

Número: 415/2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

CAROLINA MARQUES STOLFI

**Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em
área de remanescente de Mata Atlântica urbano**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências, Geologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Bernardino Ribeiro Figueiredo

CAMPINAS – SÃO PAULO
Janeiro - 2010

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

Stolfi, Carolina Marques.
St68p Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas
em área de remanescente de Mata Atlântica urbano / Carolina
Marques Stolfi --
Campinas,SP.: [s.n.], 2010.

Orientador: Bernardino Ribeiro de Figueiredo
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Geociências.

1. Geoquímica. 2. Química da água. 3. Água – Análise. 4. Mata
Santa Genebra. I. Figueiredo, Bernardino Ribeiro de. II. Universidade
Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em inglês. Reference parameters for studies of water quality in an urban Atlantic Forest remain in southeast Brazil.

Keywords: - Geochemistry;
- Water chemistry;
- Mata Santa Genebra.

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências.

Banca examinadora: - Bernardino Ribeiro de Figueiredo;
- Reginaldo Antonio Bertolo;
- Wanilson Luis Silva.

Data da defesa: 29/01/2010

Programa de Pós-graduação em Geociências



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

AUTORA: Carolina Marques Stolfi

“Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em área de remanescente de Mata Atlântica urbano”

ORIENTADOR: Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo

Aprovada em: 29 / 01 / 2010

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Bernardino R. de Figueiredo", written over a horizontal line.

- Presidente

Prof. Dr. Reginaldo Antônio Bertolo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Reginaldo A. Bertolo", written over a horizontal line.

Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Wanilson L. Silva", written over a horizontal line.

Campinas, 29 de janeiro de 2010.

*Aos meus filhos, Marina e Pedro,
minhas luzinhas...
e minha mãe, Mary,
meu alicerce.*

**“Um rio é como um espelho que reflete os valores
e comportamentos da nossa sociedade.
Você já olhou para o rio da sua cidade hoje?”**
(Autor desconhecido)

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo, pela acolhida, orientação, amizade e dedicação, não restritas a vida acadêmica. Agradeço principalmente seu sempre presente otimismo e a confiança depositada, sem os quais eu talvez não tivesse chegado até o fim.

Meus agradecimentos a CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos Professores Wanilson Luiz Silva, Sueli Yoshinaga Pereira, Jacinta Enzweiler e Francisco S. B. Ladeira, pela amizade, apoio, críticas, esclarecimentos e sugestões. Ao Prof. Wanilson agradeço também as conversas e seu realismo, responsável por boa parte do meu amadurecimento acadêmico e pessoal.

Ao Prof. Dr. Abílio L. de Oliveira Neto (*in memoriam*) e a Profa. Dra. Cassiana M. R. Coneglian, por acreditar no trabalho proposto, pelas orientações, disponibilidade e compreensão no início do meu interesse pelo tema.

A Valdirene, nossa amada Val – o anjo da guarda do IG, e suas fiéis escudeiras, Aline, Edinalva e Gorete, por toda a ajuda, em tantos momentos difíceis.

Aos técnicos Aparecida Vendemiatto, Lúcia dos S. Carvalho (Lab. de Geoquímica, IG/UNICAMP) e Giovani A. Brota (lab. de Saneamento da FEAGRI/UNICAMP), pelo auxílio, dedicação, paciência e confiança, durante a realização dos trabalhos laboratoriais e esclarecimentos sobre os mesmos. Bem como a todos os colaboradores e responsáveis desses laboratórios que contribuíram de alguma forma para a concretização do estudo.

A todos os funcionários e coordenadores da Fundação José Pedro de Oliveira, pela oportunidade de mais uma vez desenvolver um trabalho nas dependências da ARIE de Santa Genebra. Ao Sr. Valdevino, mateiro, sem o qual a localização e acesso aos corpos hídricos, seria ainda mais penosa.

Aos amigos e colegas, Veridiana, Sérgio, Érico, Patrícia, Ludimila, Tehra e Aloísio, que me ajudaram de inúmeras formas. Agradeço pelo incentivo, compreensão, carinho, colaboração e paciência. Agradeço ainda o apoio nos trabalhos de campo e laboratoriais, esclarecimentos de dúvidas, auxílios com mapas e tratamentos estatísticos... Sem vocês não teria sido tão divertido!

Agradeço também a minha família, pelo incentivo, paciência e suporte.

Por fim agradeço a Deus, pela oportunidade de evolução e pela vida.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
EPÍGRAFE	vi
AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
BIOGRAFIA	xii
1. Introdução	1
1.1. Breve histórico.....	2
1.2. Fragmentação.....	6
1.3. Situação Atual.....	8
1.4. A floresta e suas inter-relações.....	10
1.6. Referencias bibliográficas	13
2. Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em área de remanescente de Mata Atlântica urbano	16
2.1. Introdução	17
2.2. Experimental	20
2.2.1. Área de estudo.....	20
2.2.2. Amostragem e procedimentos analíticos	22
2.2.3. Tratamento de dados	25
2.3. Resultados e discussão	28
2.3.1. Composição química de águas superficiais e subterrâneas	28
2.3.2. Determinação do Índice de Qualidade de Água	43
2.3.3. Valores de referência locais para estudos de qualidade de água .	46
2.4. Conclusões	51
2.5. Agradecimentos	53
2.6. Referencias Bibliográficas	54
ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo	21
<i>Figura 2 – Composição das amostras de água coletadas em fev/2008, segundo Diagrama de Piper</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3 – Composição das amostras de água coletadas em set/2008, segundo Diagrama de Piper</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4- Clusters obtidos por análise de agrupamento em amostras de água superficial e subterrânea</i>	<i>42</i>
Figura 5 – Mapa pedológico da área de estudo	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos utilizados nos ensaios de IQA	26
<i>Tabela 2 – Categorias estabelecidas pelo IQA</i>	27
<i>Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos de qualidade de água.</i>	29
<i>Tabela 4 – Concentração de íons maiores em água superficial e subterrânea.....</i>	31
<i>Tabela 5 – Concentrações de elementos-traço em água superficial e subterrânea</i>	32
<i>Tabela 6 – Valores dos parâmetros e dos Índices de Qualidade de Água</i>	43
<i>Tabela 7 – Composição química de amostras de solo</i>	49



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Carolina Marques Stolfi

**PARÂMETROS DE REFERÊNCIA PARA ESTUDOS DE QUALIDADE DE ÁGUAS EM ÁREA
DE REMANESCENTE DE MATA ATLÂNTICA URBANO**

A importância dos fragmentos de mata para o equilíbrio ecológico e regulação microclimática de regiões é amplamente reconhecida. Não obstante, os fragmentos de mata urbanos encontram-se sob forte pressão antrópica. A ARIE Santa Genebra está inserida nesse cenário. Abriga três nascentes que contribuem para os Ribeirões Quilombo e das Pedras, importantes na porção norte do município de Campinas. Estudos sobre os prováveis impactos na qualidade das águas da Reserva e do seu entorno são escassos. Este estudo contemplou a análise de amostras de água, coletadas em 15 estações, sendo três poços piezométricos, 3 nascentes da reserva e estações ao longo dos corpos hídricos do entorno, nos meses de fevereiro e setembro de 2008. Também foram analisadas 4 amostras de solo da reserva, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm. Nas águas foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, utilizados na determinação do IQA. As concentrações de íons e elementos maiores e traço foram determinadas, respectivamente, utilizando-se a cromatografia de íons e ICP-MS. Os solos foram analisados por fluorescência de raios X. Esse estudo revelou que a qualidade das águas exteriores e pontos limítrofes da mata é muito inferior a das águas de nascentes e poços mais protegidos da reserva. Concentrações elevadas de Na (26,4 mg/L), NO_3^- (12,4 mg/L), Ba (157,9 mg/L) e Mn (157,1 mg/L), foram encontradas nas amostras de água coletadas na ARIE, relacionadas ao saneamento inadequado e a agricultura. Nos corpos hídricos externos à mata foram observados índices elevados de NO_2^- (14,6 mg/L), NH_4 (16,6 mg/L) e SO_4^{2-} (178,0 mg/L), associados a descargas de efluentes, além de concentrações expressivas de Al, Mn e Sr observadas em alguns pontos que recebem descargas de efluentes. De acordo com os valores de IQA, as águas da reserva apresentam qualidade boa e regular e as águas do entorno apresentam qualidade péssima nas áreas sob forte influência antrópica. A análise de agrupamento revelou que as águas coletadas em nascente e poços piezométricos protegidos, formam um cluster de composição química similar e com maior grau de preservação. Os solos nesses pontos revelam concentrações de metais e outros elementos condizentes a solos naturais. É aqui sugerido considerar as composições químicas das amostras N05 e PP14 como indicativas do background geoquímico e como valores de referência natural para os estudos sobre qualidade das águas superficiais da ARIE de Santa Genebra e região. Os resultados desta pesquisa são os primeiros desta natureza obtidos na região da Mata Santa Genebra.

Palavras Chaves: Geoquímica de água, parâmetros de referência, Mata Atlântica.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

ABSTRACT

Master Science Dissertation

Carolina Marques Stolfi

Reference parameters for studies of water quality in an urban Atlantic Forest
remain in southeast Brazil

The importance of forest fragments for ecological and microclimate equilibrium in a region is widely acknowledged. However, the urban forests in industrialized areas often undergo enormous pressure from human activities. The Santa Genebra in Campinas, State of São Paulo, Brazil, is not an exception. Three water springs in the protected area contribute to the important Ribeirão das Pedras and Ribeirão Quilombo catchments. Despite of scientific interests in the area, environmental assessment of local waters is still scarce. Natural water was sampled at 15 sites from springs and wells inside the reserve as well from the creeks in surrounding areas in February and September 2008. The water quality parameters were measured *in situ* and the chemical composition of water was determined by ion chromatography and ICP-MS. In addition, the chemical composition of 4 soil samples (depth 0-20 and 20-40 cm) from the reserve was determined by X-ray fluorescence. Additional data were obtained from physical-chemical and biologic essays and Water Quality Indices were then calculated for each water sampling station. As expected, water from outside creeks and from the borders of the forest yield WQI much lower than water from springs and wells more protected in the forest interior. Elevated concentrations of Na and NO_3^- were noted in interior waters as well as of Ba and Mn probably in response to inadequate sanitary system and application of fertilizers. In the external water bodies excessive concentrations of NO_2^- , NH_3 and SO_4^{2-} as well as of Al, Mn and Sr were also found indicating domestic sewage and industry effluent inputs. Application of WPGA cluster analysis yielded a group of water samples (N05, PP13 and PP14) with very similar chemical composition. At these sites, the metal and other elements concentrations in soil resemble those of non contaminated areas. These waters with least pollution interference are proposed here to represent the local geochemical background to be used in water quality assessment in the Santa Genebra forest and region. The results of the present study are the first of this kind produced for the Santa Genebra area.

Keywords: Water geochemistry, reference parameters, Atlantic Forest.

BIOGRAFIA

Carolina Marques Stolfi cursou Tecnologia em Saneamento Ambiental, na modalidade Controle Ambiental, pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), graduando-se em 2006.

Durante a graduação deu início as suas atividades de pesquisa no Centro Superior de Educação Tecnológica (CESET) da UNICAMP, onde realizou Iniciação Científica, sob a orientação do Prof. Dr. Abilio Lopes de Oliveira Neto, a qual originou o trabalho “Caracterização dos corpos d’água e identificação das fontes poluidoras de um remanescente de Mata Atlântica urbano, no distrito de Barão Geraldo/ município de Campinas/ SP”. Neste período foi contemplada com bolsa de iniciação científica pelo PIBIC/ CNPq. Esse estudo deu origem ao trabalho apresentado para obtenção do título de tecnóloga, Trabalho de Graduação Interdisciplinar (TGI), intitulado “Avaliação Ecotoxicológica dos Corpos D’água de um remanescente de mata Atlântica urbano, com os organismos *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*”.

Realizou estágio no Laboratório de Saneamento da Engenharia Civil da UNICAMP em 2000, atuando nas praticas de laboratório, auxiliando as atividades acadêmicas ali realizadas. De 2001 a 2003 foi Técnica de Laboratório na Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCC), tendo como responsabilidades principais o Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente, o Laboratório de Hidráulica, a Estação de Reuso de Água e o Espelho d’água.

Entre 2003 e 2007 lecionou ciências e química para o ensino fundamental em escolas públicas da região de Campinas e química em curso pré-vestibular.

Em agosto de 2007 iniciou o mestrado em Geociências, na área de Geologia e Recursos Naturais na Universidade Estadual de Campinas. As publicações mais relevantes contemplam a área de Saneamento Ambiental, Ecotoxicologia e Geoquímica de água e solo, e encontram-se citadas abaixo:

Stolfi, C.M.; Figueiredo, B.R.; Coneglian, C. Ma. R. . Caracterização geoquímica e ambiental de um remanescente de mata atlântica urbano, ARIE de Santa Genebra, Campinas – SP. In: 44° Congresso Brasileiro de Geologia, 2008, Curitiba.

Stolfi, C.M.; Oliveira Nt., A.L. Caracterização dos corpos d’água e identificação das fontes poluidoras de um remanescente de Mata Atlântica urbano, no distrito de Barão Geraldo/ município de Campinas/ SP. In: XIII Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP, 2005, Campinas.

Introdução

“Uma só semente contém mil florestas”.

Ralph Waldo Emerson

Este trabalho foi realizado em formato alternativo, de acordo com Resolução da Comissão do programa de Pós-graduação em Geociências, do Instituto de Geociências, da UNICAMP (nº 001/2008). Consiste de uma parte introdutória e um artigo científico intitulado: Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em área de remanescente de Mata Atlântica urbano. O principal objetivo desta pesquisa foi avaliar as características geoquímicas e físico-químicas das águas oriundas do remanescente urbano ARIE (Área de Relevante Interesse Ecológico) de Santa Genebra para caracterizar possíveis influências de atividades antrópicas e estabelecer valores de referência para as águas da região.

O fragmento de Mata Atlântica que abriga as nascentes dos corpos hídricos estudados é o maior fragmento urbano do município de Campinas e um dos mais conhecidos na região. Ainda assim sua história e sua relevância nem sempre são conhecidas.

Na primeira parte dessa dissertação, serão abordados alguns aspectos do referido remanescente, informando o leitor sobre a área de estudo, sua fragilidade e o cenário onde a mesma está inserida. São discutidos ainda outros aspectos julgados relevantes para o estudo desenvolvido, como a relação de interdependência entre a floresta e o ecossistema aquático.

Os resultados apresentados nesse trabalho são fruto de dois anos de envolvimento e crescimento acadêmico na área de estudo, sempre visando contribuir com a conservação e conhecimento do remanescente. Na região estudada são escassos trabalhos sobre a qualidade de águas e solos, principalmente com o enfoque geoquímico.

O local em questão está sob forte pressão antrópica, devido ao crescimento urbano e à expansão agrícola. O meio físico no seu entorno se encontra bastante alterado, sendo raros os sítios com valores de referência natural.

Pelo presente exposto, pretende-se que esse estudo sirva de embasamento científico e político quanto à importância da proteção vegetal para as águas e conservação do remanescente estudado. Almeja-se também poder contribuir não apenas com um *background* geoquímico, mas também com valores de referência natural, no que se refere às condições físico-químicas e composição química para as águas da região da ARIE de Santa Genebra. As concentrações encontradas, nas águas subterrâneas e na água que aflora de uma nascente que a reserva abriga, podem contribuir com estudos locais e outros realizados em áreas com características semelhantes.

Breve histórico

A “sombra” das árvores da Mata de Santa Genebra (MSG), como é conhecida na região de Campinas, foi doada ao município em seu aniversário de 207 anos, pela viúva de José Pedro de Oliveira e então proprietária da Fazenda Santa Genebra, Dona Jandyra Pamplona de Oliveira, em um texto inédito na história ambiental do país. Na mesma ocasião foi criada a Fundação José Pedro de Oliveira, por Lei Municipal de 1981, por meio do Decreto Municipal nº

5118/81 para administrar, conservar e preservar a Mata Santa Genebra. A doação da “sombra” das árvores tinha o intuito de proteger o remanescente e impedir que em futuras administrações a Reserva se tornasse um parque público, perdendo suas características originais. O texto diz que a mata só é da cidade enquanto estiver em pé. Se houver um incêndio, as árvores forem derrubadas e não lançarem mais suas sombras sobre a terra, a propriedade volta às mãos da família Oliveira Costa (Morellato & Leitão Fo.1995, Futada 2007).

A mata foi doada somente para fins científicos e culturais com o propósito de se estudar extensamente seu ecossistema. Neste sentido, com quase 300 pesquisas já realizadas, é um dos ecossistemas urbanos melhor conhecido no país. Dados de 1995, por exemplo, catalogam 219 espécies vegetais identificadas e 790 espécies de animais, das quais 492 são insetos. Dentre os problemas que oferecem constantes riscos e perturbações para a dinâmica ecológica da floresta são destacados: a sua proximidade aos centros urbanos, o seu isolamento geográfico, a sua exposição à poluição atmosférica, e a expansão agrícola no seu entorno. Além disso, ao fazer parte de um antigo latifúndio cafeeiro, a mata também já teve seus recursos florestais explorados, como, por exemplo, a extração de madeiras de lei e o corte de árvores para lenha (Morellato & Leitão Fo. 1995).

Em 1983 a Mata Santa Genebra foi tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT - resolução nº 03 de 03/02/1983). Foi classificada como Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) pelo Governo Federal (Decreto nº 91.885 de 05/11/1985). Em 1992 foi tombada como patrimônio natural do município pelo

Conselho de Defesa do Patrimônio Artístico e Cultural de Campinas (CONDEPACC - resolução nº 11 de 29/09/1992, e atualmente é regulamentada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - Lei nº 9.985 de 18.07.00).

A ARIE de Santa Genebra pertenceu à antiga Fazenda Santa Genebra e divide seu passado com a Fazenda Rio das Pedras, pois ambas vieram diretamente da última sesmaria da região, concedida em 1799, ao Brigadeiro Luís Antonio de Sousa Queiroz e posteriormente dividida em duas fazendas: Morro Grande, dividida em várias outras, dentre as quais a Fazenda Santa Genebra - e Morro Alto depois denominada Fazenda Rio das Pedras. A fazenda Morro Grande, produtora de cana-de-açúcar, era administrada pelo casal Genebra Miquelina e Luís de Sousa Rezende. Com o falecimento de Genebra, em 1855, a fazenda foi comprada pelo Marquês de Valença, seu sogro, que lhe mudou o nome para Fazenda Santa Genebra, em homenagem às Genebras da família (Serrão 2002).

Em 1870 a administração da Fazenda passou para Geraldo Ribeiro de Sousa Rezende, o célebre Barão Geraldo de Rezende, também filho do Marquês de Valença, comendador e amigo de D. Pedro II. A Fazenda Santa Genebra foi uma das maiores da região e hospedou ilustres membros da corte, como o Conde D'Eu, Campos Salles, entre outros. Foi considerada modelo internacional por seu pioneirismo, reconhecida pelas constantes inovações no campo da agricultura, tornando-se modelo de eficiência para o restante da província (Ribeiro 2000).

Barão Geraldo de Rezende acaba indo a falência devido ao alto padrão de vida seu e de sua família. Assim, em 1907, a fazenda hipotecada, passou a ser propriedade do Comendador Luiz de Oliveira Lins de Vasconcelos, que a manteve

como produtora de café até vendê-la para Cristiano Osório em 1914, ficando sob administração de um de seus filhos, José Pedro de Oliveira, e posteriormente ao seu falecimento, por sua esposa, Jandyra Pamplona de Oliveira. Nessa época, a fazenda possuía três fragmentos remanescentes: o maior, hoje a Reserva Municipal Mata de Santa Genebra e outros dois, denominados Santa Genebrinha e Mata do Chico Brinco (Futada 2007).

Segundo Saint-Hilaire (1953), no início do século XIX, Campinas era coberta por vegetação na maior parte de sua extensão, sendo formada por florestas altas e densas, com grandes árvores de troncos retilíneos; entremeadas de formações não florestais abertas e mais altas, onde predominavam árvores de médio e grande porte, de troncos tortuosos e suberosos ou árvores esparsas de pequeno porte. Segundo ele ainda, as fisionomias florestais não se localizavam muito distantes da sede da cidade.

Hoje, o município de Campinas, encontra-se mais desmatado que o estado como um todo. Possui fragmentos de vegetação nativa que cobrem 2,55% da cidade, distribuída em 315 fragmentos, dos quais 270 destes possuem uma área inferior a 10 ha, enquanto o Estado de São Paulo possui uma área de 13,94% de vegetação nativa fragmentada. Campinas continua sofrendo com o desmatamento nas últimas décadas. A cobertura vegetal da cidade era originalmente constituída por florestas, campos cerrados e cerrados. A mata atlântica era a formação predominante e os cerrados ocorriam preferencialmente na região sul do município, sobre solos mais arenosos, enquanto os campos ocupavam áreas pequenas e descontínuas (Ferreira 2007, Santin 1999, Kronka *et al.* 2005, Christofolletti & Federici 1972). O crescimento de Campinas ao longo dos anos

levou a uma forte pressão nos fragmentos de vegetação, parte dela percebida pela crescente urbanização que atingiu também o entorno dos fragmentos. Muitos fragmentos cujo entorno (300 m) em 1962 era exclusivamente rural, hoje inclui áreas que sofrem grande pressão por parte do mercado imobiliário. A própria Mata Santa Genebra vem sofrendo com as pressões antrópicas e redução de sua área. Segundo Futada (2007), em 1962 a Reserva de Santa Genebra possuía 389,15 ha passando para 234,22 ha em 2002.

Fragmentação

Os fragmentos florestais, de modo geral, mesmo com áreas pequenas, são de grande importância para a região. São essenciais em ciclos biológicos e hidrológicos, eficientes reguladores térmicos, agentes de amenização paisagística e sua preservação permite a manutenção da biodiversidade da área onde se encontram (Ferreira 2007). Constituem um dos maiores desafios para a conservação, abrigando uma diversidade biológica ainda não calculada e altamente ameaçada.

O efeito da fragmentação pode ser avaliado no nível biótico e abiótico. No primeiro, o efeito se concretiza em diversas mudanças na estrutura e dinâmica da comunidade vegetal, na diversidade e abundância da fauna e suas interações, como as causadas pela infestação de cipós, aumento de colonização por espécies exóticas, interrupção do fluxo gênico e aumento da mortalidade de animais e plantas. Os efeitos abióticos, não menos importantes, são mais fáceis de serem percebidos e quantificados. Entre eles estão o aumento da temperatura, radiação solar e evapo-transpiração, redução da umidade relativa e da retenção da precipitação, aumento do risco de erosão, assoreamento de cursos d'água e

diminuição de resistência à ação do vento. Esses efeitos são intensificados na borda do fragmento, onde o contato com o ambiente circundante é maior, não existindo uma zona de tensão gradual na mudança da comunidade que opere como 'tampão'. O efeito de borda é o resultado da interação entre dois ecossistemas adjacentes, separados por uma abrupta transição, sendo responsável por várias alterações na composição de espécies, estrutura e dinâmica das comunidades de plantas (Lovejoy & Bierregaard 1990; Murcia 1995, Kapos 1989; Laurence & Yensen 1991, Laurence *et al.* 1998). O tamanho e a forma dos fragmentos influem diretamente sobre o efeito de borda. O tamanho é relevante porque fragmentos grandes possuem maior área central que não é afetada ambientalmente e nem sofrem mudanças abióticas associadas à borda. Ao contrario, em fragmentos pequenos a dinâmica do ecossistema é predominantemente influenciada por fatores externos. A área do fragmento também determina o potencial do tamanho da população e de seus componentes (Saunders *et al.* 1991). Fragmentos pequenos tendem a apresentar poucos indivíduos de uma mesma população, o que pode acarretar um empobrecimento genético, resultando em um declínio da mesma e perda na biodiversidade e sustentabilidade do fragmento (Vianna *et al.* 1992). A forma do fragmento é um conceito mais complexo, já que se refere à feição de uma área determinada pela variação na borda marginal do mesmo. Segundo Silva (2002), os fragmentos circulares com bordas regulares apresentam menor superfície de contato com a vizinhança e, portanto, os efeitos de borda diminuem em direção ao seu interior que permanece mais preservado. Já em fragmentos mais alongados, como é o

caso da ARIE de Santa Genebra, os efeitos de borda se refletem mais rapidamente no interior do fragmento.

Situação Atual

Embora situada na área mais urbanizada do país, reduzida a apenas 7,3% de sua cobertura original, em grande parte fragmentada e ainda sob ameaça de destruição em várias regiões, a Mata Atlântica representa uma das mais importantes florestas tropicais do planeta. Possui inestimável valor paisagístico, científico, turístico e cultural. Presta inúmeros serviços ambientais como a conservação da biodiversidade, proteção de solos, das águas e encostas, dentre outros e contribui significativamente para a economia brasileira tanto no nível local, quanto nacional e internacional (Lino 2002). Originalmente esse bioma se estendia por mais de 1.362.548 km², correspondendo à cerca de 15% do território brasileiro, espalhando-se por 17 Estados. Na área do domínio da Mata Atlântica, encontram-se hoje cerca de 120 milhões de habitantes, distribuídos em 3400 municípios. Localizam-se nesta área grande parte dos maiores pólos industriais, agrícolas, químicos, petroleiros, portuários e turísticos do Brasil, respondendo por cerca de 70% do PIB (Produto Interno Bruto) do país (CNRBMA/SOS 2003).

A ARIE de Santa Genebra ilustra bem esse cenário. Sua supressão ocorreu de forma mais intensificada no intervalo entre 1962 a 1972, sendo a área oriunda do desflorestamento destinada a empreendimentos agrícola (Futada 2007). Além da diminuição da área florestal, essa atividade trouxe ainda outros problemas à reserva, como a contaminação pelas áreas de cultivo que faziam uso de defensivos agrícolas. Nas últimas décadas, a pressão imobiliária causada pelo crescimento urbano do distrito de Barão Geraldo trouxe uma série de novos

impactos ao remanescente: a proximidade e facilidade de acesso de moradores e transeuntes provocando caçadas, abertura de trilhas e a introdução de outras espécies, principalmente domésticas; ocupação urbana irregular, incluindo residências com cerca elétrica, ameaça constante aos animais silvestres; e o fogo, originário de limpezas de terrenos baldios e áreas de cultivo agrícola, principalmente cana de açúcar. Várias dessas interferências têm sido controladas pela Fundação José Pedro de Oliveira, por meio de ações de educação ambiental dirigidas à comunidade do entorno. Além de todos esses impactos, a mata também já havia sofrido com a extração de madeiras de lei e corte de árvores para lenha, na época em que compunha terras da Fazenda Santa Genebra, levando à formação de várias clareiras de diferentes tamanhos (Morellato & Leitão Fo.1995). Galetti (1993) também sugere que o uso para lazer e caça tenha sido intenso quando o fragmento ainda pertencia à Fazenda Santa Genebra, o que justificaria a inexistência de várias espécies-alvo de caçadores.

Atualmente o uso do solo no entorno da Mata Santa Genebra é compartilhado por residências de classe média, ocupações residenciais clandestinas, grandes propriedades agrícolas e cultivo de hortaliças de pequenos produtores, o que dificulta restrições e recomendações legais. A resolução de tombamento do CONDEPACC limitou os cultivos e práticas agrícolas no entorno da Mata, proibindo o uso de agrotóxicos, grandes movimentações de solo e queimadas adjacentes (CONDEPACC resolução nº 11 de 29/09/1992). O crescimento de Barão Geraldo, a valorização da região, aliada ao atrativo de ter um remanescente preservado no “quintal” de casa, tem aumentado o interesse de loteamentos residenciais no entorno da ARIE, gerando grandes conflitos de

interesse e aumentando ainda mais a fragilidade do fragmento. Uma das atividades mais prejudiciais à Mata causada pelas residências do entorno é a rede de esgotos. Muitas residências possuem fossas sépticas, mas alguns moradores fazem ligações clandestinas na rede de drenagem pluvial. Segundo o Plano Participativo de Manejo do Entorno da Mata de Santa Genebra (FJPO 2003), como duas ruas que margeiam a Mata não possuíam bocas de lobo funcionais, algumas águas empoçavam na frente da unidade de conservação, enquanto outras eram levadas até o interior do fragmento, contaminando o solo, a fauna e a flora (Futada 2007).

A Mata Santa Genebra abriga três nascentes que deságuam em sua maior parte no Ribeirão Quilombo enquanto que a parte leste da mata tem suas águas drenadas para o Ribeirão das Pedras. A reserva encontra-se entre a Bacia do Anhumas e a do Ribeirão Quilombo, sendo que sua maior área se localiza nessa última.

A floresta e suas inter-relações

É cada vez maior o reconhecimento de uma relação de interdependência entre a floresta e o ecossistema aquático, e que a degradação ou escassez de um perturba profundamente a existência e a qualidade do outro. Porém a dimensão da importância desta relação não é amplamente conhecida e avaliada. Isso resulta em erros de expectativa e fragilidade de argumentos na defesa de uma gestão integrada desses dois recursos. É possível entender a relação floresta-água conhecendo o ciclo hidrológico na floresta. A água de chuva que se precipita sobre uma mata, segue dois caminhos: volta à atmosfera por evapotranspiração ou atinge o solo, através da folhagem ou do tronco das árvores. Na floresta, a

interceptação da água acima do solo garante a formação de novas massas atmosféricas úmidas, enquanto a precipitação interna, através dos pingos de água que atravessam a copa e o escoamento pelo tronco, atingem o solo e o seu folheto. De toda a água que chega ao solo, uma parte tem escoamento superficial, chegando de alguma forma aos cursos d'água ou aos reservatórios de superfície. A outra parte sofre armazenamento temporário por infiltração no solo, podendo ser liberada para a atmosfera através da evapotranspiração, manter-se como água no solo por mais algum tempo ou percolar como água subterrânea. De qualquer forma, a água armazenada no solo que não for evapotranspirada termina por escoar da floresta paulatinamente, compondo o chamado deflúvio, que alimenta os mananciais hídricos e possibilita os seus usos múltiplos. Conhecendo esse ciclo é mais fácil apontar possíveis efeitos que contribuem para a degradação desse ambiente: alteração na qualidade da água, aumento da turbidez, da eutrofização e do assoreamento dos corpos d'água; alteração do deflúvio, com enchentes nos períodos de chuva e redução na vazão de base quando das estiagens; mudanças micro e mesoclimáticas, esta última quando em grandes extensões de florestas; mudança na qualidade do ar, em função da redução da fotossíntese e do aumento da erosão eólica; redução da biodiversidade, em decorrência da supressão da flora e fauna local; e poluição hídrica, em função da substituição da floresta por ocupação, em geral inadequada, com atividades agropastoris, urbanas e industriais (CNRBMA/SOS 2003).

O solo também desempenha um papel determinante nesses ambientes. Ferreira (2007) considerou o solo como um fator fundamental na seleção das espécies vegetais e, conseqüentemente, do bioma que ocupa determinada região.

Esse autor observou que as espécies destes biomas poderiam ser influenciadas tanto por fatores químicos quanto físicos do solo, sendo necessária à caracterização físico-química dos solos dos fragmentos para identificar possíveis relações.

Segundo Lima (1986), a cobertura florestal também influi positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento da água, além de diminuir o escoamento superficial. Esta influência conduz à diminuição do processo erosivo. Azevedo (1995) salienta que solos em bom estado de agregação, com elevadas quantidades de matéria orgânica e umidade, além de elevado conteúdo microbiano ativo, são mais resistentes à erosão. Esta condição se dá justamente em solos sob a cobertura de uma floresta bem estruturada.

As florestas tropicais promovem grande interação entre a vegetação e o solo por meio da ciclagem de nutrientes, sendo o acúmulo de serapilheira fundamental por ser a mais significativa forma de transferência de nutrientes (Golley *et al.* 1978). Os solos da Mata Atlântica são de origem granítica, basáltica e gnáissica antiga, altamente intemperizados e de baixa fertilidade. A grande quantidade de matéria orgânica em decomposição no solo é que confere à floresta fertilidade suficiente para suprir toda a vegetação (Ross 2000).

O patrimônio representado pela Mata Atlântica vai muito além da riqueza de sua biodiversidade ou de sua exuberância paisagística. Ele está intimamente ligado à proteção dos solos e de mananciais de água potável. A sua importância é igualmente básica na cultura nacional e na beleza de nosso litoral. A própria imagem e identidade brasileira está impregnada de Mata Atlântica (Lino 2002).

Referências

- Azevedo O. 1995. O Ramo Florestal do Ciclo Hidrológico. Informe Florestal.,n.9, p.28-34.
- Christofoletti A. & Federici H. 1972. *A terra campineira (Análise do quadro natural)*. Campinas: Mousinho. 100pp.
- CNRBMA/SOS. 2003. Águas e Florestas da Mata Atlântica: Por Uma Gestão Integrada Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo. 44 p.
- CONDEPACC Resolução nº 11 de 29/09/1992. Dispõe sobre o tombamento da Mata de Santa Genebra, bem de interesse ambiental. Campinas: Prefeitura Municipal de Campinas, São Paulo.
- Ferreira I.C.M. 2007. *Associações entre solos e remanescentes de vegetação nativa em Campinas*. Dissertação de mestrado, Instituto Agronômico de Campinas,107 p.
- FJPO 2003. Plano Participativo de Manejo do Entorno da Mata de Santa Genebra Disponível em: <<http://www.santagenebra.org.br/default.asp?id=7&mnu=7>>. Acessado em 04/ 03/ 2009.
- Futada S. M. 2007. *Fragmentos remanescentes da bacia do ribeirão das Anhumas (Campinas-SP): evolução e contexto*. Dissertação de mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 220p.
- Galetti M. 1993. Diet of the scaly-headed parrot (*Pionus maximiliani*) in a semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica*, **25(4)**:419-425.
- Golley F. B., McGuinness J.T., Clements R.G., Child G. I., Deuver M. J. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, EPU-EdUSP. 256pp.
- Kapos V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* **5(2)**: 173-185.
- Kronka F.J.N., Nalon M.A., Matsukuma C.K. 2005. *Inventário da vegetação natural do Estado de São Paulo*. (Atlas) São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal. 200 pp.

- Laurence W. F. & Yensen E. 1991. Predicting the impacts of edges in fragmented habitats. *Biological Conservation* **55(1)**: 77-92.
- Laurence W.F., Ferreira L.V., Rankin-de-Merona J.M., Laurence S.G. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* **79(6)**: 2032-2040.
- Lima W. de P. 1986. O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos. *In*: Congresso Florestal Brasileiro. Olinda, *Silvicultura*, **41**: 59-62.
- Lino C. 2002. Textos de divulgação. Brasil o país da Mata Atlântica. CN-RBMA. *Apud*: CNRBMA/SOS. 2003. Águas e Florestas da Mata Atlântica: Por Uma Gestão Integrada Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo. 44 p.
- Lovejoy T. E. & Bierregaard R. O. 1990. Central Amazonian forests and the minimum critical size of ecosystems project. *In*: A. H. Gentry (Ed.). *Four neotropical rainforests*. Yale University Press, New Haven. pp 60-71.
- Morellato P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1995. *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. Campinas, Editora da Unicamp. 136 pp.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **10(1)**: 58-62.
- Ribeiro R. 2000. *Barão Geraldo: história e evolução*. Campinas. 104pp.
- Ross J.L.S. 2000. *Geografia do Brasil*. Edusp, São Paulo, 549pp.
- Saint-Hilaire A. 1953. *Segunda viagem à São Paulo e quadro histórico da província de São Paulo*. São Paulo: Ed. Martins. 223pp.
- Santin D.A. 1999. *A vegetação remanescente do município de Campinas, SP: mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando a conservação*. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 467 p.
- Saunders D.A, Hobbs, R.J., Margules C.R. 1991. Biological Consequence of Ecosystem Fragmentation: A review. *Conservation Biology*, **5 (1)**:18-32.
- Serrão S.M. 2002. *Para além dos domínios da mata: uma discussão sobre o processo de preservação da Reserva da Mata Santa Genebra*. Tese de

doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 251p.

Silva V.V. 2002. Médio Vale do Paraíba do Sul: fragmentação e vulnerabilidade dos remanescentes da Mata Atlântica. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, 109 p.

Vianna V.M., Tabanez, A.A.J., Martinez J.L.A. 1992. Restauração e Manejo de fragmentos florestais. *In: Anais do 2o Congresso Nacional de Essências Florestais. Conservação da Biodiversidade. São Paulo, Ed. Revista do IF,* 406p.

Parâmetros de referência para estudos de qualidade de águas em área de remanescente de Mata Atlântica urbano

(Reference parameters for studies of water quality in an urban Atlantic Forest remain in southeast Brazil)

Carolina Marques Stolfi e Bernardino Ribeiro Figueiredo

Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências,
Universidade Estadual de Campinas, CP 6152, 13083-870 Campinas - SP, Brasil

RESUMO

Esse estudo revelou que a qualidade das águas exteriores e pontos limítrofes da mata é muito inferior a das águas de nascentes e poços mais protegidos da reserva. Nos corpos hídricos externos à mata foram observados índices elevados de nitrito, amônia e sulfato, associados a descargas de efluentes, além de concentrações expressivas de Al, Mn e Sr observadas em alguns pontos que recebem descargas de efluentes. De acordo com os valores de IQA, as águas da reserva apresentam qualidade boa e regular e as águas do entorno apresentam qualidade péssima nas áreas sob forte influência antrópica. A análise de agrupamento revelou que as águas coletadas em nascente e poços piezométricos protegidos, formam um cluster de composição química similar e com maior grau de preservação. Os solos nesses pontos revelam concentrações de metais e outros elementos condizentes a solos naturais. É aqui sugerido considerar as composições químicas das amostras N05 e PP14 como indicativas do background geoquímico e como valores de referência natural para os estudos sobre qualidade das águas superficiais da ARIE de Santa Genebra e região. Os resultados desta pesquisa são os primeiros desta natureza obtidos na região da Mata Santa Genebra.

Palavras Chaves: Geoquímica de água, parâmetros de referência, Mata Atlântica.

INTRODUÇÃO

Um problema comum nos estudos de qualidade de água natural em áreas sob forte influência antrópica, onde predominam processos de urbanização e produção industrial e agrícola, como na região sudeste do país, é a ausência de áreas preservadas, das bacias hidrográficas, que possam servir como referência para o estabelecimento de valores de fundo geoquímico.

Este estudo foi orientado para a determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas naturais do interior e do entorno de um fragmento de floresta protegido (Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE - Mata Santa Genebra), localizado em área urbana, com o objetivo de gerar valores de fundo geoquímico utilizáveis na avaliação da qualidade de águas da região. A Mata Santa Genebra, considerada o maior remanescente de floresta urbano do município de Campinas, Estado de São Paulo (Morellato & Leitão-Filho 1995), ocupa uma área de aproximadamente 250 hectares, onde podem ser observadas várias nascentes que contribuem para as bacias do Ribeirão das Pedras e do rio Quilombo (Figura1).

A bacia do Ribeirão das Pedras, situada na porção norte do município de Campinas, embora concentre intensa urbanização, é relativamente menos poluída que as outras bacias da região devido ao sistema de interceptação de esgotos e seu afastamento. Os impactos ambientais nessa bacia são associados à deposição irregular e inadequada de lixo em terrenos baldios e planícies de inundação, poluição provocada pelas queimadas de cana de açúcar da região na época de safra, ocupação humana de planícies de inundação, desmoronamento

de margens e instalação de processos erosivos em áreas desmatadas e/ou movimentadas e inexistência de mata ciliar, salvo em trechos muito restritos (Luchiari 2001, SEPLAMA 1996).

De acordo com o plano local de gestão urbana (SEPLAMA, 1996), a bacia do Ribeirão Quilombo encontra-se extremamente poluída por esgotos industriais e domésticos, em diversos segmentos. Apresenta diversas planícies de inundação ocupadas por favelas. A maior parte da Mata de Santa Genebra encontra-se nessa bacia, além de outros fragmentos de mata nativa e várias propriedades rurais. Essa bacia tem sido importante para o progresso da região, pois abriga grandes extensões de terras férteis utilizadas para monocultura da cana de açúcar, podendo, contudo gerar problemas como os efeitos das queimadas.

De acordo com estudos realizados por Santin (1999), a reserva apresentou uma perda de mais de 40% de área no intervalo de tempo de 1962 a 1972, principalmente em função da interferência causada pela agricultura. Já segundo Futada (2007), os impactos aos quais o fragmento está sujeito são comuns à grande maioria dos remanescentes florestais urbanos da região. Entre esses impactos citam-se as contaminações originadas em áreas de cultivo que utilizam aplicação de fertilizantes químicos, herbicidas, inseticidas e diversas outras substâncias além dos impactos da ocupação urbana irregular. A ausência de rede de esgotos faz com que muitas residências utilizem fossas sépticas ou mesmo de ligações clandestinas à rede de drenagem pluvial. Há registros de escoamento superficial de águas de esgoto do entorno e empoçadas ao longo dos limites da reserva de Santa Genebra (Futada 2007).

Os impactos ambientais gerados por efluentes nos cursos d'água têm crescido de maneira alarmante, especialmente em grandes centros urbanos, isso em função da deficiência da rede de esgoto sanitário e, baixa conscientização da população em relação à conservação dos corpos hídricos (CETESB 2003). A necessidade de um maior conhecimento e controle da variabilidade temporal e espacial desse tipo de impacto, levou ao desenvolvimento de índices de qualidade das águas (IQA). A idéia básica dos índices de qualidade é agrupar uma série de variáveis numa escala comum, combinando-as em um único número (Almeida & Schwarzbald 2003) que possa ser empregado pelos órgãos governamentais competentes para gerenciar a qualidade das águas de uma bacia hidrográfica (Simões *et al.* 2007).

A elaboração de um IQA deve considerar apenas variáveis ambientais críticas que afetam determinado recurso hídrico, em função do tipo de uso e ocupação do solo. O primeiro IQA utilizado foi desenvolvido pela "National Foundation Sanitation (NFS)" dos Estados Unidos e baseia-se na análise de nove parâmetros: coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido, os quais são indicadores de poluição por efluentes domésticos (CETESB 2004).

Neste estudo foram calculados valores de IQA para os corpos hídricos da área além da caracterização hidrogeoquímica multielementar das águas com o objetivo de discutir os prováveis processos em curso, os naturais, devidos ao intemperismo atuante nas rochas e solos originais (Bovolato 2006, Négrel 2006, Krauskopf 1983), e aqueles devidos à ação antrópica.

Para se avaliar a extensão da poluição de uma área, é comum comparar os teores totais de substâncias encontrados em um solo com aqueles defrontados em condições naturais (não poluídos) ou com valores de referência (padrões) (Fadigas *et al.* 2006). O estabelecimento de valores de background para elementos e componentes orgânicos nos sistemas bióticos e abióticos é tido como um dos assuntos de maior relevância para estudos ambientais. Este trabalho consistiu então em determinar as características geoquímicas e físico-químicas das águas da Mata Santa Genebra e entorno, considerando as prováveis alterações provocadas pelas atividades humanas na região, bem como sugerir parâmetros que possam ser usados como referência para os estudos de qualidade das águas da região. Os resultados desta pesquisa são os primeiros desta natureza obtidos na região da Mata Santa Genebra.

EXPERIMENTAL

Área de Estudo

O estudo foi realizado na Mata Santa Genebra e entorno (Figura 1), localizada em área urbana, norte do município de Campinas, Estado de São Paulo, com o seu centro geográfico situado à latitude de 22°49'45''S e longitude de 47°06'33'' WG (Gandolfi *et.al.* 2000).

Na área do remanescente florestal ocorrem rochas de composição diabásica, intrusivas nas rochas sedimentares do Grupo Itararé, e afloramentos do embasamento gnáissico-migmatítico indiferenciado do Complexo Itapira. Estas

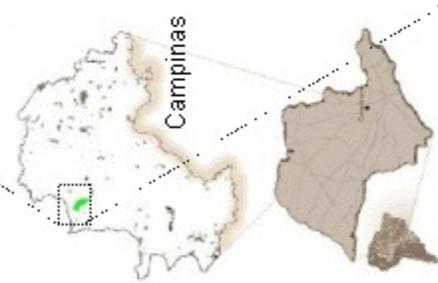
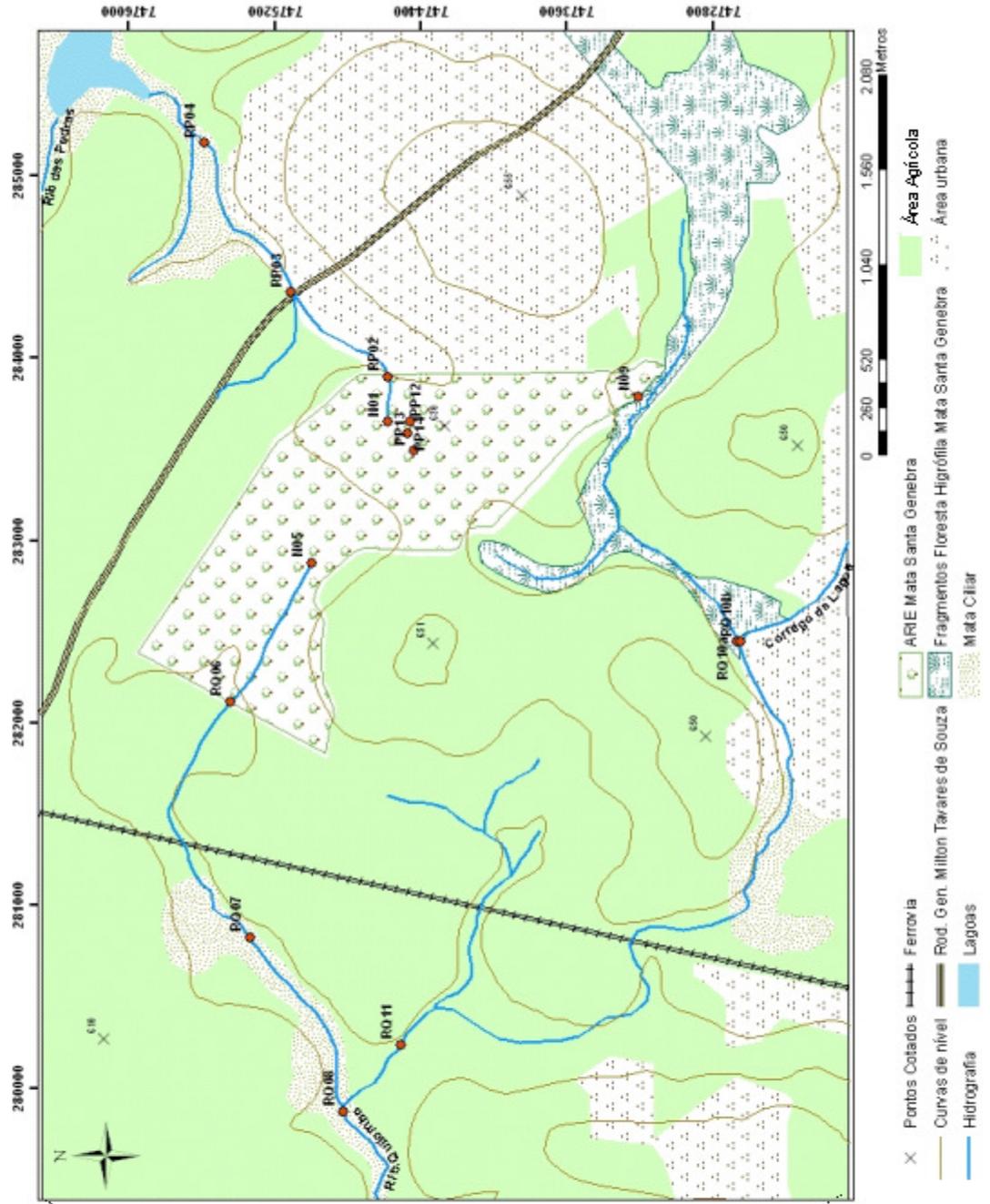


Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo.

rochas deram origem a solos do tipo latossolo vermelho distrófico de textura argilosa e, nas regiões mais baixas e úmidas, argissolo vermelho amarelo distrófico típico, álico, de textura média à argilosa (Instituto Geológico 1993 e Coelho et al. 2006). No extremo sul da ARIE, são vistas planícies de inundação, onde predominam as florestas higrófilas, assentadas sobre complexo de organossolos e gleissolos, de textura argilosa, recobertos por camadas mais ou menos espessas de materiais orgânicos, oriundos da adição continuada de restos vegetais (Instituto Geológico 1993 e Coelho & Chiba 2006).

O terreno é levemente ondulado com altitudes variando entre 580 e 610 m, compreendendo regiões mais baixas e úmidas entre duas discretas elevações. A floresta é definida como mesófila semidecídua, substituída nas baixadas pelas florestas higrófilas. Claramente secundária, a mata exibe diferentes estágios de sucessão em alguns locais, muitos deles ricos em cipós e plantas típicas de microambientes mais expostos à luz. A área contígua à mata tem sido seguidamente cultivada por algodão, cana-de-açúcar e soja (Espindola et. al. 2001, Morellato & Leitão Filho 1995, Futada 2007).

As águas com nascentes na mata contribuem para os Ribeirões Quilombo e das Pedras, pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5).

Amostragem e Procedimentos Analíticos

A amostragem de água compreendeu 15 pontos de coleta (Fig. 1), sendo três poços piezométricos (PP12, PP13 e PP14 com profundidades 4,8 m, 9,4 m e 14,8 m, respectivamente), as nascentes da Mata de Santa Genebra (N01, N05 e

N09) e os corpos hídricos do Ribeirão Quilombo (RQ06, RQ08, RQ10a, RQ10b e RQ11) e do Ribeirão das Pedras (RP02, RP03 e RP04). Foram realizadas duas campanhas de coleta de amostras de água nos meses de fevereiro e setembro de 2008 (chuvoso e seco, respectivamente), com o intuito de observar possíveis alterações sazonais. A média de precipitação em fevereiro de 2008 foi de 10,2 mm e em setembro de 2008, de 2,8 mm (Agritempo 2008). Já as médias obtidas no período de junho de 1988 a outubro de 2008, para os mesmos meses foram 215,9 mm em fevereiro e 59,5 mm em setembro (CEPAGRI 2010).

Os parâmetros físico-químicos, pH, Eh, condutividade elétrica, temperatura, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido foram medidos *in situ*, com o auxílio de equipamentos, previamente calibrados (Horiba U-22XD e oxímetro YSI 55).

As medidas de Eh, obtidas com eletrodo de Ag:AgCl combinado de platina, foram recalculadas para o potencial padrão do hidrogênio (*Standard Hydrogen Electrode - SHE*), utilizando a seguinte equação:

$$Eh_{SHE} = Eh_{medido} + 209 - 0,7 (t - 25 \text{ } ^\circ\text{C}) \text{ mV}$$

onde, 209 mV é o potencial do eletrodo de referência, relativo ao *SHE*, e 0,7 é um fator de correção, em função da temperatura de aquisição do Eh (Nordstrom & Wilde 1998).

As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno inertes após filtragem em membrana Millex da Millipore com poros de 0,45 µm e mantidas refrigeradas até o laboratório, onde foram realizadas as análises. Uma das alíquotas foi preservada com HNO₃ suprapuro 1% para análise de metais. Também foi coletada uma alíquota utilizada para determinar a alcalinidade

($\sim[\text{HCO}_3^-]$), o que foi feito no laboratório, no mesmo dia da coleta, por meio da titulação de 100 mL da amostra, com duas gotas do indicador verde de bromocresol + vermelho de metila e HCl (0,009 mol/L) como titulante.

Na segunda campanha, foram incluídas amostras para determinação dos parâmetros físico-químicos (DBO, nitrogênio, fósforo e sólidos totais) e microbiológicos (coliformes termotolerantes) para efeito de cálculo do IQA. Essas amostras foram coletadas em frascos estéreis de vidro, tomando cuidado para evitar contaminação e preenchendo apenas dois terços do frasco.

As concentrações de ânions (F^- , Cl^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) e cátions (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) foram determinadas por cromatografia iônica, em equipamento Dionex IP 2500, no laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UNICAMP. Foram utilizados os materiais de referência para controle de qualidade analítica, *DIONEX Seven Anion Standard* diluído 20 vezes e *DIONEX Six Cation-II Standard* diluído 50 vezes.

Análises multielementares de água via ICP-MS foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UNICAMP. Os materiais de referência certificados NIST SRM 1643e (Trace Elements in Water) e SRM 1640 (Trace Elements in Natural Water) foram analisados simultaneamente para assegurar a qualidade analítica dos resultados. Algumas amostras foram analisadas em duplicatas e os resultados mantiveram-se inferiores a 15% de diferenças percentuais relativas.

Também foram coletadas amostras de solo em 4 pontos localizados nas dependências da ARIE, localizadas nas proximidades das três nascentes (N01, N05 e N09) e do poço piezométrico (PP13), com o intuito de verificar a origem

geogênica dos solos do fragmento de floresta ou efeitos de poluição. Em cada ponto, as amostras de solo foram coletadas em duas profundidades, 0 a 20 cm e 40 a 60 cm, e foram nomeadas com os mesmos números das amostras de água com as indicações a e b referentes às duas profundidades.

As amostras de solo foram secas em temperatura ambiente, homogeneizadas e peneiradas. A fração granulométrica $<177 \mu\text{m}$ foi então separada e pulverizada em potes de ágata. As amostras de solo foram analisadas por espectrometria de fluorescência de raios X, em pastilhas prensadas, com o auxílio de equipamento Philips, PW 2404, no Instituto de Geociências da UNICAMP. Uma amostra foi analisada em duplicata para verificar a confiabilidade da técnica, desde a confecção das pastilhas até a análise no instrumento. Foram utilizados materiais de referência internacionais (GSS-2 e GSS-4) para efeito de verificação da exatidão dos resultados analíticos. Também foi realizada a perda ao fogo (%PF) em estufa (105 °C) e mufla (1000 °C).

Tratamento dos dados

Os resultados analíticos foram processados em programa GW-CHART para classificação química das águas, com auxílio do diagrama de Piper. Foi também empregada a análise de agrupamento por meio da qual foram estabelecidas as associações entre as amostras, identificados eventuais grupos de elementos, relações espaciais ou sazonais. Nessa análise, foram utilizados a distância Euclidiana e o método de agrupamento WPGA (weighted pair group average).

O cálculo do IQA, empregado nesse estudo, foi adaptado do utilizado pela CETESB (2009), empregando planilhas de Excel para tratamento dos parâmetros,

conforme descrito por Pesce & Wunderlin (2000). O IQA é um valor obtido a partir do produtório ponderado dos parâmetros de qualidade de água, como a variação de temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias a 20 °C), coliformes fecais, nitrogênio total, sólidos totais, turbidez e coliformes termotolerantes. Tanto os parâmetros que foram medidos diretamente no campo como aqueles que foram determinados por meio de ensaios, realizados no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, estão especificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Métodos utilizados nos ensaios de IQA

Parâmetro	Método
OD	<i>In situ</i> (oxímetro YSI 55)
PH	<i>In situ</i> (Horiba U-22XD)
Turbidez	<i>In situ</i> (Horiba U-22XD)
Variação de Temperatura	* fixo ($\Delta=0$; $q_s=93$)
DBO ₅	Hach®, BODTrak Test Procedure®
Sólidos Totais	Standard Methods (APHA, 1995)
Fósforo Total	Hach®, método 10127 (DR/ 2010)
Nitrogênio Total	Hach®, método 10072 (DR/ 4000)
Coliformes Termotolerantes	Colilert® - Sistema Quanti-Tray (Cartelas)

* As equações e as curvas desenvolvidas pela NFS, levam em consideração as características dos corpos de água e variações climáticas dos EUA, sendo a variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como no nosso caso, os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a área de estudo, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero. O q_s utilizado para variação de temperatura neste estudo é constante e igual a 93 (SEMAD 2005).

Para o cálculo do IQA, utiliza-se a % de saturação de OD, que é determinado pela pressão e temperatura, calculada pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ saturação OD} = (\text{OD} \times 760 / \text{OD}_s \times P) \times 100$$

onde:

OD_s: OD a T(°C) e 760 mm HG

P: pressão local

O IQA é calculado a partir de uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos, demonstrado na equação abaixo, permitindo inclusão ou exclusão de parâmetros, para estabelecer uma melhor relação entre a qualidade de água e o índice apresentado.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, que resulta em um número entre 0 e 100;

n: é o número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA,

q_i : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso que corresponde ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância.

Os valores obtidos, entre 0 e 100, estão relacionados às categorias de qualidade de águas brutas conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Categorias estabelecidas pelo IQA (CETESB 2009).

Qualidade	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química de águas superficial e subterrânea

Na Tabela 3 são mostrados os valores dos parâmetros físico-químicos medidos nos pontos de amostragem de águas superficial e subterrânea e na Tabela 4 constam as concentrações dos íons maiores em água determinadas por cromatografia iônica. Os elementos Li^+ e Br^- não são apresentados na tabela uma vez que os valores de concentração encontrados se mantiveram abaixo do limite de detecção do equipamento (0,01 mg/L para os dois elementos). Os resultados das amostras de água superficial foram comparados aos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005, e os das amostras de água subterrânea foram comparadas aos valores estabelecidos pela CETESB (2005) de 23/11/2005.

Em relação aos parâmetros físico-químicos de água foi possível observar que as águas são ácidas em toda a área de estudo, o pH variando de 4,8 a 5,7 nas nascentes e poços do interior da mata. Já nas drenagens externas, o pH se mantém entre 5,2 a 6,4, não sendo observadas grandes variações entre os dois períodos de coleta. Os valores baixos de pH possivelmente se devem à presença de ácidos originários da decomposição de matéria orgânica. A obtenção de valores de turbidez mais elevados em alguns pontos reflete a ocorrência de matéria orgânica dissolvida e alta concentração de material em suspensão. Também não foram observadas grandes variações sazonais na condutividade elétrica e TDS dessas águas, que variaram entre 0,1 e 0,42 mS/cm e entre 10 e 270 mg/L, respectivamente, correspondendo os valores mais altos aos pontos mais afastados da mata.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

	N01		RP02		RP03		RP04		N05		RQ06		RQ07		RQ08		N09	
	fev/08	set/08																
pH	5,7	-	5,9	5,8	5,8	6	6,4	5,8	5,6	5,2	5,3	-	5,9	6,5	6,3	6,3	4,9	5,3
Cond. mS/m	16	-	8	6	14	14	15	11	2	1	5	-	11	3	25	29	2	1
Turb. NTU	800	-	25	90	50	16	75	10	11	65	3	-	23	3	37	32	20	60
OD g/L	9,4	-	-	1,1	-	1,1	-	2,5	-	1,2	-	-	-	1,6	-	0,8	-	1,2
Temp. C	23,4	-	21	18	23	21	28	26	23	21	21	-	24	17	23	21	22	17
TDS g/L	0,10	-	0,06	0,04	0,09	0,09	0,10	0,06	0,01	0,01	0,03	-	0,07	0,02	0,16	0,19	0,01	0,01
Eh mV	407,1	-	312	423	261	263	261	229	452	547	347	-	246	380	292	322	228	659
HCO ₃ ⁻ mg/L	78,08	14,49	68,32	45,62	97,60	103,4	87,84	71,81	29,28	8,56	19,52	-	87,84	30,25	87,84	164,50	9,70	14,22

	RQ10a		RQ10b		RQ11		PP12		PP13		PP14		CONAMA cl. I
	fev/08	set/08											
pH	5,5	5,6	5,7	6	6,3	6,4	4,9	4,8	5,2	-	5,2	5,4	6,0 a 9,0
Cond. mS/m	13	6	26	42	28	28	9	10	4	-	3	2	-
Turb. NTU	191	17	62	33	81	33	33	12	87	-	116	120	< 40
OD g/L	-	1,1	-	0,8	-	1,5	-	2,6	-	-	-	3,9	> 6
Temp. C	23	19	26	23	25	21	23	22	22	-	22	20	-
TDS g/L	0,08	0,04	0,17	0,27	0,18	0,19	0,06	0,06	0,03	-	0,02	0,01	-
Eh mV	135	239	175	153,4	457	326	214	648	450	-	534	609	-
HCO ₃ ⁻ mg/L	87,84	54,24	68,32	46,56	17,12	161,40	19,52	5,76	19,52	11,86	19,52	24,49	-

As águas na área de estudo são oxidadas, observando-se que nas nascentes e poços o Eh variou de 213 a 659 mV, com os valores mais elevados correspondentes às águas coletadas na estação seca. Nas águas dos rios, o Eh variou de 174 a 457 mV e, com algumas exceções, valores mais altos também foram obtidos na estação seca.

Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) foram medidos apenas durante a coleta de setembro/2008 e se apresentaram abaixo do limite mínimo estabelecido na legislação ambiental (CONAMA 357/05) para todas as amostras. Valores baixos de oxigênio dissolvido estão associados à baixa vazão dos corpos hídricos e ao grande acúmulo de matéria orgânica natural em todos os pontos internos à mata. Nos pontos externos, os níveis de OD foram mais baixos nos locais onde o despejo de efluente doméstico, rico em matéria orgânica, foi maior.

As concentrações de íons maiores e de elementos-traço em amostras de água superficial e subterrânea são exibidas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Com base nas concentrações de íons maiores, as amostras foram classificadas com o auxílio dos diagramas de Piper (Figuras 2 e 3) para as duas épocas de coleta, respectivamente.

A maioria das amostras de água exhibe composições do tipo bicarbonatada e apresenta, em determinados pontos, um comportamento sazonal, discutido a seguir. Parece ocorrer uma tendência geral dos corpos hídricos de exibir águas bicarbonatadas sódicas nas nascentes evoluindo para águas mistas no decorrer de seu curso, em função do aporte natural de íons Ca^+ e Mg^+ , além da provável influência da poluição. Esta observada principalmente no Ribeirão Quilombo, que

Tabela 4 – Concentração de íons maiores em água superficial e subterrânea.

Íons mg/L	CONAMA I e II	N01		RP02		RP03		RP04		N05		RQ06		RQ07		RQ08	
		set-08	fev-08														
F ⁻	1,4	1,100	0,040	0,060	0,040	0,130	0,230	0,180	0,130	0,040	0,030	0,150	0,210	0,130	0,180	0,360	
Cl ⁻	250	14,500	10,700	5,100	7,500	3,800	14,900	6,700	9,000	1,000	0,840	0,750	5,100	5,700	24,800	50,100	
NO ₂ ⁻ -N	10	0,020	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	2,400	0,040	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,040	14,400
SO ₄ ²⁻	250	5,400	1,800	0,080	0,420	1,000	4,400	5,000	2,200	0,060	0,050	0,700	1,500	0,830	14,100	43,800	
NO ₃ ⁻ -N	1	0,530	7,600	0,310	0,930	0,050	1,600	0,340	1,700	0,040	0,040	0,030	0,010	<0,01	0,170	0,610	
PO ₄ ³⁻ -P	0,02	0,050	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,040	0,070	0,020	<0,02	<0,02	0,030	0,060	<0,02	<0,02	0,570	
Na ⁺		26,400	19,300	10,200	12,900	4,800	21,700	7,800	10,000	2,600	2,400	4,200	3,500	5,400	23,500	54,300	
NH4 ⁺		2,300	1,100	<0,05	<0,05	0,910	5,300	1,000	1,200	<0,05	<0,05	0,360	<0,05	<0,05	4,600	15,100	
K ⁺		8,300	0,950	0,710	6,400	2,000	3,700	5,700	4,100	0,050	0,050	0,790	2,500	0,930	7,900	10,700	
Mg ²⁺		2,200	1,400	1,700	1,600	1,400	2,900	3,200	3,000	0,170	0,130	1,900	3,100	2,000	3,600	5,000	
Ca ²⁺		7,400	3,400	5,300	3,400	6,100	12,500	13,600	11,700	0,500	0,270	6,300	9,700	4,500	13,500	16,100	

Íons mg/L	CONAMA I e II	N09		RQ10a		RQ10b		RQ11		PP12		PP13		PP14		LD		
		set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08
F ⁻	1,4	0,070	0,060	0,130	0,090	0,240	0,270	0,190	0,360	0,070	<0,01	0,030	0,050	0,060	<0,01	0,010		
Cl ⁻	250	0,100	0,520	5,200	2,700	21,800	34,900	27,800	51,500	6,100	10,400	0,390	0,170	0,360	0,530	0,030		
NO ₂ ⁻ -N	10	<0,002	<0,002	<0,002	0,050	0,210	11,600	0,040	14,600	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	
SO ₄ ²⁻	250	0,260	0,370	0,230	0,650	23,700	178,000	16,200	46,400	0,120	0,040	0,050	0,110	0,110	0,390	0,020		
NO ₃ ⁻ -N	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,150	0,070	0,200	0,650	8,600	12,400	0,080	<0,01	0,180	0,100	0,010		
PO ₄ ³⁻ -P	0,02	<0,02	0,040	<0,02	0,130	0,120	3,000	<0,02	0,650	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,020		
Na ⁺		0,840	1,400	7,100	9,200	32,000	52,700	26,300	56,900	15,200	21,700	2,500	2,100	1,800	2,400	0,020		
NH4 ⁺		0,100	1,300	<0,05	<0,05	5,900	13,000	5,400	16,600	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,050		
K ⁺		0,300	1,600	2,100	1,000	4,500	7,300	7,400	10,700	0,660	1,100	0,270	0,220	0,210	0,490	0,050		
Mg ²⁺		0,120	0,230	2,600	1,700	3,000	35,300	3,700	5,100	1,300	1,600	1,400	1,100	0,670	0,730	0,030		
Ca ²⁺		0,360	0,370	10,400	5,600	11,400	11,300	14,600	16,800	2,600	2,800	2,500	1,500	1,400	1,800	0,050		

Tabela 5 – Concentração de elementos-traço em água superficial e subterrânea

Elementos	CONAMA I e II	N01		RP02		RP03		RP04		N05		RQ06		RQ07		RQ08	
		fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08
mg/l																	
Mg		1,7	1,2	1,5	1,7	1,9	3,1	3,1	3,1	3,2	0,2	0,2	1,8	2,8	2,1	3,1	5,3
K		6,9	0,7	0,7	5,9	3,5	3,6	4,5	4	0,03	0,1	0,7	2,5	0,9	7,4	10,6	
Ca		6,1	3,1	4,9	4,3	8,6	14,5	13,7	14,4	0,4	0,5	6,2	9,5	5,4	12,9	19,9	
Fe	0,3	1,77	1,3	3,16	3,1	2,47	1,3	0,97	0,9	0,16	0,2	3,21	6,43	0,2	1,64	1,1	
µg/L																	
Li	2500	0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,7	0,3	0,2	0,4	1,2	
Be	40	1,47	4	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,95	0,06	0,01	0,01	0,01	
B	500	20,6	1,8	1,9	2,9	4,8	7,6	9,6	8,8	<0,01	0,7	3,0	5,0	4,2	15,8	52,9	
Al	100	973	778	16	472	37	11	69	45	4	9	410	59	23	68	200	
V	10	33,6	53,8	0,4	2,3	1,0	0,4	1,8	1,1	0,3	0,9	26,8	1,8	0,4	2,4	3,1	
Cr	50	5,57	0,37	0,42	0,2	0,35	0,08	0,64	0,08	0,73	0,13	2,72	1,14	0,20	1,02	0,40	
Mn	100	157,1	43	67,2	83	64,7	107	75,3	76	2,1	2,1	123,6	194,5	5,8	129,5	123	
Co	50	1,75	1,68	0,30	0,71	0,29	0,3	0,41	0,47	0,14	0,13	3,33	0,57	0,14	0,97	1,01	
Ni	25	9,5	0,7	0,2	0,5	0,2	0,3	0,6	0,4	<0,01	0,1	2,4	0,3	0,3	2,6	5,4	
Cu	9	122,3	64,8	0,4	2,8	1,4	0,3	5,6	2,4	1,4	1,3	92,5	0,3	0,1	2,7	2,5	
Zn	180	39,5	7,2	2,2	26	5,0	31,2	20,2	2,7	4,4	6,0	12,3	3,3	2,3	4,0	17,2	
As	10	1,5	1,08	0,4	0,48	0,3	0,27	0,5	0,43	0,01	0,02	0,9	0,3	0,10	0,4	0,49	
Se	10	1,02	0,90	0,06	0,09	0,10	0,04	0,04	0,07	0,07	0,04	0,69	0,04	0,04	0,07	0,06	
Rb		29,7	2,6	3,9	20,7	5,5	8,5	8,8	8,9	0,2	0,2	2,0	5,3	2,0	9,1	16,3	
Sr		40,8	32,4	31,2	25,5	46,3	76,2	77,4	81,6	3,1	2,9	46,0	73,1	37,8	79,0	101,1	
Mo		0,14	0,04	0,07	0,09	0,08	0,13	0,34	0,33	<0,01	0,01	0,06	<0,01	0,01	0,46	1,24	
Cd	1	0,11	0,05	0,06	0,04	<0,01	0,02	<0,01	0,05	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,01	0,03	
Sb		0,13	0,07	0,01	0,03	0,02	0,04	0,06	0,06	<0,01	<0,01	0,05	0,01	0,01	0,43	0,19	
Ba	700	55,2	157,9	38,7	37,9	34,9	59	47,2	51,1	11,1	7,9	49,3	58,6	29,7	43,0	42,2	
Tl		0,05	0,06	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Pb	10	5,80	7,08	0,14	0,33	2,67	0,09	0,39	0,69	<0,01	0,08	1,97	0,03	0,02	0,20	0,43	

Elementos	N09		RQ10a		RQ10b		RQ11		PP12		PP13		PP14		LD µg/L
	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	fev-08	set-08	
mg/l															
Mg	0,2	0,3	2,6	1,6	2,4	32,2	3,2	4,5	1,2	1,6	1,2	1	0,8	3,1	0,04
K	0,6	1,5	2,2	0,9	4,1	7	7,1	10,4	0,6	1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,01
Ca	0,5	0,6	10,9	5,9	9,9	12,2	13,9	18,1	2,4	3,2	2,3	1,7	1,4	1,7	0,04
Fe	0,48	0,7	15,48	5,9	3,75	2,3	1,30	1,1	<0,01	0,01	0,73	0,05	0,16	0,02	0,1
µg/L															
Li	0,4	0,2	0,1	0,2	0,6	3,4	0,4	0,9	0,7	1,0	0,3	0,1	0,2	0,4	0,01
Be	0,09	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,14	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01
B	<0,01	2,5	6,1	6,6	48,0	76,5	18,7	43,9	<0,01	0,7	<0,01	4,0	<0,01	5,3	0,01
Al	44	289	51	67	105	152	51	177	1	10	4	8	<0,01	13	0,08
V	0,9	3,7	5,1	2,2	3,0	1,4	3,1	3,3	<0,01	0,11	<0,01	0,25	<0,01	0,04	0,02
Cr	0,55	0,18	0,92	0,21	1,00	0,57	0,76	0,09	0,46	0,02	0,46	<LD	0,48	0,38	0,02
Mn	11,0	15,8	221,8	98	97,0	178	116,0	121	7,3	20,1	15,1	0,1	18,3	1,5	0,03
Co	0,29	0,17	1,96	0,85	1,32	1,68	0,95	1,08	0,19	0,63	0,80	0,01	0,26	0,02	0,01
Ni	<0,01	0,2	0,8	0,5	5,6	9,3	3,1	5,7	0,7	1,5	0,4	0,1	0,3	0,1	0,03
Cu	10,0	6,9	1,1	0,7	1,5	1,6	2,7	2,5	4,8	4,0	1,3	0,7	2,0	<LD	0,02
Zn	6,9	5,2	10,2	4,2	13,0	12,0	8,3	20,4	13,3	20,6	11,1	2,4	18,4	<LD	0,05
As	0,02	0,11	0,6	0,25	0,4	0,36	0,5	0,45	<0,01	0,03	<0,01	0,03	<0,01	<LD	0,01
Se	0,04	0,04	0,20	0,03	0,13	0,05	0,13	0,10	<0,01	0,05	0,03	<LD	0,05	<LD	0,02
Rb	1,7	4,9	4,8	2,8	8,7	13,6	9,4	15,7	2,0	3,4	0,8	0,9	0,5	1,6	0,03
Sr	7,0	6,8	70,3	39,2	63,0	72,5	82,6	97,5	19,5	26	17,0	12,5	10,0	8,7	0,01
Mo	<0,01	0,02	0,04	0,04	0,13	3,65	0,40	1,23	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,36	0,01
Cd	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01
Sb	<0,01	0,01	0,03	0,01	0,07	0,11	0,39	0,19	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01
Ba	31,9	23,8	43,0	28,4	32,7	26,8	46,2	40,6	61,1	88,4	24,1	9,8	25,3	3,4	0,004
Tl	0,04	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,1	0,02	0,01	0,02	<0,01	0,001
Pb	0,01	0,16	0,12	0,1	0,31	0,39	0,19	0,21	0,25	0,02	0,05	0,03	0,05	0,43	0,003

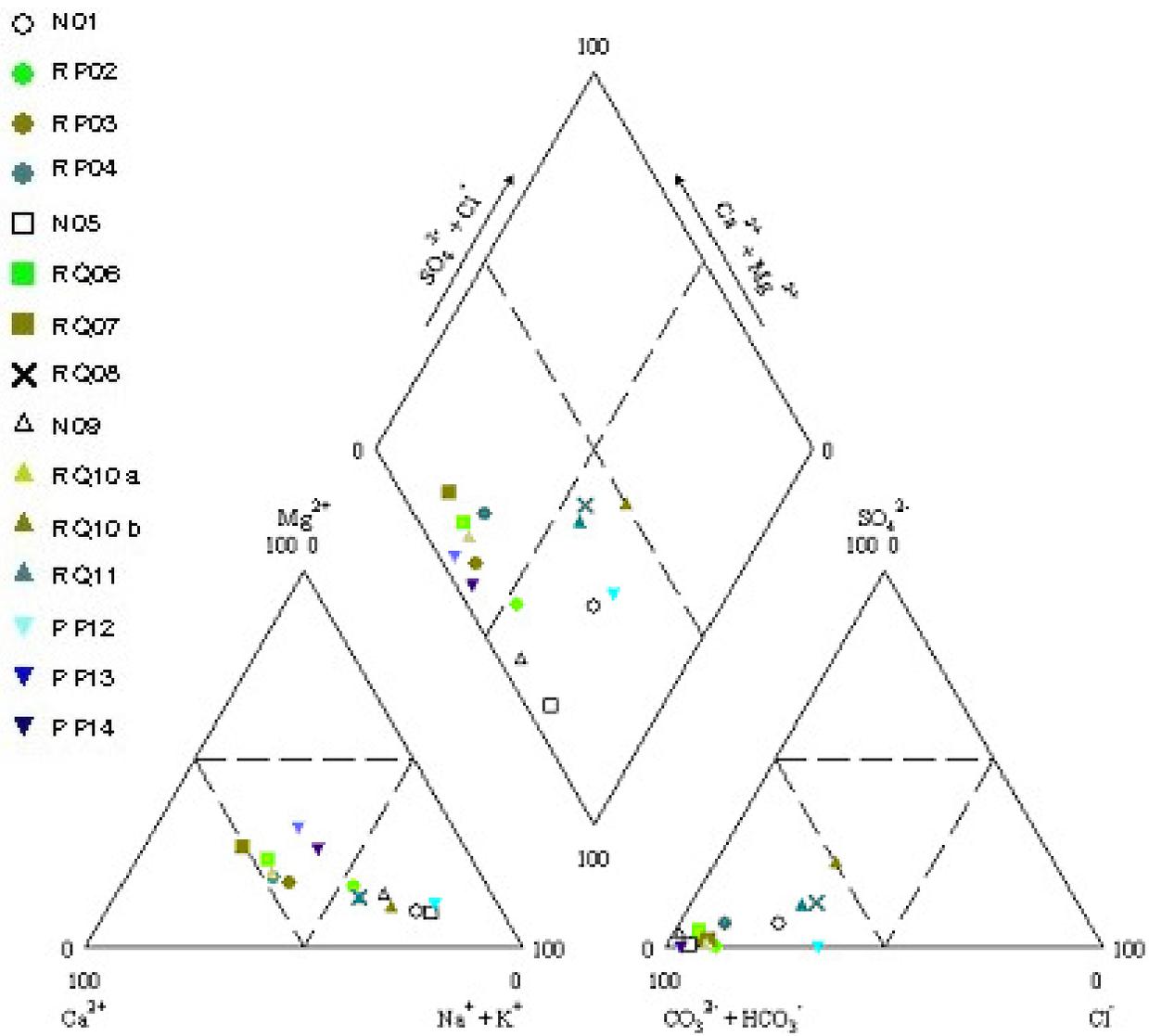


Figura 2 – Composição das amostras de água coletadas em Fev/2008, segundo Diagrama de Piper.

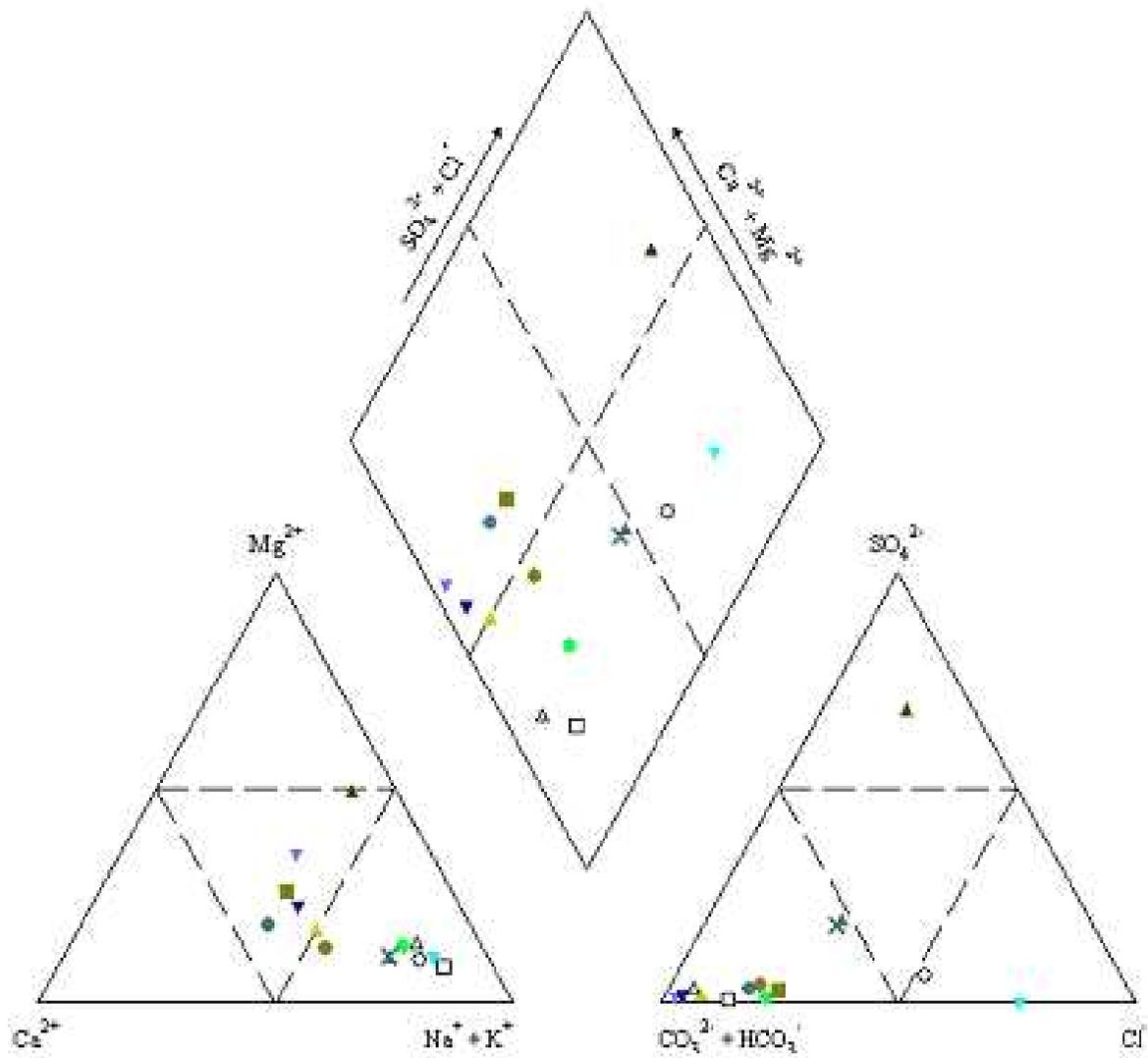


Fig 3 – Composição das amostras de água coletadas em Set/2008, segundo Diagrama de Piper.

exibiu em um dos pontos (RQ10b) águas sulfatada mista, na segunda campanha (estação seca).

As águas da nascente N01 e do poço PP12 (o de menor profundidade de 4,8 m), apresentaram comportamento análogo, evoluindo de bicarbonatadas sódicas no período chuvoso para cloretadas sódicas no período de seca. Uma maior concentração de bicarbonato em água no período de chuva mais intenso é coerente com o aumento da alcalinidade determinada nessas amostras (Tabela 3), embora as concentrações de Cl^- não apresentem variações significativas. Diferente dos outros poços (PP13 e PP14), que estão situados em áreas bem drenadas, o poço PP12 se localiza no limite de uma área alagadiça em solo aparentemente menos argiloso que nos outros pontos. (Coelho *et al.* 2006). As águas dos poços de maior profundidade (PP13, profundidade de 9,4 m e PP14, profundidade de 14,8 m), que apresentam comportamento muito semelhante nas duas estações climáticas, são águas bicarbonatadas mistas, refletindo a interação com solos locais.

As amostras coletadas na nascente N01 e no poço PP12 apresentam concentrações elevadas de alguns íons em relação aos outros poços e nascentes, em especial sódio e nitrato. No poço PP12, as concentrações de nitrato (12,4 mg/L) chegam a superar o limite de 10 mg/L, estabelecido pela CETESB (2005) (Tabela 4).

O NO_3 é um poluente de ocorrência freqüente em água subterrânea, podendo indicar contaminação por sistemas inadequados de saneamento *in situ*, uso de fertilizantes agrícolas ou criação de animais. Essa é a forma mais oxidada

do nitrogênio, e o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico, sugerindo contaminação antiga. Em concentrações superiores a 10 mg/L NO₃, a ingestão de nitrato pode causar metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul). Também está associado a certos tipos de câncer (Varnier & Hirata 2002, Braga 2006, Alaburda & Nishihara 1998). A região da ARIE possui diversos problemas relacionados a despejo de efluentes domésticos clandestinos e fossas, além de um longo passado em comum com a agricultura.

Nos pontos externos à mata há um incremento de diversos elementos analisados, aparentemente relacionados a influências antrópicas. Os índices elevados de nitrogênio amoniacal e nitrito (esse último apenas no período de seca) estão presentes nos pontos com despejos de efluentes domésticos (RP03, RQ08, RQ10b e RQ11). Segundo Nuvolari (2003), o nitrito é a forma intermediária do nitrogênio, de curta duração, após a oxidação da amônia, enquanto o nitrogênio amoniacal é aquele que sofreu decomposição por microorganismos, associado assim, a descargas de efluentes mais próximas e recentes. Galvan *et al.* (2006) citam que a concentração de nitrito é encontrada normalmente em quantidades diminutas nas águas superficiais, por ser instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária da amônia e do nitrato. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio e a sua presença em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

A partir da análise de dados de composição química de águas, observa-se que as variações nas concentrações de íons maiores nas águas não podem ser atribuídas diretamente à agricultura atual, já que os pontos próximos às áreas de

canavial (localizado na área agrícola, a Sudoeste da ARIE) não apresentam variação significativa em relação aos íons analisados. Assumem importância, ao contrário, as prováveis descargas de efluentes industriais e, especialmente, domésticos, o que pode ser observado comparando-se as amostras coletadas nos pontos RQ10a e RQ10b, indicados no diagrama de Piper (Figuras 2 e 3).

Nos bairros por onde passa o Córrego da Lagoa, importante afluente do Ribeirão Quilombo (Figura 1), encontram-se indústrias de vários segmentos. Esses bairros também são habitados e possuem grande parte de seu esgoto doméstico sem tratamento. A ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) Santa Mônica, ali situada, utiliza hipoclorito e hidróxido de sódio no tratamento da água. O ponto RQ10a encontra-se à montante do encontro de uma drenagem proveniente da ARIE de Santa Genebra com o Córrego da Lagoa, um pouco abaixo da ETE Santa Mônica. O ponto RQ10b está situado à jusante do encontro das duas drenagens. Essas relações espaciais com fontes de poluição explicariam porque as águas do ponto RQ10b apresentam-se na segunda campanha (seca) como sulfatada mista, enquanto o ponto RQ10a apresenta água bicarbonatada mista. Essa mesma tendência pode ser observada, na primeira campanha no ponto RQ10b, e também nos pontos RQ11 e RQ08 (nas duas estações do ano), pertencentes ao mesmo corpo hídrico, onde os íons já apresentam uma diluição em suas concentrações em função do distanciamento e contribuição de outros afluentes.

Com respeito às concentrações de metais em água, os elementos de maior relevância para o presente estudo são Al, Mn, Fe, Cu, Sr e Ba. Esses elementos apresentam concentrações elevadas em diversos pontos e, em alguns casos,

essas concentrações se encontram acima dos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/ 2005.

As amostras coletadas nas nascentes N05 e nos poços piezométricos de maior profundidade (PP13 e PP14) apresentam resultados semelhantes. As concentrações dos íons e metais são, em geral, mais baixas do que nos outros pontos. Assim, os resultados analíticos dos pontos N05, PP13 e PP14 foram adotados no presente estudo como valores de background, discutidos mais adiante neste trabalho.

As concentrações de Al em água ultrapassam os limites estabelecidos pelo CONAMA em diversos pontos de nascentes na mata (N01, N09) e drenagens do entorno (RP02, RQ06, RQ08, RQ10b, RQ11). As nascentes citadas localizam-se em regiões alagadas, onde predominam complexo de organossolo e gleissolo. As amostras coletadas nesses pontos apresentam muito material particulado e matéria orgânica, especialmente no ponto N01. A presença de matéria coloidal no filtrado dessas amostras pode ter influenciado os resultados obtidos, que apresentaram valores muito elevados de Al e outros metais em água. Entretanto, esses resultados podem ser atribuídos as condições do ambiente, ao caráter álico dos solos da região, à retenção de metais nos solos e aumento da disponibilidade desses metais na água.

O estudo de Pires (2004) corrobora com os resultados observados nesse trabalho. Nos solos estudados pelo autor, foram indicados valores de saturação por Al acima de 50% nas camadas subsuperficiais de organossolo enquanto que o mesmo não foi observado em latossolo. Nesse mesmo estudo foi salientada a alta capacidade de adsorção de metais no organossolo, sendo a fração argila, o alto

teor de matéria orgânica e óxidos de Fe e de Al de baixa cristalinidade, os constituintes mais importantes na adsorção de metais. Foi observado também que a matéria orgânica foi fator diferencial na adsorção de metais pesados, sendo observada no organossolo maior capacidade máxima de adsorção dos metais estudados no referido trabalho, em comparação a latossolos e cambissolos.

Zon (2008) também verificou que os organossolos de águas drenadas de várzeas influenciam sobre vários parâmetros de qualidade de água. As relações estabelecidas em áreas onde predominam solos hidromórficos são extremamente complexas, envolvendo além do solo propriamente dito e a água, inúmeros processos químicos e bioquímicos, influenciados por diversos fatores, como a atmosfera, vegetação, clima, biota, evotranspiração da zona não saturada e vazão da drenagem. Esses solos apresentam características químicas e físicas específicas. O elevado teor de matéria orgânica dos organossolos confere a estes solos características químicas, físicas e biológicas peculiares, com efeitos contrastantes em relação aos solos minerais. São solos quimicamente ácidos, com elevados teores de Al^{3+} trocável e elevada capacidade de troca catiônica, devido aos altos teores de matéria orgânica (Ebeling, 2006 e Andriessse, 1988).

Nas drenagens externas não pode ser descartada a possibilidade de despejos de efluentes industrial e doméstico. Especificamente na amostra RQ06, o teor elevado de Al, quando comparado à nascente desse corpo hídrico (N05), deve ser tomado com cautela, porém os teores mais elevados de Mn e Ba, acompanhados pelo Sr, podem ser devidos à influência da agricultura, já que o ponto se situa próximo ao canavial.

Valores excessivos de Fe em água também foram encontrados nos pontos RP02, RP03, RQ06 e N09 os quais podem refletir a interação de águas relativamente ácidas com latossolos ricos em ferro. Estes aspectos e o caráter ácido dos solos da região da ARIE são discutidos em diversos estudos (Toniato *et al.* 1998, Aguiar 1995, Fernandes 1993), o que indica haver uma associação desses metais em água e a litologia local.

A análise de agrupamento (cluster) foi aplicada nas amostras de água coletadas nos dois períodos climáticos de 2008. No dendograma apresentado na Figura 4, os pontos próximos a área agrícola, RQ07 e RQ10a foram agrupados, na primeira campanha (chuva), observando-se nas duas amostras, um grande aumento de Mn nesse período. O mesmo ocorre com o Ba. Esses elementos são freqüentemente associados à agricultura (fertilizantes e pesticidas, respectivamente) sendo provável que tenham sido arrastados pela chuva aumentando pontualmente o nível dos mesmos nas águas analisadas. No período de seca, a amostra RQ10a se agrupa com as amostras do Ribeirão das Pedras (RP), exibindo alta concentração de manganês, já o ponto RQ07 apresenta características próximas às dos poços piezométricos PP13 e PP14. O cluster discrimina um grupo, com grande semelhança, composto das amostras de água subterrânea coletadas nos poços piezométricos mais profundos (PP13 e PP14) e a água da nascente N05 que se diferencia das demais por ser a mais protegida pela cobertura vegetal.

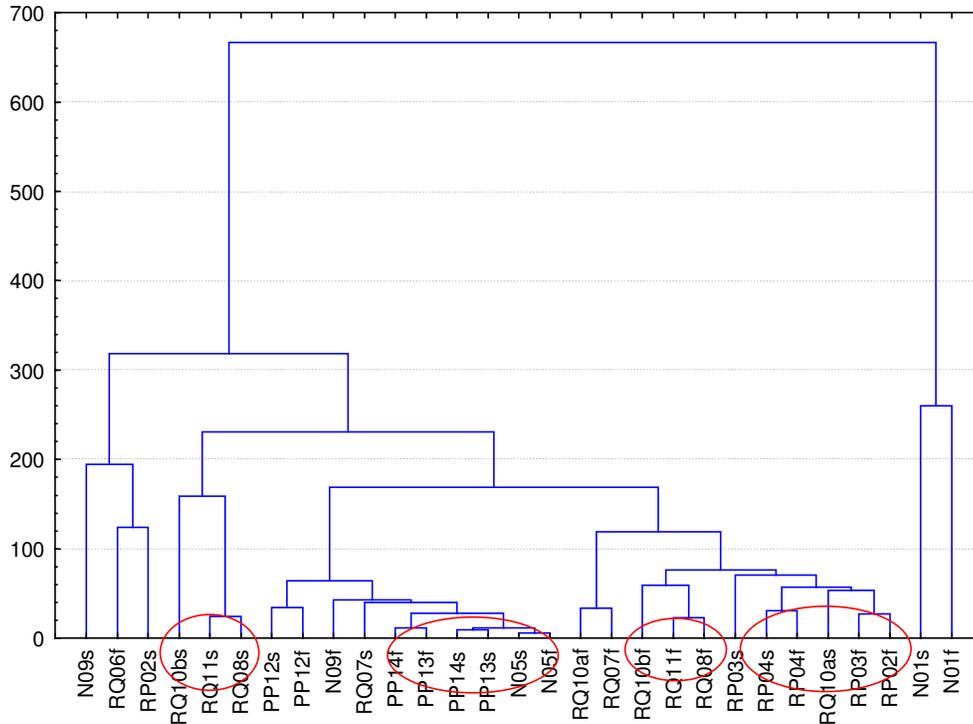


Figura 4- Clusters obtidos por análise de agrupamento em amostras de água superficial e subterrânea. Os sufixos f e s, se referem aos meses de coleta, sendo fevereiro e setembro, respectivamente.

Nas duas campanhas, a amostra do poço PP12 não se agrupa às demais, comportamento anteriormente observado no diagrama de Piper. Nesse ponto também verifica-se um aumento de Ba em relação aos outros poços.

As amostras dos pontos RQ08, RQ10b e RQ11 apresentam uma relação estreita em ambos os períodos. Essas amostras pertencem ao mesmo corpo hídrico e esses pontos estão situados à jusante dos lançamentos de efluentes industriais e domésticos. Nos pontos RQ10b e RQ11 verifica-se um acréscimo de Al, Mn e Sr no período de seca, enquanto elevação do teor de Al pode ser observada na amostra RQ08.

Determinação do Índice de Qualidade de Água

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros utilizados no cálculo do IQA e seu produto, em 12 pontos de coleta na ARIE de Santa Genebra e entorno. A coleta de amostras para o cálculo do IQA foi realizada em período de estiagem (setembro), período em que, nos pontos N01, RQ06 e PP13, não foi possível coletar amostra de água suficiente para realizar todas as análises.

Tabela 6 – Valores dos parâmetros e dos Índices de Qualidade de Água.

Parâmetros		RP02	RP03	RP04	N05	RQ07	RQ08	N09	RQ10a	RQ10b	RQ11	PP12	PP14
Coliformes term.	NMP (e-3)	1580	17,5	310	0	2950	9,87	1830	100	0,041	0,135	0	0
pH		6,1	5,3	5,1	6,2	5,4	5,4	6,3	5,4	5,4	5,4	4,8	5,4
DBO	mg/L	11,1	26,6	7,2	1,3	6,4	38,8	1,3	5,4	80,2	39,8	0,5	1,2
NT	mg/L	1	3	1	0	0	16	2	0	9	16	10	2
FT	mg/L	0,16	0,37	0,26	0,08	0,07	2,41	0,18	0,38	6,73	1,62	0,1	0,07
Turbidez	NTU	90	16	160	65	3	32	60	17	33	33	12	14
Sólidos Totais	mg/L	556	229	135	286	6452	382	153	120	7336	3336	233	459
% OD de saturação	%	12,82	13,58	34,53	14,98	18,44	10,08	13,54	13,04	9,92	18,37	32,85	47,56
OD	mg/L	1,1	1,1	2,5	1,2	1,6	0,8	1,2	1,1	0,8	1,5	2,6	3,9
Temp	°C	17,1	20,6	27,0	21,2	17,0	21,0	17,2	20,0	23,0	20,9	21,7	20,2
IQA		36,52	25,32	40,3	54,02	42,28	16,92	46,33	48,89	14,28	16,82	55,2	63,1
Categoria		regular	ruim	regular	boa	regular	péssima	regular	regular	péssima	péssima	boa	boa

Ao avaliar o índice de qualidade das águas, observa-se que dentro da reserva os corpos hídricos apresentam qualidade “boa” enquanto esse índice é menor para as amostras dos corpos hídricos externos, refletindo a baixa qualidade dessas águas.

Neste estudo, a determinação do IQA se mostrou eficiente para qualificar as águas de um corpo hídrico. Entretanto, para evitar interpretações equivocadas dos valores obtidos, já que muitas vezes ocorre a atenuação de uma ou mais variáveis

frente as demais utilizadas no cálculo, faz-se necessário um olhar mais atento a cada variável envolvida.

Com exceção das águas subterrâneas, todas as amostras apresentam coliformes termotolerantes, inclusive os pontos internos da reserva. Nesse caso é provável que a contaminação ocorra através das fezes dos animais de sangue quente da reserva.

Os valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foram superiores aos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005 ($>3,0$ mg/L O_2 para classe I, $>5,0$ mg/L O_2 para classe II e >10 mg/L O_2 para classe III). No ponto de amostragem RQ10b a DBO é superior a 80 mg/L O_2 , sendo que no ponto RQ10a, localizado a montante do encontro com o Córrego da Lagoa, a DBO é de 5,4 mg/L O_2 . De acordo com Branco (1986), a DBO corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos das águas poluídas, durante a oxidação biológica, a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional. Ainda segundo o autor, essa demanda pode ser suficientemente grande para consumir todo o oxigênio dissolvido da água. A partir dessa elucidação pode-se relacionar os altos resultados de DBO aos valores de OD, extremamente baixos, medidos nesses pontos.

Nos pontos localizados dentro da ARIE, exceto os poços piezométricos, os resultados obtidos na análise de sólidos totais são elevados, certamente influenciados pela matéria orgânica dissolvida e alta concentração de material em suspensão. Esses resultados, juntamente com o pH e o OD, seguramente afetam de forma negativa o IQA das águas dentro dos limites da ARIE, e podem justificar a classificação “boa” dessas águas, onde se esperaria a classificação “ótima”.

A nascente N09, classificada pelo IQA como regular, se localiza no limite da reserva, o que explica a qualidade baixa de suas águas, pois não está protegida pela vegetação e pode estar sendo afetada por influências antrópicas. A continuação desse mesmo corpo hídrico (RQ10a) se mantém com qualidade regular até seu encontro com o Córrego da Lagoa, o qual atravessa área habitada e onde ocorre o lançamento de esgotos domésticos (RQ10b). No ponto RQ10b, classificado como péssimo, é possível observar a elevação dos valores de vários parâmetros, coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais, além do decréscimo da OD, todos associados a lançamento de efluentes domésticos. Esse rio segue (RQ11) mantendo a qualidade péssima, encontra-se (RQ08) com outro riacho vindo da ARIE que possui a nascente (N05) classificada como boa e a partir dos limites da reserva classificado como regular (RQ07). O segmento (RQ8) do rio com classificação “péssima” deságua no Ribeirão Quilombo.

O outro corpo hídrico, localizado a nordeste da reserva, segue em direção ao Ribeirão das Pedras. A sua nascente (N01) não tinha água suficiente para a determinação de todos os parâmetros, mas a água subterrânea (poços PP12 e PP14) próxima a essa nascente possui qualidade boa. No limite da reserva (RP02), a água se torna regular, provavelmente devido a um retorno do esgoto bruto lançado por um conjunto de moradias vizinhas. Depois de atravessar uma rodovia movimentada (Rod. Gen. Milton Tavares de Souza), a água passa a ser classificada como ruim (RP3), e volta à condição regular no ponto RP04, após a diluição da contaminação e autodepuração.

Valores de referência locais para estudos de qualidade de água

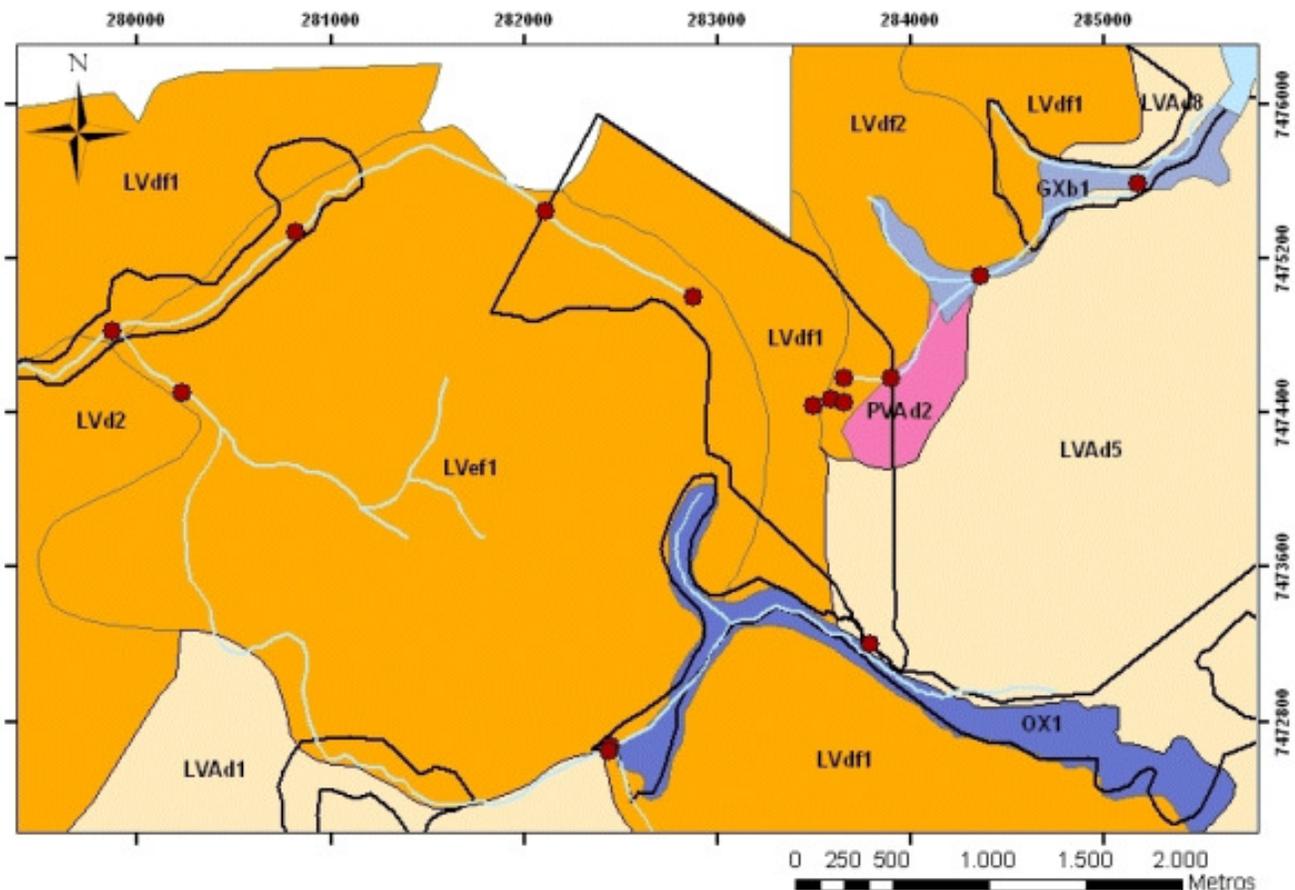
A partir da análise de dados hidrogeoquímicos e cálculo dos índices de qualidade de água na área de estudo, é possível observar que as águas de nascentes e poços do interior da área protegida apresentaram uma melhor qualidade, com destaque para as amostras de água dos poços PP13 e PP14, e da nascente N05 que apresentaram composições químicas similares e não apresentaram indícios claros de interferência antrópica em nenhum dos parâmetros estudados.

No intuito de conhecer a composição dos solos com os quais as águas da reserva interagem foram coletadas quatro amostras de solo, de profundidades 0-20 e 20-40 cm, nas proximidades dos pontos de coleta de água dentro da reserva, sendo as três nascentes (N01, N05 e N09) e um dos poços piezométrico (PP13).

A composição química dessas amostras de solo são mostradas na Tabela 7, onde constam também os valores de referência para solos não impactados pela CETESB (2005) e Fadigas *et al.* (2006).

As amostras de solo foram classificadas de acordo com o mapa pedológico semi-detalhado do município de Campinas (Coelho *et.al.* 2008), Figura 5, com exceção da amostra N01, situada em região alagada. As características do solo nesse ponto, e o local onde se encontra, não condizem aos solos indicados no mapa (latossolo e argissolo), sendo classificado como organossolo.

As concentrações de óxido de ferro nas amostras N01 e N09 (organossolo), são nitidamente inferiores às concentrações nas amostras N05 (latossolo) e PP13



- Pontos de Coleta
- Hidrografia
- Lagoas
- Limite da Mata SG
- LVA d1 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico húmico, textura argilosa
- LVA d5 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura argilosa
- LVA d8 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico, A moderado, textura argilosa e média/argilosa
- LV d2 - Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura argilosa
- LV df1 - Latossolo Vermelho Distroférrico e Distrófico típico, A proeminente e moderado, textura argilosa e muito argilosa
- LV df2 - Latossolo Vermelho Distroférrico típico, A moderado e proeminente, textura argilosa e muito argilosa
- LV ef1 - Latossolo Vermelho Eutroférrico e Distroférrico típico, A moderado, textura muito argilosa e argilosa
- OX1 - Complexo de: Organossolos e Gleissolos, ambos Háplicos
- PVA d2 - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura média/argilosa

Figura 5 – Mapa pedológico da Área de Estudo. Adaptado de Coelho *et.al.* (2008).

(latossolo + argissolo). É possível observar que as amostras que possuem maiores concentrações de ferro exibem menos sílica, em função da maior contribuição de rochas basálticas. Nessas amostras os teores médios de ferro, magnésio e fósforo são ligeiramente inferiores às médias dos teores encontrados em 8 amostras de solo originário de basalto do Paraná, analisadas por Plawiak & Figueiredo (2006), utilizando o mesmo método analítico (FRX). Os solos da ARIE também apresentam concentrações de Fe, Al e Ti superiores às médias obtidas por Pereira (2005) em amostras de solo coletadas na região.

Os valores de perda ao fogo das amostras superficiais são ligeiramente superiores aos das amostras em profundidade, refletindo possivelmente as concentrações mais altas de matéria orgânica e minerais de argila nas amostras mais superficiais.

Com respeito aos conteúdos de elementos-traço, os solos da mata diferem ligeiramente de outros solos basálticos por apresentarem concentrações mais altas em Ba em algumas amostras, teores ligeiramente mais elevados de Pb e Zr, e ligeiramente mais baixos de Ni e Zn. Embora em uma ou mais amostras, as concentrações de elementos-traço excedam os valores recomendados pela CETESB (2005) e Fadigas et al. (2006) para solos não contaminados, apenas as concentrações de cobre parecem excessivas mesmo considerando materiais derivados de alteração de diabásio.

Tabela 7 – Composição química de amostras de solo, fração granulométrica < 0,177 µm, a profundidades 0-20 cm (a) e 20-40 cm (b). Os valores de referência de qualidade para solos da CETESB 2005 e Fadigas et al. (2006) são apresentados para comparação (LD limite de detecção analítica).

	CETESB/ Fadigas	N01a	N01b	N05a	N05b	N09a	N09b	PP13a	PP13b	LD
%										
SiO ₂	-	61,0	48,2	35,4	42,5	45,6	43,9	32,6	32,5	-
TiO ₂	-	4,89	3,2	4,67	6,17	2,80	4,46	4,55	4,32	-
Al ₂ O ₃	-	14,8	26,5	25,5	24,4	23,6	27,4	29,4	31,5	-
Fe ₂ O ₃	-	3,2	3,5	18,9	14,7	3,1	6,5	15,0	16,2	-
MnO	-	0,04	0,02	0,08	0,08	0,03	0,04	0,09	0,06	-
MgO	-	0,21	0,23	0,16	0,15	0,13	0,15	0,23	0,15	-
CaO	-	0,27	0,25	0,13	0,08	0,22	0,11	0,56	0,07	-
Na ₂ O	-	0,08	0,12	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	-
K ₂ O	-	0,10	0,11	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,07	-
P ₂ O ₅	-	0,11	0,1	0,21	0,18	0,22	0,14	0,13	0,10	-
PF	-	11,9	13,3	12,1	9,4	19,0	13,0	14,4	12,7	-
µg/g										
As	3,5	<3	<3	7	6	<3	<3	7	7	3
Ba	75	114	269	57	57	266	228	37	21	12
Co	13/8	<8	7	17	17	10	14	9	<8	8
Cr	40/41	51	63	65	67	30	42	53	50	3
Cu	35/25	191	440	170	182	324	583	165	189	2
Ga	-	12	21	23	18	21	24	25	28	3
Mo	<4,0	3	<1	3	4	<1	<1	4	4	1
Nb	-	51	31	48	54	27	41	51	50	1
Ni	13/17	8	35	21	14	18	15	23	24	2
Pb	17/20	37	31	16	19	17	27	13	12	3
Rb	-	7	7	6	6	8	11	9	6	2
*S	-	<4	<4	231	84	<4	5	113	97	4
Sn	-	6	<4	<4	6	<4	<4	<4	5	4
Sr	-	20	26	11	8	28	23	21	8	1
Th	-	52	38	22	30	19	39	44	50	3
U	-	5	6	3	5	4	5	3	4	3
V	275	232	403	417	366	218	308	403	437	5
Y	-	23	52	14	12	22	47	12	16	1
Zn	60/30	48	49	62	62	64	59	55	49	2
Zr	-	1014	521	679	844	387	621	739	711	2

É provável que os solos superficiais da ARIE Santa Genebra tenham guardado registros de poluição promovida pelo lançamento de defensivos agrícolas à base de cobre no passado. Anomalias de cobre devidas ao uso de defensivos agrícolas têm sido encontradas em solo de outras regiões do país (Fianco *et al.* 2008). O cobre é comumente utilizado como fungicida e também acrescido aos solos como fertilizantes, pois é considerado um micronutriente essencial para as plantas. Segundo Cerri *et al.* (1988), resíduos agroindústria sucroalcooleira podem apresentar teores expressivos de cobre e manganês, e com a aplicação dos mesmos nos solos, elevadas quantidades destes elementos são adicionadas anualmente nos solos. No Brasil essa prática é bastante comum, tanto no caso dos efluentes líquidos, principalmente a vinhaça, como também dos sólidos, como a torta de filtro (Chaves & Farias 2009).

Não obstante, as únicas amostras de água superficial que apresentaram concentrações anormais de cobre foram as dos pontos N01, RQ06 e N09, não sendo notadas alterações significativas nas demais amostras de água de nascentes e de poços. Nota-se também que a elevada concentração de cobre revelou-se menos severa nos pontos N05 e PP13 (latossolos) do que nos demais pontos, onde encontram-se os organossolos.

Com base nessas observações é aqui sugerido que os parâmetros geoquímicos das amostras de água de nascente e poços, N05, PP13 e PP14, podem ser usados como valores de referência nos estudos de avaliação de qualidade de água superficial na região. Essas amostras refletem a interação com solos não contaminados e foram preservadas de efeitos de contaminação que predominaram em pontos de borda e no entorno da área protegida.

CONCLUSÕES

As águas de nascentes e de poços piezométricos mais profundos e mais protegidos da Mata Santa Genebra apresentam características geoquímicas semelhantes com respeito às concentrações de elementos maiores. As águas das nascentes localizadas mais próximas das bordas da reserva exibem alterações devidas à ação antrópica do entorno. Em geral, as águas próximas às nascentes são bicarbonatadas sódicas e alimentam as drenagens externas como águas bicarbonatadas mistas. Esse padrão de comportamento das águas superficiais resulta da interação de águas ácidas com solos relativamente preservados da reserva, que evoluem para formar corpos hídricos externos de maior vazão e mais vulneráveis à poluição. Não obstante, em sítios do interior da reserva foram observadas anormalidades com destaque para as elevadas concentrações de sódio e nitrato em água, que podem estar associadas à deficiência dos sistemas de saneamento do entorno residencial e do uso de fertilizantes na agricultura.

Como esperado, as características hidrogeoquímicas dos corpos hídricos externos, pertencentes às bacias do Ribeirão das Pedras e do Ribeirão Quilombo são muito contrastantes com as observadas nas águas do interior da reserva Santa Genebra. Os valores de concentração de íons mais elevados foram observados em sítios sob efeito de despejos de efluentes domésticos e industriais, resultando em aportes significativos de nitrogênio amoniacal, nitrito e sulfato. Nesses mesmos locais, foi possível observar o aumento da concentração de elementos como Al, Mn e Sr. É provável que o incremento nas concentrações de Mn e Ba, observado em período chuvoso em pontos do Rio Quilombo, seja devido

à agricultura atual na área.

A partir do cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), com base na determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de água, ficou evidente que existem diferenças significativas entre as águas da reserva e as do entorno, bem como diferenças entre as águas à montante e à jusante das descargas de efluentes sob ação antrópica. Os parâmetros que mais contribuíram com esses resultados foram concentração de coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio total e fósforo total. Os parâmetros OD, coliformes termotolerantes, sólidos totais e turbidez das águas internas da ARIE apresentaram valores em desacordo com o marco regulatório vigente (CONAMA 357/2005). Não obstante, esses parâmetros parecem refletir as características de água natural em uma região de mata e justificar a classificação “boa” dessas águas.

Os resultados obtidos com o cálculo do IQA e a análise da base de dados hidrogeoquímicos gerada neste estudo sugerem fortemente que os principais interferentes antrópicos na região são os despejos de efluentes domésticos. Para melhor entender esse efeito e melhor quantificar a interferência da agricultura na região, faz-se necessário o estudo dos parâmetros orgânicos que não foram determinados nesta pesquisa.

Foi possível verificar a partir das análises realizadas, que as águas da nascente N05 e dos poços PP13 e PP14 são similares entre si do ponto vista hidrogeoquímico, não apresentando evidências de interferência antrópica em nenhum dos parâmetros determinados. A interação fluido-rocha nesses locais foi estudada a partir da determinação da composição química do solo superficial resultante de alteração de rochas entre as quais predominam os diabásios. Foi

constatado que mesmo para solos resultantes de rochas básicas, as concentrações de cobre são excessivas e podem estar indicando contaminação devida a práticas agrícolas do passado. Não obstante, como os níveis de metal em água da nascente N05 e dos poços PP13 e PP14 são baixos, sugere-se considerar as composições químicas dessas amostras como indicativas do background geoquímico e como valores de referência natural para as águas da região da ARIE de Santa Genebra e para os estudos sobre qualidade das águas superficiais na região.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro; à Fundação José Pedro de Oliveira, por ter permitido e auxiliado esse trabalho nas dependências da ARIE de Santa Genebra; à Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pela utilização do laboratório.

REFERÊNCIAS

- Agritempo 2008. Dados Meteorológicos - São Paulo. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=SP>. Acessado em: 06 de março de 2008.
- Aguiar G. D. 1995. *Caracterização dos Solos da "Mata de Santa Genebra"*. Relatório de Estágio Supervisionado, Faculdade de Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 31 p.
- Alaburda J., Nishihara L. 1998. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Rev. Saúde Pública* **32(2)**: 160-165.
- Almeida M. A. B., Schwarzbald A. 2003. Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio do Cria Montenegro, RS, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* **8(1)**:81-97.
- Andriessse J. P. 1988. *Nature and management of tropical peat soils*. Food and Agriculture Org., Roma. 165 pp.
- APHA. 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition*. American Public Health Association, Washington. 1134 pp.
- Braga E. A. S. 2006. *Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude gavião, e sua contribuição para a eutrofização*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Eng. Civil, Universidade Universidade Federal do Ceara, 120 p.
- Branco S. M. 1986. *Hidrobiologia aplicada a Engenharia Sanitária*. São Paulo, CETESB. p. 152 - 156.
- Bovolato L. E. 2006. Caracterização geoquímica das águas subterrâneas de Araguaína/TO. *Caminhos de Geografia* **2(17)**: 8-19.
- CEPAGRI 2010. Clima de Campinas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>. Acessado em: 22 de março de 2010.
- CETESB 2003. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002. São Paulo: CETESB. 274 p.

- CETESB 2004. *Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2003*. São Paulo: CETESB. 273 p.
- CETESB 2005. *Valores orientadores para solos e águas subterrâneas*. São Paulo: CETESB. 4p.
- CETESB. 2009. IQA. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp. Acessado em: 16 de dezembro de 2009.
- Chaves L. H. G. & Farias C. H. A. 2009. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Rev. Ciência Agronômica*, **40(2)**: 211-218.
- Coelho R. M., Valladares G. S., Chiba M. K. 2008. Mapa Pedológico Semidetalhado do município de Campinas, SP.
- Coelho R. M. & Chiba M. K. 2006. Levantamento detalhado de solos da área de bens naturais, fragmentos "C" e "D", em Campinas, SP: relatório técnico. Centro de solos e recursos ambientais, Instituto Agronômico. Campinas. 41 p.
- Coelho R. M., Souza L. A. de, Torres R. B., Pereira S. Y., Guadalupe G. W. 2006. Nível freático influenciado pela vegetação nativa e solos em fragmentos de duas formações vegetais na bacia do ribeirão das Anhumas, Campinas, (SP). In: Recuperação ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas. 2o. Relatório da segunda fase, Projeto Anhumas. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas/relatorio.htm>>. Acessado em: 14 de março de 2009.
- CONAMA 2005. *Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 23 p.
- Dores E. F. G. C. & De-Lamonica-Freire E. M. 2001. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – análise preliminar. *Quim. Nova*, **24(1)**: 27-36.

- Ebeling A. G. 2006. *Caracterização analítica da acidez em organossolos*. Dissertação de mestrado, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 88 p.
- Espindola C. R., Miloni F. L., Javarez Junior A. 2001. Qualidades físicas de um latossolo sob mata natural, mata regenerada e cultura de soja, em Campinas (SP). *In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Londrina-PR. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, p. 256.
- Fadigas F. de S., Amaral Sobrinho N. M. B. do, Mazur N., Anjos L. H. C. dos, Freixo A. A. 2006. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, **10(3)**:699–705
- Fernandes M. R. 1993. *Alterações na estrutura de latossolos argilosos submetidos ao uso agrícola*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Eng Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 186 p.
- Fianco A. C. B., Roisenberg A., Chies J.O. 2008. Contaminação de solos e água subterrânea por fungicida à base de metais em vinícola na região de Santana do Livramento, RS. *In: Congr. Bras. Geol.*, 44, Curitiba, SBG, Anais, p. 896.
- Futada S. M. 2007. *Fragmentos remanescentes da bacia do ribeirão das Anhumas (Campinas-SP): evolução e contexto*. Dissertação de mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 220 p.
- Galvan G. L., Pereira R. H. G., Cappi N., Silva M. C. da. 2006. Estudo limnológico no córrego João Dias: uma abordagem longitudinal e sazonal. *In: Simp. de Geotecn. no Pantanal*. Campo Grande, Brasil, *Embrapa Informática Agropecuária/INPE*, p.77-86.
- Gandolfi S., Joly C. A., Valio I. F. M., Scarano F. R., Rodrigues R. R., Silva I. S. da. 2000. *História natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)*. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 551p.
- Instituto Geológico. 1993. Subsídios ao meio físico-geológico ao planejamento do município de Campinas, SP. Cartas Geológica e Geomorfológica. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo.

- Krauskopf, B. K. 1983. *Introduction to geochemistry*. New York: McGraw- Hill. 617 pp.
- Luchiari A. 2001. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. *Rev. do Depto. de Geografia*, **14**: 47-58.
- Morellato P. C. & Leitão-Filho H. F. 1995. *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. Campinas, Editora da Unicamp. p. 97- 136.
- Négrel P. 2006. Water granite interaction: clues from strontium, neodymium and rare earth elements in soil and waters. *Applied Geochemistry*, **21(8)**:1432-1454.
- Nordstrom D. K. & Wilde F. D. 1998. Reduction-Oxidation Potential (Eletrode Method). U.S. Geological Survey, TWRI, book 9, 20pp.
- Nuvolari A. 2003. O lançamento *in natura* e seus impactos. In: Nuvolari A. (coord.) Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo, Edgard Blücher, pp:171-207.
- Pereira J. C. 2005. *Geoquímica de solos e sedimentos e impacto antrópico por elementos-traço, na microbacia do Córrego da Fazenda Santa Cândida, área periurbana de Campinas (SP)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 86 p.
- Pesce, S. F., Wunderlin, D. A. 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Res.*, **34(11)**: 2915-2926.
- Pires A. C. D. 2004. *Interação de íons Zn²⁺ e Pb²⁺ com os constituintes orgânicos e minerais de solos de Curitiba, PR*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, 92 p.
- Plawiak R. A. B.; Figueiredo, B.R. 2006. Ocorrência de mercúrio em rochas, solo e sedimento fluvial na bacia do Rio Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. *Rev. Geociências*, **25(4)**: 437-447.
- Santin D. A. 1999. *A vegetação remanescente do município de Campinas, SP: mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando a conservação*.

- Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 467 p.
- SEMAD 2005. *Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA). Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA), Relatório 1*. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. 16 p.
- SEPLAMA 1996. *Plano local de gestão urbana de Barão Geraldo*. Prefeitura Municipal de Campinas. 117 p.
- Silva M. de A., Araújo F. G. 2003. Influência das variáveis ambientais na fauna acompanhante na pesca da manjuba Anchoa tricolor (Agassiz) (Actinopterygii, Engraulidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Rev. Bras. de Zoologia*, **20(3)**: 367–371.
- Simões F. S., Yabe M. J. S., Moreira A. B., Bisinoti M. C. 2007. Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em Assis e Cândido Mota, São Paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. *Quim. Nova*, **30(8)**: 1835-1841.
- Souza A. D. G. de, Tundisi J. G. 2000. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu River watersheds, São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, **60(4)**: 563-570.
- Tarvainen T., Lahermo P., Mannio J. 1997. Sources of trace metals in streams and headwater lakes in Finland. *Water, Air, Soil Pollut.*, **94**: 1-32.
- Toniato M. T. Z., Leitão H. F., Rodrigues R. R. 1998. Fitossociologia de um remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. *Rev. Bras. de Bot.*, **21(2)**: 197-210.
- Varnier C., Hirata R. 2002. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecologico do Tietê - São Paulo, Brasil. *Rev. Águas Subterrâneas*, **16**: 97-104.
- Zon C. 2008. *Influência de drenagem sobre solos orgânicos e parâmetros de qualidade de água. Estudo de caso: "Vale do Suruaca" Delta do Rio Doce*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, 153 p.

ANEXOS

Anexo A

Fotos do ponto de coleta 10b - Córrego da Lagoa (01 e 02).

Foto do ponto 8 - Encontro das águas vindas do Córrego da Lagoa com o corpo hídrico da nascente CS05 (03).

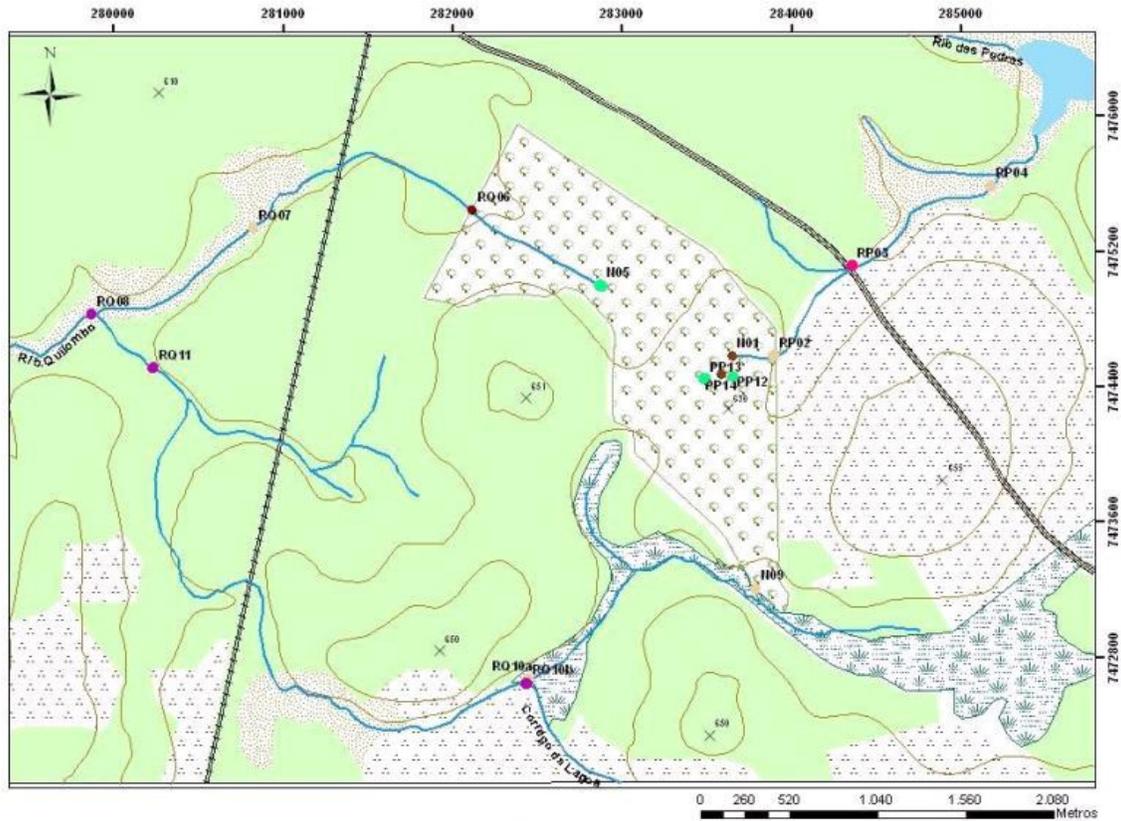
Foto do poço piezométrico - CS13 (04).





Anexo B

Mapa com os resultados obtidos com o cálculo do IQA.



Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$
Seco	Sem Resultados