados Zn e Cu em altas concentrações, estes são elementos comumente utilizados na agricultura. O fósforo e enxofre também foram detectados, e estes são observados também em entradas domésticas e industriais. Como esses pontos de coleta estão situados bem distantes das áreas estudadas no

reservatório de Biritiba-Mirim, os elementos encontrados podem ser provenientes da atividade agrícola presente a montante desses pontos de coleta.

O mapa de ocupação do solo demonstrou a existência de atividade industrial próxima da área do reservatório, podendo ser a ela atribuída a identificação dos metais Ni, Cr e Ba em algumas das amostras encontradas na área de coleta da SABESP.

É importante ressaltar que alguns elementos associados aos sedimentos suspensos e ligados a alguma atividade antrópica se localizaram na região com atividade agrícola em maiores concentrações ou detecções. Esses sedimentos em suspensão representam uma eficiente forma de transporte de elementos externos através do reservatório. A presença maciça de macrófitas no reservatório, também pode contribuir na assimilação bem como no transporte desses elementos e serão discutidos no próximo capítulo, uma vez que muitos deles estavam presentes também nas demais áreas do reservatório.

CAPÍTULO VI – DISCUSSÃO FINAL

Com o mapeamento de uso e ocupação do solo no reservatório de Biritiba-Mirim ficou evidente que apesar da expressiva área de fragmentos florestais, quase metade da área do entorno deste reservatório está sendo ocupada por culturas agrícolas, campos antrópicos, chácaras e indústrias. Resultado que quando analisado em conjunto com as variáveis físico-químicas da água superficial e dos sedimentos em suspensão amostrados e aqui apresentados os resultados de sua análise, indicaram que essas atividades exercidas pelo homem no entorno deste reservatório estão sugerindo um possível comprometimento da qualidade da água.

Os resultados apresentados nos dois compartimentos analisados (água e sedimentos em suspensão) nas áreas com atividade agrícola no entorno deste reservatório apresentaram um conjunto de alterações. Referente as variáveis pH, OD e ORP baixos valores nas amostras superficiais da água, além de 2 pontos com alta condutividade elétrica e turbidez foram detectados. As amostras de água demonstraram presença de Mn, Zn, Al, Fe e P em concentrações de até 48, 60 e 37,5 vezes maior que o limite orientador da resolução CONAMA 357/2005 respectivamente para esses três últimos elementos. Para o compartimento aqui denominado de sedimentos em suspensão foi detectada a presença dos elementos como Al, Fe, S, Cl, Ca, K, Ti, V, Si, Mn, K, Cr, Sr, Mg, P em concentrações de 5,4 vezes maior que o valor orientador da resolução 454/2012 do CONAMA para esse último, assim como o Cu e Cr com 21 e 160 vezes acima do péssimo respectivamente, nas áreas com atividade agrícola.

Quanto a área protegida por mata ciliar, grande parte dos resultados analisados *in situ* das variáveis físico-químicas estão enquadrados na resolução 357/2005 do CONAMA para padrões de classe 1, mas na análise dos elementos químicos da água superficial evidenciou-se a presença de Zn e P em 2 e 9 pontos respectivamente, acima do permitido pela resolução 357/2005 do CONAMA. Nas amostras de sedimento em suspensão, Ca, Na, F, Ti, Fe, Al, Si, Na, P, S, Mn, Co, Mo, K, Cl, Cu, este último elemento encontrado em um valor 40 vezes acima do orientado pelo CONAMA, resolução 454/2012 e Cr e Ni na concentração de 1000 e 2000 vezes acima do péssimo, respectivamente.

Alguns elementos encontrados nas análises dos sedimentos em suspensão foram comuns tanto nas áreas com atividade agrícola, quanto nas áreas preservadas com mata ciliar, tais como Fe, Mn, Mg e Cr, elementos que compõem as rochas do Complexo Embu. E o K, Al e o Ni (esse último na área preservada), integrantes preferencial das rochas do Complexo

Granítico. Ambas são unidades geológicas presentes onde está inserido o reservatório de Biritiba-Mirim, como descrito no Capítulo IV.

Apesar da participação desses elementos na composição dos argilominerais, produtos da desagregação das rochas do embasamento que ocupa o substrato e o entorno do reservatório, a presença do K, Mn, Mg e Cr nos sedimentos de todas as áreas de coleta pode ser associada à atividade antrópica provenientes de aditivos agrícolas quando em presença do S e P os quais não se relacionam com as rochas circundantes. Os demais elementos citados acima provavelmente apareceram da decomposição intempérica das rochas do entorno do reservatório e migração dos elementos mais solúveis das mesmas para seu interior.

Com relação aos elementos Mo, Mn, Cu e Zn, estes poderiam ser de origem industrial, mas ao observar a área de uso e ocupação (Capítulo V), nota-se que pela distância dessas áreas, o mais provável é que estes metais podem estar ligados a fertilizantes ou defensivos agrícolas, ou dejetos da criação granjeira da região, na presença de Cu e Zn.

Com relação ao fósforo, esse elemento se fez presente tanto nas áreas agrícolas como na preservada com mata ciliar. Tendo sido encontrado tanto no compartimento água superficial como compartimento sedimentos em suspensão. Nas áreas com o entorno coberto por agricultura, no entanto, apresentou maiores concentrações e números de pontos de coleta em que o mesmo foi detectado. De acordo com Wetzel (2003), o escoamento superficial de áreas com atividade agrícola propiciam uma das principais fontes de entrada de fósforo na bacia de drenagem, além dos compostos inseridos nos detergentes organofosfatados. A entrada de fósforo por escoamento superficial das áreas agrícolas se associam a argila em forma não biodisponível para o ecossistema aquático em um primeiro momento, podendo ser exportado em locais mais distantes ou sedimentando. Os sedimentos em suspensão são depois depositados no fundo em associação com a matéria orgânica produzida na zona fótica, associados às partículas de silte e argila chegando à bacia hidrográfica com concentrações de fósforo, e permanecem indisponível para a comunidade fitoplanctônica até atingir condições favoráveis (SHARPLEY; HALVORSON, 1994). Atualmente estudos apontam o fósforo como o principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas aquáticos. Entradas antropogênicas, faz do fósforo o maior fator de eutrofização, provocando o crescimento e proliferação do fitoplanctôn, causas da baixa qualidade da água. Tal feição se mostrou muito expressiva no reservatório de Biritiba Mirim, visto que há verdadeiros campos de macrófitas (aguapés) em praticamente todos os braços hídricos desse reservatório, chegando a impedir a navegação de barco na intenção de coleta de amostras.

Nas áreas cobertas por mata ciliar, não era esperada a presença de elementos químicos relacionados com algum tipo de atividade antrópica, no entanto, estes achados podem estar ligados a vários fatores, conforme é interpretado a seguir:

- A proximidade dos locais em que o homem exerce algum tipo de atividade antrópicas das áreas de amostragem podem, por meio da movimentação das águas superficiais, devido a direção e a intensidade do sistema de ventos que atuam no Reservatório de Biritiba-Mirim, conduzir os elementos químicos, em suspensão, até a região de coleta das áreas protegidas com mata ciliar. Segundo Chen *et al* (1991), a importância dos materiais em suspensão está ligada ao transporte e o ciclo geoquímico de metais traço em sistemas aquáticos, pois possuem características físicas e geoquímicas específicas, e grande capacidade de ligação com metais. Chasin e Pedroso (2003) demonstraram que os compostos mais estáveis percorrem maiores distâncias quando em solução, e sua estabilidade, estado físico e fluxo da água também determinam a distância percorridas por esses elementos.

- A precipitação média mensal atípica conforme visualizado na Figura 14 também podem ser relevantes para avaliar possíveis aportes de matéria orgânica e nutrientes para os corpos d'água provenientes de lixiviação produzida pelas precipitações pluviométricas. Com a intensa atividade agrícola no entorno deste reservatório e o uso de fertilizantes podem fornecer indicação de carga difusa de nutrientes, especialmente fósforo neste reservatório.

Outro ponto a ser considerado é a grande quantidade de macrófitas presentes no reservatório de Biritiba-Mirim conforme mencionado anteriormente (Figura 120) e sua alta capacidade de assimilação e deslocamento dentro do reservatório, e sua provável capacidade em reter os elementos químicos e transportá-los de um local para outro. Explicação e fato que corroboram com estudos de Moraes (1999) no reservatório de Salto Grande (SP), onde esse autor demonstrou o potencial das macrófitas aquáticas em assimilar os nutrientes e metais, mas também em liberá-los à coluna d'água pelo processo de decomposição. Tal evidência e comportamento também foram confirmados por Faria (2002), o qual observou a retenção e retorno de metais pelas macrófitas aquáticas ao sistema após a decomposição das mesmas. Portanto, as macrófitas participam intensivamente do ciclo de reciclagem de nutrientes, assimilando elementos retidos no sedimento por meio das raízes, os quais são liberados para a coluna de água por excreção e decomposição (GRANÉLI e SOLANDER, 1988).

Com relação as amostras coletadas nos pontos balizados pela SABESP, esses demonstraram alterações físicas e químicas típicas de área impactada e elementos como Al, Zn, Fe e P foram encontrados em níveis acima do permitido pelo CONAMA para águas doces superficiais. Nos sedimentos em suspensão, elementos como Cu, Ni, Cr e Zn quando

comparados com os níveis considerados péssimos pela classificação TEL e PEL para sedimentos de fundo, excedendo as concentrações orientadoras.

Estes resultados sugerem para a SABESP atenção quanto a essas variáveis visto que os resultados das amostras analisadas, quanto aos elementos encontrados nos pontos coletados sugerem proveniência da agricultura ou no caso dos metais até da indústria próxima a área. Outra constatação importante, é que a análise realizada para o controle de qualidade da água de recarga do reservatório de Biritiba-Mirim pela SABESP, está situada em local inadequado. Conforme pode-se visualizar na Figura 121 de Cooke (2005), a SABESP utiliza seu ponto de coleta em uma zona cuja influência é predominantemente fluvial (seta vermelha), característica de rios com alto fluxo de água como pontos de referências para estabelecer a qualidade da água dentro do reservatório, mas são áreas com características completamente distintas do restante do reservatório o qual recebe recarga também de outros sistemas de fluxo superficial e até mesmo subterrâneo.

Figura 120 - Reservatório de Biritiba-Mirim com presença de macrófitas a esquerda, conforme demonstrado pela seta vermelha.

Figura 121 - Esquema longitudinal das zonas de um reservatório.
 Fonte: modificado de COOKE *et al.*, (2005).

CAPÍTULO VII – CONCLUSÃO

O entorno do reservatório de Biritiba-Mirim apresenta-se atualmente com áreas ocupadas por atividades agrícolas e áreas preservadas por matas ciliares o que endossa os resultados obtidos para as variáveis físico-químicas obtidos quanto a qualidade da água, bem como para variações geoquímicas encontradas nos sedimentos em suspensão, integradas com as condições de uso e ocupação do solo conforme discutido anteriormente.

A qualidade da água dos reservatórios é um dos parâmetros que se tem menos informação no país, apresentando um número insuficiente de estações de monitoramento no seio de um reservatório de abastecimento público de água potável bem como de uma baixa ou insuficiente periodicidade das análises efetuadas, tal como ocorre hoje em dia com Biritiba-Mirim e os restantes reservatórios que circundam a RMSP. Com a expansão e a ausência de um zoneamento urbano no município de Biritiba-Mirim, observou-se na região a invasão das áreas de proteção ambiental, inclusive do entorno da bacia hidrográfica em questão representando por um lado pressão do tecido urbano e agrícola sobre a área a ser preservada do reservatório o que em tese poderia implicar na não manutenção quanto a boa qualidade e quantidade da água desse reservatório.

Os parâmetros físico-químicos analisados nas amostras coletadas nos dois compartimentos (água e sedimentos em suspensão) nas áreas com atividade agrícola e nas áreas preservadas por mata ciliar após aplicado o teste *pos hoc* sequencial de Bonferroni, indicaram que houve diferença entre algumas variáveis analisadas, evidenciando ambientes distintos na avaliação desses parâmetros. A baixa concentração de OD e pH na área agrícola, no que diz respeito as amostras de água, indica excesso de matéria orgânica, confirmado pela alta concentração de fósforo, e decomposição destes produtos por meio do consumo do oxigênio e acidez da água. O crescimento exacerbado de macrófitas nesta área pode significar um futuro problema de eutrofização da água resultando em elevados custos para o tratamento e prejuízo seguro quanto a qualidade da água para consumo humano.

Como discutido no capítulo anterior, a presença de alguns elementos químicos nas áreas estudadas demonstraram associação a produtos utilizados pelas atividades agrícolas, possivelmente provenientes de fertilizantes, agroquímicos, nutrientes ou até de ração animal. Nas duas áreas foram encontrados esses elementos, mas notou-se uma maior concentração nas áreas em que havia a atividade agrícola não permitindo uma associação direta com elementos lixiviados das rochas circundantes principalmente Complexo Embu, com solos constituídos

dominantemente por argila, como descrito em diversos trabalhos de determinação de porosidade e permeabilidade (REBOUÇAS, 1999) o que em si gera dificuldade de infiltração da água no subsolo e posteriormente no aquífero subterrâneo, mas fixa estes poluentes no próprio solo. Quando dos intensos períodos pluviométricos, essas argilas sofrem lixiviação, e são carregadas para o interior do reservatório constituindo em uma primeira instância os sedimentos em suspensão e posteriormente os sedimentos de fundo. No local de coleta de amostras protegidas por mata ciliar a presença desses elementos potencialmente tóxicos pode ser atribuída a movimentação desses sedimentos e das macrófitas pelo sistema de ventos locais facilitado em seu deslocamento pela extensa superfície lisa da represa.

Por último, mas não menos importante pode-se afiançar que as ferramentas utilizadas nessa Tese representam procedimentos técnico-científicos de baixo custo que permitem uma análise preditiva de início de degradação de um reservatório para abastecimento público o que poderia ser resumido como Procedimento de Análise Preventiva de Degradação de Reservatórios de Água, o que de um modo simplificado poderia ser denominado como PAPDRA.

VIII -- CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES FINAIS

Uma melhor forma de planejamento quanto ao do uso do solo nesta região é complexa, pois envolve a necessidade do homem em busca do seu sustento através da agricultura familiar, em contraposição a proteção da mata ciliar para manutenção da boa qualidade e quantidade da água, visto que a disponibilidade de grande quantidade de água favorece a cultura de hortifrutigranjeiros nessa região. O manejo desse ecossistema, portanto, deve respeitar as características e dinâmica da vegetação ripária na sua função de proteger a represa para um fim mais nobre e consequentemente a sociedade que dela se beneficia, mas com a inclusão da agricultura sustentável no planejamento de ocupação e uso da área.

Algumas medidas podem ser consideradas e efetivadas na prática das atividades agrícolas visando a proteção dos recursos hídricos e seus usos múltiplos, tais como: a utilização de equipamentos com otimização da irrigação e menor desperdício da quantidade de água; mão de obra qualificada; monitoramento da água para os usos agrícolas com parâmetros para o controle da qualidade; medidas preventivas no controle de erosão e sedimentação e contenção dos resíduos gerados pelas atividades agrícolas com informação para a população sobre os problemas causados pelo uso de fertilizantes e defensivos agrícolas os quais acabam por ser incorporados no corpo de água do reservatório, como soluto ou transportado pelos sedimentos em suspensão.

A agricultura como atividade indispensável para o crescimento econômico em diversas partes do país apresenta riscos que devem ser previsíveis e alternativas racionais do uso da água para esse fim devem ocorrer em consonância com uma gestão efetiva dos recursos hídricos e da produção agrícola. Atualmente a gestão dos recursos hídricos caminha para um gerenciamento compartilhado e preditivo dos recursos hídricos, em detrimento ao antigo sistema centralizado. A crise hídrica na região Sudeste por exemplo, impulsionou a necessidade de mudanças no sistema de governança da água. A gestão compartilhada dos recursos hídricos conduzem o cidadão como possuidor de direitos participativos no controle de decisões sociopolíticas, abrindo um espaço antes não existente à sociedade civil.

Algumas ações governamentais ainda precisam ser consolidadas para viabilizar a gestão dos recursos hídricos adotando princípios que visam a sustentabilidade ambiental e não interfiram no desenvolvimento socioeconômico do país. Medidas como a cobrança pelo uso de água dentro do princípio pagador-poluidor; atualmente implementadas na Bacia do Rio Paraíba do Sul e PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), por exemplo; o pagamento por serviços

ambientais; além da necessidade de evidenciar os dados existentes sobre as bacias (qualidade e quantidade da água) à população resultando em maiores benefícios a sociedade.

A recomposição e manutenção da mata ciliar mostrou-se uma importante estratégia na melhoria da qualidade da água por meio da redução das fontes de carga difusas, de matéria orgânica e nutrientes, como descrito no Capítulo III. No reservatório de Biritiba-Mirim, a área preservada por mata ciliar também está relacionada com a presença de menor número de variáveis que sinalizam ambientes em processo de serem impactados mais intensamente. A associação da qualidade das águas ao risco de danos à saúde humana é preocupante, e o monitoramento torna-se fundamental para a redução desse risco. O aumento da cobertura por vegetação ciliar, define portanto uma ação preventiva para a redução de riscos à saúde. O monitoramento do reservatório deve estar associado à possibilidades de ações, ou estará apenas registrando dados.

Apesar do avanço urbano em direção a área de preservação ambiental ainda é possível por meio de processos participativos e educativos, projetos ambientais e socioeconômico a coexistência de sistemas produtivos, sustentabilidade e qualidade dos ecossistemas aquáticos. A compensação financeira, por exemplo, aos agricultores que definam áreas de conservação, cooperando com planos de conservação florestal e desapropriação da bacia hidrográfica, pois a delimitação das áreas de mata ciliares pode balizar as decisões para o planejamento da expansão da área urbana do município, e captação de água para a população.

Desde que haja disposição política e da comunidade que faz uso desse recurso, no que permeia seus direitos e principalmente seus deveres quanto zeladores e mantenedores deste bem indispensável tanto no presente, quanto para o futuro, é imprescindível a participação destes atores no diagnóstico e planejamento socioambiental e de manejo da microbacia, pois assim se faz legítima a implementação das ações planejadas, com base no paradigma atual da ecologia.

Pode-se concluir que os métodos técnico-científicos aplicados nessa Tese como instrumentos preditivos de possível impacto na qualidade da água de um reservatório, no caso o de Biritiba-Mirim foram positivos nos seus resultados, ainda que sozinhos não sejam suficientes para esclarecer algumas variáveis ambientais encontradas em locais não esperados. Mas com o conhecimento global e interdisciplinar da área estudada, abrangendo em parte o contexto do substrato rochoso e liberação de elementos químicos nele existentes a partir da degradação química por ação do intemperismo, gerando os sedimentos em suspensão e de fundo associados a uma análise segura do uso e ocupação do solo na busca das fontes

causadoras destes impactos, foi possível diagnosticar as possíveis fontes de entradas de elementos potencialmente comprometedores da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. **Chemical principles of environmental pollution**. New York: Chapman & Hall, 1997, 2 ed.

AMAZARRAY, M. T. R. **Origem, distribuição e formas de transferência de elementos - traços na lagoa emboaba** : uma lagoa costeira do Estado do Rio Grande do Sul. 1992. 291 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Anvisa divulga resultado do monitoramento de agrotóxico em alimentos**. Brasília: ANVISA, 2010.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC: 22 Ed., 2012.

ARTHINGTON, A. H.; WELCOMME, R. L. The condition of large river systems of the world. In: **Condition of the World's Aquatic Habitats**, 1995. Eds: Armantrout, N. B.; Wolotira Jr, R. J., Lebanon, New Hampshire: World Fisheries Congress, Science Publishers, p. 44-75.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2002. 622 p.

BARCELÓ, D. Environmental protection agency and other method for the determination of priority pesticides and the transformation products in water. **Journal of Chromatographic Science**, v. 643, p.117-143. 1993.

BARONA, A.; ROMERO, F. Distribution of metals in soils and relationships among fractions by principal component analysis. **Soil Technology**, Cremlingen, v. 8, p. 303-319, 1996.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: IICA, 1999. 64p.

BEVILACQUA, J. E. **Estudos sobre a caracterização e a estabilidade de amostras de sedimento do Rio Tietê, S.P.** 1996. Tese (Doutorado em Química), Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo 1996.

BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. Qualidade da Água e Dinâmica de Nutrientes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Editores) **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2005. Cap. 7. p. 213-270.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Prentice Hall, São Paulo. 305p. 2003.

BRANCO, S.M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**, 3ª ed., CETESB: São Paulo. 640p. 1986.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 30 Jul 1986.

_____. Resolução nº 344 de 25 de março de 2004. estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 7 Mai 2004.

_____. Resolução nº 454 de 1 de novembro de 2012. revoga as resoluções nº 344 de 2004 e nº 421 de 2010. estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 8 Nov 2012.

_____. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, D.F., 18 Mar 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2003. **Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 14 maio 2013.

BRASIL. Presidência da República. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm> Acesso em: 14 maio 2013

BRASIL. Presidência da República. Lei 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez 2011.

BRASIL. DECRETO No 4.074, de 04 de janeiro de 2002. **Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 08 jan. 2002. Seção 1.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). **Guidelines for interpreting water quality data** : versão 1.0, 1998. Disponível em: <<http://srmwww.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm>> Acesso em 01 nov. 2013.

CALLISTO, M., FERREIRA, W., MORENO, P., GOULART, M. D. C., PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**. v.13: 91-98. 2002.

CANADÁ. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian water quality guidelines for the protection aquatic life: Introduction. In: **Canadian Environmental Quality Guidelines**. Winnipeg, 1999.

CAPOBIANCO, R. P. J.; WHATELY, M. **Billings 2000**: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo: relatório do diagnóstico sociambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99. Instituto Socioambiental. São Paulo, 2002.

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

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. 2001. Disponível em: <<http://www.comiteat.sp.gov.br>> Acesso em :14 de maio 2013.

_____. 2014. Disponível em: <<http://www.comiteat.sp.gov.br>> Acesso 10 março 2015.

CCN – PLANEJAMENTO E ENGENHARIA . Estudo de impacto ambiental. Sistema produtor Alto Tietê. Barragens de Biritiba-Mirim, Paraitinga e complementação Taiaçupeba. São Paulo. Vol. 2, 134p. Relatório DAEE. 1997.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília; ANA, 2011.

_____. **Dados das variáveis de qualidade das águas e sedimento**, anexo 1 , 2006. Disponível: em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes-/>> Acesso em: 13 set. 2013.

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. série Relatórios. São Paulo, SP, 2008. Disponível: em: < <http://www.aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso 15 set. 2013.

_____. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. 2009. Disponível em:<<http://www.aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 16 de set. 2013. Apêndice A

_____. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo**, 2011. Disponível: em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes-/>> Acesso em: 10 de set. 2013<http://>

_____. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo**, 2012. Série relatórios, apêndices e anexos. São Paulo, 2012. Disponível: em: < <http://www.aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso 15 set. 2013.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments**: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Ed. Chapman, D. Chapman e Hall. Cambridge: Unesco/WHO/UNEP. 585p. 1992.

CHASIN, A. A. M.; PEDROZO, M. F. M. O estudo da toxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Eds.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa; São Paulo: InterTox, 2003. p. 1-25.

CHEN, J.S. et al. Geographical tendency of geochemical characteristics and binding capacity of suspended matter from the five main rivers of east china for heavy metals. In: VERNET, J.P., ed. **Heavy metals in the environment**. Elsevier, 1991. p. 125-135.

CHERUVELIL, K.S. and SORANNO, P.A. Relationships between lake macrophyte cover and lake and landscape features. **Aquatic Botany**, vol. 88 p. 219-227. 2008.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. 2013. Disponível em: <<http://www.comiteat.sp.gov.br>> Acesso em: 14 maio 2013.

_____. Conheça a bacia do Alto Tietê caracterização geral, 2014. Disponível em: http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/a_bacia/CaracterizacaoGeral.pdf/. Acesso em: 15 mar. 2015.

CONCEIÇÃO, F. T.; BONOTTO, D. M. Relações hidroquímicas aplicadas na avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental na bacia do Rio Corumbataí (SP). **Geochimica Brasiliensis**, v.16, p.01-21, 2002

COOKE, G.D.; WELCH, E.B; PETERSON, S.A.; NICHOLS, S.A. **Restoration and management lakes and reservoirs**. CRC, 2005. 584p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Estudo de águas subterrâneas, região administrativa 1** – Grande São Paulo. São Paulo. SOMA. 3 vol. 1 – Resumo. 220p. 1975.

_____. Sistema produtor Alto Tietê, 2006. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/altotiete/index.htm>> Acesso em: 26 jul. 2013.

_____. **Sistema de informações para gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH**, 2009. Disponível em: < <http://www.sigrh.sp.gov.br>> Acesso em: 30 de jul. 2013.

_____. Sistema produtor Alto Tietê, 2010. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/altotiete/index.htm>> Acesso em: 30 jul. 2013.

_____. Sistema Produtor Alto do Tietê, 2011. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=63:sistema-produtor-alto-tiete&catid=39:sistema-produtor-alto-tiete> Acesso em: 30 de jul. 2013.

_____. Sistema Produtor Alto do Tietê, 2012. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=563:sistema-alto-tiete-esta-pronto-para-epoca-das-chuvas&catid=48:noticias&Itemid=53> Acesso em :10 mar. 2015.

DORES, E. F. G. C; DE-LAMONICA- FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. Pesticidas: **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 9, p.1-18, 1999.

DORNELLES, T. F. **Análise da alteração do solo em bacias hidrográficas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 2003.

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO . Mapa da expansão da área urbanizada. Disponível em : <<http://www.emplasa.sp.gov.br/Emplasa/Cartografia/mapeamentotematicodigital.asp/>>. Acesso em: mar. 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Water quality criteria**. Washington, D.C. 595 p., 1972.

ERNST, C. **Protecting the source: land conservation and the future of America's drinking water**. Washington: Trust for Public Land, 2004.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Brasil: 3ª Edição. Editora Interciência, 2011.

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana – SP)**. 2002. 200f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin: Springer Verlag, 1983. v.2, 486 p.

FRACALANZA, A. P. ; SINISGALLI, P.A.A. . Conflitos de uso da água do reservatório Billings. In: Pedro Roberto Jacobi. (Org.). **Atores e Processos na Governança da água no Estado de São Paulo**. São Paulo: Annablume Editora, 2009, v. 1, p. 61-86.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Plano da Bacia do Alto Tietê**. FUSP Relatório Final. Versão 2.0, 2002.

GLEICK, P.H. Water resources. In: SCHENEIDER, S.H.,ed. **Encyclopedia of climate and weather**. New York: Oxford Press University, vol. 2,1996. p. 817-823.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2001. 653 p.

GOULART, M.D. ; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista Fapam**, v. 2, n.2, p.153-164, 2003.

HAMILTON, L. ; CASSELLS, D. Hydrology overview. In: WORLD BANK ; WWF ALLIANCE FOR FOREST CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE. **Running pure the importance of forest protected areas to drinking water**. Research report. UK, 2003. p.58- 63.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. PAST Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontol. Electron.** V.4, n.1,p.1-9, 2001.

HASUI, Y.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. O embasamento pré-Cambriano e E o-paleozóico de São Paulo. In: **Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1981**. Escala 1:500.000. São Paulo: v. 2.

HARPER, D. **Eutrofication of freshwaters: principles, problems and restoration**. Great Britain: Chapman & Hall, 1992. 327 p.

HIRATA, R. C. A.; FERREIRA, L. M. R. Os aquíferos da Bacia hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. v.31, n.1, p. 43-50, 2001.

HYNES, H.B.N. **The Ecology of Running Waters**, University of Toronto Press. 1970. 555p.

IZAZOLA, H.; CARMO, R.L. México e São Paulo: expansão metropolitana, desigualdade social e a questão da água. In: I CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO AMERICANA DE POPULAÇÃO, ALAP, Caxambu, MG, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010^a**.Disponível online: < <http://censo2010.ibge.gov.br/>>Acesso em: 23 out. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010b do município de Biritiba-Mirim**: Disponível em: < <http://cod.ibge.gov.br/99p>>Acesso em: 23 out. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO , IPT. **Monitoramento da erosão e do assoreamento nas bacias hidrográficas dos rios Taiaçupeba**, Biritiba-Mirim e Paraitinga, SP. V. 1, 2005. São Paulo. (Relatório Técnico 81999-205, 104p.).

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL , ISA. **Guarapiranga 2005: como e por que São Paulo está perdendo este manancial**. São Paulo, 50 p. 2005.

JACOBI, P.R. **Inovação na Governança da Água e Aprendizagem Social no Brasil**. Arakatu, 07 abril 2011. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/Content/Akatu/Arquivos/file/Publicacoes/prjacobi_art_gov_agua_katu_2011.pdf> Acesso em: 15 mar. 2015.

KÖPPEN, W. P. **Klassifikation der Klimate nach Temperatur. Niederschlag und Jahreslauf**. Petermanns. Geog. Mitt. 64.193-203p.:243-248p, 1918.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.

LACOU, P; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environ. rev.**, vol. 14, n. 2, p. 89-136, 2006.

LEFF, E. **Ecología y capital: hacia una perspectiva ambiental del desarrollo**. Coordinaciones de Humanidades, Programa Universitario Justo Sierra, Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.

LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura**. racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. Tradução de Jorge Esteves da Silva. Blumenau: Ed. da FURB, 2000.

LEMES, M. J. L. 2001. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo**, São Paulo. 2001. 248f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN – São Paulo. 2001.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba, 1996. 315 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/Fapesp, 2000. cap. 3, p. 33-44.

LOMBA, C.C.P. **A escassez hídrica na região metropolitana de São Paulo. 2011.** Disponível em: <http://xiisimpurb2011.com.br/app/web/arq/trabalhos/49135652c8d6c0635d42ba62335649ef.pdf>. Acesso em: 21 out. 2011.

LOURENCETTI, C.; RIBEIRO, M. L.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**. vol. 30, n.3. São Paulo. p.20, 2007.

MAIER, M. H.; MEYER, M.; TAKINO, M. Caracterização física e química da água da represa do Rio Grande (Riacho Grande), SP, Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 12, n. 1, p. 45-73, 1985.

MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. **Checklist of fresh-water Copepoda Calanoida from São Paulo State, Brazil. Biota Neotrop.** Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0251101a2011>>. Acesso em: 23 set. 2014.

MARTEN, H.; NAES, T. **Multivariate Calibration**. Chichester: John Wiley and Sons, 1991.

McCUNE, B. & GRACE, J.B. Analysis of Ecological Communities. USA. mjm. 300p. Lowe-McConnell, R. H. 1987. **The status of studies on South American freshwater food fishes. Evol. Ecol. Of Neotrop. freshwaters fishes.** 2002. 535p.

McNEELY, R.N., NEIMANIS, V.P., DWYER, L. **Water Quality Sourcebook**. a guide to water quality parameters. Ottawa: Environment Canada, 1979. 90 p.

MOCCELLIN, J. **A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos no baixo Ribeira de Iguape-SP.** 2006. 151f. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2006.

MITCHELL, D.S. **Aquatic vegetation and its use and control:** international hydrological decade. Paris: UNESCO, 1974.

MORAES, A. R. **Estimativa de estoque de elementos químicos em macrófitas aquáticas do reservatório de Salto Grande (Americana-SP).** 1999. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MONTEIRO, M. D. 2006. **Avaliação do conteúdo de metais e defensivos agrícolas na área de influência do reservatório de Biritiba-Mirim (SP)**. 2006. 47f. Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MOORE, J. W.; RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. New York: Springer Verlag, 1984. 267p.

MORIN, E. Método I - **A Natureza da natureza**. Europa-América, 1977. (As datas são dos originais em francês).

_____. Método II- **A vida da vida**. Europa-América, 1980. (A data é a original do francês).

_____. **Terra-Pátria**. Europa-América, 1993. (A data é a original do francês).

_____. **Introdução ao pensamento complexo**. Rio Grande do Sul : Editora Sulina., 2006.

MURILLO, E. P. **O sistema produtor do Alto Tietê: um estudo toponímico**. 2008. Dissertação (Mestrado em Semiótica e Linguística Geral) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review Ecological System**, v. 28, p. 621 – 658, 1997

NOGUEIRA, M.G.; JORCIN, A.; VIANNA, N.C.; BRITTO, Y.C.T. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos)-Um estudo de caso no Rio Paranapanema (SP/PR). In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (org.). **Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: RiMa, 2005.p.83-125.

OBREGON, G.O.; MARENGO, J.A. E NOBRE, C.A. **Rainfall and climate vaiability: long term trends in The Metropolitan área of S. Paulo in the 20th Century**. Climate Research, 2014. Disponível em: <<http://www.int-res.com/abstracts/cr/v61/n2/p93-107//>>. Acesso em : 10 maio 2014.

OMM/UNESCO, **Hay suficiente agua em el mundo?**, 1997. 22 p.

PADILLA, W. El Uso de la Fertirrigacion em cultivos de Flores em Latinoamerica. In: FOLEGATTI, M. V. (coord) **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. Guaíba, RS, Livraria e Editora Agropecuária, 1999. p. 355-392.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SCRAMIN, S.; SILVA, A. S.; GUSSAKOU, K. C. Vulnerabilidade natural das grandes bacias hidrográficas brasileiras à tendência de contaminação de águas por agrotóxicos em função dos tipos dos solos predominantes. Ver. **Ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 16, p. 39-52, 2006.

PETERSEN, W.; BERTINO, L.; CALLIES, U.; ZORITA E.; **Ecological modelling**. 2001, v.138,p.193-231.

PIELOU, E. C. **The interpretation of ecological data**. A primer on classification and ordination. John Wiley&Sons, Inc., New York, 1984. 263 p.

PIRES NETO, A. G. **Abordagens sintético-histórica e analítico-dinâmica**: uma proposição metodológica para a geomorfologia. 1992. 332f.. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRITIBA-MIRIM, PMBM. 2009. Disponível em: <<http://www.biritibamirim.sp.gov.br>>. Acesso em :12 out. 2013.

REBOUÇAS, A. Condições de Uso e proteção das águas subterrâneas. In: ABAS, ABGE, SBG/SP, Sem. Probl. Geológ. Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo. **Atas**, p. 21-45. 1992.

_____. Água Doce no Mundo e no Brasil, in REBOUÇAS, A **Águas doces no Brasil**, capital ecológico, uso e conservação. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA), São Paulo, 1999.

REVENGA, C., MURRAY, S., ABRAMOVITZ, J., HAMMOND, A. **Water- sheds of the World**. World Resources Institute and Worldwatch Institute, Washington, D.C. 1998.

ROCHA, A.A; PEREIRA, D.N.; PÁDUA, B.H. Produtos de pesca e contaminantes químicos na águas da Represa Billings, São Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, v.19, n.5, p.401-410, 1985.

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS; J. E. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. In: **A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos: Editora Rima, 2000. cap 1, p. 1 – 16.

ROSS, J. L. S; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo** -.laboratório de geomorfologia Depto de Geografia – FFLCH – USP/ Laboratório de Cartografia

Geotécnica – Geologia Aplicada - IPT/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997.

SABESP/CEPAS/IGc-USP. Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. diagnóstico Final. Convênio SABESP/CEPAS-IG/USP. São Paulo, 1994. p.115.

SANTOS FILHO, J. C. dos; GAMBOA, S. S. **Pesquisa educacional: quantidade- qualidade.** São Paulo: Cortez, 2000.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei Estadual nº 898, de 18 de dezembro de 1975. Lei Nº 898, de 18 de dezembro de 1975. Disciplina o uso de solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo 30 mar 1977.

_____. Lei Estadual nº 1.172, de 17 de novembro de 1976. Delimita as áreas de proteção relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água, a que se refere o artigo 2º de Lei nº 898, de dezembro de 1975, estabelece normas de restrição de uso do solo em tais áreas e dá providências correlatas. . **Diário Oficial do Estado**, São Paulo 18 dez 1975.

_____. Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

_____. Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n. 7663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. Consulta na internet, endereço: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/lei/1994/1994-Lei-9034.pdf>> Acesso em :15 jul 2013.

_____. Lei Estadual nº 9.866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo, e dá outras providencias. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo 29 nov 1997.

_____. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Levantamento censitário de unidades de produção

agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 1995/1996. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

_____. Lei Estadual nº 15.913, de 02/10/2015. Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras - APRMATC, suas Áreas de Intervenção, respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional para a proteção e recuperação dos mananciais **Diário Oficial do Estado**, São Paulo 03 out. 2015.

SAUNDERS, D. L.; MEEUWIG, J. J.; VINCENT, A. C. J. Freshwater protected areas: strategies for conservation. **Conservation Biology**, 16, p.30-41, 2002.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil process and water quality: advances in soil science**. Boca Raton: Lewis publishers, 1994. 398 p.

SHARPLEY, A. N. The enrichment of soil phosphorus in runoff sediments. **Journal of Environmental Quality**, v. 9, p. 521-526, 1980.

SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T.; SIMS, A.; LEMUNYON, R.; STEVENS, R.; PARRY, R. **Agricultural phosphorus and eutrophication. Ohio**: United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, 1999. 36 p. (ARS-149).

SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS – SSRH. Guia do sistema paulista de recursos hídricos. São Paulo, 2011.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. São Paulo, Projeto Santa Isabel / Mogi das Cruzes / Mauá – Relatório Final. CPRM – Pró – Minério. 1990. v. 1 e 2.

SENDACZ, S.; MONTEIRO JÚNIOR, A.J.; MERCANTE, C.T.; MENEZES, L.C.B.; MORAES, J.F. Sistemas em cascata: concentrações e cargas de nutrientes no Sistema Produtor Alto Tietê, São Paulo. In: NOGUEIRA, M.G; HENRY, R.; JORCIN, A. (Eds). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: RiMa, 2005. p.417-434.

SETTI, A. A., et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2 ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 2007p.

SHIKLOMANOV, I. A. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**: assessment of water resources and water availability in the world. Geneva: WMO, 1997. 85 p

SILVA, R. T., PORTO, M. F. A. 2010. **Gestão urbana e gestão das águas**: caminhos da integração. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142003000100007&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 de jul. 2013.

STANFORD, R. **Restoring the flow**: confronting the world's water woes. Calgary, AB e Victoria, BC: Rocky Mountain Books, 2010, p.176-7.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry**. A Wiley-Interscience Publication. USA, Limnological Research Center, University of Minnesota. 1996. p.1022.

THAME, A.C.M. "Fundamentos e antecedentes". In: **A cobrança pelo uso da água**, Thame, A.C.M et al., São Paulo: Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. pp. 11-16.

VEGA, M.; Pardo, R.; Barrado, E.; Debán, L.; **Water Res.** 1998, v.32, p.3581.

VON SPERLING, M. V. Estudo comparativo entre alguns métodos utilizados para o cálculo do coeficiente de desoxigenação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, Maceió. **Anais**. SEECLA, 1985.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. IN: **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1995.

WALDMAN, M. **Água e Metrópole: limite e expectativas do tempo**. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade , Letras e Ciência Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

WHATELY, M.; DINIZ, L.T. **Água e esgoto na grande São Paulo** : situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais propostos. Instituto Socioambiental. São Paulo, 2009.

WWF/THE WORLD BANK - ALLIANCE FOR FOREST CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE.; IUCN. **The importance of forest protected areas to drinking water**. Disponível em: <<http://worldwildlife.org/news/displayPR.cfm?prID=59>>/. Acesso em: 10 mar. 2014.

Wetzel RG. **Limnologia**. 2nd ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1993.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Análise dos filtros brancos isoladamente, sem que tenham sido empregados na filtragem de sedimentos em suspensão.

Os resultados abaixo apresentam algumas micrografias e os pontos dessas imagens que foram submetidos à EDS, seus respectivos espectros representados, seguidos da análise semi-quantitativa correspondente ao espectro que estão acima dessas tabelas respectivamente.

Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão do filtro branco, aumento de 600 vezes.

Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas do filtro branco, aumento de 600 vezes.

Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão do filtro branco, aumento de 600 vezes.

Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas do filtro branco, aumento de 5000 vezes.

Micrografia de amostra de filtro branco, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas B7009 em azul e o retângulo rosa representa a análise em área

correspondente. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Espectro EDS da análise do ponto B7009-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti e Fe

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7009-1, do filtro branco.

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	16.55	0.4330	43.01	1.09	63.14
Na K	0.28	0.6564	0.48	0.17	0.49
Mg K	0.71	0.6429	1.24	0.14	1.20
Al K	6.94	0.7541	10.36	0.27	9.01
Si K	2.74	0.7595	4.06	0.17	3.39
P K	0.21	1.1287	0.21	0.10	0.16
S K	0.68	0.8829	0.87	0.10	0.63
Cl K	0.34	0.8017	0.48	0.09	0.32
K K	0.18	1.1219	0.18	0.08	0.11
Ca K	27.84	1.0211	30.68	0.63	17.97
Ti K	0.24	0.7744	0.35	0.11	0.17
Fe K	5.94	0.8261	8.10	0.30	3.40
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto B7009-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença do elemento químico: F.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7009-2, do filtro branco.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corn.		Sigma	
F K	9.85	1.2521	100.00	0.00	100.00
Totals			100.00

Micrografia de amostra de filtro branco, destacando outros pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas B70014 em azul e as áreas em rosa representam a análise em área correspondente. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados abaixo.

Espectro EDS da análise do ponto B7014-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos elementos químicos: F, Na, Mg, Al, Si, K, Ca e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7014-1, do filtro branco.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	7.98	0.4434	30.92	1.20	43.86
F K	2.03	0.1912	18.28	1.65	21.83
Na K	0.25	0.6878	0.61	0.17	0.61
Mg K	0.19	0.6680	0.50	0.14	0.47
Al K	4.20	0.7867	9.18	0.32	7.72
Si K	5.12	0.7906	11.13	0.36	8.99
K K	0.25	1.1016	0.39	0.10	0.23
Ca K	16.57	1.0075	28.26	0.76	16.00
Fe K	0.35	0.8241	0.73	0.19	0.30
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto B7014-2 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença do elemento químico: F.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7014-2, do filtro branco.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
F K	7.12	1.2521	100.00	0.00	100.00
Totals			100.00

Micrografia de amostra de filtro branco, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas B70019 em azul e a área em rosa representa a análise na área correspondente. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados abaixo.

Espectro EDS da análise do ponto B7019-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos elementos químicos: Mg, Al, Si, Ca e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7019-1, do filtro branco.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	4.99	0.2952	36.99	1.32	57.48
Mg K	0.15	0.6726	0.47	0.16	0.48
Al K	1.84	0.7925	5.06	0.23	4.66
Si K	2.62	0.8420	6.79	0.26	6.01
Ca K	23.85	1.0365	50.26	1.09	31.17
Fe K	0.16	0.8098	0.43	0.23	0.19
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto B7019-2 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos elementos químicos: F, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, Ca e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto B7019-2, do filtro branco.

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	13.61	0.6838	28.09	0.96	36.12
F K	7.40	0.2482	41.96	1.26	45.44
Na K	0.13	0.5892	0.32	0.18	0.28
Mg K	1.98	0.5902	4.72	0.22	4.00
Al K	0.79	0.6713	1.66	0.15	1.26
Si K	2.32	0.7728	4.24	0.18	3.10
S K	0.39	0.8864	0.62	0.10	0.40
Cl K	0.10	0.8010	0.18	0.08	0.11
Ca K	12.88	1.0167	17.86	0.46	9.16
Fe K	0.21	0.8305	0.35	0.14	0.13
Totals			100.00		

APÊNDICE B

Testes estatísticos : teste de similaridade seguido do teste *pos hoc* sequencial de Bonferroni

Software PAST 3.0

Permutation N: 9999

Mean rank within: 92.85

Mean rank between: 117

R: 0.23

p (same): 0.0042 (Gower)

Teste post hoc - comparação par a par:

	SL	SS
SL		0.0048
SS	0.0048	

APÊNDICE C

Resultados totais da análise química da água superficial do reservatório de Biritiba-Mirim.

Amostra	Ag	Al	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu
P1	<0,003	0.052	<0,003	<0,05	2.38	<0,001	<0,007	<0,005
P2	<0,003	0.111	<0,003	<0,05	3.03	<0,001	<0,007	<0,005
P3	<0,003	0.092	<0,003	<0,05	1.77	<0,001	<0,007	<0,005
P4	<0,003	0.268	<0,003	<0,05	2.27	<0,001	<0,007	<0,005
P5	<0,003	0.138	<0,003	<0,05	1.67	<0,001	<0,007	<0,005
P6	<0,003	0.12	<0,003	<0,05	0.83	<0,001	<0,007	<0,005
P7	<0,003	0.238	<0,003	<0,05	2.02	<0,001	<0,007	<0,005
P8	<0,003	0.129	<0,003	<0,05	1.62	<0,001	<0,007	<0,005
P9	<0,003	4.883	<0,003	<0,05	2.5	<0,001	<0,007	<0,005
P10	<0,003	0.085.	<0,003	<0,05	1.5	<0,001	<0,007	<0,005
P11	<0,003	0.174	<0,003	<0,05	3.14	<0,001	<0,007	<0,005
P12	<0,003	0.108	<0,003	<0,05	2.02	<0,001	<0,007	<0,005
P13	<0,003	0.122	<0,003	<0,05	1.98	<0,001	<0,007	<0,005
P14	<0,003	0.267	<0,003	<0,05	1.03	<0,001	0.0084	<0,005
P15	<0,003	0.093	<0,003	<0,05	1.27	<0,001	<0,007	<0,005
P16	<0,003	0.123	<0,003	<0,05	1.53	<0,001	<0,007	<0,005
P17	<0,003	0.134	<0,003	0.062	1.09	<0,001	<0,007	<0,005
P18	<0,003	0.134	<0,003	<0,05	1.32	<0,001	<0,007	<0,005
P19	<0,003	0.107	<0,003	<0,05	1.15	<0,001	<0,007	<0,005
P20	<0,003	0.154	<0,003	<0,05	1.22	<0,001	<0,007	<0,005
P21	<0,003	0.116	<0,003	<0,05	1.44	<0,001	<0,007	<0,005
P22	<0,003	0.352	<0,003	<0,05	0.75	<0,001	<0,007	<0,005
P23	<0,003	0.17	<0,003	<0,05	0.56	<0,001	<0,007	0.005

Amostra	Fe	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Sb	Se
P1	0.262	0.86	0,02	2.19	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P2	0.404	1.08	0,02	2.84	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P3	0.258	0.65	0,02	1.35	<0,005	0.0055	<0,003	<0,003
P4	0.226	0.85	0,02	2.85	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P5	0.475	0.6	0,02	1.49	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P6	0.327	0.33	0,02	1.35	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P7	0.45	0.75	0,02	2.47	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P8	0.333	0.6	0,02	2.06	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P9	18.19	0.71	0.7	1.89	<0,005	0.0091	<0,003	<0,003
P10	0.367	0.41	0.02	1.51	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P11	0.319	0.71	0.02	1.69	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P12	0.465	0.73	0.02	1.98	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P13	0.442	0.72	0.02	2.02	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P14	0.684	0.34	0.02	0.87	0.0051	0.01	<0,003	<0,003
P15	0.184	0.47	0.02	1.9	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P16	0.2	0.53	0.02	1.93	<0,005	0.0092	<0,003	<0,003
P17	0.338	0.42	0.02	1.26	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P18	0.307	0.45	0.02	2.64	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P19	0.393	0.41	0.02	1.16	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P20	0.248	0.39	0.02	2.14	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P21	0.266	0.4	0.02	1.71	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P22	0.537	0.35	0.048	2.12	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003
P23	0.706	0.31	0.024	1.99	<0,005	0.0051	<0,003	<0,003

Amostra	Zn	Fósforo
P1	0.066	0.06
P2	0.204	0.01
P3	0.295	0.07
P4	0.107	0.37
P5	0.075	0.01
P6	0.083	0.02
P7	0.078	-0.02
P8	0.142	0.02
P9	0.061	0.75
P10	0.066	0.08
P11	0.228	0.02
P12	0.209	0.02
P13	0.06	0.03
P14	0.049	0.03
P15	0.106	0.04
P16	0.18	0.06
P17	0.185	0.03
P18	0.122	0.21
P19	0.052	0.09
P20	0.138	0.05
P21	0.156	0.06
P22	0.138	0.44
P23	0.252	0.13

As amostras de P1 a P11 correspondem a área com presença de atividade agrícola; de P12 até P21 são as áreas com cobertura de mata ciliar e os pontos P22 e P23 são os pontos utilizados como referência pela Sabesp.

APÊNDICE D

Análise das amostras dos filtros coletados nas áreas com presença de atividade agrícola .

Os resultados abaixo apresentam algumas micrografias e os pontos dessas imagens que foram submetidos à EDS, seus respectivos espectros representados, seguidos da análise semi-quantitativa correspondente ao espectro que estão acima dessas tabelas respectivamente.

Micrografia de amostra da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas CAS4 em azul e os retângulos rosa representam a análise em área correspondente. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: S, Cl, Fe, Ti, O, Al, Si e Ca.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-1 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	28.69	1.2134	35.61	0.48	59.61
Al K	3.36	0.6356	7.97	0.17	7.91
Si K	5.03	0.6931	10.92	0.19	10.41
S K	0.18	0.8019	0.33	0.08	0.28
Cl K	0.08	0.7493	0.16	0.08	0.12
Ca K	0.23	1.0423	0.33	0.07	0.22
Ti K	0.22	0.9231	0.35	0.08	0.20
Fe K	26.29	0.8923	44.34	0.41	21.26
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-2 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, S, K, Ti e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-2 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	21.14	0.8347	36.23	0.50	55.28
Mg K	1.79	0.6420	4.00	0.13	4.01
Al K	5.80	0.7244	11.46	0.19	10.37
Si K	9.56	0.7261	18.86	0.24	16.39
S K	0.18	0.7644	0.33	0.08	0.25
K K	3.10	1.0222	4.34	0.12	2.71
Ti K	1.30	0.8571	2.18	0.11	1.11
Fe K	13.59	0.8608	22.60	0.31	9.88
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-3 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Mg, Al, Si, K, Ti, Mn e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-3 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	29.12	0.9550	46.49	0.55	64.18
Mg K	2.07	0.6667	4.74	0.15	4.30
Al K	5.71	0.7347	11.84	0.21	9.70
Si K	8.06	0.7260	16.92	0.25	13.31
K K	1.95	1.0138	2.93	0.11	1.66
Ti K	0.80	0.8440	1.44	0.10	0.67
Mn K	0.16	0.8287	0.30	0.10	0.12
Fe K	8.51	0.8465	15.34	0.29	6.07
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-4 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, K, Ti e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-4 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	5.77	0.5415	28.76	0.82	42.74
Al K	9.57	1.0052	25.70	0.38	22.65
Si K	8.38	0.7516	30.09	0.45	25.48
K K	4.99	0.9716	13.87	0.28	8.43
Ti K	0.10	0.7904	0.33	0.15	0.17
Fe K	0.39	0.8357	1.25	0.21	0.53
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-5 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Ti e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-5 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	27.98	0.9139	48.40	0.47	62.01
Al K	15.26	0.9425	25.61	0.28	19.45
Si K	11.14	0.7144	24.67	0.30	18.00
S K	0.07	0.7064	0.15	0.08	0.10
Ti K	0.15	0.8080	0.29	0.08	0.12
Fe K	0.46	0.8278	0.88	0.12	0.32
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-6 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si, K, Ti e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-6 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	11.77	1.3200	28.68	0.93	35.37
F K	4.67	0.3335	44.92	1.20	46.65
Al K	3.41	0.7453	14.72	0.41	10.77
Si K	1.77	0.7037	8.10	0.30	5.69
S K	0.12	0.8061	0.48	0.14	0.29
Cl K	0.05	0.7408	0.22	0.13	0.12
K K	0.17	1.0236	0.52	0.13	0.26
Ti K	0.08	0.8371	0.31	0.14	0.13
Fe K	0.54	0.8428	2.05	0.24	0.73
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-7 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-7 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	6.95	1.7009	16.42	0.59	19.83
F K	9.33	0.5381	70.00	0.77	71.19
Al K	1.19	0.6732	7.09	0.29	5.07
Si K	0.87	0.7212	4.87	0.25	3.35
Fe K	0.34	0.8500	1.63	0.28	0.56
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-8 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Ca, Fe e Co.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-8 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	28.50	1.2780	32.51	0.38	57.72
Al K	2.49	0.6050	6.00	0.15	6.32
Si K	4.08	0.6844	8.70	0.17	8.80
P K	0.27	1.0049	0.39	0.10	0.36
S K	0.14	0.8117	0.25	0.08	0.22
Ca K	0.26	1.0595	0.36	0.07	0.25
Fe K	32.01	0.9047	51.55	0.38	26.22
Co K	0.14	0.8870	0.23	0.21	0.11
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto CAS4008-9 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, P, S, Cl, Ca, Ti e Fe

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto CAS4008-3 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	13.89	1.1883	22.76	0.51	45.45
Al K	3.55	0.5945	11.65	0.23	13.79
Si K	1.54	0.6391	4.70	0.18	5.35
P K	0.13	0.9961	0.26	0.12	0.27
S K	0.22	0.8107	0.53	0.11	0.53
Cl K	0.07	0.7606	0.19	0.10	0.17
Ca K	0.36	1.0738	0.66	0.09	0.53
Ti K	0.13	0.9615	0.26	0.10	0.17
Fe K	27.93	0.9223	58.98	0.49	33.74
Totals			100.00

Micrografia de amostra da área com presença de atividade agrícola, destacando os pontos focados para análises químicas os quais estão indicados pelas siglas EDSS4 em azul e as áreas rosa representam a análise em área correspondente. Nesses pontos foram realizadas determinações químicas analíticas qualitativas e semi-quantitativas cujos resultados encontram-se nos espectros apresentados a seguir.

Espectro EDS da análise do ponto EDSS4005-1 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4005-1 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
F K	22.74	1.1384	93.05	0.45	95.10
Al K	0.46	0.6390	3.35	0.33	2.41
Si K	0.56	0.7294	3.61	0.32	2.49
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto EDSS4005-2 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, Ca, Ti e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4005-2 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	23.92	0.9372	55.32	0.70	69.20
Al K	7.12	0.8742	17.67	0.36	13.10
Si K	7.66	0.7522	22.07	0.43	15.72
Ca K	0.26	0.9534	0.58	0.13	0.29
Ti K	0.76	0.8137	2.04	0.18	0.85
Fe K	0.88	0.8250	2.32	0.24	0.83
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto EDSS4005-3 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: Al, Si, S, Cl, Ca, Ti, Cr, Fe e Sr.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4005-3 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corn.		Sigma	
O K	24.88	1.1809	28.18	0.67	53.92
Al K	2.44	0.5910	5.53	0.19	6.27
Si K	2.84	0.6781	5.61	0.19	6.11
S K	0.39	0.8243	0.64	0.12	0.61
Cl K	0.20	0.7687	0.34	0.10	0.30
Ca K	0.30	1.0753	0.37	0.09	0.28
Ti K	1.08	0.9577	1.51	0.13	0.96
Cr K	1.69	1.0494	2.16	0.15	1.27
Fe K	37.19	0.9129	54.49	0.62	29.87
Sr L	0.56	0.6351	1.18	0.36	0.41
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto EDSS4005-4 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al e Si.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4005-4 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
O K	4.41	1.9200	7.92	0.50	9.43
F K	19.65	0.7849	86.20	0.58	86.49
Al K	0.54	0.6408	2.91	0.25	2.06
Si K	0.63	0.7344	2.97	0.25	2.02
Totals			100.00

Espectro EDS da análise do ponto EDSS4005-5 presente na micrografia apresentada acima, indicando a presença dos seguintes elementos químicos: F, Al, Si e Fe.

Resultado de análise química semi-quantitativa correspondente ao ponto EDSS4005-5 da área agrícola.

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.		Sigma	
F K	22.32	1.1257	90.75	0.59	94.15
Al K	0.49	0.6359	3.50	0.33	2.56
Si K	0.58	0.7257	3.63	0.33	2.55
Fe K	0.40	0.8605	2.11	0.39	0.75
Totals			100.00		

APÊNDICE E

Micrografias das áreas que apresentam cobertura por mata ciliar.

Segue abaixo as micrografias das análises realizadas por meio do MEV nas áreas preservadas por mata ciliar no seu entorno (uma com partículas retroespalhados e outra com elétrons secundários detectados).

Micrografia com a energia das partículas retroespalhadas detectadas da área com presença de mata ciliar, aumento de 3.500 vezes.

Micrografia com os elétrons secundários detectados de particulados em suspensão da área preservada por mata ciliar, aumento de 3.500 vezes.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela de classificação da qualidade de elementos em sedimentos a partir de TEL (Threshold Effect Level) e PEL (Probable Effect Level) baseados nos valores estabelecidos pelo *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME), divididos e classificados em cinco classes de qualidade.

Classificação de contaminantes em sedimento de água doce estabelecidos a partir de TEL e PEL.					
QUALIDADE	ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
As (µg/g)	< 5,9	≥ 5,9 – 11,5	> 11,5 - < 17,0	17,0 – 25,5	> 25,5
Cd (µg/g)	< 0,6	≥ 0,6 – 2,1	> 2,1 - < 3,5	3,5 – 5,3	> 5,3
Pb (µg/g)	< 35,0	≥ 35,0 – 63,2	> 63,2 - < 91,3	91,3 – 137,0	> 137,0
Cu (µg/g)	< 35,7	≥ 35,7 – 116,4	> 116,4 - < 197,0	197,0 – 295,5	> 295,5
Cr (µg/g)	< 37,3	≥ 37,3 – 63,7	> 63,7 - < 90,0	90,0 – 135,0	> 135,0
Hg (µg/g)	< 0,170	≥ 0,170 – 0,328	> 0,328 - < 0,486	0,486 – 0,729	> 0,729
Ni (µg/g)	< 18	≥ 18 – 27	> 27 - < 36	36 - 54	> 54
Zn (µg/g)	< 123	≥ 123 – 219	> 219 - < 315	315 - 473	> 473
Aldrin (µg/kg)	<2	≥ 2 – 211	> 211 - < 420	420 - 630	> 630
BHC (µg/kg)	<3	≥ 3 – 6002	> 6002 - < 12000	12000 - 18000	> 18000
? BHC (µg/kg)	<6	≥ 6 – 253	> 253 - < 500	500 - 750	> 750
? BHC (µg/kg)	<5	≥ 5 – 10503	> 10503 - < 21000	21000 - 31500	> 31500
Lindano(=© BHC)(µg/kg)	< 0,94	≥ 0,94 – 1,16	> 1,16 - < 1,38	1,38 – 2,07	> 2,07
Clordano (µg/kg)	< 4,50	≥ 4,50 – 6,69	> 6,69 - < 8,87	8,87 – 13,31	> 13,31
DDD (µg/kg)	< 3,54	≥ 3,54 – 6,03	> 6,03 - < 8,51	8,51 – 12,77	> 12,77
DDE (µg/kg)	< 1,42	≥ 1,42 – 4,09	> 4,09 - < 6,75	6,75 – 10,13	> 10,13
DDT (µg/kg)	< 1,19	≥ 1,19 – 2,98	> 2,98 - < 4,77	4,77 – 7,15	> 7,16
Dieldrin (µg/kg)	< 2,85	≥ 2,85 – 4,76	> 4,76 - < 6,67	6,67 – 10,01	> 10,01
Endrin (µg/kg)	< 2,67	≥ 2,67 – 32,54	> 32,54 - < 62,40	62,40 – 93,60	> 93,60
Heptacloro (µg/kg)	< 0,30	≥ 0,30 – 5,15	> 5,15 - < 10,00	10,00 – 15,00	> 15,00
Heptacloro epóxido (µg/kg)	< 0,60	≥ 0,60 – 1,67	> 1,67 - < 2,74	2,74 – 4,11	> 4,11
HCB (µg/kg)	< 20	≥ 20 – 130	> 130 - < 240	240 - 360	> 360
Mirex (µg/kg)	<7	≥ 7 – 654	> 654 - < 1300	1300 - 1950	> 1950
HAPs (µg/kg)	< 870	≥ 870 – 4455	> 4455 - < 8040	8040 - 12060	> 12060
Acenafteno (µg/kg)	< 6,71	≥ 6,71 – 47,81	> 47,81 - < 88,90	88,90 – 133,35	> 133,35
Acenaftileno (µg/kg)	< 5,87	≥ 5,87 – 66,94	> 66,94 - < 128,00	128,00 – 192,00	> 192,00
Antraceno (µg/kg)	< 46,9	≥ 46,9 – 146,0	> 146,0 - < 245,00	245,0 – 367,5	> 367,5
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	< 31,7	≥ 31,7 – 208,4	> 208,4 - < 385,0	385,0 – 577,5	> 577,5
Benzo(a)pireno (µg/kg)	< 31,9	≥ 31,9 – 407,0	> 407,0 - < 782,0	782,0 – 1173,0	> 1173,0
Criseno (µg/kg)	< 57,1	≥ 57,1 – 459,6	> 459,6 - < 862	862,0 – 1293,0	> 1293,0
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	< 6,22	≥ 6,22 – 70,61	> 70,61 - < 135,00	135,00 – 202,50	> 202,50
Fluoranteno (µg/kg)	< 111	≥ 111 – 1233	> 1233 - < 2355	2355 - 3533	> 3533
Fluoreno (µg/kg)	< 21,2	≥ 21,2 – 82,6	> 82,6 - < 144,0	144,0 – 216,0	> 216,0
2-Metilnaftaleno (µg/kg)	< 20,2	≥ 20,2 – 110,6	> 110,6 - < 201,0	201,0 – 301,5	> 301,5
Naftaleno (µg/kg)	< 34,6	≥ 34,6 – 212,8	> 212,8 - < 391,0	391,0 – 586,5	> 586,5
Fenantreno (µg/kg)	< 41,9	≥ 41,9 – 278,5	> 278,5 - < 515,0	515,0 – 772,5	> 772,5
Pireno (µg/kg)	< 53	≥ 53 – 464	> 464 - < 875	875 - 1313	> 1313
Aroclor 1254 (µg/kg)	< 60	≥ 60 – 200	> 200 - < 340	340 - 510	> 510
PCBs (µg/kg)	< 34,1	≥ 34,1 – 155,6	> 155,6 - < 277,0	277,0 – 415,5	> 415,5
Dioxinas e furanos (ng TEQ/kg de peso seco)	< 0,85	≥ 0,85 – 11,18	> 11,18 - < 21,50	21,50 – 32,25	> 32,25

ANEXO B

Valores orientadores para carbono orgânico total e nutrientes segundo a resolução CONAMA 454/2012.

PARÂMETROS	VALOR ALERTA
CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%)	10
NITROGÊNIO KJELDAHL TOTAL (mg/Kg)	4800
FÓSFORO TOTAL (mg/Kg)	2000
*A critério do órgão ambiental licenciador, o COT poderá ser substituído pelo teor de matéria orgânica. Ficam excluídos de comparação com a presente caracterização, os valores oriundos de ambientes naturalmente enriquecidos por matéria orgânica e nutrientes, como manguezais.	