

IX-062 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA PARA A ELABORAÇÃO DO MAPA DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ALTO AGUAPEÍ E ALTO PEIXE

Rafael Carrion Montero⁽¹⁾

Engenheiro do Departamento de Águas e Energia Elétrica, Marília, SP, Brasil. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/FEB-UNESP, Bauru, SP, Brazil.

Anna Silvia Palcheco Peixoto⁽²⁾

Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/FEB-UNESP, Bauru, SP, Brazil

Renato Macari⁽³⁾

Geólogo, Hydrolog Serviços de Perfuração Ltda, Bauru, SP, Brazil;

Emílio Carlos Prandi⁽⁴⁾

Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Marília, SP, Brazil.

Endereço⁽¹⁾: Rua Benedito Mendes Faria, 40-A – Vila Hípica - Marília - SP - CEP: 17520-520 - Brasil - Tel: +55 (14) 3417-1017 - e-mail: rafael.carrion@daee.sp.gov.br.

RESUMO

A crescente demanda pelos Recursos Hídricos Subterrâneos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, localizadas no oeste do Estado de São Paulo, as alterações nos padrões de uso e ocupação do solo com o crescente número de áreas contaminadas têm pressionado de forma negativa a disponibilidade hídrica nessas bacias, demandando o desenvolvimento de pesquisas técnico científicas para promover a proteção e gestão mais eficaz das unidades Aquíferas que ocorrem na área.

Esse trabalho tem como objetivo a definição das características geológicas e hidrogeológicas dos Aquíferos Adamantina e Marília, unidades do Sistema Aquífero Bauru, em duas Subunidades de Gestão das UGRHI 20 e 21, denominadas Alto Aguapeí e Alto Peixe, de forma a possibilitar a definição dos pesos a serem atribuídos as variáveis estabelecidas pelo Método GOD de determinação da vulnerabilidade natural dos aquíferos.

Os resultados alcançados a partir do levantamento de estudos pré-existentes e da análise de poços cadastrados junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) permitiram definir valores médios para as variáveis definidas pelo Método GOD, obtendo-se faixas de vulnerabilidade variando entre baixa e alta.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas, Vulnerabilidade, Contaminação, Aquífero Bauru, Rios Aguapeí e Peixe.

INTRODUÇÃO

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (2004), 72% dos municípios no Estado de São Paulo são total ou parcialmente abastecidos por águas subterrâneas, atendendo a uma população de cerca de 5.500.000 habitantes. Destes municípios, 48% são exclusivamente abastecidos por água subterrânea.

As Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe compõem, respectivamente, as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, UGRHI-20 e UGRHI-21. O fato das grandes disponibilidades hídricas superficiais estarem distantes dos núcleos urbanos, tornando a sua exploração mais cara, o número de poços perfurados para atendimento das demandas urbanas, industriais e rurais nessas unidades vem crescendo muito nos últimos anos.

Soma-se ao aumento das demandas pelas águas subterrâneas o crescente número de áreas declaradas como contaminadas pela CETESB, Figura 1, e de ocorrências de inconformidades nas análises de água captadas em poços profundos.

Dessa forma, a efetiva gestão das águas subterrâneas depende, entre outros fatores, do entendimento das potencialidades e vulnerabilidades de cada sistema aquífero. Para tanto, este trabalho tem como objetivo a caracterização geológica da porção aflorante das formações Marília e Adamantina, constituintes do Sistema Aquífero Bauru, a partir do levantamento de dados e informações de perfuração de poços profundos e de perfilações geofísicas de poços existentes na área.

Sendo assim, inicialmente é apresentada a caracterização da área de estudo, bem como sua hidrografia, geomorfologia, pedologia, geologia e hidrogeologia com o objetivo de estruturar o banco de dados, e assim, possibilitar a aplicação do Método GOD (Foster; Hirata, 1988) para o estudo da vulnerabilidade natural de contaminação dos aquíferos aflorantes na área.

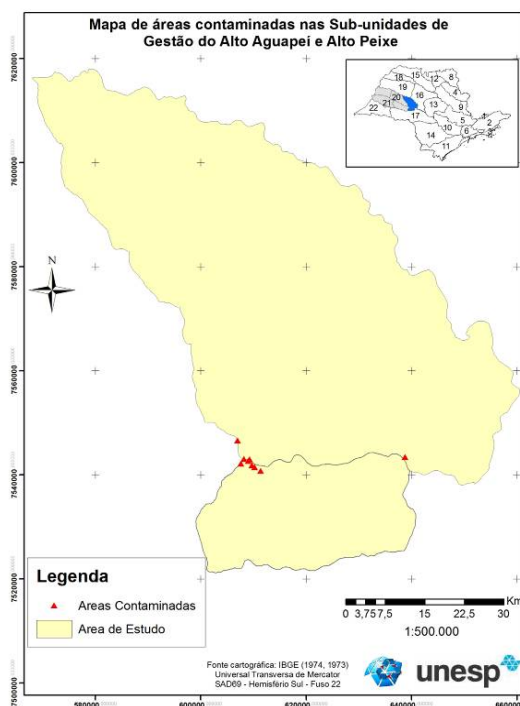


Figura1: Mapa das áreas contaminadas nas subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe (CETESB, 2010)

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho engloba as subunidades de gestão definidas como Alto Aguapeí e Alto Peixe pelo Plano de Bacias das UGRHI 20 e 21, que abrangem 3.212,90 km², onde estão inseridas as sedes dos municípios de Álvaro de Carvalho, Garça, Getulina, Guaimbê, Júlio Mesquita, Marília e Vera Cruz, além das áreas rurais de outros 18 municípios, conforme ilustra a Figura 2.

Esta região é habitada por 295.899 habitantes, o que representa 36,44% (IBGE, 2010) da população residente nas UGRHI 20 e 21, além de contar com a maior densidade industrial e pujança econômica, liderada pelo Município de Marília.

CLIMA

As Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe, estão submetidas ao clima tropical quente e úmido, sendo o verão, sob influência da massa Tropical Atlântica, caracterizado por ser quente e chuvoso entre outubro e abril, com temperaturas oscilando entre 24°C e 30°C. O inverno, por sua vez, ocorre entre os meses de maio e setembro, nos períodos em que a atuação da massa polar é mais intensa, os índices pluviométricos mais baixos e as temperaturas variando de 14°C a 22°C.

Na Figura 3 são apresentadas as distribuições pluviométricas mensais medidas pelas estações do DAEE nas subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe, que segundo Prandi (2010) ambas possuem média pluviométrica anual de 1.200 mm.

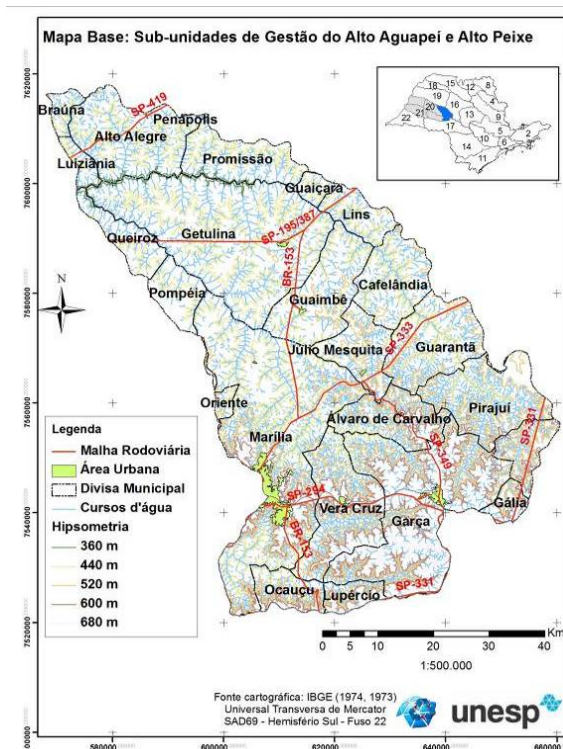


Figura 2: Mapa base das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe.

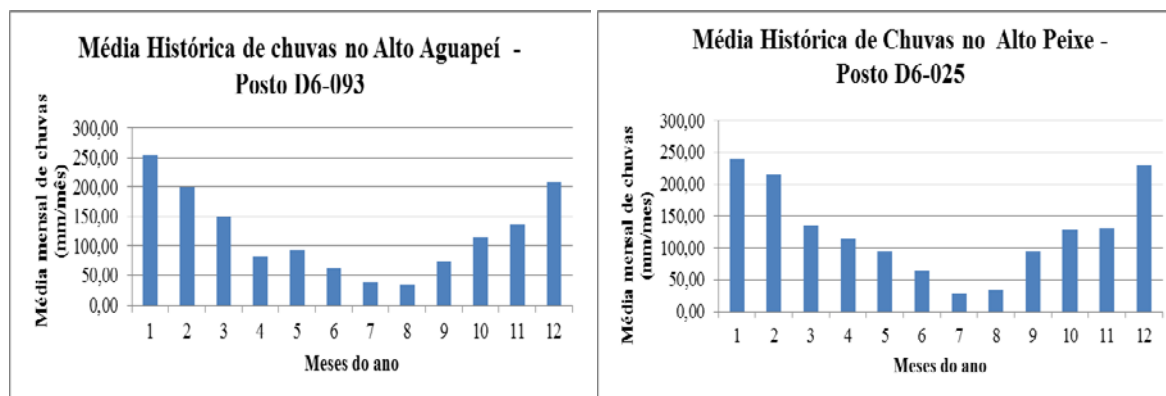


Figura 3: Médias pluviométricas anuais das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe (Prandi, 2010).

HIDROGRAFIA

A hidrografia da região de estudo é composta pelas bacias do Rio Feio e do Rio Tibiriça no Alto Aguapeí e as bacias do Ribeirão das Garças e Ribeirão do Alegre que formam o Rio do Peixe a partir de sua confluência no Alto Peixe, como ilustra a Figura 4.

A disponibilidade hídrica superficial no exultório da região do Alto Aguapeí é de 7,80 m³/s, enquanto no Alto Peixe a disponibilidade hídrica é de 2,67 m³/s (CETEC, 2008). Na Tabela 1 está apresentado o resumo das principais características quanto à hidrografia da área:

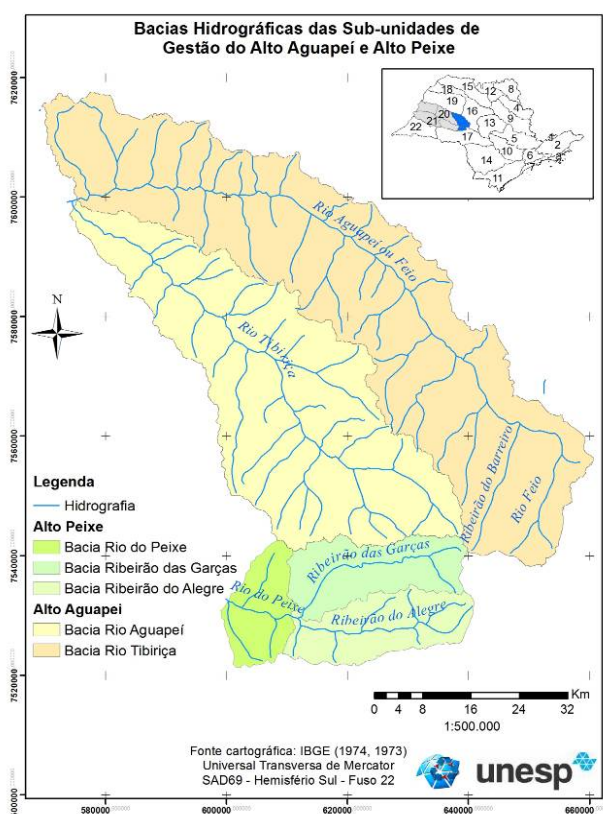


Figura 4: Bacias de drenagem das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe

Tabela 1: Características Hidrográficas da região de estudo. (Adaptado de CETEC, 2008)

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Disponibilidade Superficial (m ³ /s)
Alto Aguapeí		
Rio Tibiriça	1151,56	3,23
Rio Feio	1318,27	4,57
Alto Peixe		
Ribeirão do Alegre	137,47	0,49
Ribeirão das Garças	423,23	1,52
Rio do Peixe	182,37	0,66

GEOMORFOLOGIA

A área base localiza-se na porção oeste do Estado de São Paulo, na Província Geomorfológica denominada Planalto Ocidental, que constitui a continuidade física do reverso das Cuestas Basálticas, assentadas sobre os arenitos do Grupo Bauru, e guardam obediência ao caimento estrutural regional em direção a oeste, como ilustra a Figura 5.

A região sudoeste, onde se localizam os municípios de Garça, Vera Cruz e Marília apresenta as maiores altitudes e relevo mais acidentado, suportando as maiores declividades, como ilustrado a Figura 6, compondo o Planalto de Marília que se estende entre o divisor de águas das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe até sua porção meridional e possui como substrato litológico arenitos da Formação Marília.

Segundo IPT (1981b), os sistemas de relevo predominantes na área são de Colinas Amplas, principalmente sob o Planalto de Marília e de Colinas Médias, principalmente ao longo das calhas dos rios Aguapeí e Tibiriça.

O Planalto de Marília encerra-se em escarpas festonadas desfeitas em anfiteatros separados por espigões e restritas principalmente ao setor sudoeste, compondo as áreas de drenagem dos rios da Garça e Alegre (Bacia

do Peixe) (IPT, 1981b). Nos demais setores desta unidade geomorfológica, as escarpas passam a ocorrer com menor frequência, cedendo lugar a relevo de Morrotes Alongados de topos angulosos e vertentes ravinadas com perfis retilíneos, que compõem as cabeceiras do Rio Aguapeí (IPT, 1981b).

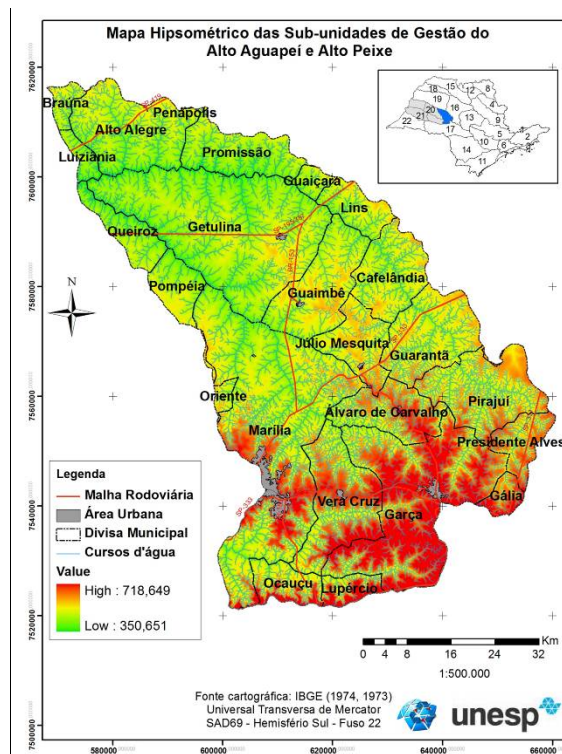


Figura 5: Mapa Hipsométrico das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe.

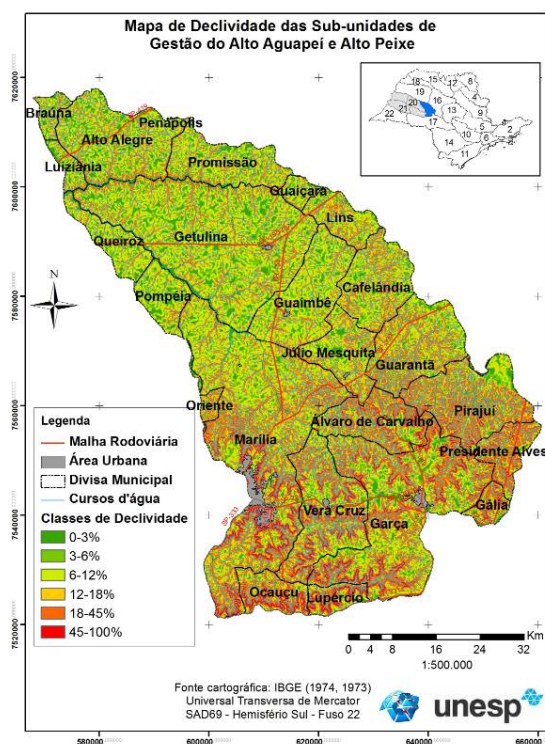


Figura 6: Mapa de declividade das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe.

PEDOLOGIA

Os levantamentos pedológicos realizados na área pelo Projeto Radam-Brasil Folha do Rio de Janeiro e compilados pelo IPT (1987), indicam a maior ocorrência das associações pedológicas expressas pelos solos Podzólico Vermelho Amarelo, caracterizados como solos moderadamente drenados, variando de rasos a profundos e textura variando de arenosa/média a argilosa/muito argilosa, com relação textural também muito variável, ocorrendo solos com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B, até solos com pequena variação de teor de argila ao longo do perfil (CETEC, 1996).

Quanto a sua associação com o relevo na área estudada, são encontrados em sistemas de encostas declivosas, predominando relevos de colinas médias e morrotes alongados, observando-se certa relação entre a profundidade dos perfis, textura e declividade de encostas, uma vez que os solos de textura arenosa são normalmente profundos e encontrados nas porções inferiores das encostas e de menores declividades, enquanto que os de textura argilosa apresentam profundidades relativamente menores (CETEC, 1996).

De maneira menos expressivo e subordinado a relevos menos sinuosos como os de colinas amplas, aparece o Latossolo Vermelho Escuro, que são solos minerais não hidromórficos com horizonte B latossólico e coloração vermelha escura. A textura desses solos varia de argilosa a média, sendo sempre acentuadamente drenados (CETEC, 1996).

Subordinados as planícies aluviais dos Rios Tibiriça e Feio ocorre solos do tipo Glei Pouco Húmico, caracterizados como hidromórficos, mal drenados, e pela intensa redução de ferro durante o seu desenvolvimento, evidenciado por cores naturais ou próximo de neutras na matriz do solo, isto é, pela presença de horizonte glei (CETEC, 1996).

Por fim, são encontradas associações pedológicas do tipo litólico, que são solos minerais pouco desenvolvidos, com aproximadamente 20 a 40 cm de profundidade, sobrepostos a rochas consolidadas, com pequena ou nenhuma alteração. A sua ocorrência na área de estudo esta associada às bordas do tabuleiro do Planalto Residual de Marília (CETEC, 1996).

GEOLOGIA

Inseridas na Bacia do Paraná, unidade geotectônica estabelecida sobre a plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior (IPT, 1981a), as subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe, possuem como estrutura geológica os arenitos do Grupo Bauru.

O Grupo Bauru é formado por rochas cretáceas suprabasálticas constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais, assentados principalmente sobre substrato basáltico da Formação Serra Geral e, localmente, sobre sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia (Paula e Silva, 2003).

Embora muitos autores classifiquem de diferentes formas a estrutura litoestratigráfica que compõem esta unidade geológica, será adotada neste trabalho a estratigrafia definida pelo trabalho de Paula e Silva (2003), a partir da interpretação de perfis geofísicos e em descrições de amostras de calha e de testemunhos de sondagem de poços profundos, extraídos de arquivos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e de pesquisas publicadas dividiu o Grupo Bauru em Formação Caiuá, Pirapozinho, Santo Anastácio, Birigui, Araçatuba, Adamantina e Marília.

Especificamente para o arcabouço geológico da área de interesse desse estudo, são aflorantes as unidades geológicas compostas pelas Formações Marília, Adamantina e Araçatuba.

Na área ocorrem ainda Depósitos Cenozóicos do Quaternário associados às calhas de drenagem atuais, como está ilustrado na Figura 7.

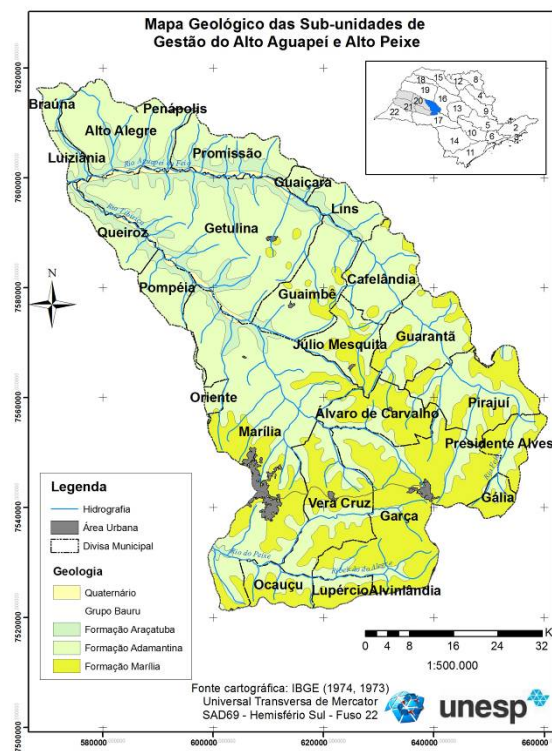


Figura 7: Mapa geológico das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe

HIDROGEOLOGIA

Os Aquíferos Marília e Adamantina e o Aquitardo Araçatuba foram caracterizados a partir da divisão das unidades hidroestratigráficas para o Sistema Aquífero Bauru proposta por Paula e Silva (2003) e dos mapeamentos geológicos pretéritos efetuados na área.

O aquitardo Araçatuba é composto por arenitos muito finos, siltosos e siltitos arenosos, de coloração cinza esverdeada, geralmente maciços, por vezes apresentando estratificações plano-paralelas e sutis estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte (até 40 cm de comprimento), características de ambiente lacustre (Batezelli, 2003).

Na área de estudo o seu afloramento foi mapeado nos vales dos rios Aguapeí por IPT (1980), DAEE (1982) e Perrota *et al* (2005) *apud* Prandi (2010) e do Peixe por Prandi (2010), como apresentado na Figura 7. Ainda, segundo Prandi (2010), as baixas permeabilidades dessa Formação, servem como base para o escoamento das águas das bacias dos rios Aguapeí e Peixe.

O aquífero Adamantina possui a maior ocorrência na área estudada, estando recoberto parcialmente pela Formação Marília. Em subsuperfície, caracteriza-se pela presença de arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, algo carbonáticos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito marrom a avermelhado, arenoso, carbonático (Paula e Silva *et al*, 1994).

O aquífero Marília, por sua vez, apesar de formado por arenitos de grossos a conglomeráticos, com grãos angulosos, possui características hidrodinâmicas bastante desfavoráveis se comparadas às unidades aquíferas subjacentes, devido à forte cimentação por carbonatos tipo caliche, que tornou seus sedimentos impermeáveis (Prandi, 2010). A abundância de cimento calcífero em suas litologias propiciou um arcabouço resistente à erosão, responsável pela sustentação das escarpas dos planaltos de Marília (Paula e Silva, 2003).

Segundo Prandi (2010), a presença de água no Aquífero Marília restringe-se às suas porções alteradas e a camadas isoladas de arenitos que se comportariam como aquíferos suspensos, com recargas muito lentas ou condicionadas à presença e interconexão de eventuais discontinuidades nessas rochas, estando a sua produção restrita aos solos de alteração, com no máximo 40 metros de espessura.

METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho consistiu no levantamento bibliográfico sobre as características do meio físico da área com o intuito de estruturar um banco de dados.

Para a elaboração do Mapa Hisométrico e de Declividade foram realizadas operações de análise espacial, através da ferramenta Spatial Analyst do ArcGis 9.3, utilizando 16 cartas topográficas do IBGE, referentes aos municípios contidos na área.

Ainda, com o intuito de enriquecer o entendimento das características geológicas e hidrogeológicas da área de estudo, foram levantados junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), os poços profundos registrados em seu Cadastro de Usuários a fim de se obter a informação do Nível Estático desses poços, bem como os níveis do lençol freático do Aquífero Marília monitorados em um poço localizado na sede do DAEE em Marília e de um poço de monitoramento do Aquífero Adamantina localizado na Bacia do Arrependido.

Dessa forma, mediante avaliação dos poços cadastrados junto ao DAEE, foram selecionados 211 para a composição das informações referentes à profundidade do nível d'água. Do universo de poços levantados, 156 exploram o Aquífero Adamantina e 55 o Aquífero Marília. A seleção dos poços levou em consideração a qualidade e confiabilidade dos dados apresentados para fins de outorga e cadastro junto ao DAEE, sendo considerados poços existentes em um raio de 50 km da área estudada.

Foram levantados também perfis geofísicos de poços perfurados na área de interesse para a obtenção de informações complementares que permitam uma melhor caracterização do estrato litológico da área.

As análises extraídas dos dados e informações levantadas foram estruturadas em um banco de dados e a partir de análises espaciais que serão executadas em ambiente SIG com o software ArcGis, será gerado o Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos.

A Vulnerabilidade dos Aquíferos das subunidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto peixe será estudada a partir da metodologia proposta por Foster (1987) e adaptado por Foster e Hirata (1988), chamada de método GOD. Este método consiste na análise dos parâmetros de **G**roundwater hydraulic confinement (grau de confinamento hidráulico); **O**verlying strata (estratos de cobertura) e; **D**epth to groundwater table: (profundidade até o lençol freático).

Para tanto, Foster e Hirata (1988) propõem em sua metodologia a utilização de pesos diferentes para cada variável Hidrogeológica dos parâmetros adotados, na Figura 8 está ilustrado um fluxograma que resume o método GOD mostrando as variáveis consideradas e seus respectivos pesos.

RESULTADOS E ANÁLISES

Os 211 poços selecionados junto ao Cadastro de Usuários do DAEE estão representados na Figura 9.

Para esses poços verifica-se que os maiores níveis estáticos ocorrem nos poços que exploram água da porção do Aquífero Adamantina que esta encoberto pelo Aquífero Marília, corroborando com a tese de Prandi (2010) de que a produção deste estaria restrita à faixa dos solos de alteração, não havendo interferências ou relação hídrica entre esses dois aquíferos.

Dessa forma, uma vez efetuada de maneira correta a perfuração de poços para exploração da porção do Aquífero Adamantina sob o Marília, e assegurado o isolamento superficial do poço, a partir de revestimento interno com tubos selantes até uma profundidade de 30 metros, o risco de contaminação desse aquífero é praticamente nulo, devendo este fator ser observado na definição dos perímetros de proteção dos poços.

Portanto, no momento das interpolações dos Níveis Estáticos para a geração da superfície piezométrica, esses poços deverão ser excluídos da base de dados.

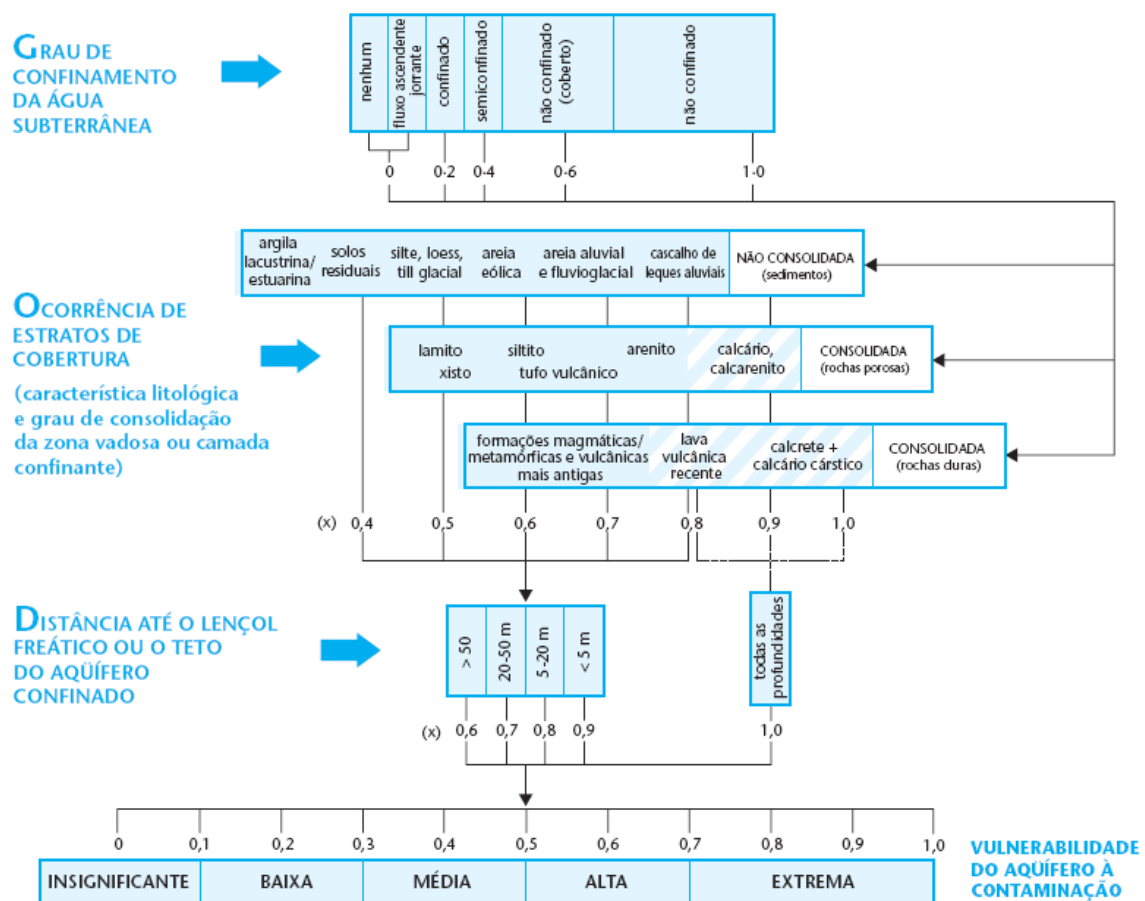


Figura 8: Metodologia GOD de determinação da vulnerabilidade das águas subterrâneas. Fonte: Foster *et al* (2006).

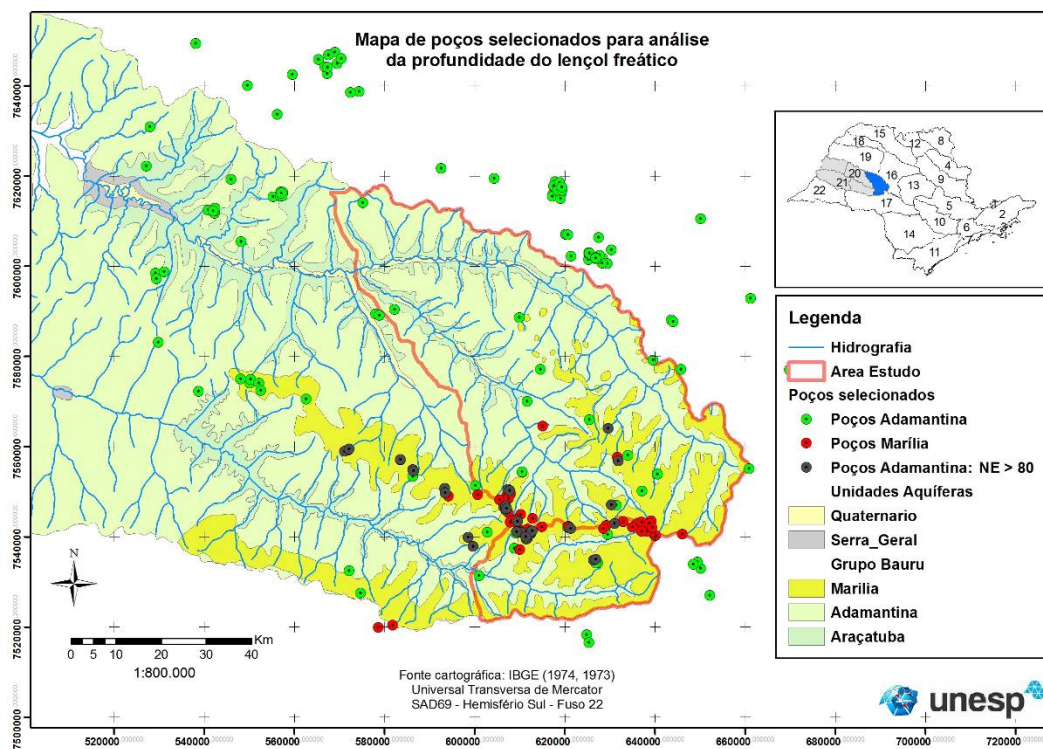


Figura 9: Distribuição dos poços levantados para avaliação da profundidade do lençol freático.

Na Figura 10 está demonstrada a distribuição dos níveis estáticos dos poços levantados, em que é possível observar que 70% dos poços que exploram o Aquífero Adamantina possuem nível estático de no máximo 64,57 metros, sendo que 50% desse universo possuem nível estático de até 33,23 metros. Com relação aos poços que exploram água do Marília, 81% possuem Nível Estático de até 42 metros.

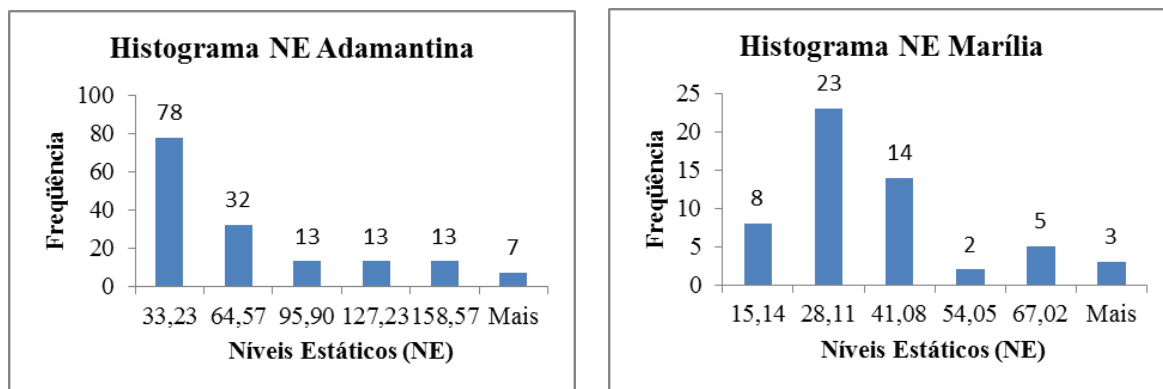


Figura 10: Histograma dos Níveis Estáticos dos poços selecionados.

Essa informação, juntamente com os níveis monitorados pelo DAEE nos dois poços selecionados, apresentados nas Figuras 11 e 12, permitem induzir que o nível do lençol freático do Aquífero Adamantina regionalmente localiza-se à uma profundidade de 26 a 35 metros dependendo da cota do terreno enquanto que no Aquífero Marília os valores são da ordem de 22 à 33 metros.

Interessante observar ainda que as variações de nível medidas nos poços de monitoramento ao longo do tempo indicam uma relação inversamente proporcional à grandeza pluviométrica da região, uma vez que observa-se nos meses mais chuvosos (novembro-março) níveis mais profundos e nos meses mais secos (abril-outubro) níveis menos profundos. Para o período compreendido entre 2009 e 2010 são observadas as maiores variações, com o nível estático subindo mais de um metro nos dois poços, sucedendo um ciclo de fortes chuvas na região. Essa relação indica o retardo existente entre as chuvas e a recarga desses aquíferos.

Essa característica pode ser avaliada como positiva quando se estuda os riscos de contaminação desses aquíferos, uma vez que esse tempo de infiltração pode proporcionar reações de atenuação do contaminante.

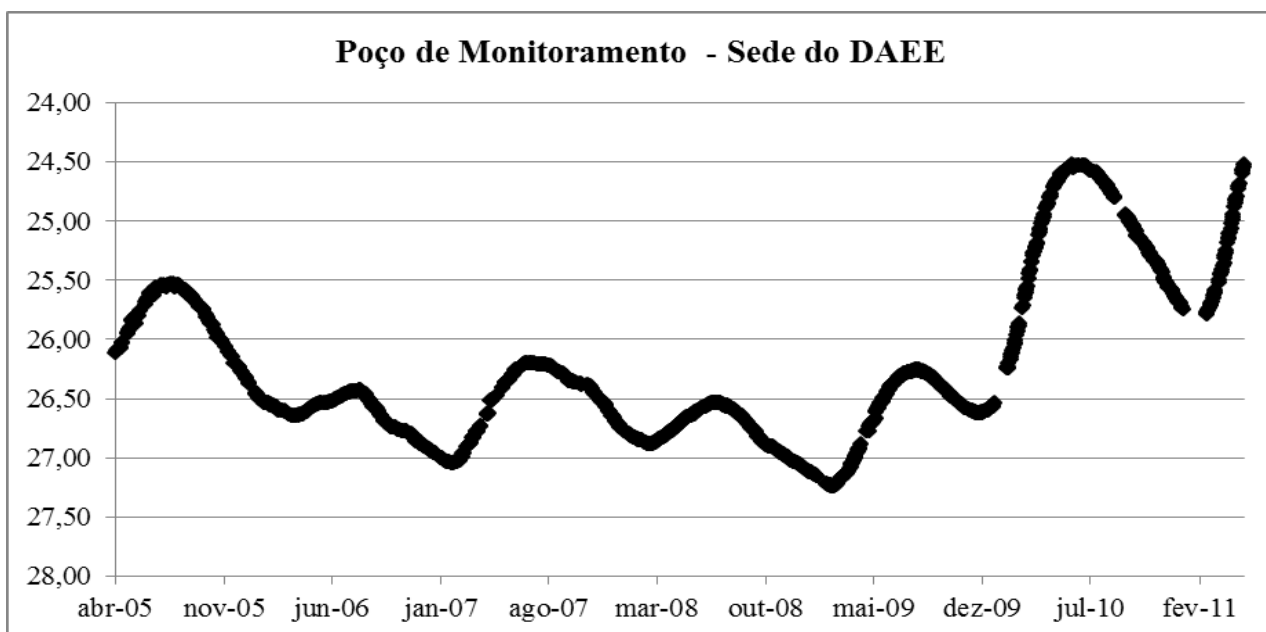


Figura 11: Poço de monitoramento do Aquífero Marília localizado na sede do DAEE no município de Marília/SP.

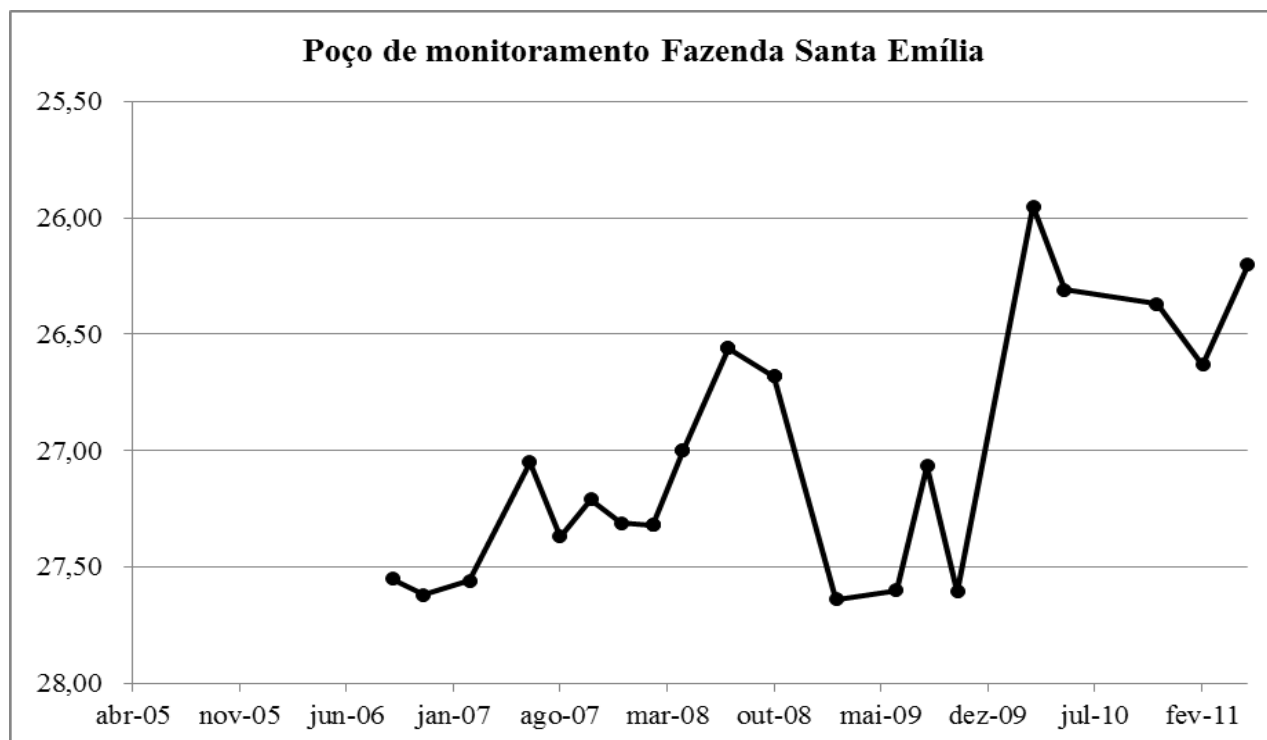


Figura 12: Poço de monitoramento do Aquífero Adamantina na Fazenda Santa Emília.

Uma vez estabelecidas as principais características geológicas e hidrogeológicas das unidades de gestão do Alto Aguapeí e Alto Peixe quanto os parâmetros adotados pelo método GOD, pode-se inferir, a partir da Figura 8, os valores da Tabela 2:

Tabela 2: Pesos adotados para as variáveis do método GOD.

Variáveis	Aquíferos	Caraterística	Peso
Grau de Confinamento	Marília	Não confinado	1
	Adamantina	Não confinado	1
Litologia	Marília	Solos residuais / arenito	0,4 - 0,8
	Adamantina	Solos residuais / arenito	0,4 - 0,8
Distância até o teto do aquífero	Marília	22 - 33 metros	0,7
	Adamantina	26 - 35 metros	0,7

Os pesos apresentados para as variáveis do método GOD na Tabela 2 foram obtidos a partir de valores médios para a área de estudo, devendo ser considerados valores pontuais no momento de confecção do Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos.

Definidos os pesos a serem atribuídos as variáveis estabelecidas pelo Método GOD, e a partir do cruzamento dos Mapas de Grau de Confinamento, Litologia e Profundidade do Lençol Freático, que serão gerados em ambiente SIG com base nas informações apresentadas por este trabalho, podem ser previstas faixas de vulnerabilidade para os Aquíferos Marília e Adamantina entre Baixa e Alta, o que irá depender basicamente da variação do lençol freático na área.

COMENTÁRIOS GERAIS

As análises obtidas, tanto pela organização e estruturação dos dados, como pelas informações levantadas, possibilitaram a avaliação preliminar das vulnerabilidades dos aquíferos aflorantes na área de estudo em função das alterações na qualidade das águas provocadas pela infiltração de contaminantes a partir das atividades humanas desenvolvidas em superfície.

A espacialização dessas informações utilizando o banco de dados estruturado neste trabalho e técnicas de interpolação de dados e álgebra de mapas em ambiente SIG constitui uma imprescindível etapa a ser

desenvolvida, e conduzirá ao mapeamento das fontes de poluição pontuais e difusas, estabelecer diferentes níveis de risco de contaminação das águas subterrâneas, podendo ser uma importante fonte de informação ao poder público no direcionamento de áreas em que devem ser concentradas as ações de monitoramento e proteção dos poços usados para o abastecimento humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATEZELLI A., SAAD A. R., ETCHEBEHERE M. L. de C., PERINOTTO J. A. de J., FULFARO V. J. Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru – Ks) no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo. Revista Geociências, V. 22, N. Especial, p. 5-19, 2003;
2. CETEC – CENTRO DE TECNOLOGIA DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. Relatório de situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. Marília, SP. 204p, 1997;
3. CETEC – CENTRO DE TECNOLOGIA DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. Marília, SP. 314p, 2008;
4. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Mapa geológico do Estado de São Paulo – Folha de Marília, escala 1:250.000, Estado de São Paulo, 1982;
5. FOSTER, S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Noordwijk, Países Baixos, 1987;
6. FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81p, 1988;
7. FOSTER, S. S. D., HIRATA, R. GOMES, D. D'ELIA, M, PARIS, M. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial, 2006;
8. IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/>>;
9. IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cartas Planialtimétricas, 1:50.000. Folhas SF-22-X-C-V-1 (Clementina), 1974; SF-22-X-C-V-2 (Alto Alegre), 1974; SF-22-X-C-V-3 (Parnaso), 1974; SF-22-X-C-V-3 (Queiroz), 1974; SF-22-X-C-VI-1 (Promissão), 1973; SF-22-X-C-VI-2 (Lins), 1973; SF-22-X-C-VI-3 (Getulina), 1973; SF-22-X-C-VI-4 (Cafelândia), 1973; SF-22-X-D-IV-3 (Pirajuí), 1973; SF-22-Z-A-II-2 (Pompéia), 1974; SF-22-Z-A-II-4 (Echaporã), 1974; SF-22-Z-A-III-1 (Marília), 1973; SF-22-Z-A-III-2 (Garça), 1973; SF-22-Z-A-III-3 (Alvinlândia), 1973; SF-22-Z-A-III-4 (Gália), 1973; SF-22-Z-B-I-1 (Presidente Alves), 1973;
10. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo. (Relatório IPT; 14.091, 1980;
11. I IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000. Nota explicativa. São Paulo, IPT. v.1. (IPT, Monografia 6, Publicação 1184), 1981a;
12. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:1.000.000. São Paulo, IPT. v.2. (IPT, Monografia 5), 1981b;
13. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo (Bacia do Peixe - Paranapanema). São Paulo, IPT / DAEE. (5v. Relatório 24.739), 1987;
14. PAULA E SILVA F., BIANCHI NETO, C., RICARDI, A. E. M., SAPIO A. J. Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na região de Presidente Prudente com base em perfis geofísicos de poços para água. Revista Geociências, 13 (1): 63-82, 1994;
15. PAULA E SILVA, F. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro. 166 p, 2003;
16. PRANDI, E. C. Gestão integrada das águas do Sistema Aquífero Bauru nas Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe / SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro. 140 p, 2010;
17. PERROTA *et al* – Mapa geológico do Estado de São Paulo – Programa de levantamentos geológicos básicos, CPRM, São Paulo, 2005;
18. SÃO PAULO (2006) Plano Estadual de Recursos Hídricos – 2004-2007. Consórcio JMR-Engecorpos. Disponível em:< <http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh20042007.htm>>.