

Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Síntese (RS).

CONTRATANTE

Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT

FINANCIAMENTO

Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO

UNIDADE RESPONSÁVEL

Centro de Tecnologias Geoambientais - CTGeo
Laboratório de Recursos Hídricos e Avaliação Geoambiental - Labgeo



Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MÉTODO DE TRABALHO.....	4
3. SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	7
4. SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO DA QUALIDADE E DA QUANTIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO E DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS.....	21
BIBLIOGRAFIA.....	24

RELATÓRIO TÉCNICO Nº Minuta-205

Natureza do Trabalho:

Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Síntese.

Contratante: Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT

Interessado: Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – CBH – AT

1. INTRODUÇÃO

Este documento técnico foi elaborado pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Avaliação Geoambiental – Labgeo do Centro de Tecnologias Geoambientais – CTGeo, pertencente ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. – IPT e compreende o Relatório Síntese (RS), em atendimento aos termos do Contrato no S-002/2016, firmado entre o IPT e a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT, com recursos financeiros do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, liberados por meio de empreendimento priorizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – CBH-AT, o qual foi enumerado como nº 2015-AT-672.

O empreendimento intitula-se “*Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP*” e foi desenvolvido com a preocupação preponderante de se propor a conjugação da proteção ao uso sustentável dos recursos hídricos, notadamente para estabelecer subsídios para o aprimoramento da gestão da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu, que inclui partes dos municípios de Guarulhos e de Arujá.

O projeto foi motivado pelas indicações de situações na região, nas quais existiam suspeitas de extração de águas subterrâneas muito acima da capacidade dos aquíferos e, também, estavam associadas a crescentes preocupações com a poluição das águas subterrâneas no município de Guarulhos, tal como foi registrado na oportunidade que a Prefeitura Municipal elaborou o *Plano Diretor de Drenagem – Diretrizes, Orientações e Propostas*

(PMG, 2008). A **Figura 01** mostra a área de estudo a região na qual a mesma se insere, e os aquíferos estudados.

Assim sendo, os trabalhos foram idealizados buscando-se atender a Deliberação nº 52 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH, 2005), que *“Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas”*.

Entretanto, a evolução do projeto possibilitou constatar que o cenário geral da situação da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas na Bacia do Baquirivu-Guaçu não representa objeto de preocupação generalizada, mas requer apenas aprimoramento na gestão dos recursos hídricos. Para tal, são apresentados mapas e recomendações a serem adotadas pelas instâncias competentes, sejam colegiados gestores de recursos hídricos, sejam os órgãos públicos por ela responsáveis.

Este Relatório compreende um documento resumo dos resultados do trabalho desenvolvido, os quais foram detalhadamente descritos no Relatório Técnico N° 151.233-205 intitulado *“Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Final”* (IPT, 2017) e ora estão apresentados em modelo sintético, com texto em linguagem mais simplificada e demonstrando mapas, quadros e tabelas representativos das ilustrações elaboradas durante o desenvolvimento do projeto.

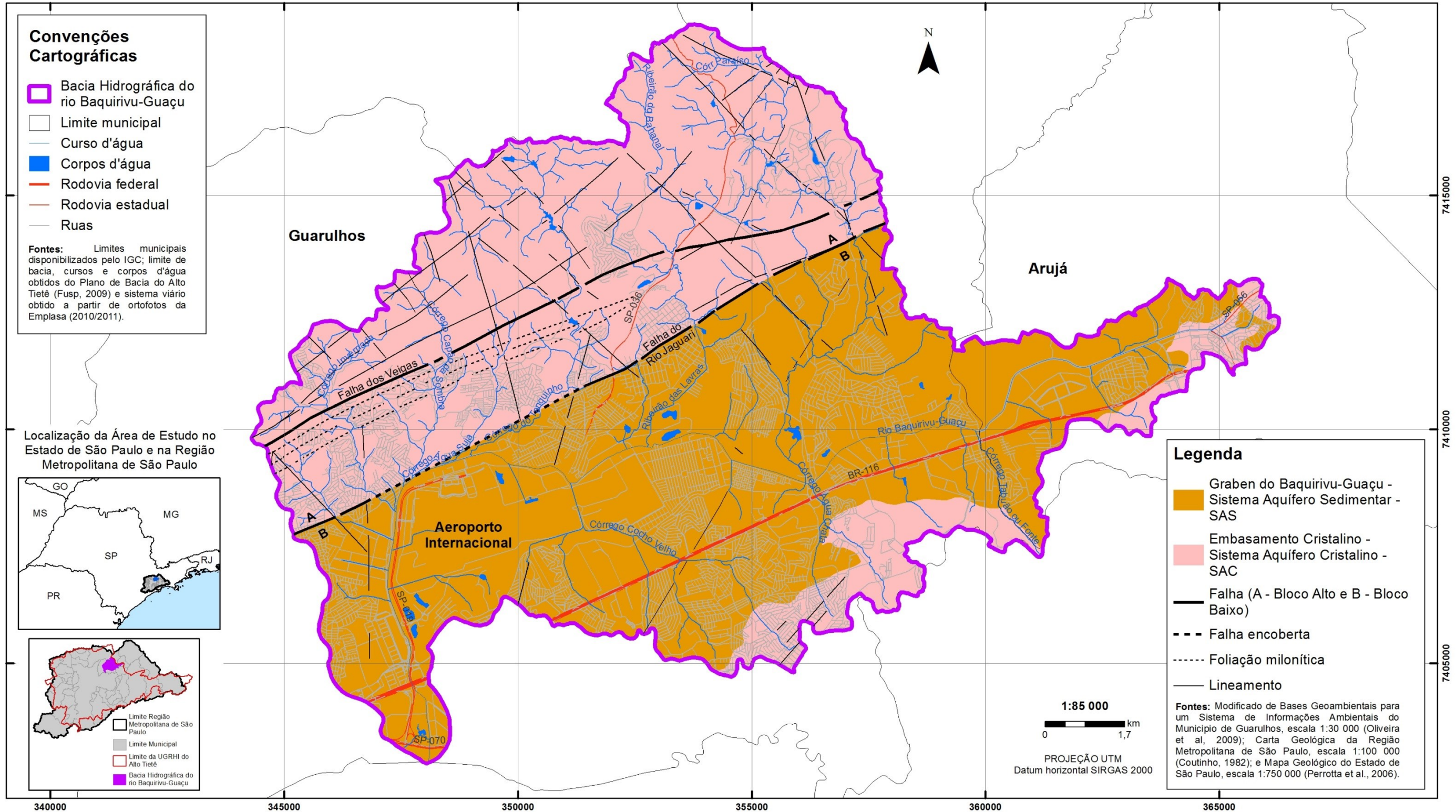


Figura 01 – Localização da área de estudo e aquíferos estudados.

2. MÉTODO DE TRABALHO

O método utilizado para a realização do trabalho pode ser dividido em três etapas.

A primeira etapa consistiu no levantamento, análise e avaliação de dados bibliográficos e cartográficos necessários para caracterização dos aspectos ambientais (hidrogeológicos, hidroquímico, relevo, solo, recursos hídricos, hidrografia, dentre outros) da região, com vistas ao conhecimento do meio ambiente necessário à verificação de situações eventualmente de extração de água acima das quantidades disponíveis (superexploração) ou de alteração da qualidade natural das águas subterrâneas e, a partir daí, estabelecer orientações e recomendações para subsidiar a gestão dos recursos hídricos na área estudada.

Na segunda etapa foram realizadas atividades de campo intercaladas com trabalhos de escritório, as quais tiveram finalidade de atualizar dados, coletar amostras de água e executar ensaios de bombeamento em poços.

Por último, na terceira etapa foram analisados os dados obtidos anteriormente e efetuadas as diversas interpretações de interesse, foram elaborados textos de análise das informações e elaboradas as ilustrações na forma de tabelas, quadros e destacadamente, os mapas que se constituem nos instrumentos que ilustram os resultados temáticos do trabalho.

A **Figura 02** mostra o fluxograma do desenvolvimento dos trabalhos, enquanto que o **Quadro 01** mostra detalhadamente todas as etapas envolvidas, atividades desenvolvidas, descrição dos resultados alcançados e caracterização dos produtos resultantes.

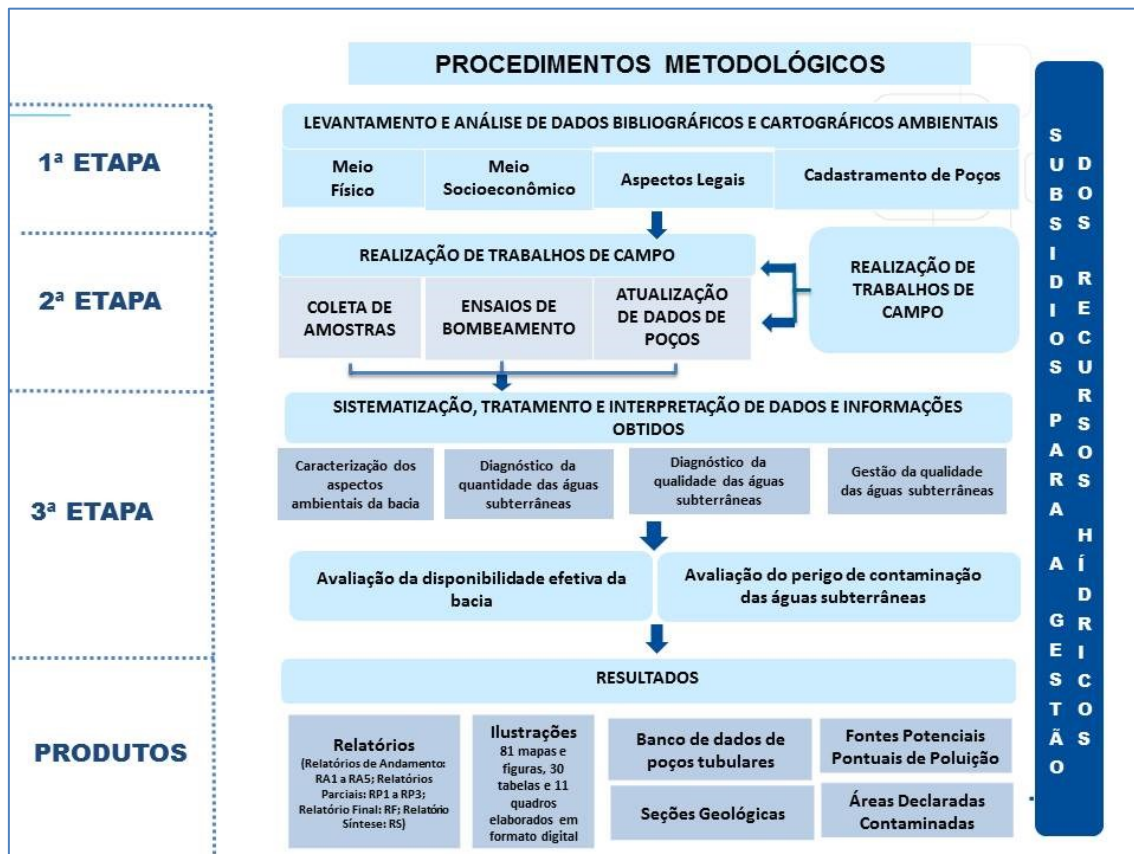


Figura 02 – Fluxograma do desenvolvimento do trabalho.

ETAPA	ATIVIDADE	TEMA	ITENS ENVOLVIDOS
Etapa 1	Levantamento e Análise de Dados Bibliográficos e Cartográficos Ambientais	Aspectos do Meio Físico	Geologia, relevo, solos, hidrografia, hidrogeologia, hidroquímica (águas subterrâneas e recursos hídricos superficiais).
		Aspectos Socioeconômicos	Demografia, infraestrutura sanitária (água, esgoto e resíduo sólidos), uso e ocupação do solo.
		Aspectos Legais	Proteção das águas subterrâneas e legislação específica das Áreas de Restrição e Controle de uso de águas subterrâneas no Estado de São Paulo.
		Cadastramento de Poços	Levantamento, compilação e consistência de dados hidráulicos e hidroquímico de poços já cadastrados em diversos órgãos.
Etapa 2	Realização de Trabalho de Campo	Atividades de campo com intervalos de interpretações em escritório.	Validação de dados teóricos, coleta de amostras, atualização de dados de poços, ensaios de bombeamento, consolidação do banco de dados de poços tubulares.
Etapa 3	Sistematização, Tratamento e Interpretação de Dados e Informações Obtidas	Caracterização dos aspectos ambientais da Bacia Baquirivu-Guaçu	Descrição dos aspectos do meio físico, biótico e sócio econômico de interesse. Incluem-se neles aspecto dos recursos hídricos, hidrografia, hidrogeologia e hidroquímica, além de outras.
		Diagnóstico da quantidade das águas subterrâneas	Sistema aquífero Cristalino, Sistema Aquífero Sedimentar, recarga dos aquíferos e disponibilidade hídrica, demanda das águas subterrâneas, situação da disponibilidade subterrânea efetiva na bacia, modelo numérico das águas subterrâneas, análise de sensibilidade do modelo matemático, simulação de cenários.
		Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas	Hidroquímica, vulnerabilidade dos aquíferos, áreas declaradas contaminadas, fontes potenciais pontuais de poluição, fontes potenciais difusas de poluição, avaliação do perigo de contaminação das águas subterrâneas.
		Gestão da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu	Indicação de recomendações e aplicação de diretrizes voltadas para a conservação do recurso hídrico e que possibilite o manejo do uso das águas subterrâneas.
PRODUTOS	DESCRIÇÃO		
Relatórios	Relatórios de Andamento (RA1 a RA5): informativos do andamento das atividades. Relatórios Parciais (RP1 a RP3): descritivos dos resultados parciais. Relatório Final (RF): detalha os trabalhos realizados, integra informações e apresenta todos os resultados obtidos. Relatório Síntese (RS): sumário dos resultados obtidos.		
Ilustrações de apoio e temáticas	Mapas: 81 ilustrações elaboradas em formatos digitais e organizadas em ambiente SIG (entidades espaciais e atributos associados), em sistemas de coordenadas UTM, Fuso 23 Sul e apresentado em formato vetorial. Compreendem mapas digitais adquiridos, imagens de satélites ou fotos aéreas. Quadros e Tabelas: 11 quadros e 30 tabelas com dados inventariados no campo, tais com fichas de cadastro de poços e de fontes de contaminação, análises físico-químicas.		
Banco de dados de poços tubulares	O banco de dados foi estruturado a partir de uma organização sistemática que permite manejá-lo de forma otimizada, com rapidez e ainda, integrá-lo a outros instrumentos. Ele foi estruturado compondo-se de dados alfanuméricos, elaborado em Excel, integrado a Sistema de Informações Geográficas (SIG).		
Seções geológicas	10 seções (A-A' a J-J') foram confeccionadas. A representação gráfica da geologia da área de estudo permite visualizar a geometria e espessura dos sedimentos e rochas cristalinas presentes na Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu.		
Fontes Potenciais Pontuais de Poluição	Compilação das Fontes Potenciais de Poluição dos municípios selecionados foi feita com base no banco de dados do Sistema de Fontes de Poluição (SIPOL) fornecido pela CETESB, com dados atualizados em 2015.		
Áreas Declaradas Contaminadas	São áreas que apresentam alteração da qualidade da água em poços localizados dentro de um raio de 100 m, ou mais.		

Quadro 01 – Etapas desenvolvidas durante o trabalho.

3. SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A estratégia de elaboração considerou o artifício técnico de adotar quadriculas, que são pequenos recortes da área, para as quais se buscou estabelecer dimensões representativas do padrão comumente utilizado em áreas urbanas, uma vez que esse tipo de ocupação constituiu o principal foco de interesse do projeto. Cada uma dessas células possui as dimensões de 100 m x 100 m, o que equivale a um hectare que, por sua vez, se refere à área base de uma quadra urbana.

Para a avaliação e a classificação das principais atividades pontuais com potencial de contaminação das águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu, utilizou-se como base o método POSH, acrônimo em inglês de *pollutant origin, surcharge hydraulically* (FOSTER et al., 2006), que classifica em três níveis qualitativos de potencial para gerar uma carga contaminante no subsolo, sendo esses: reduzido, moderado e elevado (**Quadro 02**). O método baseia-se em estimar a provável sobrecarga hidráulica, e cada atividade é associada a tipos específicos de contaminantes, representando, portanto, uma maior ou menor ameaça às águas subterrâneas.

POTENCIAL DE GERAR CARGA CONTAMINANTE NO SUBSOLO	FONTES DE CONTAMINAÇÃO				
	deposição de resíduos sólidos	áreas industriais*	lagos de águas residuais	outras (urbanas)	mineração e exploração de petróleo
Elevado	resíduo industrial tipo 3, resíduo de origem desconhecida	indústria tipo 3 ou qualquer atividade que manuseie >100 kg/d de produtos químicos perigosos	todos os resíduos industriais tipo 3, qualquer efluente (exceto esgoto residencial) se a área >5 ha		operações em campos de petróleo, mineração de metais
Moderado	chuva >500 mm/a com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1, ou todos os demais casos	indústria tipo 2	esgoto residencial se a área >5 ha, demais casos não relacionados acima ou abaixo	postos de gasolina, vias de transporte com tráfego regular de produtos químicos perigosos	algumas atividades de mineração/ extração de materiais inertes
Reduzido	chuva <500 mm/a com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1	indústria tipo 1	águas residuais residenciais, mistas, urbanas, agroindustriais e de mineração de não metálicos	cemitérios	
<p>* solos contaminados de indústrias abandonadas devem ter a mesma classificação que a da própria indústria</p> <p>Indústrias Tipo 1: madeireiras, manufaturas de alimentos e bebidas, destilarias de álcool e açúcar, processamento de materiais não metálicos</p> <p>Indústrias Tipo 2: fábricas de borracha, fábricas de papel e celulose, indústrias têxteis, fábricas de fertilizantes, usinas elétricas, fábricas de detergente e sabão</p> <p>Indústrias Tipo 3: oficinas de engenharia, refinarias de gás/petróleo, fábricas de produtos químicos/farmacêuticos/plásticos/pesticidas, curtumes, indústrias eletrônicas, processamento de metal</p>					

Fonte: Foster et al (2006).

Quadro 02 – Classificação das fontes de contaminação pontuais segundo o sistema POSH.

As atividades, então, foram classificadas como de elevada, moderada e reduzida carga potencial de gerar uma possível contaminação ao aquífero, as quais foram confrontadas com o mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas permitiram elaborar o mapa de perigo de contaminação das águas subterrâneas por fontes pontuais (**Figura 03**).

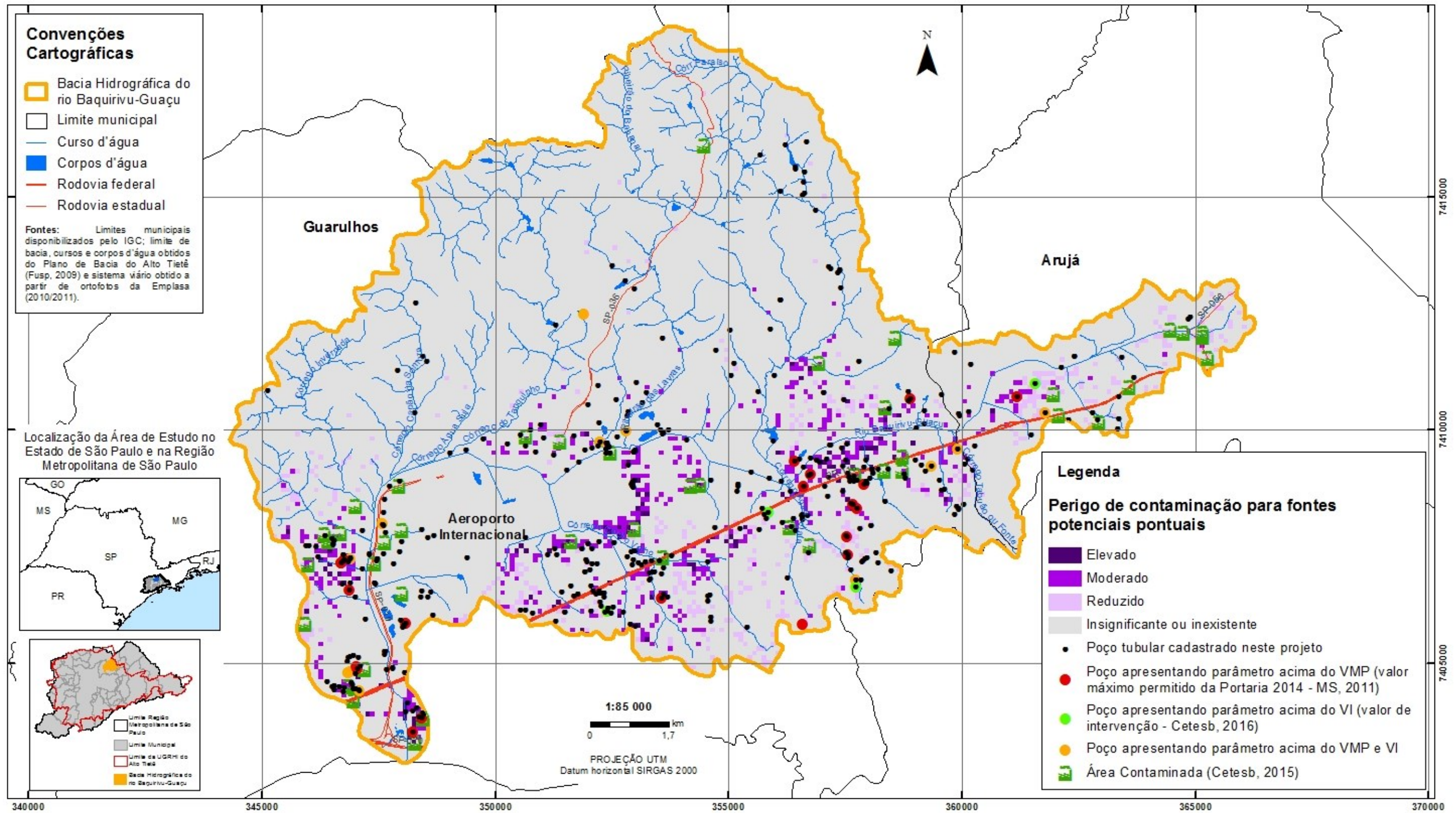


Figura 03 – Mapa de perigo de contaminação das águas subterrâneas por fontes pontuais.

Da mesma forma, para as fontes difusas foi aplicado o método POSH (**Quadro 03**), o qual após comparação com o mapeamento de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas permitiu elaborar o mapa de perigo de contaminação das águas subterrâneas a partir de fontes difusas de contaminação (**Figura 04**).

POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DE SUBSOLO	FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
	saneamento <i>in situ</i>	práticas agrícolas
Elevado	cobertura da rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 pessoas/ha	culturas comerciais intensivas, geralmente monoculturas em solos bem drenados, em climas úmidos ou com baixa eficiência de irrigação, pasto intensivo em campos intensamente fertilizados
Moderado	intermediário entre elevado e reduzido	
Reduzido	cobertura da rede de esgoto superior a 75% e densidade populacional inferior a 550 pessoas/ha	rotação das culturas, terra para pasto extensivo, sistemas de cultivo ecológico, plantações com alta eficiência de irrigação em regiões áridas e semi-áridas

Quadro 03 – Classificação e mapeamento das fontes de contaminação difusas segundo o sistema POSH.

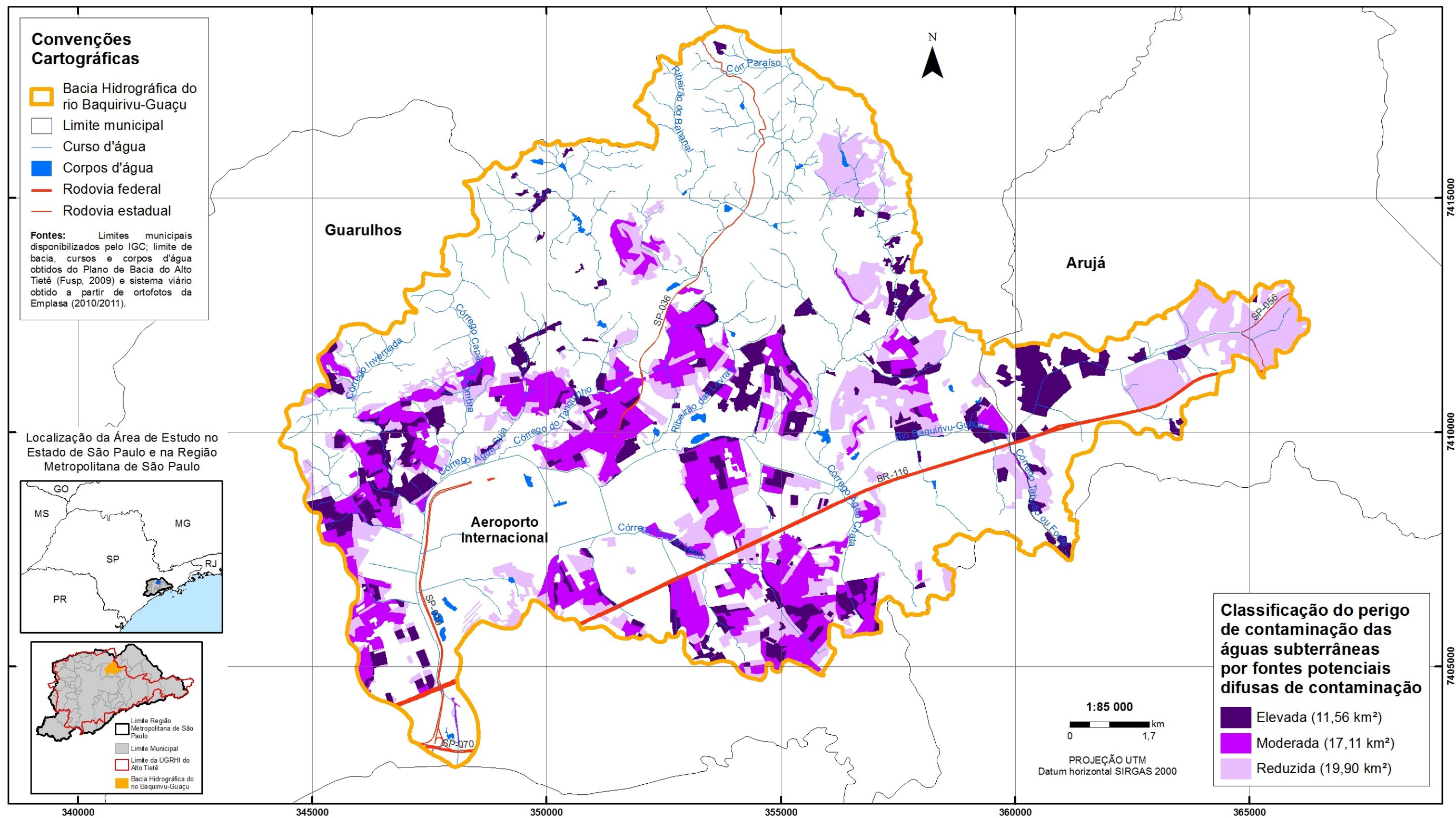


Figura 04 – Mapa do perigo de contaminação das águas subterrâneas por fontes difusas.

Para a caracterização dos aspectos relativos à disponibilidade das águas subterrâneas da área de estudo foi necessário desenvolver o balanço hídrico natural da área de estudo, o qual comparado com as vazões mínimas escoadas nos cursos d'água ($Q_{7,10}$), permitiu estabelecer a disponibilidade hídrica da área (**Figura 05**). A comparação da disponibilidade hídrica com a demanda atual por águas subterrâneas, conforme o banco de dados de poços elaborado para a área possibilitou mapear a disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}) (**Figura 06**).

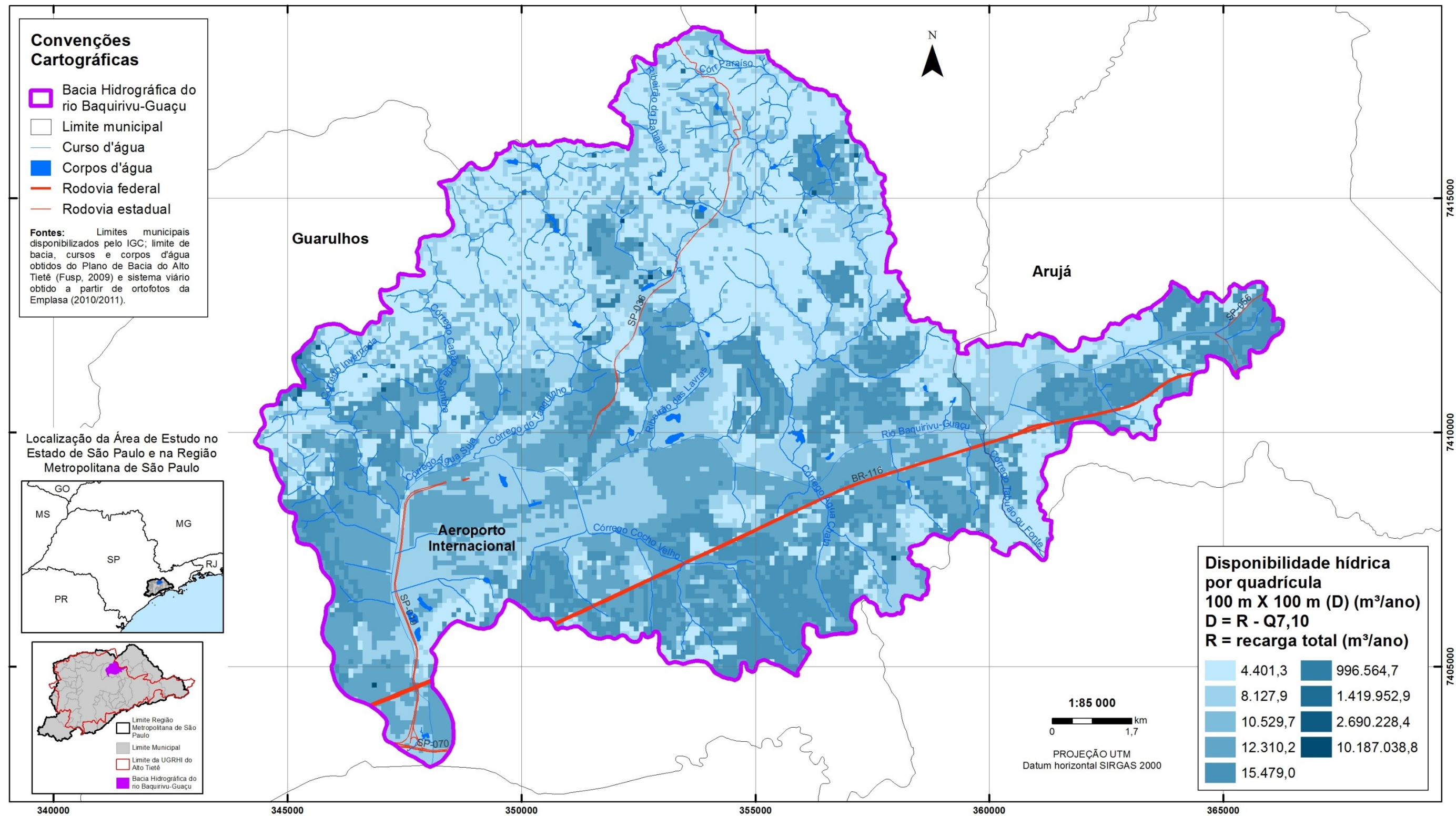


Figura 05 – Disponibilidade hídrica subterrânea natural da área.

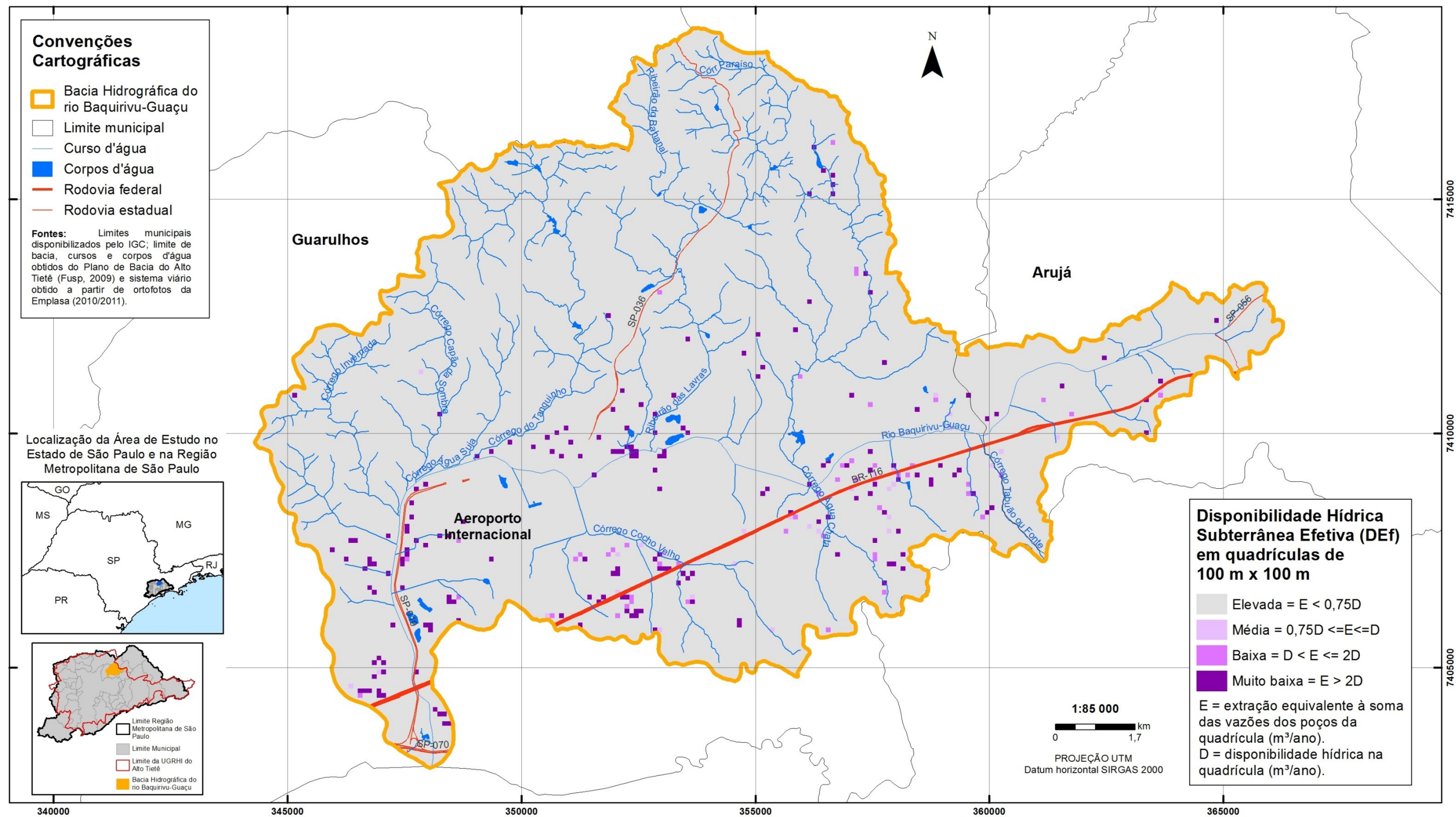


Figura 06 – Mapa de disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}).

Os resultados obtidos com a caracterização hidrogeológica geral da área estudada, aliados com os dados de demanda atual por água subterrânea e parâmetros hidrodinâmicos subterrâneos, possibilitaram desenvolver modelagem matemática de simulação dos aquíferos que se constitui em ferramenta que representa a situação atual e, também, possibilitou simular diferentes cenários futuros, a partir da idealização da perfuração de novos poços na área estudada.

4. SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO DA QUALIDADE E DA QUANTIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os resultados apontam para cenários bastante positivos na área da bacia do Baquirivu-Guaçu, tanto em relação à qualidade, como em relação à quantidade das águas subterrâneas.

Em relação à quantidade das águas subterrâneas, o referencial estabelecido pela Deliberação CRH N^o 52 (CRH, 2005), especificamente no parágrafo 1^o do Artigo 10, prevê que quando a “*relação consumo/disponibilidade for maior ou igual a 0,75, a área será crítica quanto à disponibilidade da água subterrânea e pode ser classificada como Área Confirmada de Restrição e Controle (ARC-CO) à captação e uso das águas subterrâneas*”.

Com base nesse referencial e adotando-se quadrículas de 100 m X 100 m (área média de uma quadra urbana), foi elaborada a **Figura 06** que se refere ao “Mapa de Disponibilidade Efetiva (DEF) de águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu”. A D_{EF} em cada quadrícula de 100 m X 100 m é obtida pela relação “extração total somada de vazões dos poços na quadrícula (E)” em relação à “disponibilidade hídrica na quadrícula (D)”.

Nota-se, na **Figura 06**, que, na grande maior parte da área da bacia do Baquirivu-Guaçu, qual seja, 98 % da sua superfície total de 161,09 km², a extração de água subterrânea por quadrícula de 100 m X 100 m é menor do que 75,0 % da disponibilidade hídrica subterrânea na quadrícula, ou seja $E < 0,75D$, significando que a disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}) é proporcionalmente muito alta em praticamente toda a área de estudo, se comparada com a exploração atual calculada a partir dos poços cadastrados.

Por outro lado, as situações de maior comprometimento proporcional da disponibilidade hídrica subterrânea na bacia do rio Baquirivu-Guaçu são notadas na **Figura 06** ocorrendo apenas localizadamente, observando-se quadrículas de 100 m X 100 m com ocorrências de alta ($0,75D \leq E \leq D$), média

($D < E \leq 2D$) e baixa ($E > 2D$) disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}), totalizando apenas 2,0 % da superfície territorial total da bacia.

Em relação às porções (quadrículas de 100 m X 100 m) de baixa ou média disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}), podem ser observadas, na **Figura 06**, em frequências ou aglomerações de ocorrência geográfica mais expressivas, na região oeste (porção do baixo curso do rio Baquirivu-Guaçu, oeste da área de estudo), compreendendo os bairros do Taboão, Monte Carmelo, Vila Barros, Cecap, São Roque e Aeroporto Internacional. São observadas, também, ao longo do eixo da rodovia federal BR-116 (Rodovia Presidente Dutra), na porção sul da bacia do Baquirivu-Guaçu, nos bairros de Cumbica, Pimentas, Bonsucesso, Água Chata e Aracília e na região central da área de estudo, nos bairros de São João, Lavras e Presidente Dutra.

Evidentemente, o fato de se constatar, com os dados que ora foram utilizados no estudo da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu, que existem locais com baixa ou média disponibilidade hídrica subterrânea efetiva (D_{EF}) não deve ser considerado como um quadro preocupante e, sim, como alerta para adoção de medidas de gestão do uso das águas subterrâneas. Afinal, essa foi uma das metas perseguidas na execução do presente estudo: conhecer a realidade atual da área estudada, para que se obtivessem elementos para gerenciar a quantidade do uso das águas subterrâneas.

Assim sendo, os bairros anteriormente destacados na cidade de Guarulhos requerem estudos de detalhe para a melhoria do conhecimento do quadro geral constatado em cada caso e, dessa forma, que revelem novas informações hidrogeológicas que possam gerar subsídios para a recuperação ou proteção e uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

Os estudos devem compreender os seguintes aspectos, dentre outros que se mostrarem necessários conforme especificidades locais:

- ✓ Cadastro dos poços existentes na área de interesse, efetuando com prévia de atualização dos dados levantados no presente estudo;
- ✓ Definição das condições de armazenamento, renovação dos volumes de água e circulação no aquífero;
- ✓ Definição do funcionamento hidrológico dos aquíferos explorados e suas relações com unidades adjacentes;
- ✓ Caracterização dos volumes potenciais de exploração;
- ✓ Quantificação da demanda de água para os diversos usos e fontes utilizadas;

- ✓ Estabelecimento de medidas de conservação dos recursos hídricos subterrâneos; e
- ✓ Implantação de programa de monitoramento hidrogeológico sistemático quanto às vazões exploradas e nível d'água nos poços.

Destaca-se que especial atenção deva ser dispensada ao conhecimento sistemático do comportamento dos aquíferos frente ao uso continuado, adotando-se as seguintes ações no âmbito da implantação do monitoramento hidrogeológico, seja ele relativo aos bairros que serão objeto de detalhe, seja para a área estudada como um todo:

- ✓ Fomentar o cadastro continuado de poços por intermédio de palestras, utilizando-se os meios de comunicação de massa (rádio e televisão), por meio da internet, a partir de campanhas via CBH-AT e FABHAT, dentre outros, pois aparentemente o número de 416 poços catalogados neste projeto é mais baixo do que efetivamente ocorre na área;
- ✓ Estimular a regularização de poços clandestinos por meio da outorga. Neste caso, seria importante o desenvolvimento de projetos educativos que demonstrem a importância das águas subterrâneas para os diferentes usuários e sensibilização quanto a necessidade de se atenderem as normas legais frente aos riscos de utilização de poços clandestinos;
- ✓ Estabelecimento de um convênio entre o CBH-AT e o DAEE para que sejam incluídas condicionantes nas outorgas de uso dos recursos hídricos subterrâneos com exigência para o monitoramento remoto e contínuo de nível de água, vazão e da operação do poço (horímetro);
- ✓ Implantar Sala de Situação de Recursos Hídricos na FABHAT para acompanhar, armazenar e consolidar os dados dos monitoramentos dos poços.
- ✓ A Sala de Situação funciona como centro de gestão de situações críticas, coordenadas pelo órgão gestor de recursos hídricos do estado e buscam identificar ocorrências e subsidiar a tomada de decisão para a adoção antecipada de medidas mitigadoras dos efeitos de secas e inundações.
- ✓ Criar programas para orientação e estímulo ao monitoramento pelos usuários por meio da implantação de sistemas automáticos e remotos de medição e envio de dados para a Sala de Situação na

FABHAT sobre nível de água, vazão e operação do poço, medidos continuamente;

- ✓ Adicionalmente, em áreas de abastecimento público, deve ser exigido dos proprietários de poços particulares um estudo técnico sobre o grau de interferência no(s) poço(s) de abastecimento público, de forma a prevenir possíveis interrupções no fornecimento de água;
- ✓ Construção de poços dedicados ao monitoramento de nível nas áreas de interesse;
- ✓ Fomentar e desenvolver parcerias com os grandes usuários (SAAE, SABESP, Aeroporto, Indústrias, Grandes Hoteis etc) para que eles se engajem no processo de fornecimento de informações para os órgãos gestores de águas subterrâneas; e
- ✓ Implementar empreendimento FEHIDRO para instalação de monitoramento automático com envio remoto de dados em poços que venham a ser instalados como indicadores em áreas selecionadas como prioritárias e apontadas nos estudos de detalhamento que serão efetuados nos bairros destacados em Guarulhos, a partir da **Figura 06**.

Em relação à qualidade das águas subterrâneas, de acordo também com a Deliberação CRH N^o 52 (CRH, 2005), especificamente no seu artigo 1^o, está estabelecido que áreas de restrição e controle do seu uso são aquelas onde existe a necessidade de disciplinar atividades que possam causar efeitos negativos sobre as mesmas. O parágrafo 1^o, por sua vez, menciona que a delimitação dessas áreas será estabelecida com o apoio de estudos hidrogeológicos e levará em consideração os diversos instrumentos de planejamento em vigor, que evidenciem os efeitos negativos da exploração e contaminação, apontando a necessidade da aplicação de ações preventivas e corretivas.

Os procedimentos que são adotados para avaliar o perigo de contaminação das águas subterrâneas significam processo de apreciação da possibilidade de um aquífero sofrer impactos negativos, decorrentes de determinada atividade humana, a tal nível que a água subterrânea se torne imprópria para o consumo, segundo os valores de referência para a qualidade da água potável.

Considerando-se os resultados obtidos no presente estudo, os quais podem ser ilustrados nas figuras 76 e 77 e com a discussão efetuada no item 8.5, pode-se concluir que não existem motivações para a adoção de medidas

restritivas ou prioritárias na área da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, em relação às fontes pontuais de contaminação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento, análise e avaliação integrada de dados e informações obtidas permitiram consubstanciar a caracterização hidrogeológica e hidroquímica, além de aspectos ambientais da área de estudo, possibilitando verificar que não existem situações expressivas de superexploração ou de perigo de contaminação dos aquíferos com alteração da qualidade natural das águas subterrâneas na bacia do rio Baquirivu-Guaçu, que inclui partes dos municípios de Guarulhos e Arujá.

Pode-se concluir que o cenário não é crítico quanto à qualidade e nem tampouco em relação à quantidade dos recursos hídricos subterrâneos. Não obstante, os resultados alcançados propiciam o fortalecimento da gestão, haja vista que os mananciais subterrâneos desempenham contribuição importante para abastecimento público e, também, para usuários privados, porém, sem a necessidade de medidas de restrição e controle.

Assim sendo, uma série de ações são recomendadas para o aprimoramento da gestão da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas na bacia do rio Baquirivu-Guaçu, tal como discutidas em detalhes no item anterior deste Relatório (item 4), as quais apontam em linhas gerais para a idealização e execução de programas de monitoramento sistemáticos e continuados naquelas áreas que foram indicadas com comprometimento na disponibilidade hídrica subterrânea efetiva e recomendam, também, a necessidade de ampliação do monitoramento de qualidade.

Uma vez que existe a tendência de incremento na demanda pelas águas subterrâneas, foi desenvolvida, também, modelagem matemática digital para os aquíferos da área e, a partir da calibração do mesmo, foi efetuada a simulação de quatro cenários futuros relacionados à quantidade de água.

Dessa forma, avaliaram-se os possíveis aumentos da demanda, ou seja, intensificando-se a quantidade de poços que exploram os aquíferos em situação atual, com 200 poços ativos (Cenário 1); aumento de 100 poços, totalizando 300 poços bombeando na área (Cenário 2); considerando os 416 poços cadastrados como ativos e bombeando (Cenário 3); e todos os 416 poços cadastrados na área somados a novos 100 poços inseridos aleatoriamente, totalizando 516 poços (Cenário 4).

Os resultados mostraram que, no geral, as águas subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu suportam um aumento da demanda considerando os 516 poços bombeando simulados na área. Localmente, a

porção do SAS, a sudoeste da área e próximo às margens do rio Baquirivu-Guaçu, demonstrou um rebaixamento de até 25 m e indica ser uma região que mais demanda água, e, por outro lado, é uma área em alerta para evitar rebaixamentos expressivos futuramente.

Dessa forma, a partir do conhecimento atual que se tem da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu nessa região, pode-se dizer que, principalmente o SAS, é um bom aquífero para uso de abastecimento público e, em situações de crise hídrica, a utilização das águas subterrâneas é uma boa alternativa.

É importante ressaltar que a segurança hídrica para atender ao aumento da demanda demonstrada no modelo numérico somente poderá ser garantida caso seja construída série histórica de dados de monitoramento de nível de água e de vazão de poços, com futuras revisões desse estudo hidrogeológico.

O planejamento e gestão dessas águas é essencial, vinculado ao aumento de estudos geológicos e hidrogeológicos para melhorar o conhecimento. À medida que se têm maiores informações sobre as águas subterrâneas, o modelo numérico deve ser atualizado e calibrado novamente.

São Paulo, 19 de dezembro de 2017.

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO E DOS RELATÓRIOS TÉCNICOS

LABORATÓRIO DE RECURSOS HÍDRICOS E AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL –

Labgeo

José Luiz Albuquerque Filho – Geólogo, Doutor, Coordenador Geral
Ana Maciel de Carvalho – Geóloga, Mestre, Gerente do Projeto
Nádia Franqueiro Corrêa – Geóloga
Ana Candida Melo Cavani – Matemática, Mestre
Priscilla Moreira Argentin – Geógrafa
Luis Gustavo Faccini – Geógrafo, Mestre
Antônio Gimenez Filho – Geólogo, Mestre
Tatiana Luiz dos Santos Tavares – Geóloga, Doutora
Deborah Terrell – Geógrafa, Mestre
Priscila Ikematsu – Eng^a. Ambiental, Mestre
Fernando Fernandez – Geólogo
André Luiz Ferreira – Geógrafo
Fausto Luis Stefani – Geólogo, Mestre
Maria Cristina Jacinto de Almeida – Geógrafa, Mestre
Guilherme de Paula Cutolo Cortez – Gestor Ambiental, Mestre

ESTAGIÁRIOS

Cauê Moara - Estagiário de geologia
Jéssica Peixinho Alves dos Santos - Estagiária de geologia
Lucas Henrique de Carvalho – Estagiário de geologia
Marcelo Garcia Pereira de Carvalho - Estagiário de geologia

APOIO TÉCNICO

Álvaro Camargo Kopezynski – Técnico
Ana Maria de Azevedo Dantas Marins – Técnica
Antônio José Catib Baladore – Técnico
Benedito Nachbal – Técnico

APOIO ADMINISTRATIVO

Rosângela Aparecida Carelli Correia – Secretária
Larissa Antero Mascarenhas Lopes – Estagiária de Secretaria

GRUPO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DO PROJETO - GAT

Adão Vagner – SMA – Prefeitura Municipal de Arujá
Amélia João Fernandes – IG – SMA
Arthur C. Payese - CETESB
Beatriz Silva Gonçalves Vilela - FABHAT
Bruna Cordeiro dos Santos – Prefeitura Municipal de Arujá
Carolina Nakadomari - DAEE
Edson José de Barros – SMA – Prefeitura Municipal de Guarulhos
Fabiano F. Toffoli - CETESB
Hélio Koga - DAEE
Hélio César Suleiman – FABHAT
José Eduardo Campos – DAEE – Agente Técnico
Leonardo Gogoy – SMA – Prefeitura Municipal de Arujá
Lilian Barrella Peres – CETESB/CTMH/CBH-AT
Luis Sérgio Valentim – Secretaria Estadual de Saúde
Mateus Delatim Simonato – SIGAGEO/FABHAT
Rosangela Pacini Modesto - CETESB
Ruy Sellmer – DAEE
Valburg de Sousa Santos Jr - FABHAT

AGRADECIMENTOS

Inúmeros órgãos públicos e entidades prestaram a sua colaboração, de alguma forma, no fornecimento de dados que constam deste Relatório. Mesmo correndo o risco de alguma omissão, dado o grande número e diversidade de consultas realizadas ao longo do desenvolvimento dos trabalhos, não se pode deixar de mencionar:

Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – GRU AIRPORT
Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB
Instituto Geológico IG - SMA
Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – CBH-AT
Prefeitura Municipal de Guarulhos – PMG
Prefeitura Municipal de Arujá –PMA
Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Laboratório de Geociências da Universidade de Guarulhos
Serviço Autônomo de Água e Esgotos Guarulhos – SAAE - Guarulhos
IGIService Investimentos S/A
Karina Industria e Comercio de Plástico
Nippon Country Clube
Modine do Brasil Sistemas Térmicos
Meias Scalinas
Doremus Alimentos
Puratos Group
Damapel
River Química
Multicon Concreto
Servcater Internacional Ltda (LSG SKyChefs)

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. F. M. de. et al. Brazilian Structural Provinces: an introduction. **Earth-Sci. Rev.**, v. 78, n. 17, p. 1-29, 1981.

ANDERSON, M.P. e WOESSNER, W.W. Applied groundwater modeling. Simulation of flow and advective transport. Academic Press. San Diego, EUA. 1992.

ANDRADE, M. R. M. et al. Aspectos fisiográficos da paisagem guarulhense. In: OMAR, E. E. H. (Org.). **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008. p. 25-37.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 dez. 2011.

CONICELLI, B. P. **Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (SP)**. 2014. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. 2001. 2ed. Barcelona: Omega. p. 274.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2010-2012**. São Paulo: Cetesb, 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2016.

CRH - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Deliberação CRH nº 52, de 15 de abril de 2005**. Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas. CRH, 2005.

DEVRIES, J.J., SIMMERS, I. **Groundwater Recharge: an Overview of Processes and Challenges**. 2002. Hydrogeology Journal, n.10, p. 5-17, 2002.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Regionalização hidrológica no Estado de São Paulo**. Revista Águas e Energia Elétrica, São Paulo, Ano 5, n. 14, p.4-10, 1988.

DIAS, P.; BABINSKI, M.; HIRATA, R.; MANCINI, L.; ROSÁRIO, M.; AZEVEDO, A. **Caracterização isotópica da procedência da chuva em São Paulo (Brasil) e sua relação com as águas subterrâneas**. 2005. VIII Cong. De Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa Aveiro, Portugal, 433-436.

DINIZ, H. N. **Estudo do potencial hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, municípios de Guarulhos e Arujá, SP.** 1996. 236 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2006. 2º edição. Rio de Janeiro-RJ, 2006, 306p.

FABHAT - FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06 - Ano Base 2014.** São Paulo, 2015, 174 p.

FEN, D.; HANLEY, K.; DE GEARE, T. **Use of the water balance method for predicting leachate generation from solid waste disposal sites.** 1975. US Environmental Protection Agency Report.

FETTER, C.W. **Applied hydrogeology.** 4 ed. New Jersey, Prentice Hall. 598p. 2001.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data.** Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988. 78 p.

FOSTER, S. et al. **Groundwater quality protection.** A guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies. Groundwater Management Advisory Team - GW-MATE. Washington: The World Bank, 2002. 103 p.

FOSTER, S. et al. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** Banco Mundial, 2006. Washington, 104p.

FUSP - FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Plano Da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.** São Paulo, 2009, v. 1 202 p.

GOULART, M. E. **Efeito da implantação da Estação de Tratamento de Esgoto na qualidade da água no município de Arujá (SP).** 2013. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Centro de Pós Graduação e Pesquisa, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2013.

GUIGUER, N.; FRANZ, T. **Visual MODFLOW: User's manual.** Waterloo/Canadá: Waterloo Hydrogeologic Inc., 176 p. 1996.

HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R. Evolução geológica do pré-cambriano na região Sudeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 6, p. 182-200, 1976.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor**

censitário. Rio de Janeiro: IBGE/ Centro de documentação e disseminação de informações, 2011.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental - PDPA - e assessoria para elaboração das leis específicas.** 2014. IPT, São Paulo, Relatório Técnico N^o 131 578-205. 3 volumes.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Parcial 1.** 2016. IPT, São Paulo, Relatório Técnico N^o 148.444-205. 104p.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Parcial 3.** 2017. IPT, São Paulo, Relatório Técnico N^o 150.850-205. 77p.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Delimitação de Áreas de Restrição e Controle da captação e uso das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu e porção sedimentar no entorno leste, municípios de Guarulhos e Arujá, SP. Relatório Final.** 2017. IPT, São Paulo, Relatório Técnico N^o 151.233-205. 209p.

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

IRITANI, M. A. et al. Proposta de classificação das fontes potenciais de contaminação da água subterrânea. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 1-26, 2013.

JANASI, V. A.; ULBRICH, H. H. G. J. Late proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, southeastern of Brazil. **Precambrian Research**, v. 51, p. 351-374, 1991.

JULIANI, C. **Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo.** 1993. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MCDONALD, M.G.; HARBAUGH, A.W. **A modular three dimensional finite-difference groundwater flow model.** Techniques of water resources investigations. U.S. Geological Survey. USGS. Washington – D.C. EUA. v.6, n.A1, 56 p. 1988.

MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.**

NATA. National Association of Testing Authorities. **Format and content of test methods and procedures for validation and verification of chemical test methods.** Sydney: NATA. 8p.1997.

OLIVEIRA, A. M. dos S. et al. **Bases geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do município de Guarulhos.** Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 178 p. 4 v. Mapas (Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1).

OLIVEIRA, J. B. de et al. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.** Campinas: IAC; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 64p. il. mapa.

PMA - PREFEITURA MUNICIPAL DE ARUJÁ. **Plano municipal de saneamento: sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário – município de Arujá.** Arujá: PMA, 2009. Disponível em: <[http://governoeletronico.aruja.sp.gov.br/leismunicipais/AtosPlanejamento/Plano%20Municipal%20de%20Saneamento Aruj%E1.pdf](http://governoeletronico.aruja.sp.gov.br/leismunicipais/AtosPlanejamento/Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20Aruj%E1.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2009.

PMG - PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Plano Diretor de drenagem.** Diretrizes, orientações e propostas. Guarulhos: Secretaria de Obras e Serviços Públicos/ Secretaria Adjunta de Desenvolvimento Urbano/ Coordenadoria de Assuntos Aeroportuários, 2008. 107 p. Disponível em: <http://servicos.guarulhos.sp.gov.br/destaques/coord_assunt_aerop/plano_diretor_drenagem.pdf>. Acesso em: 19 set. 2016.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil.** 1989. 291 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ROCHA, G. (Coord.). **Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo.** Nota Explicativa. São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica/ IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/ IG - Instituto Geológico/ CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2005. Escala 1:1.000.000.

ROSENBERGER, M. et al. **Vulnerabilidade natural à contaminação do Sistema Aquífero Bauru na área urbana do município de Bauru, SP.** Revista do Instituto geológico, 34 (2): 51-67.

SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE GUARULHOS. **Sabesp não aumenta vazão de água fornecida a Guarulhos e Saae tem de manter rodízio.**

2016. Disponível em: <<http://www.saaeguarulhos.sp.gov.br:8081/node/487>>. Acesso em: 28 set. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 31 de dezembro de 1991.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 9.866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 29 de novembro de 1997.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 8 jul. 2009.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 15.913, de 02 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras - APRMATC, suas Áreas de Intervenção, respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional para a proteção e recuperação dos mananciais.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA nº10, de 08 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 8 fev. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA nº10, de 08 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 8 fev. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA nº11, de 08 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das regiões prioritárias para a identificação de áreas contaminadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 8 fev. 2017.

SATO, S. E.; ANDRADE, M. R. M de. Correlação da evolução temporal do uso da terra e a qualidade das águas superficiais da bacia do rio Baquirivu-Guaçu, nos municípios de Arujá e Guarulhos (SP). **Revista UnG - Geociências**, v.12, n.1, p. 26- 48, 2013.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1948. **The water balance**. Publications. In: Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology. 1948.104p.

VARGAS, R. R. et al. A Contribuição do município de Guarulhos para a qualidade da água do rio Baquirivu-Guaçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília-DF. **Anais...** Brasília: ABRH, 2015.

VIVIANI-LIMA, J. et al. Estimation of groundwater recharge in the metropolitan área of São Paulo. Brazil. IAH. International Congress. Lisbon.

WHATELY, M.; DINIZ, L. T. Água e esgoto na Grande São Paulo: situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais propostos. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10369.pdf>. Acesso em: 28 set. 2016.