

Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba, no Município de São
Paulo –
Relatório Parcial 2.1 (RP2.1)

CLIENTE

FUNDAÇÃO AGÊNCIA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ –
FABHAT

FINANCIAMENTO

FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - FEHIDRO

UNIDADE RESPONSÁVEL

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE – CIMA

Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e
Florestas – SPRSF

RESPONSÁVEL ADMINISTRATIVO FINANCEIRO

Fundação de Apoio ao IPT - FIPT

RESUMO

O presente documento técnico compreende o Relatório Parcial 2.1 (RP2.1) do Empreendimento FEHIDRO 2021-AT_COB-136 intitulado “*Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba no município de São Paulo*”, o qual foi priorizado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê por meio da Deliberação CBH-AT nº 117/2021. Para a execução do estudo em pauta, foi assinado o Contrato nº 003/2023 (Processo FABHAT nº 013/2021 – Prov. 2) entre IPT/FIPT (no âmbito do Termo de Cooperação Técnico-Científica FIPT/IPT) e FABHAT (Tomadora dos recursos financeiros). Dessa forma, o conteúdo do relatório RP2.1 conta com o levantamento de dados e revisão bibliográfica da área de estudo estabelecidas nas *Especificações Técnicas* FABHAT de 21/12/2022, Orçamento nº 87.560/23, de 29/09/2023 e Plano de Trabalho (Relatório Parcial 1 - RP1 nº 171.268-205) de 08/02/2024, bem como discussões realizadas no Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) do projeto. O levantamento em questão compreende o detalhamento do histórico da área, caracterização do meio físico, revisão bibliográfica, obtenção de dados hidrogeológicos (dados hidrodinâmicos e da qualidade da água, dentre outros), a partir de informações de poços obtidas em registros disponíveis em órgãos públicos (COVISA, DAEE, CETESB, além de outros). A finalização desta etapa é de grande importância, pois fornece embasamento teórico acerca do cenário do local de interesse e para o subsequente prosseguimento das atividades previstas, a saber: i) sistematização, integração e análise de dados existentes; ii) trabalhos de campo; iii) consolidação dos resultados; iv) elaboração dos produtos temáticos principais; v) elaboração de Proposta de Modelo de Gestão da ARC-Jurubatuba; e vi) elaboração das diretrizes para o Programa de Monitoramento.

Palavras-chave – UGRHI 06; Bacia do Alto Tietê; BAT; Região de Jurubatuba; ARC-Jurubatuba; estudos hidrogeológicos; águas subterrâneas; áreas contaminadas; Aquífero Cristalino; compostos organoclorados.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	OBJETIVO.....	03
3	JUSTIFICATIVA.....	04
4	METODOLOGIA.....	04
5	DIFICULDADES DE EXECUÇÃO DA ETAPA DO TRABALHO.....	07
6	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	08
7	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	11
7.1	Geomorfologia, Hidrografia e Clima.....	11
7.2	Geologia Regional.....	12
7.3	Hidrogeologia Regional.....	15
7.4	Modelo Hidrogeológico Regional.....	18
8	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES EXISTENTES.....	20
8.1	Revisão bibliográfica.....	20
8.2	Dados hidroquímicos de poços.....	35
8.3	Dados de exploração e uso da água dos poços.....	39
8.4	Dados de balanço hídrico.....	44
8.5	Uso e Ocupação do Solo da ARC – Jurubatuba e seu entorno.....	48
8.5.1	Uso e ocupação do solo e áreas contaminadas.....	55
8.6	Dados dos sistemas de infraestrutura sanitária.....	59
8.7	Dados de cadastro de áreas contaminadas.....	63
8.8	Dados de controle sanitário dos estabelecimentos usuários de água subterrânea.....	65
8.9	Aspectos legais e institucionais atuais.....	67
	EQUIPE TÉCNICA.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	DESENHO 01 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	88
	DESENHO 02 – Mapa de Zoneamento Urbano.....	90

DESENHO 03 – Mapa de Áreas Delimitadas Contaminadas.....	92
DESENHO 04 – Mapa de Delimitação da ACR – Jurubatuba.....	94

1. INTRODUÇÃO

Este documento foi elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (IPT)/Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT), por meio da Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas - SPRSF pertencente à Unidade de Negócios Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente – CIMA e se constitui do Relatório Parcial 2.1, relativo à execução do Empreendimento FEHIDRO 2021-AT_COB-136 intitulado “Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba, no município de São Paulo”.

O Empreendimento supracitado foi priorizado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT) por meio da Deliberação CBH-AT nº 117/2021 (CBT-AT, 2021), sendo a Tomadora dos recursos financeiros, a Fundação Agência Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT, que assinou o Contrato nº 003/2023 na data de 21/12/2023 (Processo FABHAT nº 013/2021 – Prov. 2) com o IPT/FIPT para a execução do empreendimento, a partir da submissão do Orçamento nº 87.560/23 da IPT/FIPT, datado de 29 de setembro de 2023, atendendo aos termos das Especificações Técnicas da FABHAT de 21/12/2022.

A Área de Restrição e Controle para a Captação e Uso das Águas Subterrâneas no município de São Paulo (ARC – Jurubatuba), que foi definida pela Deliberação CBH-AT, nº 01, de 16 de fevereiro de 2011 (rerratificada pela Deliberação CBH-AT, nº 139 de 15 de dezembro de 2021, complementada pela CRH nº 265, de 28 de abril de 2022) constitui a área objeto deste estudo devido ao seu histórico de contaminação das águas subterrâneas e do solo principalmente associados a uma histórica concentração de indústrias na região. A área de estudo está localizada entre as coordenadas UTM 7376 km-Sul e 7388 km-Sul e 320 km-Leste e 330 km-Leste, com área total de 120 km², englobando a ARC - Jurubatuba.

É importante salientar que 02 das 04 regiões definidas como prioritárias para identificação de áreas contaminadas (**Figura 1**), conforme Resolução SMA nº11, de 08 de fevereiro de 2017, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente

(São Paulo, 2017b)., estão localizadas na ARC – Jurubatuba. Dessa forma, os empreendimentos enquadrados como atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas - conforme descrito na Resolução SMA nº 10, de 08 de fevereiro de 2017 (São Paulo, 2017a), devem realizar estudos diagnósticos de identificação de áreas contaminada

A área de estudo está inserida geologicamente no contexto das rochas cristalinas do Complexo Embu - recobertas pelas rochas sedimentares e sedimentos mais recentes da Bacia Sedimentar de São Paulo. É importante destacar que essa região pertence a um meio heterogêneo com aquífero fraturado e áreas intensamente contaminadas, o que resulta em uma complexidade hidrogeológica e de contaminação regional. Por esse motivo, é necessário empregar diferentes técnicas de investigação, bem como adquirir e compilar uma robusta base de dados dos poços de produção e de monitoramento localizados na área de estudo. Com essas informações, será possível atualizar o modelo conceitual da região para investigar e entender adequadamente as características hidrogeológicas, hidroquímicas e hidráulicas das formações aquíferas e das camadas suprajacentes, compreendendo as interconexões e a circulação hidráulica, além do transporte dos contaminantes nesses meios.

Espera-se que os resultados a serem obtidos pelo projeto constituam-se em referencial importante para os órgãos gestores de recursos hídricos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (UGRHI 06) e, também, para o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), no que diz respeito às ações vinculadas às políticas públicas e às revisões dos instrumentos de gestão da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo definidos por diversas normativas, tal como a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, do Estado de São Paulo (São Paulo, 1991); a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997); a Deliberação CRH nº 052, de 15 de abril de 2005, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH, 2005); a Deliberação CBH-AT nº 01/2011 (CBH-AT, 2011); e a Deliberação CBH-AT nº 139/2021 (CBH-AT, 2021), bem

como a Lei nº 6134/88 (São Paulo, 1988) e o Decreto Estadual nº32955/91 (São Paulo, 1991) especificamente para águas subterrâneas.

2. OBJETIVO

O trabalho tem por objetivo geral o levantamento de dados e a realização de estudos, visando a atualização e ampliação do conhecimento acerca da contaminação, geologia e hidrogeologia na Área de Restrição e Controle para a Captação e Uso das Águas Subterrâneas no município de São Paulo (ARC – Jurubatuba), localizada no município de São Paulo, com a finalidade de fornecer subsídios para a revisão do modelo de gestão definido pela Deliberação CBH-AT nº 01/2011 (CBH-AT, 2011) e pela Deliberação CBH-AT nº 139/2021 (CBH-AT, 2021), ambas do Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

Para atendimento ao objetivo principal do projeto e conforme *Especificações Técnicas* contidas no Contrato nº 003/2023 (21/12/2023), bem como às discussões realizadas no Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) do projeto, o presente Relatório Parcial 2.1 (RP2.1) tem por objetivos específicos:

- Atualização dos aspectos históricos referentes ao uso e ocupação do solo, com foco nas atividades de elevado potencial de contaminação, e nos aspectos jurídico-institucionais (autodenúncia, monitoramentos e intervenções nos passivos ambientais das indústrias e em poços de abastecimento privados); e
- Levantamento do estado da arte, com foco na geologia da ARC – Jurubatuba nos limites estabelecidos pela Deliberação CBH-AT nº 139/2021 (CBH-AT, 2021).

3. JUSTIFICATIVA

A área do presente estudo apresenta histórico de contaminação do solo e águas subterrâneas por solventes halogenados oriundos de atividades antrópicas (São Paulo, 2009a).

Assim sendo, considerando o estudo de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), foram implementadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente do Estado de São Paulo, medidas para a gestão do uso das águas subterrâneas e da contaminação causada pelos solventes organoclorados, por meio das deliberações CBH-AT nº 01/2011 (CBH-AT, 2011) e CBH-AT nº 139/2021 (CBH-AT, 2021), mencionadas nos itens anteriores.

Entretanto, trata-se de uma contaminação bastante complexa que atinge, além do aquífero sedimentar, o aquífero cristalino e, portanto, se faz necessário dar continuidade às pesquisas na área, para ampliar a compreensão a respeito da evolução desse cenário ao longo dos últimos anos e assim possibilitar a revisão dos modelos de gestão já propostos com maior embasamento teórico e maior segurança para a população local.

4. METODOLOGIA

Este item descreve a metodologia adotada no presente estudo para o levantamento de dados e revisão bibliográfica, considerando o documento intitulado “Especificações Técnicas”, emitido pela FABHAT e parte integrante do Contrato nº003/2023 e Plano de Trabalho (IPT, 2024), compreendendo as seguintes atividades:

- a) Obtenção de dados dos poços tubulares existentes em acervo de informações de estudos anteriores (relatórios técnicos, dissertações de mestrado, teses de doutorados, artigos científicos, dentre outros): utilizou-se como referências principais os estudos desenvolvidos por Servmar Serviços Técnicos Ambientais

(2008; 2012), Conicelli (2014) e Bertolo (2017) que apresentam conteúdo de informações muito importantes no âmbito dos temas "*Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (SP)*" e de "*Bases Técnicas para a Gestão de áreas contaminadas por solventes organoclorados em aquíferos fraturados*", respectivamente;

- b) Obtenção de dados secundários hidrogeológicos e hidroquímicos dos poços cadastrados nos órgãos públicos, tais como Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em consultas às fichas de poços, aos resultados de análises químicas e de qualidade da água e aos dados de levantamentos geofísicos, quando disponíveis. Além disso, foram realizadas consultas a outras pesquisas, tais como teses, dissertações, relatórios técnicos, bem como dados bibliográficos e cartográficos, conforme aqueles disponíveis em Fernandes *et al.* (2016), Lima (2018) e Pino (2019), detalhando os aspectos da geologia da Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas na Região de Jurubatuba (ARC - Jurubatuba);
- c) Obtenção dos dados hidrológicos, vazões mínimas, máximas e médias disponíveis em periódicos e em endereços eletrônicos de buscas, objetivando a quantificação das disponibilidades e das demandas de águas superficiais e subterrâneas na área de interesse, considerando os usos da água e disponibilidade hídrica, dentre outras informações;
- d) Levantamento e atualização dos dados e do mapa de uso e ocupação do solo da ARC - Jurubatuba e seu entorno, por meio de: fotografias aéreas e imagens de satélite com série histórica; mapas geológicos e hidrogeológicos em escalas locais e regionais; cadastros acerca das atividades de elevado potencial de contaminação; bem como nos registros de aspectos jurídico-institucionais, incluindo autodenúncia, monitoramento e intervenções nos passivos ambientais de indústrias e em poços de abastecimento privados;

- e) Pesquisa acerca dos dados dos sistemas de infraestrutura sanitária, incluindo o abastecimento público e privado, rede de esgoto existente na ARC - Jurubatuba e seu entorno, por meio de relatórios técnicos e, também, por meio de solicitação ao DAEE e à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp);
- f) Obtenção e atualização dos dados e informações existentes no endereço eletrônico acerca do cadastro de áreas contaminadas, bem como disponibilizados diretamente via ofícios pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) das atividades licenciadas (SIPOL) ocorrentes na ARC - Jurubatuba e seu entorno;
- g) Obtenção de documentos relativos ao controle dos estabelecimentos usuários de água subterrânea para consumo humano, junto ao Centro de Vigilância Sanitária (CVS) do Estado de São Paulo, DAEE e Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA) da Prefeitura do município de São Paulo; e
- h) Levantamento de informações acerca dos aspectos legais e institucionais atuais que possam significar implicações na norma do CBH-AT, com vistas à sua atualização e aprimoramento. Considerando, em especial, a Lei Estadual nº 13.577, de 08 de julho de 2009 (São Paulo, 2009), sobre gerenciamento de Áreas Contaminadas e o Decreto Estadual nº 59.263 de 05 de julho de 2013 (São Paulo, 2013) que regulamenta a Lei nº 13.577/2009 (SÃO PAULO, 2009).

É importante registrar que técnicas de geoprocessamento foram utilizadas para composição de mapas temáticos/cartográficos em escala de detalhe (1:10.000 a 1:15.000) por meio dos programas ArcGIS® e QGIS®, considerando um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Ressalta-se, também, que foram adotadas as diretrizes estabelecidas pelas Normas da Cartografia Nacional, conforme definido pelo Padrão de Exatidão Cartográfica, bem como de arquivos vetoriais geoespaciais de detalhe disponíveis nas bases de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), Sistema Ambiental Paulista (DATAGEO/SEMIL - Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo), IPT, CPRM, Universidades, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), Prefeitura Municipal de São Paulo, entre outros.

5. DIFICULDADES DE EXECUÇÃO DA ETAPA DO TRABALHO

Algumas dificuldades foram enfrentadas na obtenção desta etapa do trabalho, pois a obtenção de informações demandou o cumprimento de iniciativas burocráticas que comumente resultam em alongamento nos prazos necessários - pois requerem a execução de solicitações aos órgãos oficiais via cartas, não raro por repetidas vezes; além disso, é comum a disponibilização de informações incompletas, tanto nas páginas eletrônicas oficiais dos órgãos de governo, ou mesmo quando os dados são recebidos a partir dos ofícios emitidos; e em outras vezes o tempo excessivo para atender a necessidade de realização de reuniões para explicitar o uso das informações requeridas.

Em algumas situações, as informações sobre os aspectos construtivos dos poços estavam incompletas ou não existiam, além de não ter sido possível a obtenção desses dados para todos os poços identificados na área.

Vale ressaltar, ainda, que existe um problema preocupante, pois mais de 70% dos poços tubulares existentes na BAT não estão regularizados em termos de outorga ou são desconhecidos pelo órgão outorgante do estado, qual seja o Departamento de Águas e Energia Elétrica (Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2008). Assim sendo, o presente estudo não abrange as informações de eventuais poços irregulares ou desconhecidos.

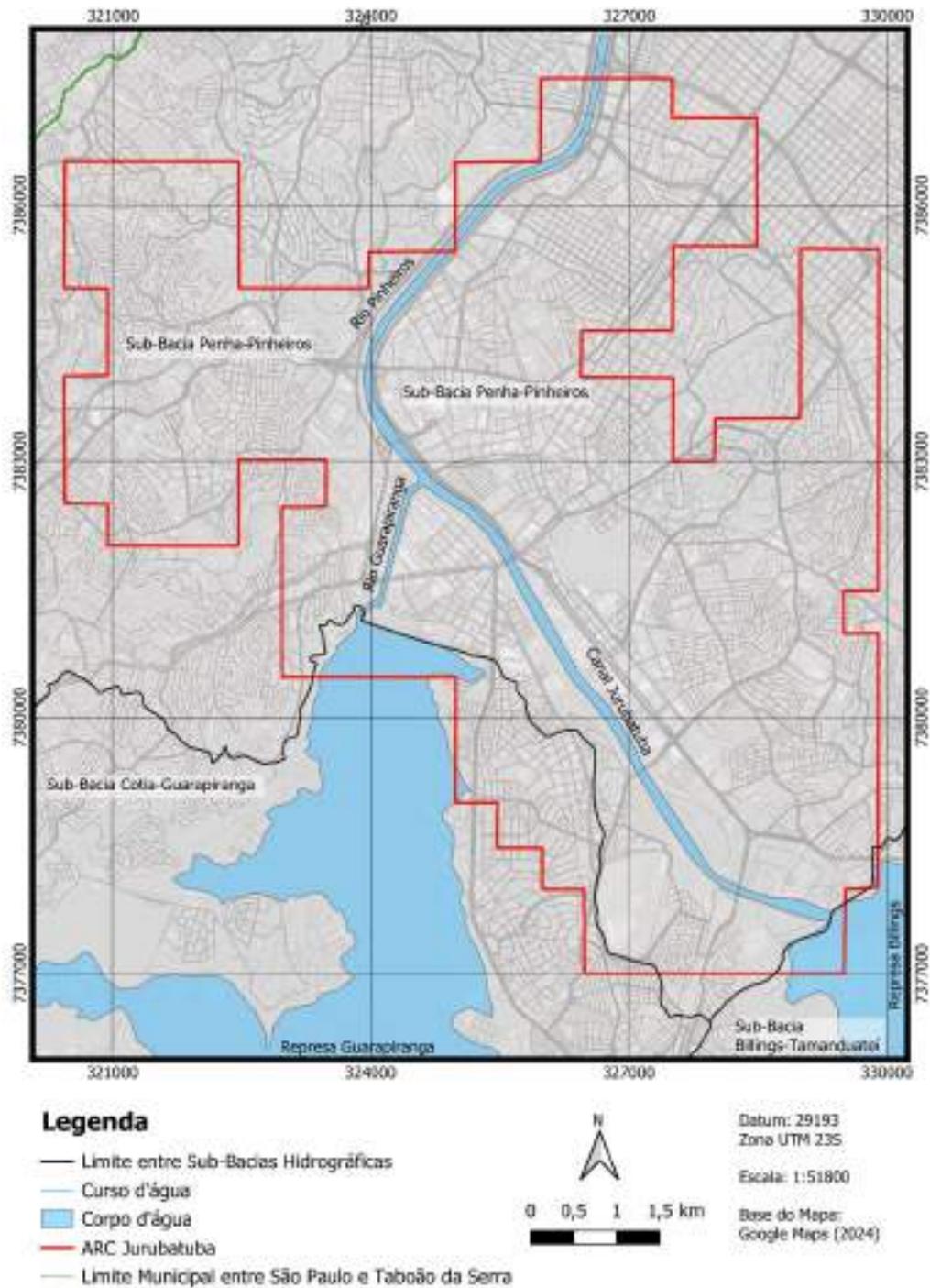
Diante do exposto, essas dificuldades poderão se constituir fator limitante para os resultados do presente estudo, no que diz respeito aos levantamentos das características hidrogeológicas e hidroquímicas dos poços cadastrados.

6. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo deste projeto, que compreende a ARC - Jurubatuba e seu entorno (**Figura 1**), situa-se na porção sul da cidade de São Paulo, compreendendo um quadrilátero entre as coordenadas 7376 km Sul e 7388 km Sul e 320 km Leste e 330 km Leste e possui área total de 120 km². A região abrange o entorno do canal do rio Jurubatuba, a jusante da represa Billings e do trecho também a jusante da represa de Guarapiranga, tendo seus limites estabelecidos pela Deliberação CBH-AT nº 139/2021.

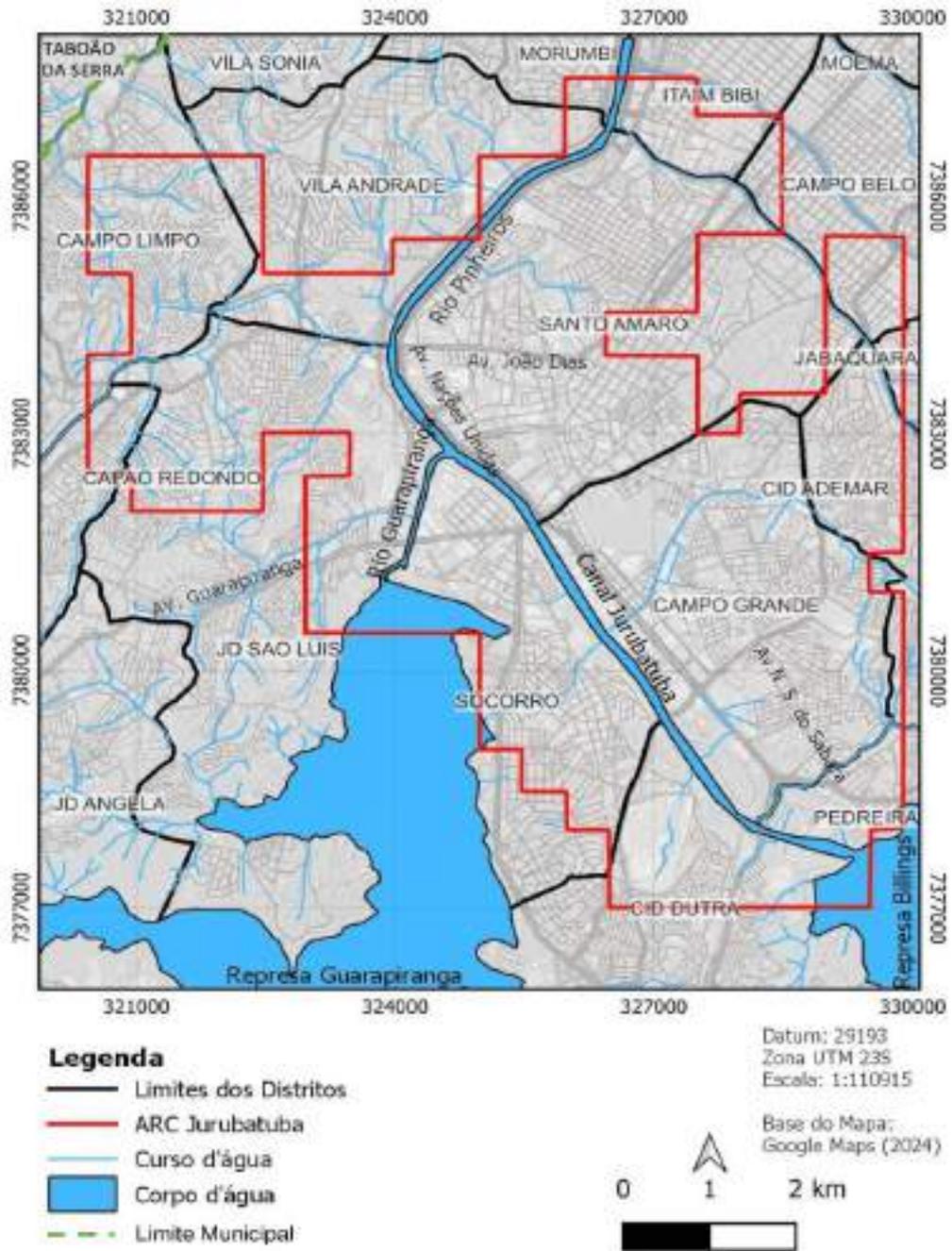
Em termos de distritos urbanos do município de São Paulo, a área de estudo abrange integralmente os bairros Campo Grande, Jardim São Luís, Santo Amaro, Socorro e Vila Andrade, além de uma pequena porção do município de Taboão da Serra (**Figura 2**).

Figura 1 – Localização da ARC – Jurubatuba e seu entorno.



Fonte: Modificada de CBH-AT (2021b).

Figura 2 – Distritos urbanos inseridos na área de estudo.



Fonte: adaptado de PMSP (2002).

7. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

7.1. Geomorfologia, Hidrografia e Clima

A área de interesse se insere no Planalto Atlântico, que apresenta geomorfologia composta por “planícies aluviais (várzeas), colinas, morros, serras e maciços com variadas orientações” (DAEE *et al.*, 2005 *apud* L’Apicciarella, 2009).

As cotas topográficas variam entre 743 m e 853 m, sendo que, no setor leste da área, o relevo se apresenta com feições mais planas relacionadas aos afloramentos de rochas sedimentares na superfície e, no setor oeste, as feições mostram topografia mais movimentada devido aos afloramentos de rochas cristalinas na superfície (L’Apicciarella, 2009).

A ARC - Jurubatuba está inserida nas sub-bacias Penha-Pinheiros, Cotia-Guarapiranga e Billings-Tamanduateí. A área é drenada, ao centro, pelo rio Pinheiros e pelos canais Jurubatuba e Guarapiranga. O canal Jurubatuba compreende a conexão entre o rio Pinheiros e a represa Billings, enquanto o canal da Guarapiranga liga a represa homônima ao rio Pinheiros. Além disso, a sul, engloba parte de ambas as represas, como mostrou a **Figura 1**.

O clima na região de São Paulo é tropical úmido de altitude do Planalto Paulista, e seus meses de estiagem acontecem entre junho e setembro e o período com maior pluviosidade ocorre de dezembro a março. Dados da estação pluviométrica “E3-006 – Santo Amaro (23°39', 46°42') ” do DAEE (2024), registraram a média da precipitação anual obtida entre os anos de 1936 e 2023 em 1.350,79 mm. Os meses com maiores temperaturas, com média de 25°C, ocorrem de dezembro a março e, as menores temperaturas, com média de 15°C, são registradas entre junho e agosto (PMSP, 2013).

7.2. Geologia Regional

A área de estudo encontra-se inserida no contexto dos terrenos sedimentares de idade Cenozóica da Bacia de São Paulo e do Embasamento Cristalino Pré-Cambriano.

A Bacia de São Paulo se localiza no Planalto Atlântico e integra um conjunto de bacias pertencentes ao Rift Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989). Também conhecido como RCSB, este Rift Continental se caracteriza como uma feição alongada de cerca de 900 km de extensão ao longo da linha atual de costa, com direções que variam de NE a E-W. Sua origem está relacionada a um complexo conjunto de falhas normais, inversas e de empurrão e à reativação de antigas zonas de cisalhamento de idade terciária (Eoceno-Oligoceno) definidas por Hasui *et al.* (1984, *apud* JULIANI, 1992) como Faixa de Cisalhamento de São Paulo.

O embasamento do RCSB é composto principalmente por rochas metamórficas, migmatíticas e granitóides mobilizadas pelo Ciclo Brasileiro e outros ciclos anteriores (RICCOMINI *et al.*, 1992).

A Bacia de São Paulo é “considerada um hemi-graben, basculado para NNW, desenvolvido sobre Terrenos Cristalinos Pré-Cambrianos representados por granitos sin- e pós-tectônicos e por rochas metamórficas” (JULIANI *et al.*, 1992 *apud* L’APICCIRELLA, 2009), pertencentes ao Complexo Embu e aos grupos São Roque e Serra do Itabereba. A borda norte da Bacia de São Paulo é controlada pela zona de cisalhamento Taxaquara-Jaguari e apresenta feição retilínea. Já ao sul, os contatos com o Embasamento Cristalino são irregulares, sendo drenada pelos rios Pinheiros, Tamanduateí e seus afluentes (RICCOMINI; COIMBRA; TAKIYA, 1992 *apud* L’APICCIRELLA, 2009).

Segundo Fiume (2013), verifica-se que os lineamentos em escala regional possuem uma maior variedade de trends principais do que os lineamentos de escala local. No caso dos lineamentos de escala regional, em que as principais direções

possuem frequências parecidas, verifica-se uma maior importância, em relação aos comprimentos, da direção E-W, com predomínio para N80-90W. Com relação aos lineamentos de escala local, a direção de maior frequência, N-S, que se refere, também, à direção em que os comprimentos são proeminentes.

O Grupo Açungui é constituído pelos complexos Embu e Pilar. O Complexo Embu é composto por metassedimentos de fácies anfíbolito, ocorrendo predominantemente gnaisses peraluminosos e biotita-gnaisses com intercalações de anfíbolitos, rochas cálcio-silicáticas, quartzitos e quartzitos cálcio-silicáticos. Já o Complexo Pilar é composto por rochas metassedimentares de menor grau metamórfico de fácies xisto verde (HASUI; SADOWSKI, 1976; JULIANI, 1992).

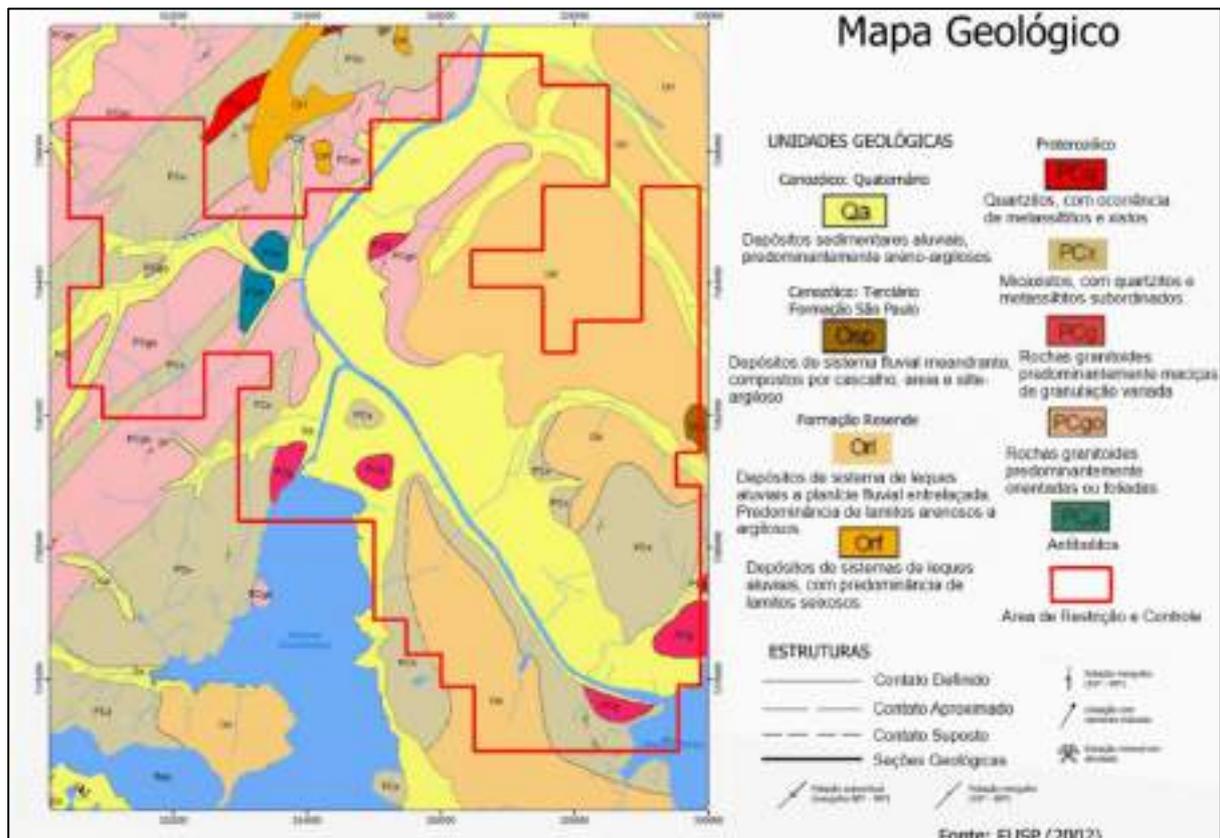
A estratigrafia da Bacia de São Paulo é composta pelo Grupo Taubaté com idade do Paleógeno. Este grupo é constituído pelas seguintes formações: Resende, Tremembé e São Paulo. As formações correspondentes ao Neógeno são: Itaquaquetuba e Pindamonhangaba. E, por fim, as coberturas aluvionares fluviais do Quaternário também integram a Bacia de São Paulo (RICCOMINI *et al.*, 1992).

Especificamente na região de estudo, correspondente ao Embasamento Proterozóico, afloram os granitoides PCg (predominantemente maciços e de granulação variada) de ocorrência bem distribuída, enquanto os granitoides PCgo (predominantemente orientados ou foliados) se concentram na porção noroeste da área; os micaxistos do Grupo Açungui (PCx) se destacam por apresentarem grande expressão em área e, mais ao norte, verifica-se a ocorrência local de quartzitos (PCq) e anfíbolitos (PCa) correspondentes ao Grupo São Roque. Quanto às unidades aflorantes à Bacia São Paulo, destacam-se as Formações Resende (Orl e Orf) e São Paulo (Osp). As Formações Tremembé e Itaquaquetuba não são aflorantes na área de interesse e, ao longo dos rios Pinheiros e Jurubatuba, afloram coberturas aluvionares do Quaternário (Qa), conforme demonstrado na **Figura 3** (L'Apicciarella, 2009).

A Formação Resende, unidade basal do Grupo Taubaté, aflora a norte (Orf), leste e a sul da área (Ori). Para Riccomini *et al.* (1992), esta unidade corresponde a cerca de 80% do preenchimento sedimentar da Bacia com depósitos relacionados a leques aluviais que gradam para depósitos correspondentes a planícies aluviais de rios entrelaçados.

A Formação São Paulo (Osp) ocorre de forma bastante restrita na porção leste da área e, conforme estudos de Riccomini *et al.* (1992), esta unidade corresponde a depósitos de sistema fluvial meandrante, com duas litofácies predominantes: uma corresponde a arenitos grossos conglomeráticos com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos; e outra composta por arenitos de granulação média a grossa com granodecrescência ascendente para sedimentos arenosos mais finos.

Figura 3 – Mapa geológico da área de estudo e entorno.

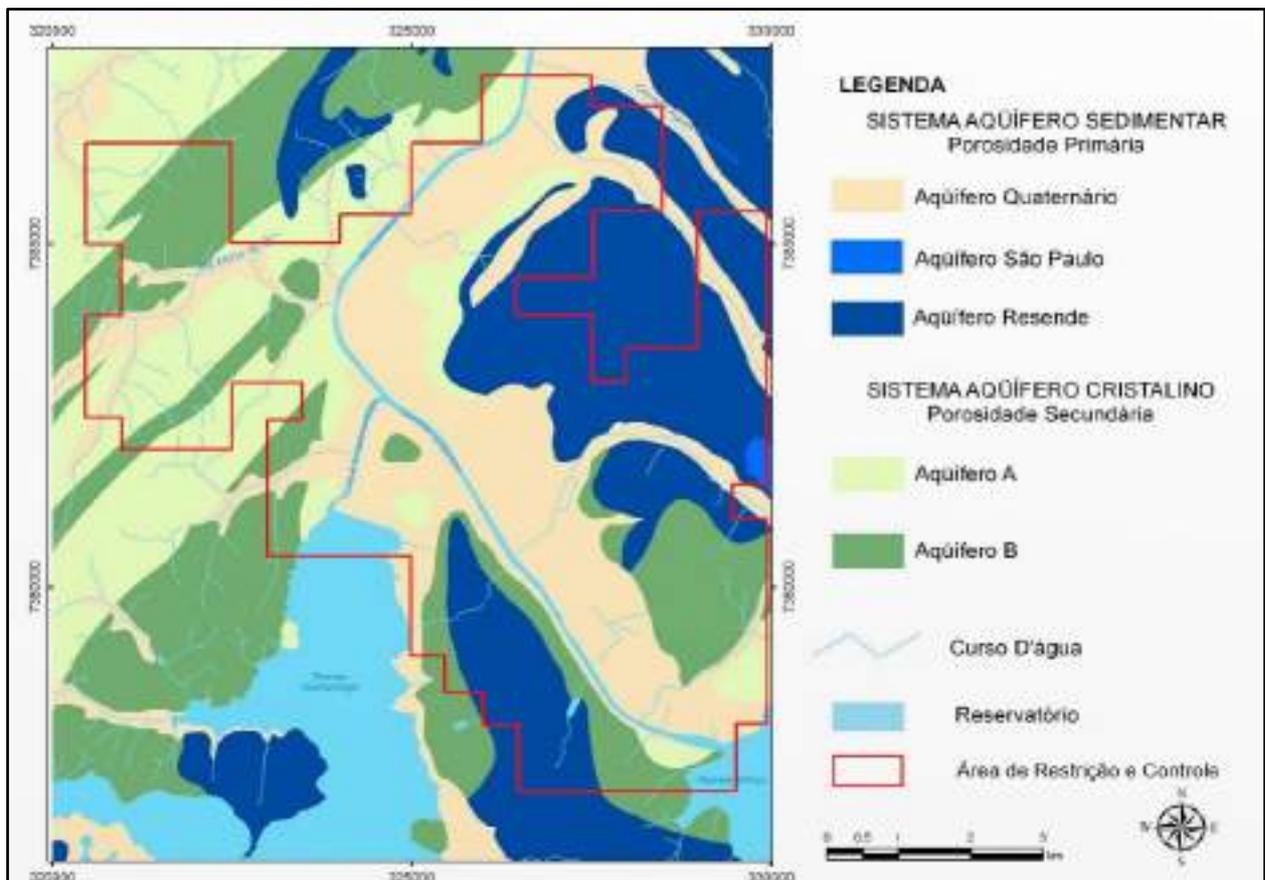


Fonte: FUSP (2002 *apud* L'Apicciarella, 2009).

7.3. Hidrogeologia Regional

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT) apresenta dois sistemas aquíferos distintos, sendo o primeiro relacionado ao Embasamento Cristalino, denominado Sistema Aquífero Cristalino (SAC), e o segundo relacionado aos terrenos sedimentares da Bacia de São Paulo, denominado de Sistema Aquífero Sedimentar (SAS), conforme apresentado na **Figura 4** (FUSP, 2002 *apud* L'Apicciarella, 2009).

Figura 4 – Mapa Hidrogeológico da área de estudo e entorno.



Fonte: FUSP (2002 *apud* L'Apicciarella, 2009).

O Sistema Aquífero Cristalino (SAC) é composto por rochas cristalinas do embasamento, e “seus limites coincidem aproximadamente com os divisores de drenagem superficial” (Hirata; Ferreira, 2001). Neste sistema, existem duas unidades com comportamentos hidrogeológicos distintos, sendo a primeira unidade (representada na **Figura 4** pelo Aquífero A) caracterizada por rochas intemperizadas e que, portanto, apresentam porosidade granular bastante heterogênea, e a segunda unidade (Aquífero B, na **Figura 4**) é o aquífero cristalino, formado por rochas (granitoides e metassedimentares) que ocorrem abaixo do manto de intemperismo e que apresentam porosidade secundária relacionada a falhas e fraturas. O SAC, aflorante na porção oeste da área, apresenta comportamento livre a semiconfinado (Hirata; Ferreira, 2001).

As rochas granitoides apresentam vazão média por poço de 9,1 m³/h e capacidade específica média de 0,2 m³/h/m, enquanto as rochas metassedimentares apresentam vazão média de 17,5 m³/h e capacidade específica média de 1,35 m³/h/m (L'Apicciarella, 2009).

De acordo com Rocha (2005 *apud* L'Apicciarella, 2009), é comum encontrar no aquífero cristalino, nos poços próximos entre si, vazões muito diferentes devido à variação no número, tipo, abertura e conexão das fraturas.

O Sistema Aquífero Sedimentar (SAS), “[...] de idade Terciária, é constituído pelas formações São Paulo e Resende” (L'Apicciarella, 2009), além de ser sobreposto por sedimentos Quaternários, como mostra a **Figura 4**. Esse sistema aquífero apresenta porosidade primária e é bastante heterogêneo (Hirata; Ferreira, 2001).

O Aquífero Resende, aflorante na porção leste da área de interesse, também apresenta comportamento livre a semiconfinado, e é composto por depósitos predominantemente por lamítos arenosos e argilosos (Orl) e por depósitos lamíticos seixosos (Orf). A vazão média por poço do Aquífero Resende é de 15,2 m³/h, e a capacidade específica média é de 0,9 m³/h/m (L'Apicciarella, 2009).

O Aquífero São Paulo (Osp) ocorre de maneira restrita na área de estudo e apresenta comportamento livre e semiconfinado, composto por depósitos de cascalho, areia e silte argiloso (Osp). Sua “vazão média por poço é de 9,5 m³/h e sua capacidade específica média é de 0,5 m³/h/m” (L’Apicciarella, 2009).

Por fim, o Aquífero Quaternário (Qa) se relaciona aos depósitos superficiais de idades mais recentes englobando “depósitos sedimentares aluviais, predominantemente areno-argilosos. Apresenta espessura métrica e é explorável através de poços tipo cacimba” (L’Apicciarella, 2009).

A recarga destes sistemas aquíferos ocorre de forma natural, ou seja, através de precipitação que infiltra no solo e atinge o aquífero ou de forma induzida através de água provenientes de fugas das redes de água e esgoto (Hirata; Ferreira, 2001). De acordo com Dias *et al.* (2005 *apud* Conicelli, 2014), “a recarga da área do centro expandido da cidade de São Paulo consiste de uma proporção de 45-60% de águas da fuga da rede pública e o restante, 40%-55% de águas de recarga natural”. Essas proporções foram calculadas pelos autores a partir de dados isotópicos obtidos através da precipitação pluviométrica observada em diferentes regiões de São Paulo e de medições efetuadas em poços de produção e de monitoramento.

Segundo Conicelli (2014), as faixas de recarga da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê “com valores de 0 a 300 mm/ano representam 43% da área total da bacia. Já as faixas acima de 300 mm/ano representam 57% da área”.

De acordo com Barbosa (2015), em seu estudo realizado na antiga Zona de Uso Predominantemente Industrial - ZUPI 131, o valor para condutividade hidráulica “variou de 10⁻⁹ a 10⁻³ m/s para os sedimentos; 10⁻⁸ a 10⁻⁴ m/s para o saprólito; e 10⁻⁹ a 10⁻⁶ m/s para o cristalino. Estes dados foram obtidos através dos métodos de *slug* e *bail test*” e interpretados utilizando métodos Hvorslev (1951) ou Bouwer & Rice (1976).

Ademais, nos estudos relacionados à condutividade hidráulica dos solos de alteração na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Pede (2004) obteve os seguintes valores de condutividade hidráulica média das rochas gnáissicas alteradas:

$7,51 \times 10^{-4}$ cm/s, pelo método de Hvorslev (1951); e $2,34 \times 10^{-3}$ cm/s pelo método de Bouwer & Rice (1976). E, “para as rochas metassedimentares alteradas, foram obtidos valores médios de $5,01 \times 10^{-5}$ cm/s e $7,99 \times 10^{-5}$ cm/s, respectivamente”. Esses resultados permitiram a Pede (2004) concluir que os valores de condutividade hidráulica são superiores nas porções mais rasas do embasamento alterado quando comparado com os níveis mais profundos, mesmo quando se considera a heterogeneidade intrínseca do meio e, que tal fato, pode estar relacionado às alterações químicas que podem ser mais significativas nas porções rasas.

7.4. Modelo Hidrogeológico Regional

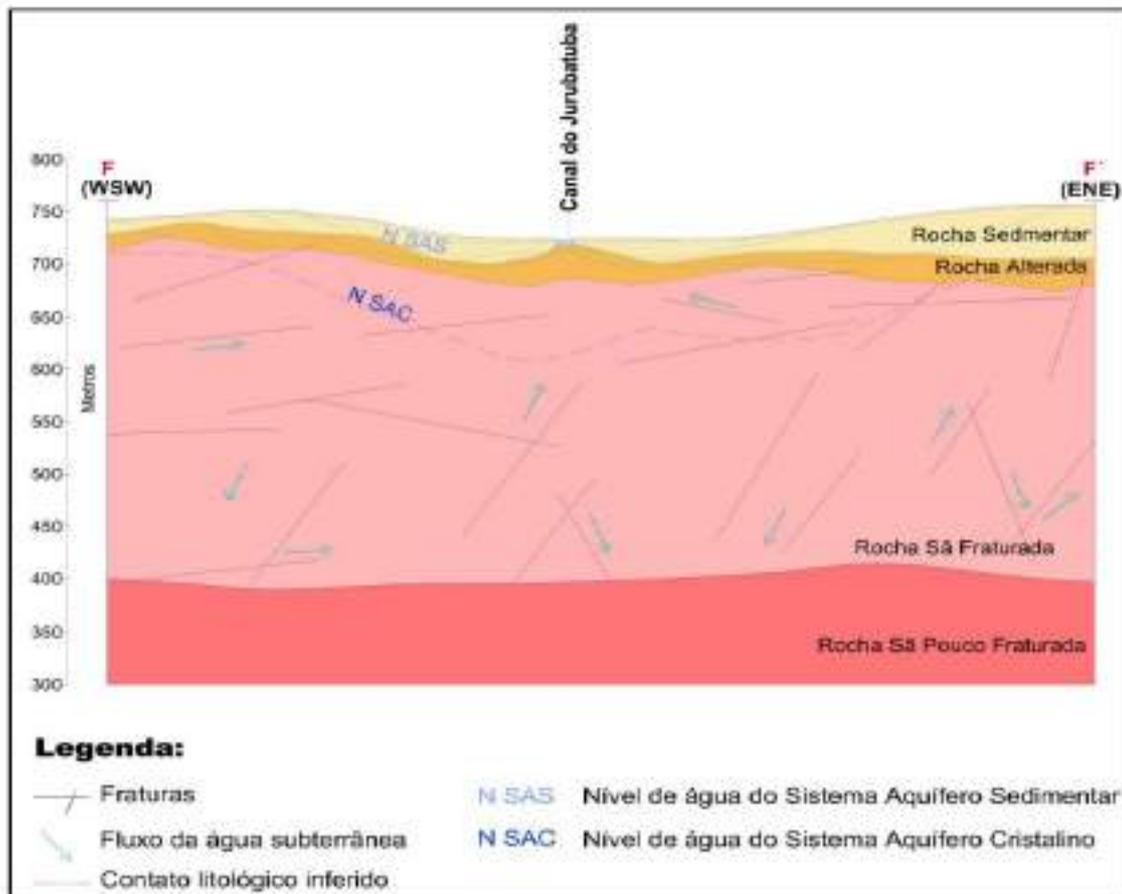
O fluxo da água subterrânea se dá, no Sistema Aquífero Cristalino (SAC), através de porosidade secundária (falhas e fraturas). Já na porção alterada do Cristalino, assim como nos sedimentos da Bacia de São Paulo, a porosidade primária/intergranular é determinante no comportamento da água subterrânea. Entretanto, conforme L’Apicciarella (2009) apontou, a porção alterada do Cristalino, em menor ou maior grau também preserva a estrutura da rocha e, portanto, também apresenta porosidade secundária.

Até o presente, considera-se o modelo hidrogeológico da área aquele proposto por Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), segundo o qual podem ser destacados os seguintes aspectos (**Figura 5**):

- O aquífero mais raso é realimentado pela infiltração de águas pluviais, perdas da rede pública e por algumas drenagens. Nas áreas sem rede de esgoto, as águas servidas infiltram, contribuindo também para a recarga do aquífero. A descarga subterrânea ocorre principalmente nos rios e represas;
- Os fluxos subterrâneos no aquífero sedimentar são predominantemente locais e as contaminações se referem a fontes primárias e secundárias; e
- Os fluxos subterrâneos no aquífero cristalino, mais profundo, ocorrem principalmente através de fraturas e fluxos verticais.

Destaca-se, ainda, que na região de estudo, há dois níveis de água, principalmente para a parte central da área, próximo ao canal Jurubatuba, quais sejam: um mais raso, associado ao aquífero sedimentar, concordante com os níveis das drenagens locais e outro mais profundo, devido ao forte bombeamento do aquífero cristalino (nível dinâmico). Embora o fluxo seja predominantemente horizontal, existe um fluxo vertical mais lento que transfere água da parte superior do aquífero (sedimento e rocha alterada) para a parte inferior (rocha cristalina sã), resultando em um nível dinâmico mais profundo no SAC.

Figura 5 - Modelo hidrogeológico conceitual da área de estudo.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

8. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES EXISTENTES

Este item compreende a apresentação dos resultados obtidos a partir de pesquisas e obtenção de dados e informações do acervo de instituições públicas, estaduais, federais e do município de São Paulo, colegiados gestores de recursos hídricos, por meio de consultas efetuadas via internet e diretamente no acervo das mesmas, realizando-se comunicações por e-mail e, muitas vezes, reuniões acerca do projeto com suas equipes técnicas e com a subsequente disponibilização das informações de interesse.

Foram realizadas, também, buscas via internet de artigos técnicos e científicos, bem como dissertações e teses, nos acervos das universidades ou, senão, disponíveis via homepages especializados de bases bibliográficas.

8.1. Revisão Bibliográfica

O primeiro estudo realizado na área de interesse compreendeu o financiado pelo FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos), intitulado *“Delimitação de Áreas de Restrição e Controle de Captação e Uso de Águas Subterrâneas no Município de São Paulo – Bloco B – Aquífero Cristalino”* que foi priorizado no ano de 2005 pelo CORHI (Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos), enumerado como Empreendimento CORHI nº 53 (Contrato FEHIDRO nº 39/2005), cujo Tomador foi o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) que, por sua vez, contratou a Empresa Servmar Serviços Técnicos Ambientais Ltda para desenvolvimento dos trabalhos (Contrato DAEE nº 2007/15/00031.00).

Os resultados desses trabalhos foram apresentados pela empresa Servmar no Relatório Final em 19 de dezembro de 2008 (Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2008) e no ano seguinte, foi editada a publicação como o Número 1 da Série *“Cadernos do Projeto Estratégico Aquíferos”*, intitulada *“Projeto Jurubatuba: Restrição e Controle de Uso da Água Subterrânea”* (São Paulo, 2009a).

Como decorrência dos resultados dos trabalhos desenvolvidos por Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) foi estabelecida a “*Área de Restrição e Controle para Captação e Uso das Águas Subterrâneas na Região de Jurubatuba, no Município de São Paulo*” por meio da Deliberação CBH-AT, nº 01 de 16 de fevereiro de 2011 (CBH-AT, 2011) a qual, foi subsequentemente homologada pela Deliberação do Conselho Estadual de Recursos (CRH) de número nº 132, na data de 19 de abril de 2011 (CRH, 2011).

Após os trabalhos pioneiros de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), várias pesquisas foram desenvolvidas na ARC Jurubatuba, na forma de dissertações de mestrado e teses de doutorado, bem como foram publicados diversos artigos científicos.

Em 2009, por exemplo, L’Apicciarella (2009) utilizou os dados de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) em pesquisa acadêmica que permitiu analisar, sob outro enfoque, os dados disponíveis. Na ocasião, quando houve a oportunidade de detalhar a revisão bibliográfica sobre as águas subterrâneas na ARC - Jurubatuba, foi possível pesquisar também sobre casos similares de contaminação e abordagem na gestão em outros países.

Adicionalmente, houve um detalhamento de questões inicialmente apontadas como, por exemplo, o cálculo de quanto o descarte de efluentes pode impactar o aquífero em uma zona desprovida de coleta de esgoto a partir da presença de organoclorados em galerias ambientalmente irregulares.

Segundo o mesmo autor, em uma das áreas declaradas contaminadas no bairro Campo Grande, a leste do canal Jurubatuba, observou-se sedimentos em galerias com concentração de PCE (Policloroetano) de 56.000 mg/kg, ou seja, acima de 50 g/kg, evidenciando, na ocasião, a presença de fontes ativas de contaminação.

Assim sendo, é importante ressaltar que, levando-se em conta a ocorrência de 50g de PCE em 1 kg de solo e o VOI (Valores Orientadores de Intervenção) do PCE (40 µg/L) para a água subterrânea, nota-se que 50g de PCE são suficientes para

contaminar, inicialmente, 1.250.000 litros de água. Inicialmente, porque, com a cadeia de degradação do PCE até o CV (Cloreto de Vinila), este volume fica ainda maior. Como a água de um aquífero está nos seus poros, que equivalem a menos de 50% do volume total do aquífero, aproximadamente 2.500 m³ do aquífero estariam comprometidos. Ou seja, estes 56 g de PCE detectados numa amostra de 1 kg de solo podem contaminar, minimamente, uma camada do aquífero de 25 cm de espessura em uma quadra urbana.

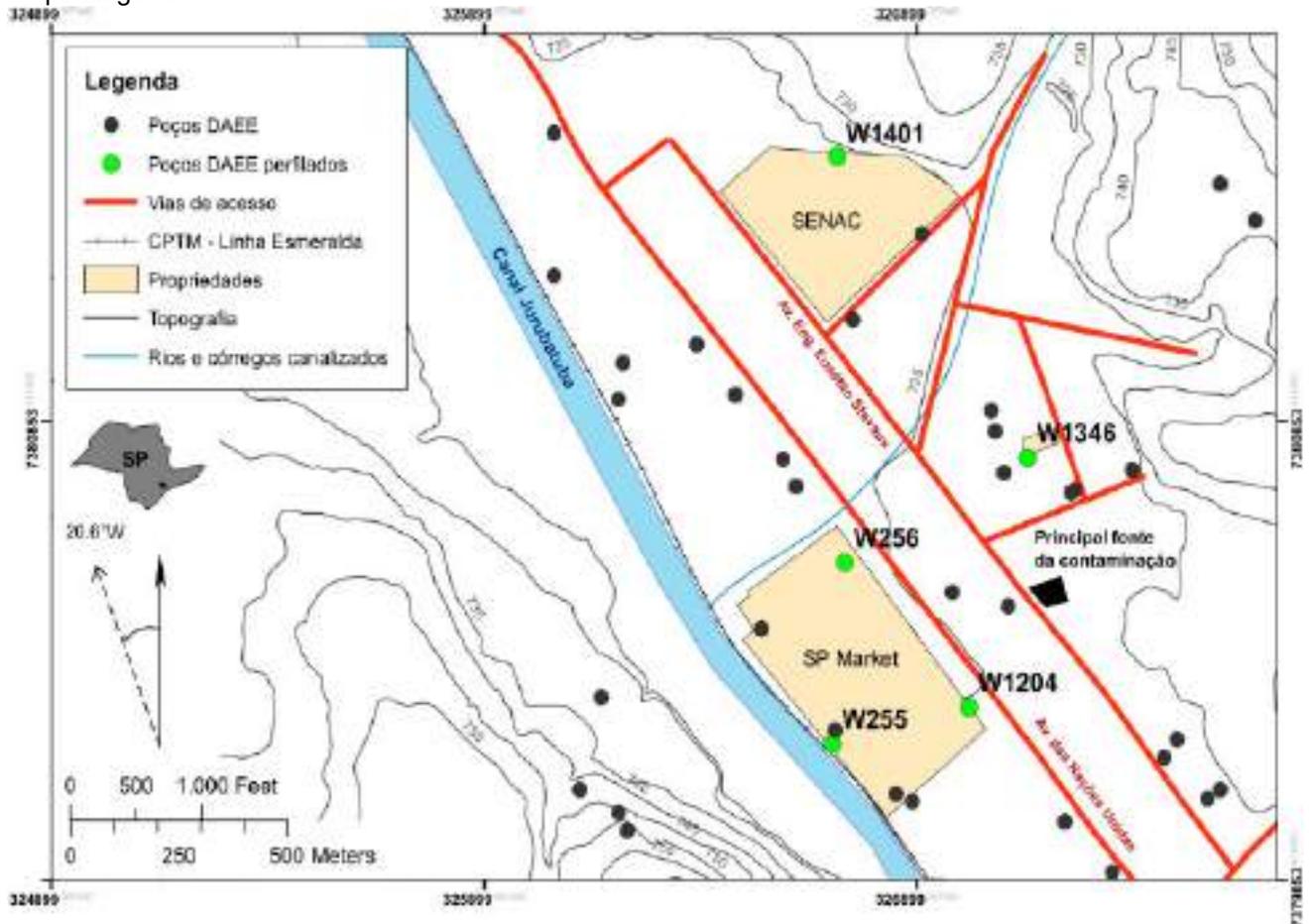
Alguns anos posteriormente, Ribeiro (2012) realizou perfilagens em cinco poços próximos ao Canal do Jurubatuba, na região do Shopping SP Market e Centro Universitário Senac (Bairro de Santo Amaro), conforme mostra a **Figura 6**.

Os resultados desse estudo mostraram que, nos poços investigados, mereciam destaque alguns grupos de fraturas, tal como, por exemplo, aquele que apresenta direção NE-SW, com mergulho baixo a moderado (ângulo de inclinação <70°).

Esse grupo de fraturas foi correlacionado com a direção de foliação e do bandamento, conforme os dados do seu estudo e com as fraturas associadas às falhas de direção NE-SW, que estavam sendo observadas em estudo ainda em andamento à época (FIUME, 2013) e, também, com fraturas associadas ao início da evolução do Rift Continental do Brasil do Paleógeno (Riccomini; Coimbra; Takiya, 1992).

Além, disso, Ribeiro (2012) constatou, a partir de observações nos poços (perfis de fluxo d'água, das leituras de temperatura e da condutividade elétrica), que possivelmente há várias zonas de fraturas hidráulicamente. A ocorrência de fraturas se estende até profundidades de 200 m em dois poços (W255 e W1204).

Figura 6 – Mapa de localização da área de estudo mostrando poços com execução de perfilações



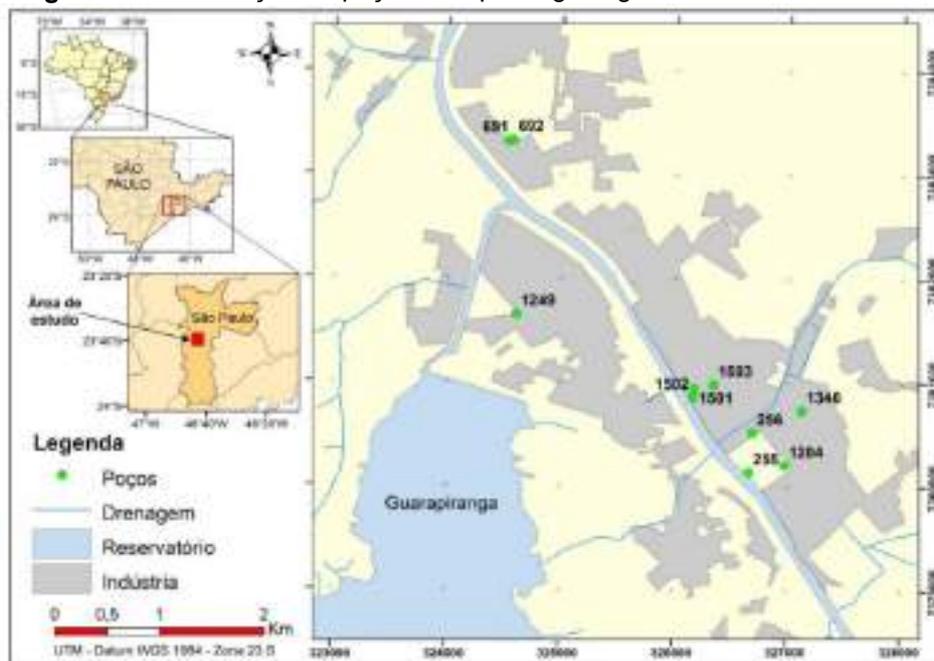
Fonte: Ribeiro (2012).

Fiume (2013) realizou uma detalhada investigação da geologia estrutural da região, a fim de elaborar um modelo conceitual da rede de fraturas das rochas que compõem o embasamento cristalino, utilizando os seguintes métodos:

- i. Fotointerpretação e Análise de lineamentos traçados em escala local e regional para obtenção preliminar dos *trends* estruturais mais relevantes em Jurubatuba;
- ii. Levantamento de fraturas em afloramentos; e
- iii. Aplicação conjunta de diferentes tipos de perfilagem geofísica em quatro poços profundos.

Na **Figura 7** verifica-se a localização dos poços que Fiume (2013) obteve dados de perfilagens acústicas efetuadas no Projeto Jurubatuba (números 691, 692, 1249, 1501, 1502 e 1503) e, também, aquelas perfilagens geofísicas que foram realizadas por Ribeiro (2012) (enumeradas de 255, 256, 1204 e 1346).

Figura 7 – Localização de poços com perfilagens geofísicas e acústicas.



Fonte: Fiume (2013).

Os resultados de Fiume (2013) permitiram a caracterização dos principais grupos de fraturas nos poços, que também puderam ser correlacionados às fraturas medidas em afloramentos. Assim sendo, o autor identificou os seguintes grupos de fraturas: a) NW a NNW, subvertical; b) E-W a ENE, subvertical; c) NE, subvertical; e) E-W a WNW, com mergulho entre 30°-60°; e f) NNE a NE, com mergulho 10°-40°.

A **Figura 8** mostra os mapas de Modelo Digital de Terreno (MDT) e Hipsométrico com o traçado dos lineamentos em escala local e a **Figura 9**, por sua vez, mostra o modelo conceitual de padrões de fraturamento nas rochas do embasamento cristalino e o significado para a circulação de águas subterrâneas modelo (Fiume, 2013).

Figura 8 – Mapa com traçados de lineamentos utilizando MDT em escala em detalhe e o mapa Hipsométrico da região de Jurubatuba.

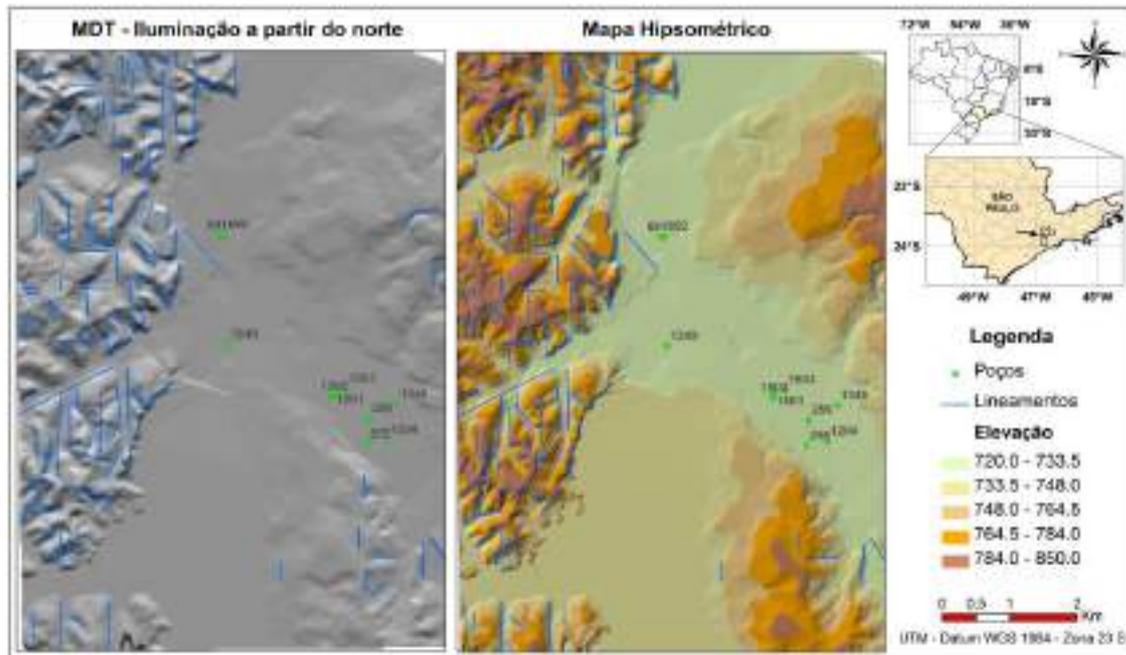
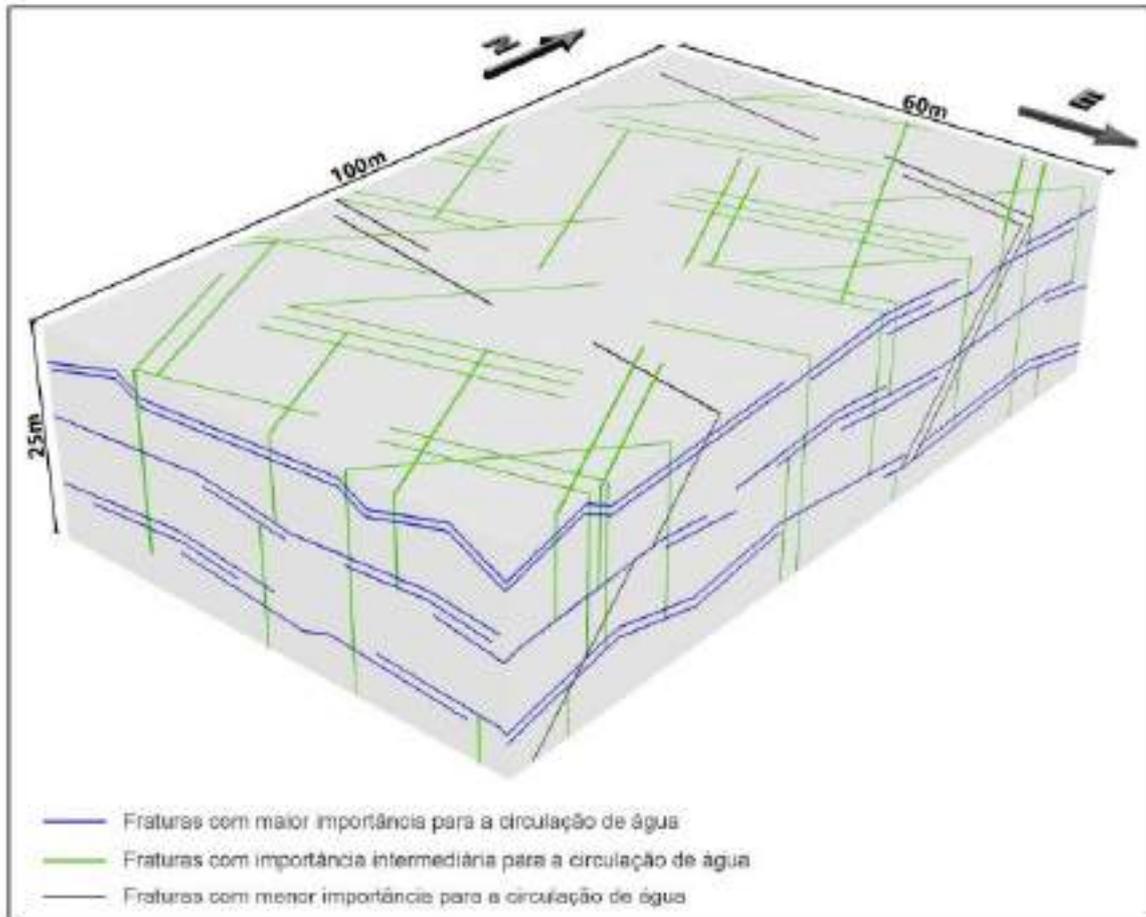


Figura 28 - MDT (a esquerda) e mapa hipsométrico (a direita) com o traçado de lineamentos em escala local

Fonte: Fiume (2013).

Figura 9 – Modelo conceitual de padrões de fraturamento e o significado para a circulação de águas subterrâneas.



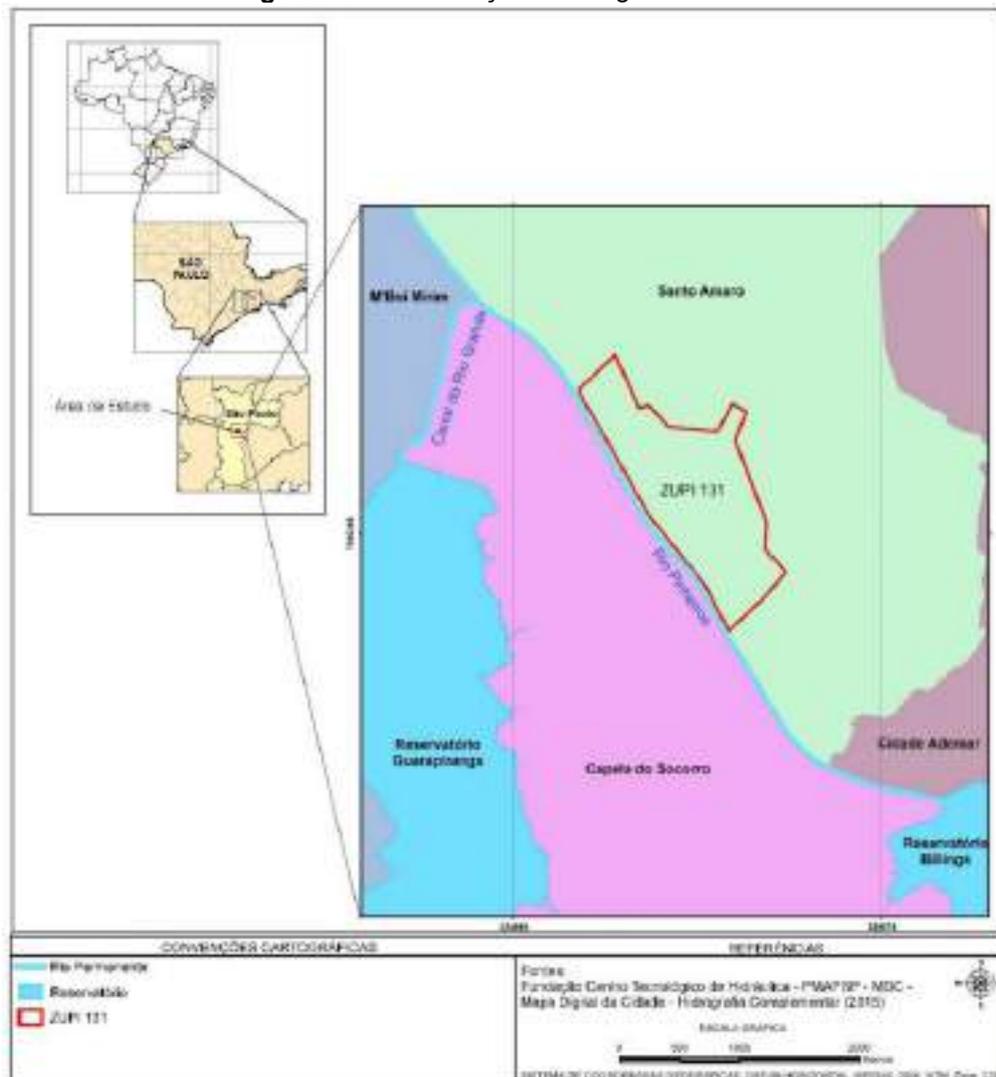
Fonte: Fiume (2013).

Barbosa (2015) focou seus estudos no desenvolvimento de técnica em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a elaboração de um modelo conceitual para o gerenciamento da contaminação no local da antiga área denominada de ZUPI-131 (Zona de Uso Predominantemente Industrial) em Jurubatuba (**Figura 10**).

A partir da categorização do uso de solventes halogenados pelos empreendimentos identificados e na localização das áreas contaminadas cadastradas com esse mesmo tipo de solventes, Barbosa (2015) indicou áreas prioritárias para a investigação da qualidade da água subterrânea. Sua área de estudo totaliza 2,6 Km² e os locais definidos como prioritários têm aproximadamente 0,8 Km². A **Figura 11**

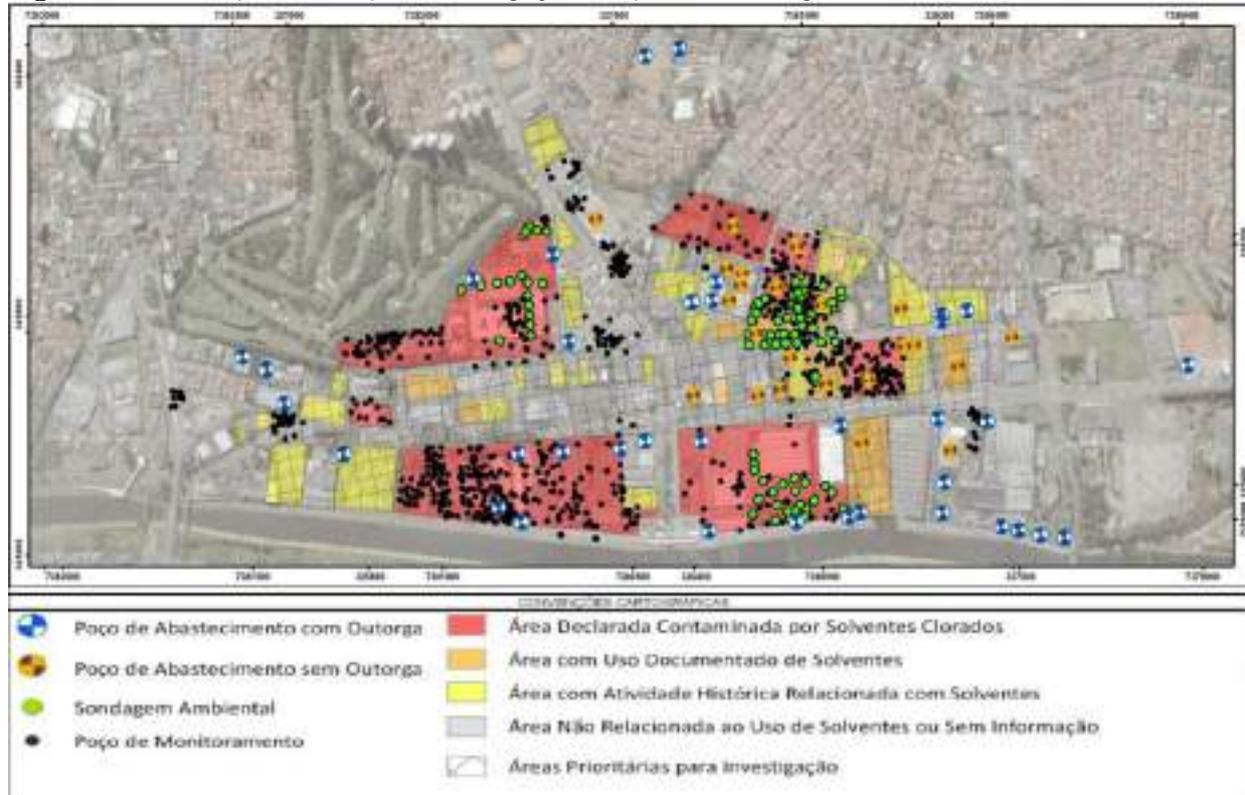
mostra os locais prioritários e os poços ali ocorrentes (incluindo poços de abastecimento com e sem outorga, sondagem ambiental e poços de monitoramento).

Figura 10 – Localização da antiga ZUPI 131.



Fonte: Barbosa (2015).

Figura 11 – Áreas prioritárias para investigação da qualidade da água subterrânea



Fonte: Barbosa (2015).

Em relação, também a estudos de contaminação de aquíferos, por solventes organoclorados, Lima (2018) conduziu uma pesquisa voltada para rochas cristalinas fraturadas, baseando-se em um método chamado *Discrete Fracture Network* (DFN). Um dos resultados obtidos foi a idealização de um modelo conceitual detalhado, revelando altas concentrações de contaminantes em horizontes de rocha alterada mole, onde foi constatada 99% da massa de VOCs (*Volatile Organic Compounds*). O citado autor explorou, também, o conceito de difusão reversa, que pode ser um fator agravante, elevando os níveis de contaminação mesmo em horizontes mais profundos e constituídos por materiais duros.

Outra pesquisa, também relacionada à hidroquímica da área de Jurubatuba diz respeito ao estudo de Silva (2018), que buscou estimar a recarga e a caracterização hidroquímica e isotópica das águas subterrâneas.

Segundo a citada pesquisa, o acumulado de chuvas mensal e a respectiva variação do nível d'água dos poços monitorados evidenciaram que a recarga dos aquíferos está sendo efetiva sob a precipitação pluviométrica média acima de 100 mm, confirmada pelo monitoramento da zona não saturada. Ou seja, foi possível identificar que a recarga efetiva dos aquíferos no local estudado ocorre nas épocas mais chuvosas, enquanto nos meses mais secos as águas das chuvas não são suficientes para recarregar os aquíferos.

Além disso, ainda segundo o mesmo autor, o Amônio foi o indicador mais eficaz na determinação de contribuição antrópica de esgoto, tendo sido identificados, também, nitrato, cloretos e sulfatos. Por fim, o autor observou que a recarga potencial pelo método do balanço hídrico apresentou média anual de 18,84% do total da precipitação pluviométrica e a estimativa de recarga média pelo método da variação do nível d'água mostrou proporção de 16,27% do total da precipitação pluviométrica. Por sua vez, o método isotópico indicou média geral de 51,7% de contribuição antrópica na mistura das águas subterrâneas, principalmente nos aquíferos de porosidade intergranular.

Outra contribuição importante para o conhecimento da contaminação da área de Jurubatuba e soluções para o seu enfrentamento pode ser observada nos resultados obtidos por Ferreira (2018), cuja pesquisa demonstrou a eficácia da biodegradação de etenos clorados, mesmo em baixas concentrações de carbono orgânico. Os estudos de campo e laboratório confirmaram a presença dos genes *vcrA*, *bvcA* e *tceA*, que são importantes para estimular a degradação. O citado autor, ressaltou que as condições naturais da área de estudo não favoreceram a biorremediação que foi proposta, sendo sugerida uma bioestimulação para obtenção de melhores resultados.

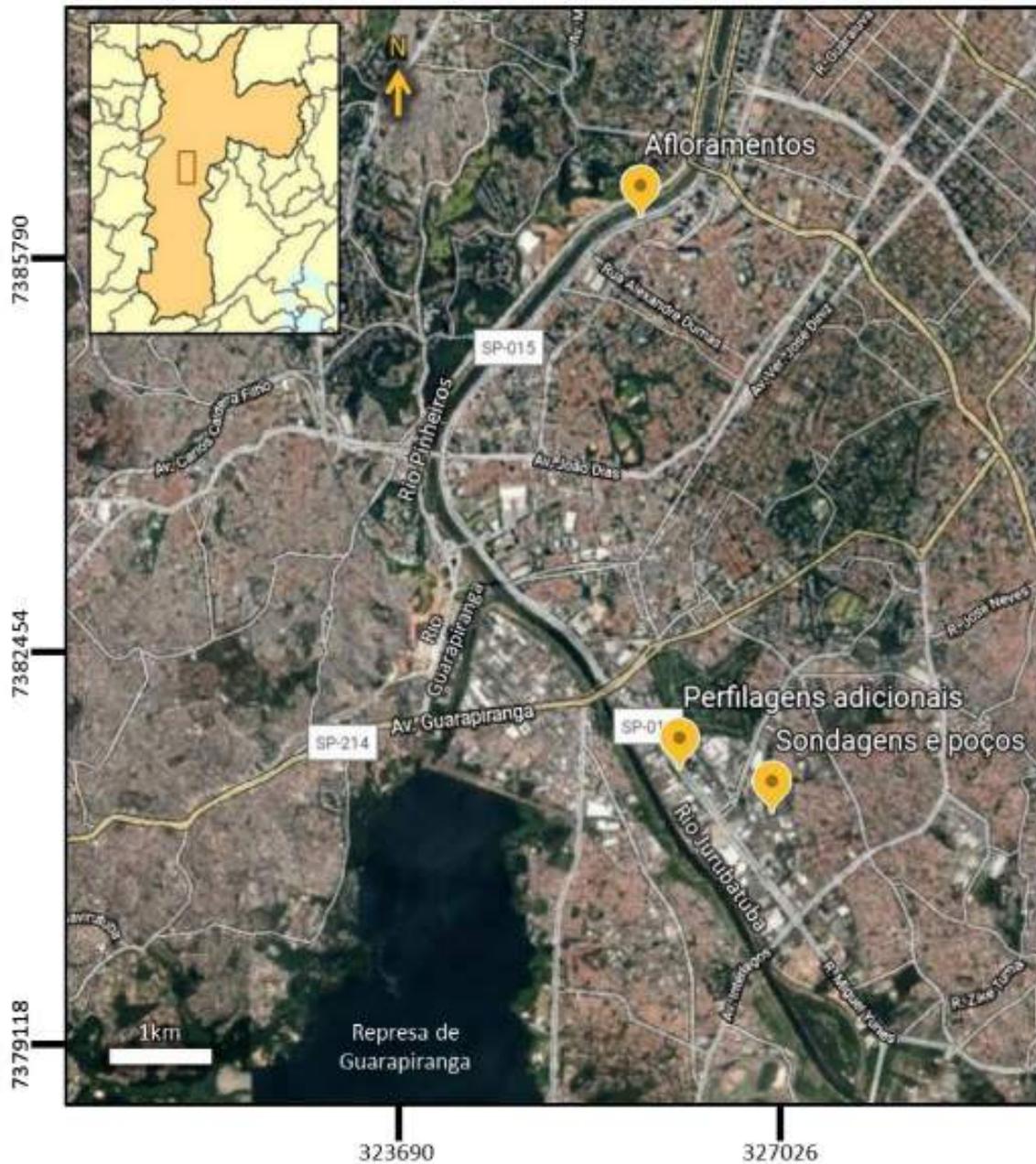
Posteriormente, Barbosa (2019) efetuou pesquisa em 29 poços tubulares, sendo três localizados na região de Jurubatuba visando desenvolver métodos de caracterização de aquíferos fraturados. Essa caracterização foi realizada por meio de ensaios hidráulicos, amostragens com obturadores e, principalmente, técnicas geofísicas, as quais foram compostas por oito sondas, de forma sequencial, da seguinte forma: câmera, calíper, gama, ótico, acústico, resistividade, temperatura e condutividade ou resistividade do fluido e *flowmeter*.

Ainda no mesmo ano, Pino (2019) focou seu estudo nos aspectos estruturais e hidráulicos do aquífero fraturado em uma área próxima ao rio Pinheiros e ao Canal Jurubatuba.

As atividades da pesquisa do citado autor, ocorreram em três locais (**Figura 12**), quais sejam:

- i. Sondagens e poços - local onde foram realizadas perfurações em solo e em rocha, perfilagens, ensaios hidráulicos e instalação de poços;
- ii. Afloramentos - visita a afloramentos; e
- iii. Perfilagens adicionais - perfilagens e ensaios hidráulicos em poços já existentes.

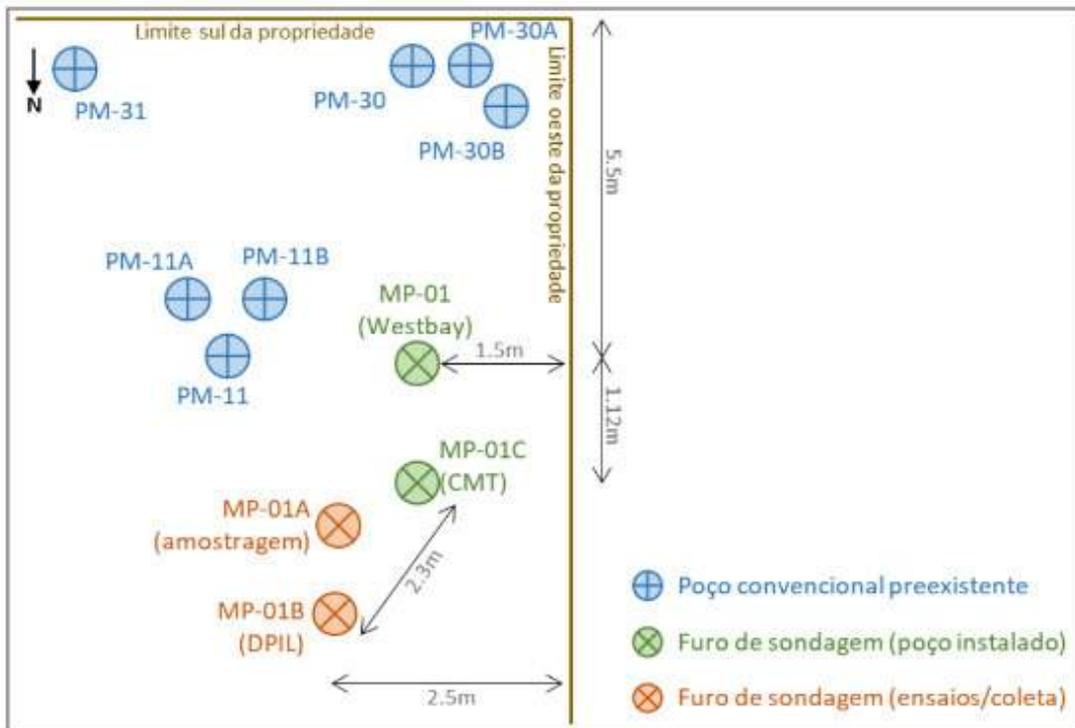
Figura 12 – Localização dos pontos de estudo do aquífero fraturado no rio Pinheiros e no Canal de Jurubatuba.



Fonte: Pino (2019).

A **Figura 13** mostra as sondagens realizadas no ponto “Sondagens e poços” da **Figura 12**. A sondagem MP-01 apresenta profundidade de 60,13 m e seu objetivo foi de coletar amostras (testemunhos), execução de ensaios em furo aberto e selado e instalação de poço tipo Westbay. Por sua vez, a sondagem MP-01A apresenta profundidade de 20 m e foi realizada para amostragem complementar de solo e rocha alterada. Por último, as sondagens MP-01B (profundidade de 12,86 m) e MP-01C (profundidade de 14,5 m) tiveram objetivo, respectivamente, de realizar ensaio DPIL (*Direct Push Injection Logging*) e instalar poço do tipo CMT (poço multinível tipo *Continuous Multichannel Tubing*).

Figura 13 - Localização dos pontos de sondagem do aquífero fraturado no rio Pinheiros e Canal de Jurubatuba.



Fonte: Pino (2019).

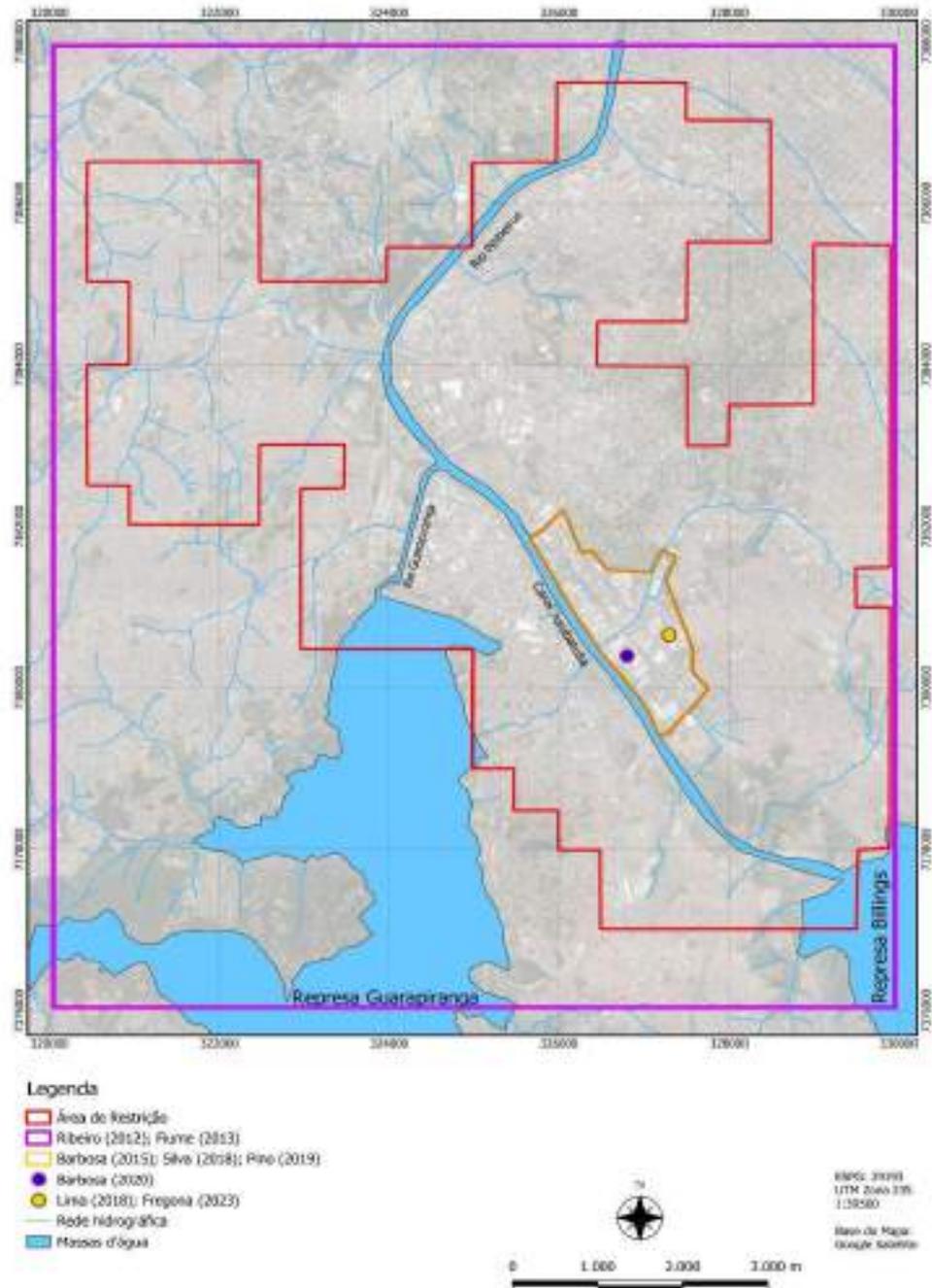
Quanto às contribuições relativas ao entendimento da dispersão de contaminantes na área de Jurubatuba, pode ser citado o estudo de Fregona (2023), que constatou existirem heterogeneidades e interconexões nos aquíferos na área de interesse, que acabam por influenciar a dispersão de etenoclorados. Os resultados das análises efetuadas pelo citado autor demonstraram a ocorrência de zonas com condições favoráveis à atenuação natural, principalmente onde predominam as reações sulfato-redutoras e as altas concentrações de metano. Junto a isso, áreas com reações ferro-redutoras indicaram limitações na degradação completa dos contaminantes.

Em paralelo, há também alguns estudos, como os estudos de Consentino (2017) e Dias (2021), que utilizaram técnicas de cartografia e dados regionais de áreas contaminadas na RMSP.

Por fim, considera-se importante mencionar as pesquisas realizadas por Fanti (2015), Sartorio (2019), Hart (2023) e Nascimento (2023) que discorrem sobre metodologia de investigação de áreas contaminadas em aquíferos fraturados e assim, podem contribuir para investigações que venham a ser especificamente realizadas na ARC - Jurubatuba.

A **Figura 14** apresenta um mapa resumo dos estudos mencionados anteriormente e enfocando a área de interesse do presente projeto. De acordo com a abrangência observada neste mapa, verifica-se que há uma concentração de estudos realizadas na região do Canal do Jurubatuba, coincidentemente onde há e onde havia uma concentração de áreas industriais, e que foram alvo de investigações ambientais ao longo dos anos, incluindo áreas que tiveram alteração de uso e ocupação, e que portanto passaram por ações de remediação.

Figura 14 – Mapa resumo dos estudos levantados



Fonte: Ribeiro (2012), Fiume (2013), Barbosa (2015), Silva (2018), Lima (2018), Pino (2019), Barbosa (2020), Fregona (2023)

8.2. Dados hidroquímicos de poços

De acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Consórcio COBRAPE-JNS, 2019), na área da Bacia do Alto Tietê - BAT (UGRHI 06) existiam 12.000 poços, dos quais 10.000 se encontravam em operação produzindo cerca de 12 m³/s, sendo que uma parcela pouco significativa dessas captações é outorgada e, portanto, não existem dados representativos sobre as condições dessa extração.

Os dados de poços tubulares obtidos através do projeto Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) mostram a existência de 513 poços na área de estudo.

De acordo com Campos (1993 *apud* Rocha, 2005), as águas subterrâneas do território paulista são caracterizadas por:

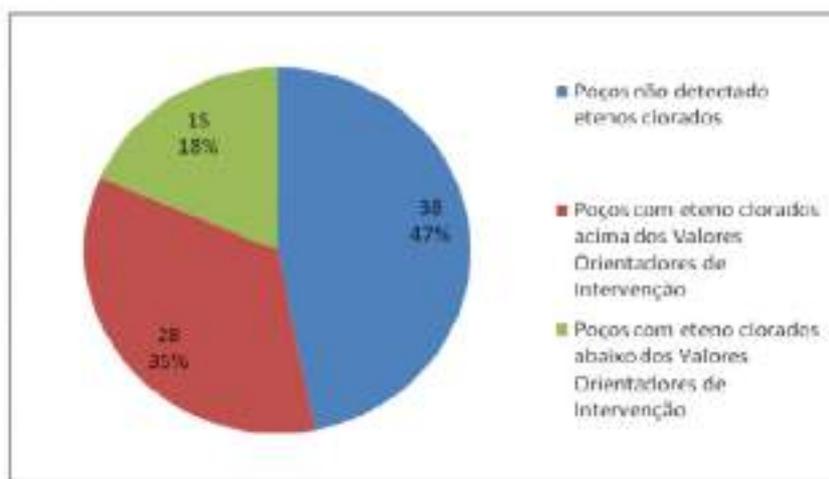
- Baixa salinidade;
- Serem bicarbonatadas, secundariamente sulfatadas e cloretadas; e
- Serem essencialmente cálcicas, seguidas de sódicas e das cálcicas magnesianas.

Em estudo realizado na área de interesse, a Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) obteve dados de 93 poços com análises químicas efetuadas em trabalhos anteriores por outras instituições, empresas ou usuários privados, sendo que em 81 foram analisados os parâmetros em atendimento à Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 e/ou foram efetuadas análises químicas de varredura de VOC (*Volatile Organic Compounds* ou Compostos Orgânicos Voláteis). Os resultados obtidos permitiram observar que, desse total, 43 poços apresentaram níveis de etenos clorados (EEC) e etanos clorados (EAC) acima ou abaixo dos Valores Orientadores de Intervenção VOI, conforme mostra a **Figura 15**.

Por sua vez, a Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), durante os seus estudos, realizou amostragem e análises laboratoriais em 9 poços, constatando que 5 detectaram EEC e EAC com valores abaixo e acima do VOI.

É importante destacar que essa amostragem confirmou a ocorrência de novos poços contaminados por EEC e EAC, em relação ao total de poços anteriormente registrados e assim sendo, o total de poços com a presença destes contaminantes passou a totalizar 46 poços.

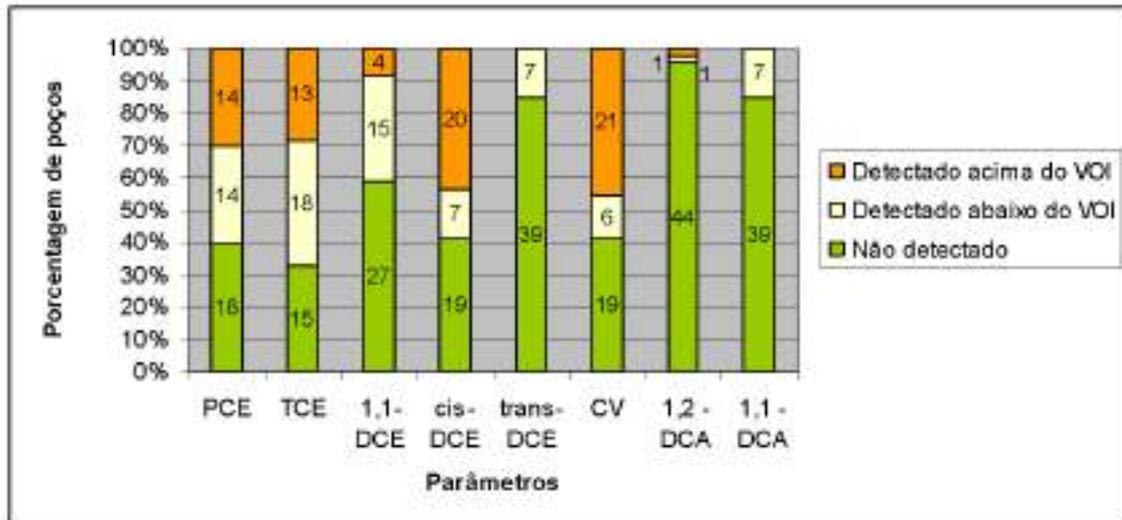
Figura 15 - Distribuição proporcional de poços com compostos EEC e EAC.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Dentre os compostos encontrados destacam-se o tricloroetano (TCE), percloroetileno (PCE), cloreto de vinila (CV) e 1,2-dicloroetano (cis-DCE). O TCE foi o composto a ocorrer com maior frequência, tanto acima quanto abaixo dos limites considerados para VOI. Além disso, as maiores porcentagens detectadas superiores ao VOI foram para os compostos: cloreto de vinila (CV) e 1,2-dicloroetano (cis-DCE) (**Figura 16**).

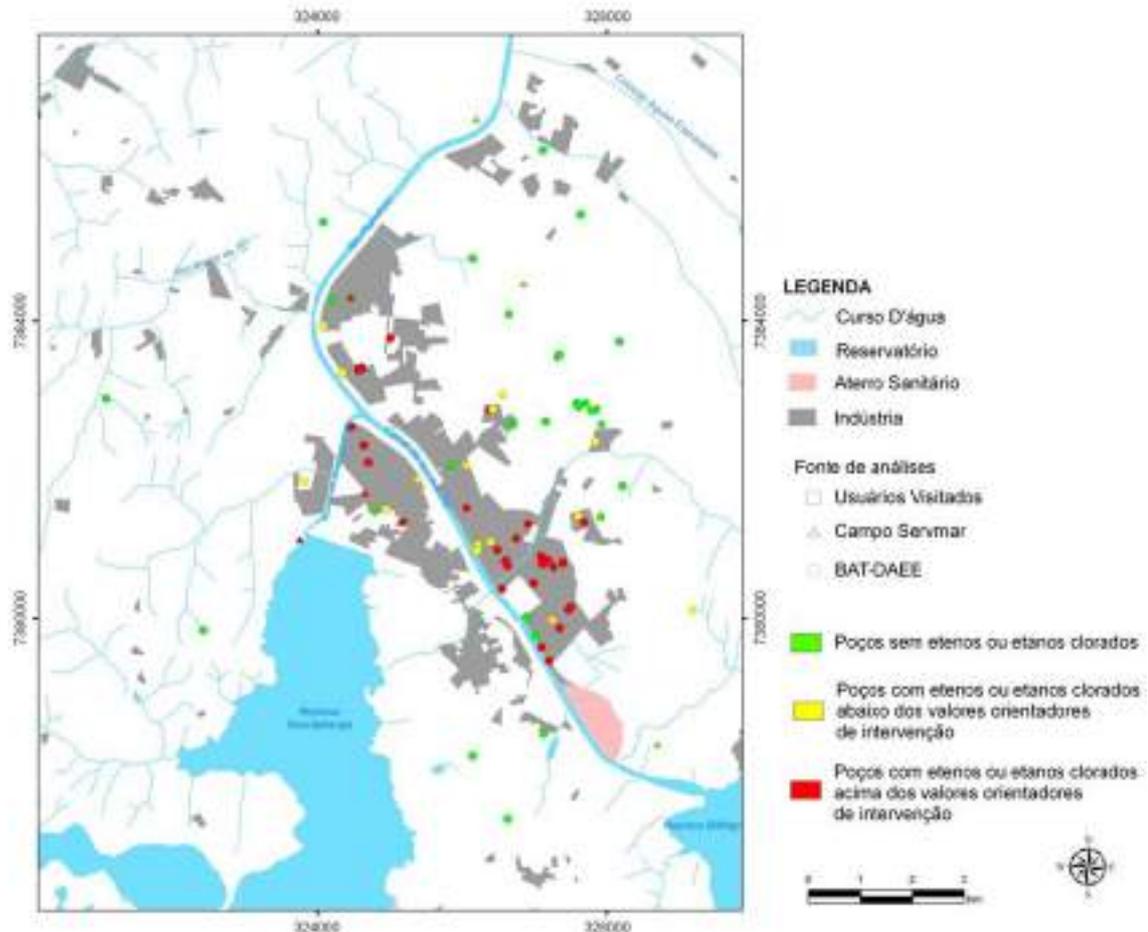
Figura 16 - Frequência observada de organoclorados nos poços.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Observa-se a partir da **Figura 17**, que os poços com análises de água com valores acima dos VOI se concentram na área industrial e nas proximidades do canal do Jurubatuba.

Figura 17 – Resultados de análises químicas para etenos e etanos clorados.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Além dos compostos organoclorados, foram detectados outros compostos acima dos padrões de referência nas análises em geral. Os parâmetros inorgânicos com níveis acima e abaixo dos valores de referência, foram, principalmente: ferro, manganês e, localmente, alumínio, chumbo, arsênio, nitrato, bário, zinco, amônia e sulfato.

As águas subterrâneas locais apresentaram, também, em desacordo com os padrões considerados, os parâmetros relativos a odor e sabor, dureza, alcalinidade, cloretos, radioatividade alfa e beta, benzeno, tetracloreto de carbono e trihalometanos. e, ainda, os indicadores bacteriológicos (Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2008).

Segundo Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), a ocorrência de manganês e ferro foram consideradas em teores naturais, associados às litologias presentes na região. Ressalta, entretanto, que valores anômalos desses parâmetros podem, também, estar relacionados com a degradação de matéria orgânica natural e dos próprios contaminantes orgânicos (hidrocarbonetos e organoclorados), que, por sua vez, interagem com a geoquímica do ferro e manganês. Portanto, as causas podem ser naturais e humanas.

Por sua vez, a ocorrência de nitrato e cloreto acima dos valores de referência, é considerada, em geral, como sendo um traçador de contaminação de origem antrópica nos aquíferos. Em áreas urbanas, esses contaminantes são provenientes, principalmente, de vazamentos na rede de esgoto.

8.3. Dados de exploração e uso da água dos poços

As águas subterrâneas têm um importante papel para a complementação do fornecimento de água pela rede pública de abastecimento da Bacia do Alto Tietê (BAT) e contribuindo para diminuir o desequilíbrio entre oferta e demanda. Os principais usos das águas subterrâneas são: doméstico, industrial e agrícola (Consórcio COBRAPE-JNS, 2019).

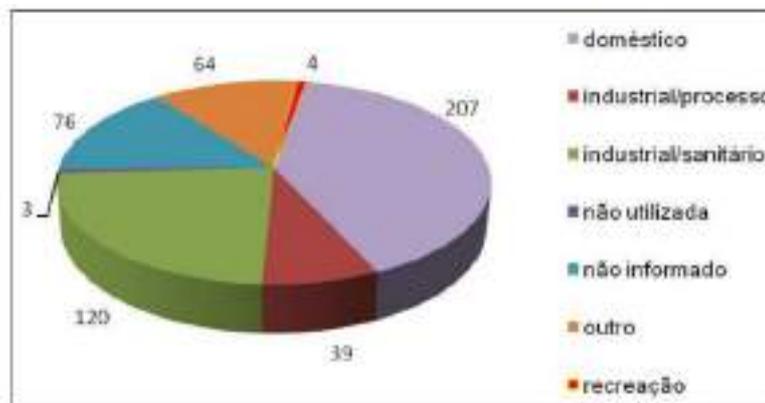
Entretanto, a não determinação precisa dos volumes das extrações totais que ocorrem nos aquíferos da BAT representa uma lacuna de conhecimento importante para a gestão dos recursos hídricos da Bacia. Nesse sentido, uma questão importante diz respeito à estimativa do nível de exploração irregular, que ultrapassa em mais de 50% os regulares (Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2012). Esse desconhecimento dificulta a quantificação tanto da disponibilidade, quanto da real demanda das águas subterrâneas.

Segundo Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), na oportunidade do estudo havia 513 poços cadastrados que exploravam água subterrânea, considerando

que esses operavam durante 20 h por dia, a vazão outorgada alcançava total de 33.681 m³/dia.

De acordo com o citado estudo, a demanda subterrânea principal da região de Jurubatuba é para atendimento a usos domésticos (207 poços), seguindo-se de industrial (159 poços para fins sanitários), conforme pode ser observado na **Figura 18**.

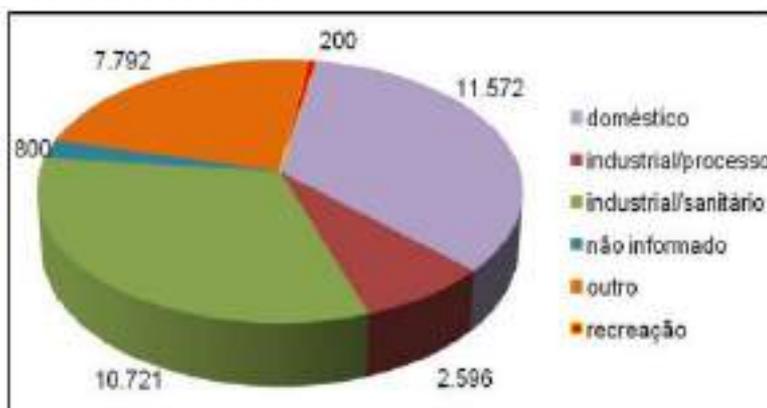
Figura 18 – Demanda de águas subterrâneas conforme tipo de usuário na área de estudo.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Quanto ao volume explotado e, ainda segundo o citado estudo, os maiores volumes de água na área de estudo são demandados para atendimento ao uso industrial (incluindo fins sanitários), seguido pelo uso doméstico (**Figura 19**).

Figura 19 - Tipos de usuários e demandas de água subterrânea na área de estudo.



Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Em relação ao aquífero explorado, o estudo de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) constatou que a maioria dos poços da área de interesse capta o Sistema Aquífero Cristalino.

Nesse sentido, valores de vazão obtidos nos testes de bombeamento executados no aquífero misto, durante o desenvolvimento do citado trabalho, apresentaram a maior vazão média de cerca de 13,1 m³/h. Por sua vez, e quanto à vazão específica, os poços que apresentaram maiores valores foram aqueles que captam o aquífero sedimentar (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Quadro geral de produtividade e vazões explotadas nos aquíferos da área de estudo.

Sistema Aquífero Explotado	Sedimentar			Cristalino			Misto		
	Vazão (m ³ /h)*	Vazão Específica (m ³ /h/m)*	Vazão Outorgada (m ³ /h)	Vazão (m ³ /h)*	Vazão Específica (m ³ /h/m)*	Vazão Outorgada (m ³ /h)	Vazão (m ³ /h)*	Vazão Específica (m ³ /h/m)*	Vazão Outorgada (m ³ /h)
Média	7,40	0,70	6,50	9,50	0,20	9,10	13,10	0,42	6,30
Mínimo	0,45	0,02	0,40	0,40	0,003	0,40	0,57	0,01	0,60
Máximo	80,00	5,55	80,00	46,60	1,4	45,00	45,00	0,50	12,10
n	32	30	33	104	76	89	27	13	19
NI	4	6	3	16	44	31	9	23	17

*Vazões obtidas em testes de bombeamento; **n**= número de poços com dados de vazão; **NI**= número de poços sem informação de vazão.

Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008)

Segundo o estudo de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), as informações acerca dos 513 poços considerados, na oportunidade, são incompletas, pois, nota-se que não constam nos cadastros existentes à época, uma parte das informações sobre qual aquífero explotado, vazão de produção e fins a que se destinam a água captada (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Dados gerais de captação e destinação da água nos poços cadastrados na área de estudo

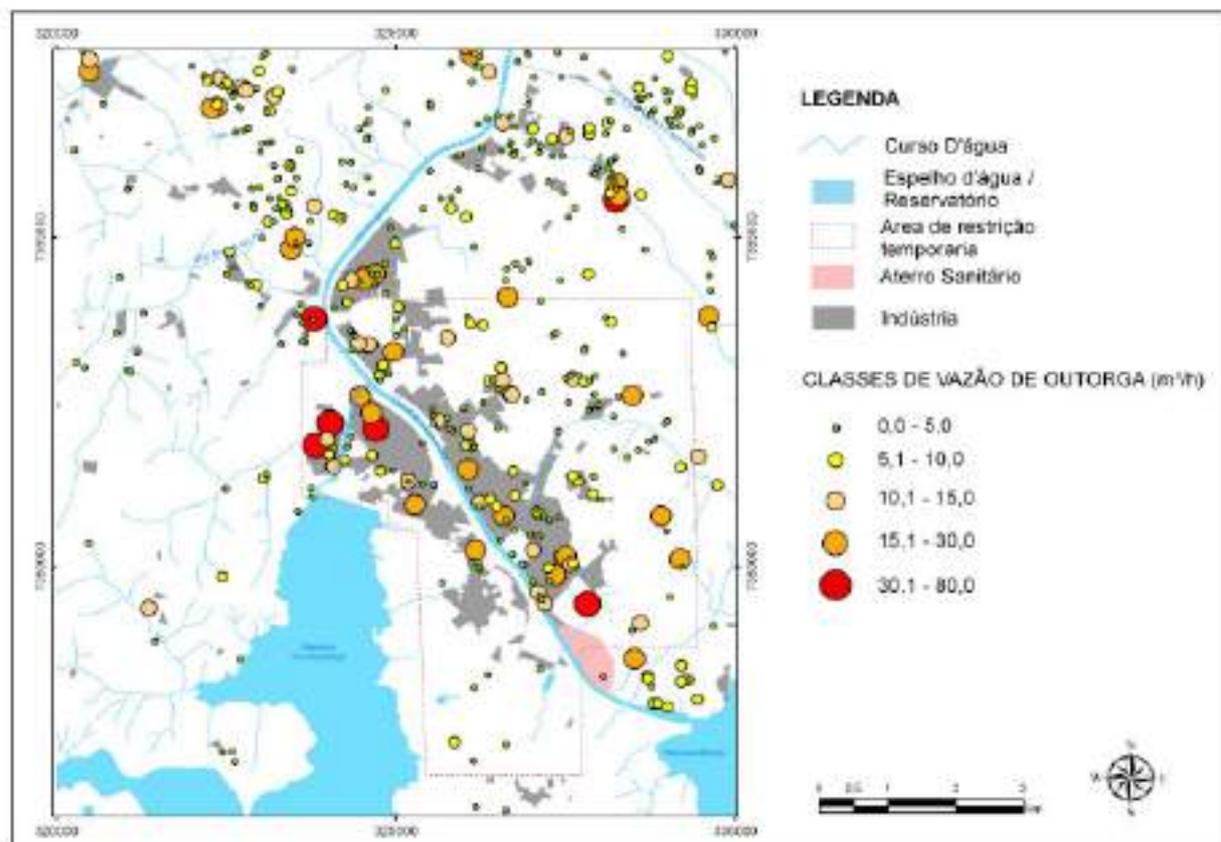
Uso	Poços com informação de vazão (a)	Poços sem informação de vazão por uso (a)	Vazão Outorgada (m ³ /dia) (b)
Doméstico	144	63	11.572,10
Industrial/processo	28	11	2.595,50
Industrial/sanitário	90	30	10.720,70
Não informado	4	72	800
Outro	51	13	7.792,30
Recreação	3	1	199,6
Não utilizada	3	0	0
Totais	323	190	33.680,20

Observação: (a) Nos dados cadastrais de 320 poços não estava informado qual aquífero explotado; e (b) Nos dados cadastrais de 229 poços não constavam dados de vazão outorgada.

Fonte: Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008).

Em relação à distribuição de poços de acordo com o intervalo de vazão bombeada, constatou-se que os valores mais elevados ($Q > 30,1 \text{ m}^3/\text{h}$) são observados nos setores industriais, próximos aos cursos d'água (**Figura 20**).

Figura 20 - Mapa de distribuição por classes de vazão de outorga.



Fonte: Adaptado L'Apicciarella (2009).

8.4. Dados de balanço hídrico

Com o intuito de obter uma estimativa da recarga dos aquíferos na região da UGRHI-06 (Alto Tietê), a empresa Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2012), em seu estudo, realizou o balanço hídrico utilizando a metodologia de Thornthwaite & Matter (1948) modificada, uma vez que foram avaliadas as características de escoamento superficial considerando o tipo de solo e declividade topográfica.

Dessa forma, Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2012) obteve resultados onde “as estimativas obtidas pelo balanço hídrico indicam que as maiores taxas de recarga (407 mm/ano) estão associadas às áreas com solo arenoso, baixa declividade

e maior precipitação relativa”, entretanto, esse cenário ocorre predominantemente em áreas cobertas pela zona urbana, onde o efeito da recarga natural é diminuído.

O citado estudo indicou, também, que “as faixas de recarga com valores de 106-300 mm/ano representam aproximadamente 43% da área total da BAT. Já as faixas acima de 300 mm/ano representam cerca de 57% da área da bacia”. Em “áreas onde há rede de distribuição de água, mas não há rede de coleta de esgotos, os valores de recarga urbana” denotaram valores da ordem de 560 mm/ano. E, ainda segundo o mesmo autor, essa diferença na recarga é devido à falta de rede de coleta de esgotos que “possibilita uma infiltração direta de esgotos através de fossas negras e sépticas” e que estas áreas de recarga representam cerca de 0,15% da área da BAT.

Além desses dados, a pesquisa de Silva (2018), citada no **item 8.1**, estimou que a maior recarga anual no período avaliado, entre maio/2013 e abril/2016, utilizando o método da variação do nível d'água do aquífero na região de Jurubatuba, foi de 226,81 mm/ano (período total avaliado) ou de 19,77% do total de precipitação. Quanto ao valor de recarga média obtido para o período avaliado, foi observado 16,27% do total de precipitação pluviométrica (mm). Os resultados das análises isotópicas indicaram o valor médio de contribuição de recarga de fontes de origem antrópica (água de abastecimento) como sendo de 51,7% na mistura das águas subterrâneas.

A **Figura 21**, apresenta dados do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da FABHAT (2023) a respeito de vazões outorgadas no período de 2018 a 2022 na BAT. No gráfico foram consideradas transposições do Sistema Cantareira (33 m³/s) e do São Lourenço (6,4 m³/s).

Figura 21 - Demandas por tipo de captação.



Fonte: CRHI (2023 *apud* FABHAT, 2023).

Em 2022, o cadastro de outorgas apresentou 7.586 captações subterrâneas, explorando cerca de 10,15 m³/s. Já para água superficial, constam 898 captações com aproximadamente 56,17 m³/s outorgados (FABHAT, 2023).

Segundo o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Consórcio COBRAPE-JNS, 2019), a demanda por água estimada para o ano de 2015 para os municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT) era de 85,4 m³/s e a projeção feita para o ano de 2045, no Cenário Tendencial (que é um dos três cenários avaliados, sendo esse o que pressupõe que a realidade futura tende a ser um prolongamento da realidade atual), foi de 97,99 m³/s. Portanto, nesse cenário a demanda aumentaria em 12,58 m³/s para os municípios que compõem a BAT, conforme mostra a **Tabela 3**.

Tabela 3 – Dados do Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê sobre a avaliação do Cenário Tendencial para a demanda por recursos hídricos.

	Demanda	Abrangência Territorial	
		BAT (m ³ /s)	Balanco Hídrico (m ³ /s)
2015	Abastecimento Urbano	75,04	78,26
	Indústria	6,54	7,26
	Irrigação	3,77	7,96
	Dessedentação animal	0,05	0,25
	Total	85,40	93,72
2045	Abastecimento Urbano	87,62	91,36
	Indústria	6,54	7,26
	Irrigação	3,77	7,96
	Dessedentação animal	0,06	0,45
	Total	97,99	107,03

Fonte: modificado de Consórcio COBRAPE-JNS (2018).

Para o cálculo do balanço hídrico, foram englobados também outros 21 municípios que influenciam nos aportes (atuais e futuros) de água para a BAT. Verifica-se, na **Tabela 3**, que a demanda mais expressiva é a de abastecimento urbano (demanda que considera consumo populacional, comercial, de serviços e indústrias ligadas à rede pública de abastecimento), com 75,04 m³/s em 2015 e com projeção de 87,62 m³/s para 2045, ou seja, aumento de 12,58% na demanda. Esse crescimento considera não somente um aumento da população, mas também um aumento em cerca de 5% no consumo de água per capita. Nesse Cenário Tendencial, não foram previstos crescimentos por demandas de irrigação e das indústrias que captam individualmente.

Ainda de acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Consórcio COBRAPE-JNS, 2019), a média anual de precipitação pluviométrica na BAT é de 275 m³/s, sendo que 53 m³/s desse total são infiltrados. É importante ressaltar que essa proporção infiltrada é a parcela que corresponde à recarga dos sistemas

aquíferos e que, apesar da impermeabilização na área urbanizada da região, as perdas físicas nas redes públicas de distribuição de água contribuem de forma relevante na recarga dos sistemas aquíferos.

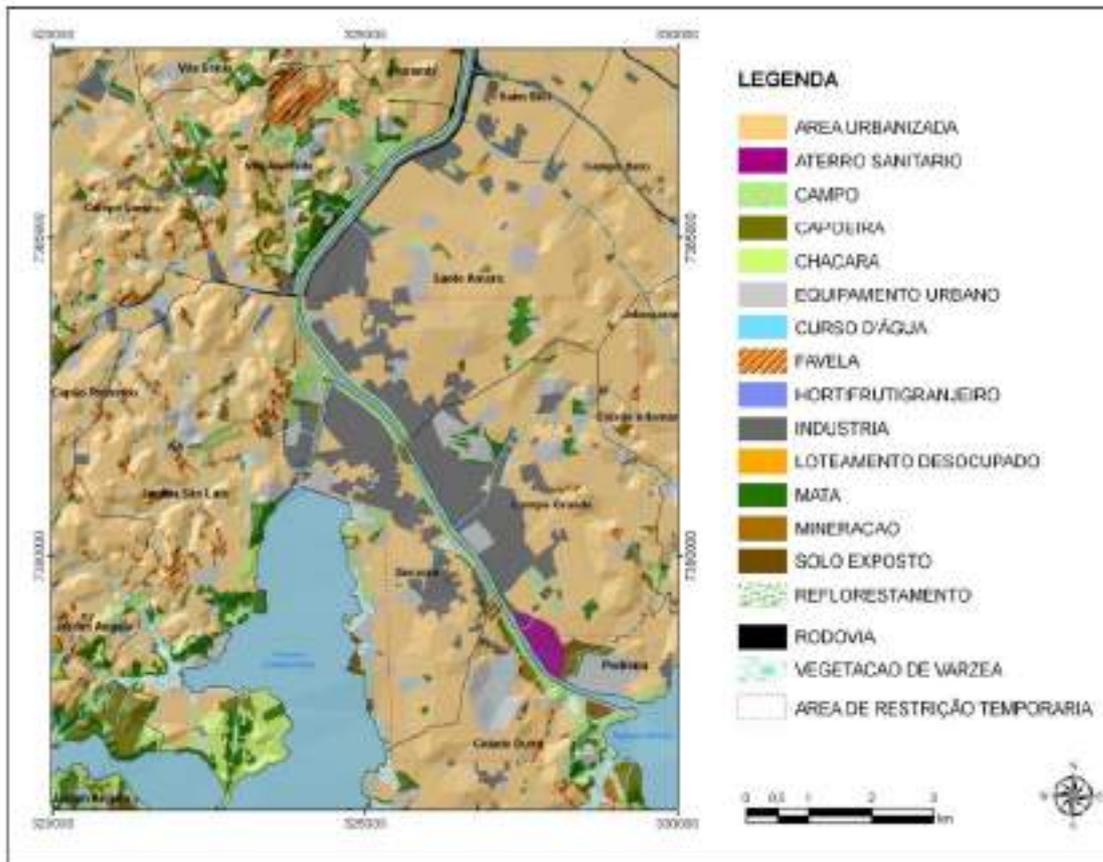
8.5. Uso e ocupação do solo da ARC - Jurubatuba e seu entorno

Este item tem como objetivo apresentar as informações históricas referentes ao uso e ocupação do solo da área de estudo e atualizá-las com as informações disponíveis mais recentes, dando ênfase nas atividades de elevado potencial de contaminação.

A área de interesse está densamente urbanizada e ainda há presença de grande número de indústrias, que chegaram a partir do intenso processo de expansão que o município de São Paulo passou entre as décadas de 1950 e 1960, principalmente devido à grande disponibilidade de áreas, facilidade para transporte e abundância de água e energia elétrica. Os distritos de Socorro, Campo Grande e Santo Amaro, se encontram inteiramente inseridos na área de estudo e foram grandemente influenciados pelo desenvolvimento industrial (Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2008).

No ano de 2005, a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA), realizou um mapeamento dos diferentes usos e ocupações do solo na região. Na **Figura 22**, é possível notar que, em 2005, havia um forte adensamento de indústrias próximas aos canais do Jurubatuba, Guarapiranga e rio Pinheiros (São Paulo, 2009a).

Figura 22 – Mapa de uso e ocupação do solo.



Fonte: Emplasa (2005) e São Paulo (2009a).

Conforme Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008), o distrito de Socorro acomodou grande parte do crescimento urbano devido à industrialização local - apesar de estar inserido em Área de Proteção aos Mananciais. O distrito de Campo Grande apresentou aproximadamente 30% de seu território ocupado por uso industrial (incluindo o aterro sanitário de Santo Amaro, que funcionou até meados de 1995). Já no distrito de Santo Amaro, o uso industrial ocupava cerca de 20% do seu território.

Segundo dados de 2011, a cidade de São Paulo era a 1ª colocada no Índice de Valor de Transformação Industrial da Fundação Seade (2024a). Já com dados de 2021, verifica-se que o município com maior índice passou a ser Paulínia, e São Paulo

caiu para a segunda posição, refletindo uma diminuição da participação das indústrias no município.

Segundo L'Apicciarella (2009) “[...] concomitantemente à diminuição das indústrias, observa-se um acréscimo na ocupação residencial, principalmente por condomínios verticais, de classe social média-alta” na região de Jurubatuba. Ao verificar fotos aéreas e de satélite da ARC Jurubatuba de diferentes anos, foi possível atestar esse sequenciamento de eventos. Tanto as imagens aéreas de 1958 - referentes ao município de São Paulo e disponíveis na plataforma do Geoportal Memória Paulista, quanto as imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth Pro® (2024a), evidenciam essas mudanças de uso e ocupação do solo que podem ser observadas na **Figura 23**.

A partir de uma análise da rua Olívia Guedes Penteado - altura do número 1094, por exemplo, é possível observar essa mudança entre os anos de 2017 e 2022. Na área onde havia um prédio, que aparentava abrigar uma área industrial, já se observa que este terreno será utilizado para a construção de um novo residencial.

Figura 23 – Sequência de imagens de satélite/ aéreas extraídas do Google Earth® e do Geoportal correspondentes aos anos de 1958, 2008, 2017, 2022 e 2023 nas proximidades da rua Olívia Guedes Penteadó.

Geoportal – 1958



Google Earth – 2008



Google Earth – 2017



Google Earth – 2022



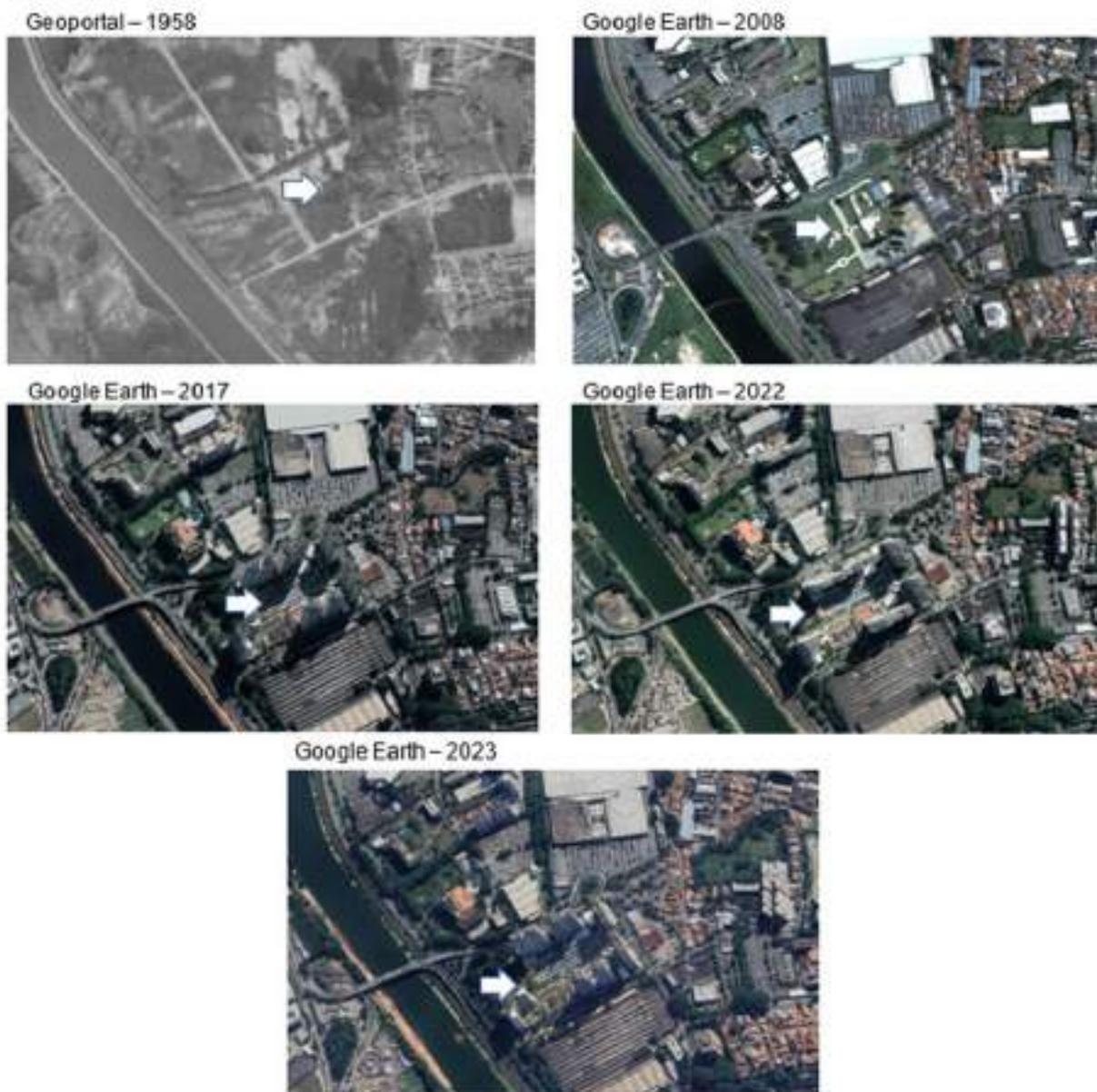
Google Earth – 2023



Fonte: Google (2024a), Geoportal (2024) e modificado de São Paulo (2009a).

A oeste do rio Pinheiros, próximo à praça Novamerica, constata-se a partir da sequência de fotos de satélite apresentada na **Figura 24**, o início da construção de alguns condomínios residenciais de médio/alto padrão.

Figura 24 – Sequência de imagens de satélite/aéreas extraídas do Google Earth® e do Geoportal correspondentes aos anos de 1958, 2008, 2017, 2022 e 2023 nas proximidades da Praça Novamerica.



Fonte: Google (2024a), Geoportal (2024) e modificado de São Paulo (2009a).

De modo geral, as observações realizadas a partir das imagens aéreas e de satélite, permitiram verificar a tendência mencionada por Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) a respeito de uma diminuição na presença de indústrias e surgimento de novos empreendimentos residenciais.

O **Desenho 01** apresenta o Mapa de Uso e Ocupação do Solo elaborado a partir de dados de “Uso da terra” de 2010, disponíveis na plataforma Geoseade (Seade, 2024b), no qual destaca-se a presença de importantes áreas industriais, principalmente próximas ao canal do Jurubatuba. Também ocorrem áreas de comércio e serviços, e residenciais de alto e médio padrão relativamente próximas às margens do rio Pinheiros e canais do Jurubatuba e da Guarapiranga. A oeste da represa Guarapiranga também se observa um predomínio de residenciais de médio padrão. Portanto, de modo geral verifica-se que nestes distritos predominam áreas mistas, compostas principalmente por casas, condomínios, prédios residenciais e comércios. Entretanto, apesar da diminuição do uso industrial ao longo dos anos, a presença das indústrias ainda é bastante relevante na região.

Junto ao contexto de desenvolvimento urbano do município de São Paulo, surgem os Planos de Intervenção Urbana (PIU) vinculados ao Plano Diretor Estratégico (PDE). De acordo com a Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (São Paulo, 2024), o PIU Arco Jurubatuba, um dos perímetros incluídos, propõe transformar áreas industriais subutilizadas em novos centros de atividade econômica, além de requalificar infraestruturas de transporte e criar espaços públicos em zonas de preservação ambiental. Esse projeto avançou pelas etapas de proposição dos elementos prévios em 2017, elaboração e consolidação em 2018, e em 2023 entrou na fase de implantação. Em 20 de junho de 2023, a Lei nº 17.965 (São Paulo, 2023) foi sancionada, aprovando o PIU Arco Jurubatuba e instituindo as Áreas de Intervenção Urbana (AIU), como Vila Andrade, Jurubatuba e Interlagos. Contudo, atualmente, o projeto está em fase de regulamentação pelos Conselhos Gestores das AIUs, sem previsão para retomada e execução do cronograma.

O zoneamento urbano do município de São Paulo, também pode contribuir para a compreensão dos principais usos e ocupações do solo e como se deu a evolução das zonas industriais na região.

O **Desenho 02** representa o Zoneamento Urbano correspondente a lei atual de zoneamento urbano do município de São Paulo, relativo a Lei Municipal nº 18.081, de 19 de janeiro de 2024 (Projeto de Lei nº 586/2023), onde observa-se que a área industrial (Zona Predominantemente Industrial 1 - ZPI-1) se concentra principalmente próximo ao canal da Guarapiranga e a oeste do canal do Jurubatuba (São Paulo, 2024a).

Segundo dados de 2018 do Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (Consórcio COBRAPE-JNS, 2019), os usos e cobertura da terra predominantes na área da BAT eram: mata (30,17%) e área urbanizada (24,36%). A porção correspondente a área comercial e industrial é de 4,93%, **Tabela 4**.

Tabela 4 – Dados de Uso e Cobertura da Terra obtidos em 2018 na BAT

Uso e Cobertura da Terra	Área	
	Km ²	%
Área Comercial e Industrial	285,02	4,93
Área Urbanizada	1.406,57	24,36
Atividade Agrícola	304,49	5,27
Capoeira/Campo	985,38	17,06
Chácara e Movimento de Terra	389,59	6,75
Espelho d'água	226,19	3,92
Mata	1.742,35	30,17
Reflorestamento	434,31	7,52
Reservatório de Retenção	1,22	0,02
Total	5.775,12	100

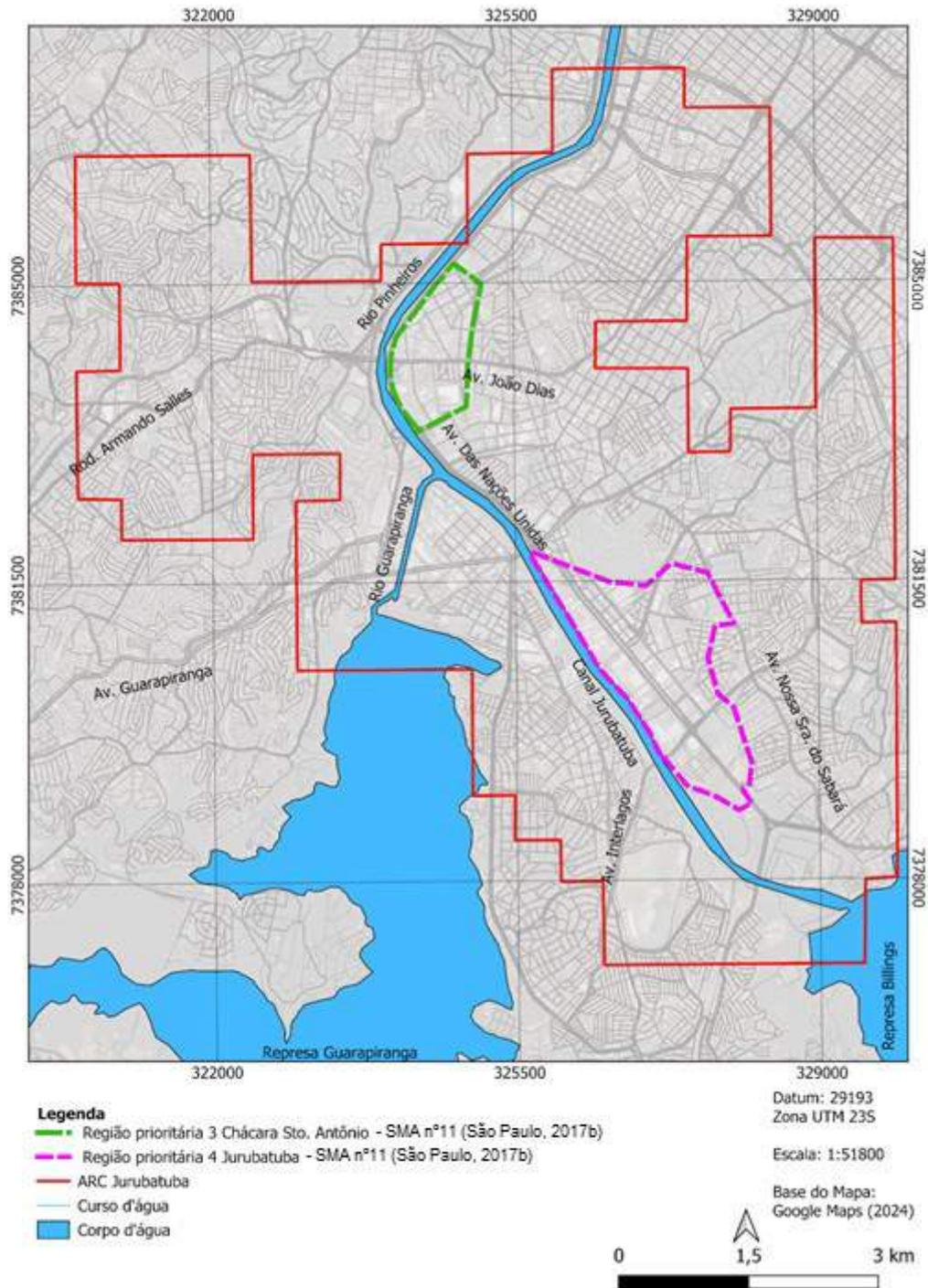
Fonte: Consórcio COBRAPE-JNS (2019).

O zoneamento urbano do município de São Paulo, também pode contribuir para a compreensão dos principais usos e ocupações do solo e como se deu a evolução das zonas industriais na região.

8.5.1. Uso e ocupação do uso e áreas contaminadas

Conforme mencionado no item 8.4 anterior, a ARC - Jurubatuba historicamente abriga áreas com potencial de contaminação, ou seja, áreas onde são ou foram desenvolvidas atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. Salienta-se que 02 das 04 regiões definidas como prioritárias para identificação de áreas contaminadas (**Figura 25**), conforme Resolução SMA nº 11, estão localizadas na ARC – Jurubatuba (São Paulo, 2017b).

Figura 25 – Mapa das regiões prioritárias apresentadas na SMA n°11



Fonte: SMA n°11 (São Paulo, 2017b)

A CETESB (2024a) informa que os solventes organoclorados (tetracloroetileno, tricloroetileno, cis-1,2-dicloroetileno e cloreto de vinila) foram as principais substâncias de interesse ambiental detectadas no solo, vapores de solo e na água subterrânea na região da ARC - Jurubatuba, sendo que, em algumas áreas investigadas, essas substâncias, em fase dissolvida na água subterrânea, se apresentaram como interconectadas com plumas 'misturadas' de várias áreas, o que impossibilitou ações pontuais. Além disso, a CETESB (2024a) aponta que:

[...] parte dos lotes ocupados pelas indústrias/comércios, especificamente aqueles posicionados a montante da Avenida Engenheiro Eusébio Stevaux, possuem uma rede de tubos subterrâneos (pluviais e de esgoto) comum e interligando vários dos lotes.

Além dos solventes organoclorados, existem outras substâncias que também podem vir a causar contaminação, entretanto, o enfoque deste relatório serão os contaminantes referentes aos solventes organoclorados. No **item 8.7** serão apresentados dados da CETESB atualizados a respeito das áreas contaminadas por organoclorados e reabilitadas na área de estudo do projeto.

O **Desenho 3** apresenta a delimitação da ARC - Jurubatuba, incluindo o Plano de Intervenção Urbana (PIU), vinculado ao Plano Diretor Estratégico (PDE), Regiões Prioritárias e áreas cadastradas como contaminadas com organoclorados.

A leste do canal do Jurubatuba destaca-se uma expressiva área classificada como Zona de Desenvolvimento Econômico 2 (ZDE 2) com predominância de uso industrial destinadas à manutenção, incentivo e modernização desses usos. De modo geral, os diferentes tipos de zonas mistas e zonas residenciais também ocorrem em áreas expressivas na região.

A lei atual de zoneamento se assemelha bastante ao mapa referente à Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016, do Município de São Paulo (São Paulo, 2016), havendo pouquíssimas mudanças em relação ao mapa de zoneamento anterior. Já em comparação à Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004, do Município de São Paulo (São Paulo, 2004), observa-se que, ao longo dos anos, houve uma diminuição da Zona

Predominantemente Industrial e um aumento das Zonas de Desenvolvimento Econômicos (ZDE). Também se verifica um aumento importante das Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPAM) em relação a 2004. Já em relação às Zonas de Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU) de 2004 e 2023, verifica-se condição bastante semelhante entre os distintos anos.

Mudanças no uso e ocupação do solo refletem e propiciam mudanças no aspecto demográfico local. Em 2004, São Paulo (2009a) informou que a população total dos distritos localizados na área de estudo era de 2.364.305 habitantes e, de acordo com dados do Seade (2024a), esse quantitativo diminuiu para 2.352.406 de habitantes em 2010, aumentando para 2.858.856 em 2021. Dentre os distritos presentes na área de estudo, os que apresentaram maior número de habitantes segundo os dados de 2021, foram: Jardim Ângela e Capão Redondo (**Tabela 5**).

Tabela 5 - População total dos distritos inseridos na área para os anos 1991, 2004, 2010 e 2021.

Distritos	1991	2004	2010	2021
Morumbi	39.884	32.875	37.809	53.281
Vila Sônia	82.700	87.810	76.936	122.464
Campo Limpo	158.885	199.806	171.869	230.277
Capão Redondo	192.785	253.752	2181.03	298.611
Vila Andrade	42.420	85.295	79.606	166.004
Cidade Ademar	229.945	244.692	246.125	287.164
Pedreira	85.685	141.149	160.661	162.442
Jabaquara	213.559	214.074	217.202	229.685
Jardim Ângela	177.717	266.682	314.143	341.881
Jardim São Luís	203.533	247.692	262.914	295.722
Itaim Bibi	107.099	74.630	69.501	97.245
Campo Belo	77.666	631.62	54.41	63.460
Campo Grande	81.750	932.96	92.227	107.036
Santo Amaro	75.278	56.336	50.265	74.405
Cidade Dutra	168.199	196.416	1942.68	203.791
Socorro	43.035	37.650	33.530	35.871
Moema	77.054	68.988	72.306	89.517
Total	2.057.194	2.364.305	2.352.406	2.858.856

Fonte: Fundação Seade (*apud* Servmar Serviços Técnicos Ambientais, 2008) e Fundação Seade (2024b).

8.6. Dados dos sistemas de infraestrutura sanitária

Este item compreende uma revisão inicial dos dados dos sistemas de infraestrutura sanitária, incluindo o abastecimento público e privado, coleta e afastamento de esgoto da ARC Jurubatuba e seu entorno.

Inicialmente, foi emitido o Ofício FABHAT nº 0103/2024 para o DAEE solicitando o cadastro de poços outorgados e, para a SABESP, o Ofício FABHAT nº 117/2024 solicitando informações de interesse atualizadas da área de estudo.

Para o DAEE foi solicitado:

- Cadastro atualizado de poços de abastecimento na região do Jurubatuba, na área definida entre as coordenadas UTM 7376 km e 7388 km Sul e 320 Km e 330 km Leste, bem como informações atualizadas acerca da situação desses poços (relatório de construção, outorga, monitoramento, tipo de uso, ativado/desativado, dentre outras disponíveis no cadastro; e
- Cadastro de captações superficiais e lançamentos eventualmente existentes na área em questão e, da mesma forma que solicitado acima, suas respectivas situações administrativas.

Em resposta ao ofício enviado ao DAEE, foram obtidas as seguintes informações:

- Na região de Jurubatuba foram encontrados 119 usos, onde 112 são poços tubulares, 4 são captações superficiais, 2 são lançamentos superficiais e 1 poço escavado - cisterna/cacimba;
- Encontram-se 75 usos vigentes: sendo 72 poços tubulares e 3 captações superficiais;
- Os poços tubulares apresentam as seguintes finalidades: 16 Industrial, 17 Outros, 2 Rural e 37 Urbano – Solução Alternativa e 3 captações superficiais e correspondem a vazão total de 6.310,05 m³/dia;

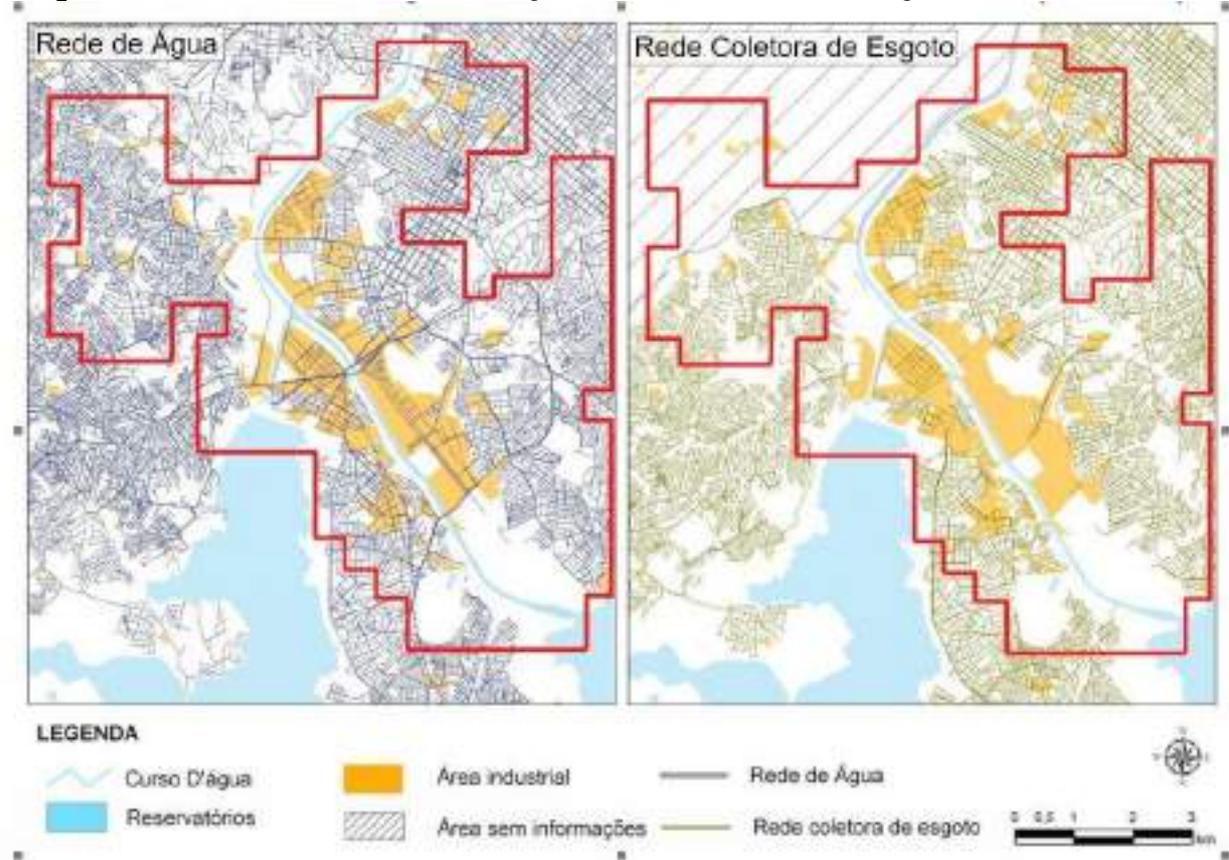
- Três captações superficiais tendo como finalidades: Abastecimento Público; Geração de Energia – Transposição e Reversão; e Industrial, correspondendo a uma vazão total de 1.322.400,04 m³/dia;
- Encontram-se fora da vigência 44 usos: 40 poços tubulares, 2 lançamentos superficiais, 1 captação superficial e 1 poço escavado;
- Os poços tubulares apresentam as seguintes finalidades: 7 Industrial; 8 Outros; e 25 Urbano – Solução Alternativa. Os 40 poços tubulares correspondem a vazão de 2.726,70 m³/dia;
- Os 2 lançamentos superficiais tendo como finalidades: Industrial e Urbano – Solução Alternativa, correspondem a vazão de 28.597,68 m³/dia;
- Uma captação superficial, tendo como finalidade: Urbano – Solução Alternativa, corresponde a vazão de 28.512,00 m³/dia; e
- Um poço escavado - cisterna/cacimba tendo como finalidade: outros.

Posteriormente, o DAEE enviou um cadastro de poços, o qual encontra-se em aperfeiçoamento para compor a planilha geral deste projeto.

A partir dos estudos de Servmar Serviços Técnicos Ambientais (2008) são conhecidas a Rede de Abastecimento de Águas e a Rede de Coleta de Esgoto apresentadas na **Figura 26**.

Constata-se que a região é atendida pela SABESP com a rede de distribuição de água (**Figura 26**), porém ainda à época dos citados estudos, tal abastecimento não era suficiente para atender toda demanda doméstica e industrial, sendo assim, necessário o uso de água subterrânea. Por outro lado, em relação à rede de esgoto, constata-se que houve um incremento expressivo na cobertura, pois no ano de 2008 observava-se que era inadequada, uma vez que não abrangia justamente a área crítica de ocupação industrial.

Figura 26 – Rede de Abastecimento de Águas e a Rede de Coleta de Esgoto em 2008.



Fonte: Adaptado L'Apicciarella (2009).

Uma vez que os dados disponíveis se referiam ao ano de 2008, foi solicitado pela FABHAT à SABESP mapas em escala local de infraestrutura sanitária (preferencialmente em formato shp) da Rede de Abastecimento de Águas, da Rede de Coleta de Esgoto e da Rede de Galerias Pluviais na região do Jurubatuba, na área definida entre as coordenadas 7376 km e 7388 km Sul e 320 km e 330 km Leste.

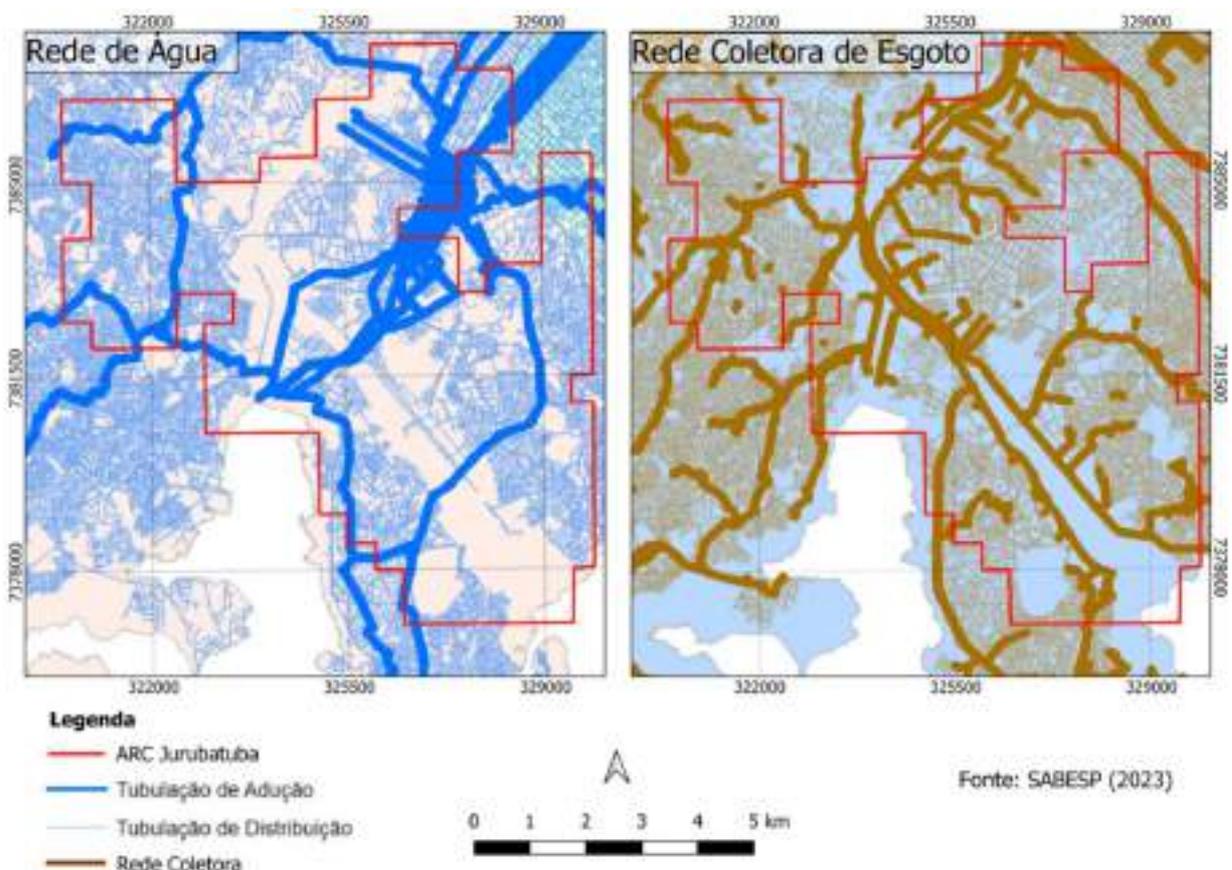
Em resposta ao ofício enviado pela FABHAT à Sabesp, foi informado que o mapa do Sistema Integrado Metropolitano está disponível para consulta em formato portátil de documento no Portal da Transparência, no endereço <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=112> (mapas do saneamento), sendo a versão disponibilizada nesse site, a mais recente (abril de 2023)

da infraestrutura de saneamento da Região Metropolitana de São Paulo operada pela SABESP

Vale ressaltar que os dados foram disponibilizados somente em formato pdf e, portanto, a **Figura 27**, que apresenta as redes de água e de coleta de esgoto atualizadas, foi elaborada a partir dos dados disponíveis no site.

Ao comparar as **Figuras 26 e 27**, nota-se que não houve atualização significativa na rede de água, já em relação à rede coletora de esgoto observa-se que houve uma ampliação no sistema, principalmente na área industrial.

Figura 27 – Rede atual de Abastecimento de Águas e a Rede atual de Coleta de Esgoto.



Embora o sistema produtor de águas superficiais seja o maior para o município de São Paulo, estima-se que sejam explorados mais de 315 milhões de m³ de águas subterrâneas por ano, resultado de bombeamento de cerca de 9 mil poços em operação (Hirata; Ferreira, 2001). Somente cerca de 30% deste total estariam cadastrados no DAEE (FUSP, 2002 *apud* L'Apicciarella, 2009).

A cobertura da rede de abastecimento de água abrange a maioria dos domicílios do município, com algumas exceções em favelas e loteamentos irregulares (PMSP, 2002).

A rede de coleta de esgoto, de acordo com o Plano da BAT (FUSP, 2002 *apud* L'Apicciarella, 2009), é realizada em todos os distritos da região e o esgoto é enviado para a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE de Barueri.

8.7. Dados do cadastro de áreas contaminadas

Este item compreende uma revisão e atualização dos dados e informações do cadastro de áreas contaminadas a partir dos arquivos/processos da CETESB.

Por meio do Ofício FABHAT nº 0104/2024, foi solicitado para a CETESB:

- A disponibilização de cadastro do Sistema de Fontes de Poluição (SIPOL) para a região do Jurubatuba, na área definida entre as coordenadas 7376 km e 7388 km Sul e 320 km e 330 km Leste;
- A disponibilização de estudos hidrogeológicos nos aquíferos fraturado e sedimentar, existentes em processos de Áreas Contaminadas e Reabilitadas na área definida entre as coordenadas UTM 7376 km e 7388 km Sul e 320 Km e 330 km Leste;
- A indicação e disponibilização de cadastro de poços de abastecimento monitorados quanto à qualidade da água, eventualmente existente, na área definida entre as coordenadas 7376 km e 7388 km Sul e 320 km e 330 km Leste; e

- Informações disponíveis sobre monitoramento de organoclorados nos poços localizados na ARC-Jurubatuba e disponibilização dos respectivos resultados de análises químicas para os parâmetros etenos clorados (EEC), etanos clorados (EAC) e seus produtos de degradação (1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano, 1,1,1-Tricloroetano, Cloreto de Vinila, 1,1-Dicloroeteno, cis-1,2-Dicloroeteno, trans-1,2-Dicloroeteno, Tricloroeteno – TCE e Tetracloroeteno – PCE).

A primeira necessidade, em relação às informações da CETESB, foi a atual Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas na região do Jurubatuba, especificamente por organoclorados (solventes halogenados) disponibilizada pela CETESB na plataforma SigamGEO do Sistema Integrado de Gestão Ambiental (São Paulo, 2024b).

Foram identificadas 89 Áreas Contaminadas por organoclorados, incluindo as Reabilitadas. Dentre essas, 53 áreas ainda estão classificadas como contaminadas e 36 como reabilitadas ou em processo de monitoramento para encerramento.

Das 53 áreas contaminadas, 06 são “Áreas Contaminadas sob Investigação (ACI)”, 06 são “Áreas Contaminadas com Risco Confirmado (ACRi)”, 16 são “Áreas Contaminadas em Processo de Remediação (ACRe)” e 25 são “Áreas Contaminadas em Processo de Reutilização (ACRu)”.

Das 36 áreas não contaminadas, 10 são “Áreas em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)” e 26 são “Áreas Reabilitadas para o Uso Declarado (AR)”.

O **Desenho 04** apresenta o Mapa de Áreas declaradas contaminadas por organoclorados em que mostra estas 89 áreas e respectiva atual classificação.

Sobre dados do Sistema de Fontes de Poluição (SIPOL), foi disponibilizada pela CETESB em 19 de abril uma planilha com informações das atividades licenciadas. Foi realizada comunicação para esclarecimento sobre o número CNAE (Classificação Nacional das Atividades Econômicas) e esclarecido pela CETESB que é possível obter

o número CNAE a partir de uma simples modificação de dados numa das colunas da planilha.

8.8. Dados de controle sanitário dos estabelecimentos usuários de água subterrânea

A obtenção de documentos técnicos e processuais relativos ao controle sanitário dos estabelecimentos usuários de água subterrânea para consumo humano junto ao CVS (Centro de Vigilância Sanitária) do Estado de São Paulo e à COVISA (Coordenadoria de Vigilância em Saúde) da Prefeitura do município de São Paulo, foi realizada através de ofícios e reuniões técnicas para esclarecimento sobre possíveis formatos e viabilização para a disponibilização de dados.

O Ofício FABHAT nº 0115/2024 para a Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA) da Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo, continha a seguinte solicitação:

- Resultados das análises químicas de todo histórico de monitoramento para organoclorados de poços de abastecimento na região do Jurubatuba, na área definida entre as coordenadas 7376 km e 7388 km Sul e 320 km e 330 km Leste. Detalhamos como organoclorados de interesse os seguintes parâmetros: etenos clorados (EEC), etanos clorados (EAC) e seus produtos de degradação (1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano, 1,1,1-Tricloroetano, Cloreto de Vinila, 1,1-Dicloroetano, cis 1,2-Dicloroetano, trans 1,2-Dicloroetano, Tricloroetano – TCE e Tetracloroetano – PCE);
- O número de cadastro no SISAGUA das Soluções Alternativas Coletivas (SACs) com consumo humano; e
- A situação atual das SAC(s) no Órgão de Vigilância em Saúde.

Primeiramente, a COVISA encaminhou uma planilha com 265 poços localizados na ARC - Jurubatuba e uma relação de 39 poços do último monitoramento para organoclorados realizado pela mesma. Posteriormente, a COVISA disponibilizou os

dados analíticos do monitoramento para organoclorados realizados no período de 2018 a 2022.

Ao detalhar os dados mais recentes, referentes ao ano de 2022, os resultados foram comparados com a Decisão de Diretoria da CETESB nº 125/2021/E, de 2021. Assim, foram avaliados 39 poços, conforme segue o detalhamento abaixo:

- O composto tetracloroetano foi detectado em 09 poços, variando entre 0,32 µg/L e 20,00 µg/L. A concentração máxima permitida é de 40 µg/L;
- O composto tricloroetano foi detectado em 10 poços, variando entre 0,26 µg/L e 2,58 µg/L. A concentração máxima permitida é de 4 µg/L;
- O composto 1,2-Dicloroetano (cis + trans) foi detectado em 08 poços, variando entre 0,31 µg/L e 6,56 µg/L. A concentração máxima permitida é de 50 µg/L;
- O composto 1,1-Dicloroetano foi detectado em 05 poços, variando entre 0,26 µg/L e 2 µg/L. A concentração máxima permitida é de 30 µg/L;
- O composto 1,2-Dicloroetano foi detectado em 09 poços, variando entre 0,19 µg/L e 2,00 µg/L. A concentração máxima permitida é de 5 µg/L; e
- O composto cloreto de vinila foi detectado em 08 poços, variando entre 0,09 µg/L e 0,50 µg/L. A concentração máxima permitida é de 0,5 µg/L.

Para o Centro de Vigilância Sanitária (CVS) da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, foi solicitado, por meio do Ofício FABHAT nº 0116/2024, a seguinte informação:

- A disponibilização de cadastro de poços de abastecimento monitorados quanto à qualidade da água subterrânea, bem como os respectivos dados de análises químicas (especialmente para organoclorados), na região do Jurubatuba - definida entre as coordenadas 7376 km e 7388 km Sul e 320 km e 330 km Leste. As substâncias químicas de interesse solicitadas correspondiam aos seguintes compostos organoclorados: etenos clorados (EEC), etanos clorados (EAC) e seus subprodutos de degradação (1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano,

1,1,1-Tricloroetano, Cloreto de Vinila, 1,1-Dicloroetano, cis-1,2-Dicloroetano, trans-1,2-Dicloroetano, Tricloroetano – TCE e Tetracloroetano – PCE).

A partir do envio do Ofício nº 0026464818/2024-SES-CCD-CVS-SAMA-GTSOLO, em 03/05/2024, o CVS respondeu o seguinte:

“Em resposta ao ofício FABHAT 0116/2024, que nos solicita informações para subsidiar ações constantes no projeto FEHIDRO 2021-AT_COB-136 – ARC-Jurubatuba, esclarecemos que o cadastro e os dados de potabilidade dos poços de abastecimento de água para consumo humano na região do Jurubatuba estão registrados no Sistema SISAGUA. Os dados de interesse para o projeto serão disponibilizados para o projeto por intermédio da COVISA-SP. O Centro de Vigilância Sanitária estará à disposição para qualquer apoio complementar”.

8.9. Aspectos legais e institucionais atuais

Neste item é realizada uma compilação de instrumentos legais e institucionais atuais que podem repercutir na norma do CBH-AT, com vistas à sua atualização e aprimoramento, considerando, em especial, a Lei Estadual nº 13.577, de 08 de julho de 2009, de Áreas Contaminadas e seu Decreto Estadual nº 59.263, de 05 de junho de 2013 (São Paulo, 2009b; 2013).

É essencial garantir o cumprimento da legislação para evitar possíveis prejuízos ambientais, como os evidenciados neste estudo. Além disso, é necessário adaptar a legislação às características locais para assegurar a eficácia das medidas de prevenção e remediação almejadas. A discussão de questões legais, inicia-se no âmbito nacional com a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal nº 6.938, de 31/08/1981 (Brasil, 1981). Entretanto, de acordo a CETESB (2024b), na esfera estadual, a criação de uma legislação específica sobre o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) foi abordada inicialmente “por Sánchez (1998), em sua tese de livre-docência, e por técnicos da CETESB (1999), conforme registrado na primeira

edição do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, publicada em 1999, produto do Projeto CETESB/GTZ, iniciado em 1993”.

Os primeiros trabalhos específicos de GAC da CETESB vieram por meio do Projeto de Lei nº 368, de 2005, tramitado na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo e, posteriormente, com a publicação da Lei de Áreas Contaminadas nº 13.577/2009 (São Paulo, 2009b). Essa lei é vista como um ponto de referência significativo, uma vez que antes dela, as leis ambientais não abordavam de maneira completa os temas relacionados à preservação da qualidade do solo, à gestão de áreas contaminadas e às obrigações legais dos responsáveis, causando uma lacuna nessas questões.

A Lei Estadual 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”. No capítulo 1, segundo o Art. 1º, esta lei trata da proteção da qualidade do solo contra contaminantes, da definição de responsabilidades, da identificação e do cadastramento de áreas contaminadas, como também, da remediação dessas áreas. Ademais, o Art. 3º traz algumas definições (p.e. de águas subterrâneas, áreas contaminadas, avaliação preliminar, fase livre, valor de intervenção). Já o Art. 4º explicita os instrumentos para a implantação do sistema de proteção da qualidade do solo e para o gerenciamento de áreas contaminadas. Por fim, destaca-se o capítulo V, que apresenta as infrações administrativas ambientais e suas respectivas penalidades (São Paulo, 2009b).

Em 2013, houve outro avanço significativo no desenvolvimento do GAC, com a regulamentação desta legislação através da publicação do Decreto Estadual nº 59.263 de 5 de junho de 2013, o qual complementa e detalha as disposições da Lei Estadual nº 13.577 de 8 de julho de 2009. Nele são detalhados, em seu Artigo 2º (incisos I a VIII), os procedimentos a serem adotados visando atingir o objetivo da Lei Estadual nº 13.577/2009 (São Paulo, 2013), sendo eles:

- i. medidas para proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas;

- ii. medidas preventivas à geração de áreas contaminadas;
- iii. procedimentos para identificação de áreas contaminadas;
- iv. garantia à saúde e à segurança da população exposta à contaminação;
- v. promoção da remediação de áreas contaminadas e das águas subterrâneas por elas afetadas;
- vi. incentivo à reutilização de áreas remediadas;
- vii. promoção da articulação entre as instituições;
- viii. garantia à informação e à participação da população afetada nas decisões relacionadas com as áreas contaminadas.

Após a publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 (São Paulo, 2009b), algumas normas foram publicadas, com objetivos mais detalhados sobre o assunto que, conforme CETESB (2022) destaca-se:

- Decisão de Diretoria da CETESB nº 045/2014/E/C/I, de 2014), que dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, em substituição aos Valores Orientadores de 2005 (CETESB, 2014a);
- Decisão de Diretoria da CETESB nº 330/2014/E/C/I, de 2014 (DD nº 330/2014/E/C/I, de 05.11.2014), com retificação do valor de intervenção para Carbofuran (CETESB, 2014b);
- Decisão de Diretoria da CETESB nº 256/2016/E, de 2016, que dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, incluindo os Valores de Prevenção e de Intervenção para Dioxinas e Furanos no solo, na relação apresentada na Decisão de Diretoria da CETESB nº 045/2014/E/C/I (CETESB, 2016);
- Lei Municipal nº 16.402/2016, de 2016, do município de São Paulo, artigos 37 e 137, com orientações para o parcelamento do solo e emissão de alvarás, licenças de funcionamento ou suspensão de atividades em áreas contaminadas ou com potencial de contaminação (São Paulo, 2016);

- Decisão de Diretoria da CETESB nº 038/2017/C, de 2017, que dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em razão da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto Estadual nº 59.263/2013 (São Paulo, 2009b; 2013);
- Instrução Técnica nº 039/2017/C da CETESB, de 2017, documento que detalha os procedimentos administrativos existentes sobre o GAC (CETESB, 2017b);
- Resolução SMA nº 10/2017, que apresenta as Atividades Potencialmente Geradoras de Áreas Contaminadas (2017a);
- Resolução SMA nº 11/2017, que apresenta as Regiões Prioritárias para a Identificação de Áreas Contaminadas (2017b);
- Decisão de Diretoria da CETESB nº 125/2021/E, de 2021, que dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea (CETESB, 2021); e
- Decisão de Diretoria da CETESB nº 009/2022/E/I, de 2022, que altera a data de entrada em vigor da Decisão de Diretoria nº 125/2021/E, que atualizou a Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea (CETESB, 2022).

A Deliberação CBH-AT nº 01 de 16 de fevereiro de 2011 (CBH-AT, 2011), estabeleceu áreas de restrição (classificadas em alta, média e baixa restrição) e controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba (área de estudo deste trabalho) dando providências.

Posteriormente, em 15 de dezembro de 2021, a Deliberação CBH-AT nº 139 (2021), rerratificou a área de restrição e controle para a captação e uso das águas

subterrâneas na região de Jurubatuba, de modo a apresentar somente uma área de restrição (sem as classificações anteriores) e atualizou providências.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste documento técnico, o qual é intitulado de “*Relatório Parcial 2.1 (RP2.1)*”, atendem ao conteúdo estabelecido nas *Especificações Técnicas FABHAT* de 21/12/2022, assim como proposto no Orçamento nº 87.560/23, de 29/09/2023 e no Plano de Trabalho (Relatório Parcial 1 - RP1 nº 171.268-205) de 08/02/2024, bem como às discussões realizadas no Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) e compreende o detalhamento do histórico da área, caracterização do meio físico, revisão bibliográfica, obtenção de dados hidrogeológicos (dados hidrodinâmicos e da qualidade da água, dentre outros), a partir de informações de poços obtidas em registros disponíveis em órgãos públicos (COVISA, DAEE, CETESB, além de outros).

Avalia-se que o conteúdo alcançado neste RP2.1 atendeu plenamente aos objetivos pretendidos e a finalização desta etapa é de grande importância, pois fornece embasamento teórico acerca do cenário do local de interesse e para o subsequente prosseguimento das atividades previstas, quais sejam: i) sistematização, integração e análise de dados existentes; ii) trabalhos de Campo; iii) consolidação dos resultados; iv) elaboração dos produtos temáticos principais; v) elaboração de Proposta de Modelo de Gestão da ARC-Jurubatuba; e vi) elaboração das diretrizes para o Programa de Monitoramento.

EQUIPE TÉCNICA

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE – CIMA

Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas - SPRSF

Responsável Técnico: Geólogo Dr. José Luiz Albuquerque Filho – IPT

Engenheira Ambiental Ma. Marcela Maciel de Araújo - IPT

Geólogo Me. Pedro Rabello Crisma – IPT

Geóloga Me. Nádia Franqueiro Correa – IPT

Geógrafo Me. Luiz Gustavo Faccini - IPT

Técnico Antônio José Catib Baladore – IPT

Técnico José da Silva - IPT

Tecnólogo Nivaldo Paulon – IPT

Técnico Airton Marambaia Santa - IPT

Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental - SIRGA

Técnico Josué Rodrigues Fischer – IPT

Técnica Maria de Lourdes Monteiro Santos – IPT

Técnico Rogério Luiz Bastos – IPT

Revisão de referências e citações bibliográficas

Biblioteconomista Edna Baptista dos Santos Gubitoso - IPT

Apoio Administrativo

Secretária Rosangela Aparecida Carelli – IPT

Supervisora Administrativa Susi Ferreira – IPT

Técnica Administrativa Maria Castro da Silva – IPT

EQUIPE EXTERNA

Acompanhamento e Colaboração

Geólogo Me. Emanuel L'Apicciarella

Geóloga Larissa Lima de Lucena

Geóloga Lívia de Almeida Freitas

Geólogo Prof. Dr. Reginaldo Bertolo - USP

Engº Ambiental Dr. Marcos Barbosa – Acqua Terra

Geólogo Dr. Sasha Tom Hart – Acqua Terra

Engº Ambiental Valburg de Sousa Santos Junior – FABHAT

Engª Ambiental Vitória de Almeida Vergara Hidalgo – Fundação Ezute/FABHAT

Engª Ambiental Beatriz Silva Gonçalves Vilera - FABHAT

Geólogo Dr. Marcio Costa Alberto – Geoinovações/FABHAT

Engª Ambiental Dra. Camila Arantes - GAT Jurubatuba

Geóloga Dra. Sibebe Ezaki - GAT Jurubatuba

Geólogo José Eduardo Campos - GAT Jurubatuba

Engº Químico Ricardo Saad – GAT Jurubatuba

Entidades colaboradoras

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB

Coordenadoria de Vigilância em Saúde – COVISA

Centro de Vigilância Sanitária - CVS

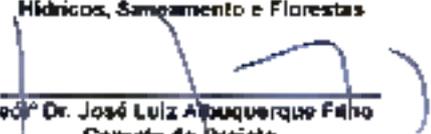
Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE

Fundação Agência Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT

Universidade de São Paulo - USP

São Paulo, 08 de maio de 2024.

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
Seção de Planejamento Territorial, Recursos
Hídricos, Saneamento e Florestas


Geop Dr. José Luiz Albuquerque Filho
Gerente do Projeto
CREA SP 0800998502 - RE 6083

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
Seção de Planejamento Territorial, Recursos
Hídricos, Saneamento e Florestas


Engª Ambiental Dra. Priscila Ikematsu
Gerente Técnica
CREA SP 05082802751 – RE 8644

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE


Engª CIVIL Msc. Sofia Julia Alves Macedo Campos
Diretora Técnica
CREA SP 05080948440 – RE 8450

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Marcos Bolognini. **Sistema de informações geográficas aplicado ao gerenciamento da contaminação da antiga ZUPI 131, Jurubatuba, São Paulo.** 2015. 137 p. Dissertação (Mestrado - Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARBOSA, Marcos Bolognini. **Aplicação e desenvolvimento dos métodos de caracterização de aquíferos fraturados utilizando poços tubulares.** 2019. 234 p. Tese (Doutorado - Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

BERTOLO, Reginaldo Antônio. **Bases Técnicas para a gestão de áreas contaminadas por solventes organoclorados em aquíferos fraturados.** São Paulo, 2017. 190 p. Tese (Livre-docência - Hidrogeologia e Gestão de Áreas Contaminadas) - Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BOUWER, H.; RICE, R. C. A Slug Test Method for Determining Hydraulic Conductivity of Unconfined Aquifers with Completely or Partially Penetrating Wells. **Water Resources Research**, v.12, n.3, p. 423-428, 1976.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, s. 1, p.16509, 02 set. 1981.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, col.1, p.470, 09 jan. 1997.

CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Deliberação CRH nº 052, 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. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1zowCoeYPtDkPg7uVZ2_k-xpUa9BLWF1Z/view. Acesso em 16 fev. 2023.

CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Deliberação CBH-AT, nº 01, de 16 de fevereiro de 2011.** Que estabelece áreas de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba e dá outras providências. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//5112/del_cbh-at.pdf. Acesso em 16 fev. 2023.

CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Deliberação CBH-AT, nº 139 de 15 de dezembro de 2021. Rerratifica a Área de Restrição e Controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo:** São Paulo, 23 dez. 2021.

CRH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Deliberação CRH nº 265, de 28 de abril de 2022. Referenda a Deliberação CBH-AT nº 139, de 15 de dezembro de 2021 que “Rerratifica a Área de Restrição e Controle para a Captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo:** São Paulo, 04 mai. 2022.

CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Deliberação nº 117 de 10 de fevereiro de 2021. Aprova critérios para análise e hierarquização de empreendimentos para financiamento com recursos do FEHIDRO em 2021. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo:** São Paulo, 17 fev. 2021. Disponível em:

<https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CBH-AT/19654/deliberacao-cbh-at-117-de-10-02-2021-aprova-criterios-para-analise-e-hierarquizacao-de-empreendimentos-para-financiamento-do-fehidro-em-2021.pdf>

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 045/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014 (2014a), em substituição aos Valores Orientadores de 2005, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 124(36). p. 53., 21 fev. 2014a.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria nº 330/2014/E/C/I, de 05 de novembro de 2014. Dispõe sobre a retificação do Valor de Intervenção de Água Subterrânea da substancia Carbofuran para 7 mg L⁻¹. **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 124(211). p. 53., 07 nov. 2014b.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 256/2016/E, de 22 de novembro de 2016. Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2016” e dá outras providências. (2016c). **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 126(219). p. 55-56, 24 nov. 2016.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece “Diretrizes para Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Âmbito do Licenciamento Ambiental”, em função da publicação da Lei Estadual nº 13.577/2009 e seu Regulamento, aprovado por meio do Decreto nº 59.263/2013, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 127(28). p. 47-5210 fev. 2017a.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Instrução técnica Nº 039, de dezembro de 2017. Diretoria de controle e licenciamento ambiental. Código IT – 039/2017. Assunto: Gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo, 2017b. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2019/08/IT_039.pdf](https://cefai.dnvmnribpcajpcglclefindmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2019/08/IT_039.pdf). Acesso em: maio de 2024

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 125/2021/E, de 09 de dezembro de 2021. Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea. **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 131(240). p. 60. 12 dez. 2021.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 009/2022/E/I, de 20 de janeiro de 2022. Altera a data de entrada em vigor da Decisão de Diretoria n.º 125/2021/E, de 09.12.2021, que atualizou a Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea. **Diário Oficial [do] Estado**. São Paulo, 132 (15). p. 61. 21 jan. 2022.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas Contaminadas – Seção 2.2: Legislação Paulista**. São Paulo: CETESB, 2024a. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/bases-legais/legislacao-paulista/>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas Contaminadas – Seção 2.2: Legislação Paulista**. São Paulo: CETESB, 2024b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-de-areas-contaminadas/bases-legais/legislacao-paulista/>. Acesso em: 03 jan. 2024.

CONICELLI, Bruno Pirilo. **Gestão das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. São Paulo, 2014. 164 p. Tese (Doutorado - Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CONSENTINO, Bruno Cirilo. **Avaliação da qualidade da água subterrânea de poços de produção locados próximos a áreas contaminadas por solventes halogenados na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 2017. 58 p. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

CONSÓRCIO COBRAPE-JNS. **Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Resumo Executivo**. São Paulo: Consórcio Cobrape-JNS, 2019. 91 p. Disponível em: <https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Resumo-Executivo-PBH-AT-2018.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA; IG-INSTITUTO GEOLÓGICO; IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000** (Nota explicativa). [Coord. Geral Gerônimo Rocha]. São Paulo, 119 p. São Paulo: DAEE; IG; IPT; CPRM, 08 fev. 2005. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2012/03/Nota%20Explicativa%20Mapa%20Aguas%20Subterraneas.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2024.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Dados Hidrológicos. 2024. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem=Pluio%20C3%A9tricos&ugrhi=UGRHI&cidadeugrhi=ALTO%20TIET%C3%A8&prefixoposto=E3-006>. Acesso em março de 2024.

DIAS, Leonardo Gomes. **Identificação de poços profundos locados próximos de áreas contaminadas em zonas industriais da região metropolitana de São Paulo.** São Paulo, 2021. 60 p. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A.. **Mapa de uso e ocupação do solo da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo, 2005.

FABHAT – Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2023: Bacia Hidrográfica do Alto Tietê UGRHI-06 (ano base 2022).** São Paulo: FABHAT, 2022. Disponível em : <https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/Deliberacao-CBH-AT-n%C2%B0-171-de-31.10.2023-Anexo-I-Relatorio-de-Situacao-dos-Recursos-Hidricos-da-UGRHI-06-2023.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2024

FANTI, Aline Campello. **Investigação de aquífero fraturado para entendimento de fluxo e transporte de contaminantes clorados: estudo de caso em Valinhos, SP.** São Paulo, 2015. 159 p. Tese (Doutorado – Recursos Minerais e Hidrogeologia). – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FERNANDES, A. J.; FIUME, B.; BERTOLO, R.; HIRATA, R. C. A.. **Modelo geométrico de fraturas e análise da tectônica rúptil aplicados ao estudo do fluxo do aquífero cristalino.** Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, SP, v. 16, n. 3, p. 71-88, out. 2016.

FERREIRA, Sílvia Aparecida Molinas. **Processos microbiológicos associados à degradação de solventes organoclorados na água subterrânea-Jurubatuba-São Paulo-SP.** São Paulo, 2018. 133 p. Tese (Doutorado - Recursos Minerais e

Hidrogeologia) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

FIUME, Bruna. **Geologia estrutural de detalhe para elaboração de modelo conceitual de circulação de água subterrânea: estudo de caso em Jurubatuba, SP.** São Paulo, 2013. 167 p. Tese (Doutorado - Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

FREGONA, Luis Guilherme Gomes. **Avaliação temporal da atenuação de compostos etenoclorados na água subterrânea de uma área industrial no bairro de Jurubatuba, São Paulo, Brasil.** São Paulo, 2023. 133 p. Tese (Doutorado - Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2023.

GEOPORTAL - Geoportal Memória Paulista. **Imagens de 1958 da região metropolitana de São Paulo.** Disponível em: <<https://www.geoportal.com.br/memoriapaulista/>>. Acesso em 20 de março de 2024.

GOOGLE [software]. Google Earth Pro®. [S.l.]: Google, 2024a.

GOOGLE. Rua Olívia Guedes Penteado. 2024. [s.l.]: Google Maps. Disponível em: https://www.google.pt/maps/place/R.+Ol%C3%ADvia+Guedes+Penteado+-+Socorro,+S%C3%A3o+Paulo+-+SP/@-23.6718433,-46.7147336,3885m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x94ce51cb45821c57:0xb3ce53ba03e69574!8m2!3d-23.6735236!4d-46.7094979!16s%2Fg%2F1ymwrnd7_?hl=pt-PT&entry=ttu. Acesso em 09 mai. 2024b.

HART, Sasha Tom. **Temporal conceptual models for contaminated complex site management, based on a remediation case of chlorinated solvent commingled plumes in weathered and fractured bedrock.** São Paulo, 2023. 156 p. Tese

(Doutorado - Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2023.

HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R. Evolução geológica do pré-cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, 6(3), 180-200. 1976.

HIRATA, R.; FERREIRA, L. M. Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, SP, v.31, p. 43-50, mar. 2001.

HVORSLEV, H.J. **Time Lag and Soil Permeability in Groundwater Observations**. U.S. Army. Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Bulletin n. 36, 1951.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudos Hidrogeológicos na Região de Jurubatuba, no Município de São Paulo** (Plano de Trabalho - Relatório Parcial 1 - RP1). São Paulo: IPT, 08 fev. 2024

JULIANI, C. **O embasamento pré-cambriano da Bacia de São Paulo**. In: SEMINÁRIO PROBLEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO. 1992. São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ABAS/ABGE/SBG. São Paulo: ABGE/ABAS/SBG, 1992, p.3-20.

L'APICCIRELLA, Emanuel S. P. **Contaminação e áreas de restrição de uso de água subterrânea no entorno do canal Jurubatuba em São Paulo – SP**. São Paulo, 2009. 136 p. Dissertação (Mestrado – Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

LIMA, Paulo Lojkasek. **Caracterização de detalhe do perfil vertical de contaminação em um aquífero cristalino fraturado e intemperizado Jurubatuba São Paulo-SP**. São Paulo, 2018. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

NASCIMENTO, Vinicius Augusto do. **Modelo conceitual hidrogeológico de um caso de contaminação do aquífero fraturado por solventes clorados na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 2023. 115 p. Dissertação (Mestrado – Recursos Minerais e Hidrogeologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 2023.

PEDE, Marco Aurélio Zequim. **Caracterização da condutividade hidráulica do embasamento cristalino alterado saturado na região metropolitana de São Paulo**. Rio Claro, 2004. Dissertação (Mestrado - Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus Rio Claro da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

PINO, Daphine Silva. **Aplicação do método Discrete Fracture Network para definição do modelo conceitual hidrogeológico do aquífero fraturado da região de Jurubatuba, São Paulo**. São Paulo, 2019. 263 p. Tese (Doutorado - Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PMSP - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Atlas Ambiental do Município de São Paulo – Fase I: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo**. (Relatório Final). Outorgada por Harmi Takiya. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento Urbano, jul. 2002.

PMSP - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - Readequação Hidráulica da Bacia do Córrego Zavuvus**. [Termo de Referência nº004/DECONT-2/GTAIA/2013]. [Coord. Geral Luiz Otávio Nolasco de Almeida]. São Paulo: PMSP. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/eia_rima_eva/Corrego-Zavuvus-relatorio-de-impacto-ambiental-RIMA.pdf. Acesso em 3 jan. 24.

RIBEIRO, Lucas Andreata Franchin Salvo. **Perfilagens Geofísicas de poços tubulares profundos, região do canal Jurubatuba, São Paulo (SP)**. São Paulo, 2012. Monografia (Graduação) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 2012.

RICCOMINI, Claudio. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, São Paulo, 1989. 319 p. Tese (Doutorado - Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; COIMBRA, A. M.; TAKIYA, H. **Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo**. In: SEMINÁRIO PROBLEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO. 1992. São Paulo, SP. Anais... São Paulo: ABAS/ABGE/SBG. São Paulo: ABGE/ABAS/SBG, 1992. p. 21-45

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental**. São Paulo, 1998. 178p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998.

SÃO PAULO (Prefeitura). Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo. **Diário Oficial da Cidade**. São Paulo, SP, p.1, 06 out. 2004. Disponível em <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13885-de-25-de-agosto-de-2004/detalhe/5ede80791411926000a5b78d>. Acesso em: 02 fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Secretaria de Saneamento e Energia. **Projeto Jurubatuba: restrição e controle de uso de água subterrânea**. São Paulo: DAEE/IG, , 2009a. 109 p. (Cadernos do Projeto Estratégico Aquíferos; nº 01).

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.577, de 08 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 de São Paulo**: seção I, São Paulo, SP, v. 119, n. 127, p.1, 09 jul. 2009b. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20diretrizes%20e%20procedimentos,e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias%20correlatas>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.263, de 5 de junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: São Paulo, SP, p.3, 06 jun. 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SÃO PAULO (Prefeitura). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). **Diário Oficial da Cidade**. São Paulo, SP, p.1, 23 mar. 2016. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016/detalhe/664cd34e1411922869d4e05f>. Acesso em: 02 fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA Nº 10, de 8 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das atividades potencialmente geradoras de áreas contaminadas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1, São Paulo, SP, p. 43, 10, fev. 2017, 2017a Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/02/resolucao-sma-010-2017-definicao-das-atividades-potencialmente-geradoras-de-areas-contaminadas.pdf>. . Acesso em: 26 mar. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA Nº 11, de 8 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre a definição das regiões prioritárias para a identificação de áreas contaminadas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1, São Paulo, SP, p. 5, 10, fev. 2017, 2017b. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/legislacao/2022/07/resolucao-sma-011-7/#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20defini%C3%A7%C3%A3o%20dasa%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20contaminadas>. Acesso em: 26 mar. 2024.

SÃO PAULO (Prefeitura). Lei nº 17.965, de 19 de junho de 2023. Aprova Projeto de Intervenção Urbana para o perímetro do Arco Jurubatuba, em atendimento ao inciso III do § 3º do art. 76 da Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014; cria as Áreas de Intervenção Urbana Vila Andrade, Jurubatuba e Interlagos. **Diário Oficial da Cidade**: São Paulo, SP, p.1, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17965-de-19-de-junho-de-2023>. Acesso em: 02 fev. 2024.

SÃO PAULO (Prefeitura). Lei nº 18.081, de 19 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a revisão parcial da Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016, visando à compatibilização de seu texto original com as supervenientes alterações decorrentes da promulgação da Lei nº 17.975, de 8 de julho de 2023 – Revisão Intermediária do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, nos termos da previsão de seu art. 126, e dá outras providências. **Diário Oficial da Cidade**: Edição Extra. São Paulo, SP, p.1, 19 jan. 2024. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17965-de-19-de-junho-de-2023>. Acesso em: 02 fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). **Sistema Integrado de Gestão Ambiental – Acesso à Informação – SigamGeo Público**. 2024. São Paulo, SP. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16796>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SARTORIO, Fábio. **Modelo conceitual do aquífero fraturado de uma área industrial em Barra Mansa, RJ**. São Paulo, 2019. 95 p. Dissertação (Mestrado – Hidrogeologia e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 2019.

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Município de São Paulo**. Disponível em: <https://industria.seade.gov.br/municipios/>. Acessado em 08 de março de 2024a.

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Geoseade**. Disponível em: <https://portalgeo.seade.gov.br/i3geo/interface/osm.php>. Acesso em 20 de março de 2024b.

SILVA, José Ângelo Ferreira da. **Estimativa de recarga e caracterização hidroquímica e isotópica das águas subterrâneas dos aquíferos da região do canal do Jurubatuba**. São Paulo, 2018. 219 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo São Paulo, 2018.

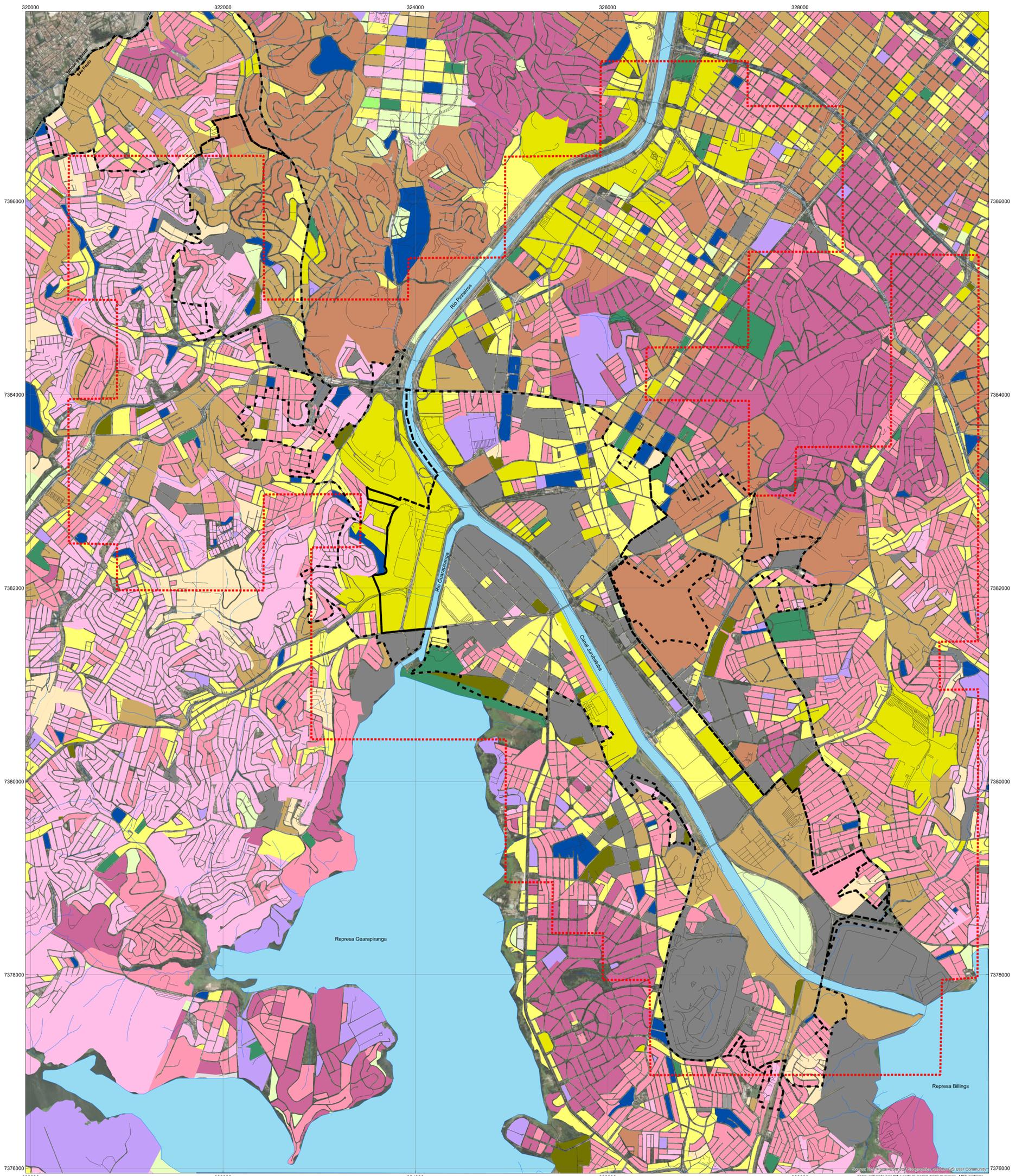
SERVMAR SERVIÇOS TÉCNICOS AMBIENTAIS. **Delimitação de áreas de restrição e controle de captação e uso das águas Subterrâneas no Município de São Paulo**. Bloco B: Aquífero Cristalino - Relatório Final - Caracterização da Quantidade e Qualidade das Águas Subterrâneas e Proposta de Restrição e Controle de Uso. São Paulo: Servmar, 2008. v. 1, 166 p.

SERVMAR SERVIÇOS TÉCNICOS AMBIENTAIS. Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterrâneas da UGRHI-06 e suas regiões de recarga (Relatório Síntese). São Paulo: SERVMAR, set. 2012.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. New Jersey, 1948.

DESENHO 01

Mapa de Uso e Ocupação do Solo



Fonte: elaborado pelo IPT a partir de modelo digital de terreno - MDT, contorne São Paulo (Cidade), 2017.

LEGENDA

Uso e ocupação do Solo

- Residencial Horizontal Alto Padrão
- Residencial Horizontal Médio Padrão
- Residencial Horizontal Baixo Padrão
- Residencial Vertical Alto Padrão
- Residencial Vertical Médio Padrão
- Residencial Vertical Baixo Padrão
- Comércio e Serviço Horizontal
- Comércio e Serviço Vertical
- Indústrias
- Armazéns e Depósitos
- Usos Especiais
- Escolas
- Usos Coletivos
- Terrenos Vagos
- Outros Usos
- Garagens
- Classificação (Indefinido)

Fonte: Seade (2024b)

Convenções Cartográficas

- Limite municipal (São Paulo e Taboão da Serra)
- Limite do PIU Arco Jurubatuba
- ARC - Jurubatuba
- Sistema Viário
- Curso d'água
- Corpo d'água

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT

EQUIPE TÉCNICA
 Coordenação: José Luiz Albuquerque Filho
 Execução: Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente
 Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas
 Marcia Mastel de Araújo, Pedro Rabello Crisma, Nádia Franqueto Correa, Luiz Gustavo Faccini, Antônio José Cabo Baladore, José de Silva, Nivaldo Paulon, Anton Marcenaria Santa
 Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental
 Josué Rodrigues Fischer, Maria de Lourdes Monteiro Santos, Rogério Luiz Bastos
 Revisão de referências e citações bibliográficas
 Estela Rodrigues dos S. Galvão
 Apoio Administrativo
 Rosângela Aparecida Carelli, Suzi Ferreira, Maria Castro da Silva
EQUIPE EXTERNA
Acompanhamento e Colaboração:
 Emanuel Lippocella, Larissa Lima de Lucena, Livia de Almeida Freitas, Rogério Denelto, Marcon Barbosa, Sábila Tom Hart, Valburg de Sousa Santos Junior, Vitória de Almeida Vergara Hidalgo, Beatriz Silva Gonçalves Vieira, Marcelo Costa Alberto, Camilla Arantes, Silvana Ezzamel, José Eduardo Campos, Ricardo Saad
Entidades colaboradoras:
 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, Coordenadoria de Vigilância em Saúde - COVISA, Centro de Vigilância Sanitária - CVS, Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, Fundação Agência Hidrográfica de Alto Tietê - FABHAT, Universidade de São Paulo - USP

LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO NO ESTADO DE SÃO PAULO



PROJETO: ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS NA REGIÃO DE JURUBATUBA, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

1:15.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da submersão: 170° 00' 00" W e 5500m, respectivamente.
 Análise em conformidade com a Resolução 10/2008 do CONAMA.

MAIO 2024



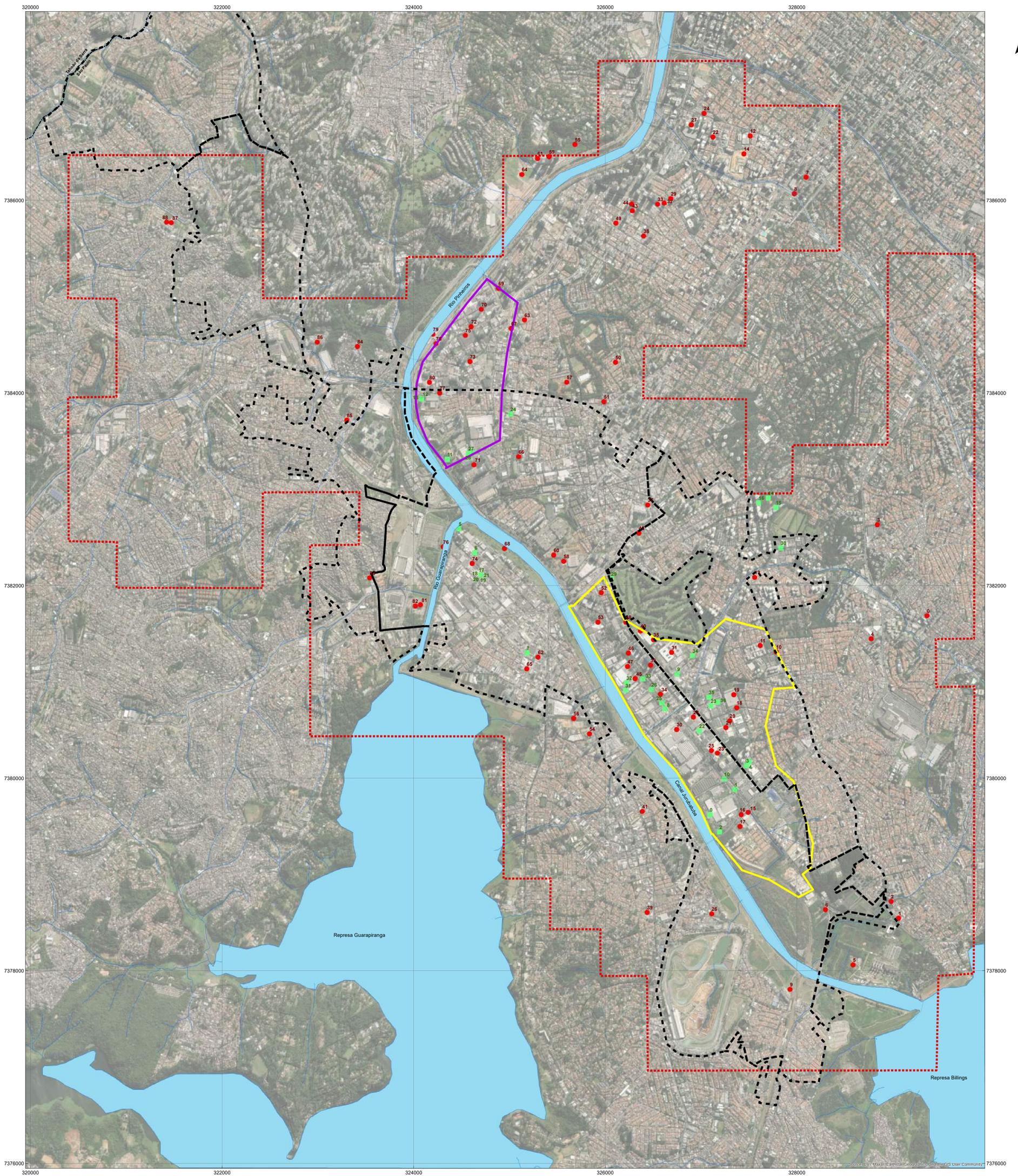
ipt		CIMA - Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente	
SPRGF - Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas		MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
DATA: MAIO/2024	RESP. TÉCNICO: José Luiz Albuquerque Filho	RELATÓRIO: 172380-205	
ELABORAÇÃO: Ailton M. Santa	GEOPROCESSAMENTO: Ailton M. Santa, Luiz G. Faccini, Nivaldo Paulon	DESENHO: 01	

DESENHO 02

Mapa de Zoneamento Urbano

DESENHO 03

Mapa de Áreas Declaradas Contaminadas



LEGENDA

- 1 Áreas Industriais declaradas contaminadas por organoclorados com número de identificação
- 1 Pontos onde foram detectados organoclorados com número de identificação

Convenções Cartográficas

- Limite municipal (São Paulo e Taboão da Serra)
- Limite do PIU Arco Jurubatuba
- ARC - Jurubatuba
- Região Prioritária 4 - Jurubatuba (SMA, 2017b)
- Região Prioritária 3 - Chácara Santo Antonio (SMA, 2017b)
- Sistema Viário
- Curso d'água
- Corpo d'água

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT

EQUIPE TÉCNICA
Coordenação:
 José Luiz Albuquerque Filho
Execução:
 Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente
 Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas
 Marcela Maciel de Araújo
 Pedro Rabello Crema
 Nádia Franqueto Correa
 Luiz Gustavo Faccini
 Antônio José Catto Balduino
 José da Silva
 Nivaldo Padoin
 Ailton Marambaia Santa
 Seção de Investigações, Riscos e Ocorrências Ambientais
 Josiel Rodrigues Fischer
 Maria de Lourdes Monteiro Santos
 Rogério Luiz Bastos
Revisão de referências e citações bibliográficas:
 Edna Baptista dos S. Gubitoso
Apoio Administrativo:
 Rosângela Aparecida Cavalli
 Susi Ferreira
 Maria Castro de Sávio
EQUIPE EXTERNA
Acompanhamento e Colaboração:
 Emanuel Lagescora
 Larissa Lima de Lucena
 Luiza de Almeida Freitas
 Reginaldo Benito
 Marcos Barboza
 Sasha Tom Hart
 Walburg de Sousa Santos Junior
 Vitória de Almeida Vergara Hidalgo
 Beatriz Silva Gonçalves Vieira
 Márcia Costa Alberto
 Camilla Arantes
 Sibele Eral
 José Eduardo Campos
 Ricardo Saad
Entidades colaboradoras:
 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB
 Coordenadoria de Vigilância em Saúde - COVISA
 Centro de Vigilância Sanitária - CVS
 Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE
 Fundação Agência Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT
 Universidade de São Paulo - USP

LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO NO ESTADO DE SÃO PAULO



PROJETO: ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS NA REGIÃO DE JURUBATUBA, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

1:15.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da coordenada UTM: Equador e Meridiano Central 48° W. Gr.
 Escala de redução: 10.000x e 500m, respectivamente.
 Datum: WGS84 (EPSG:31470)

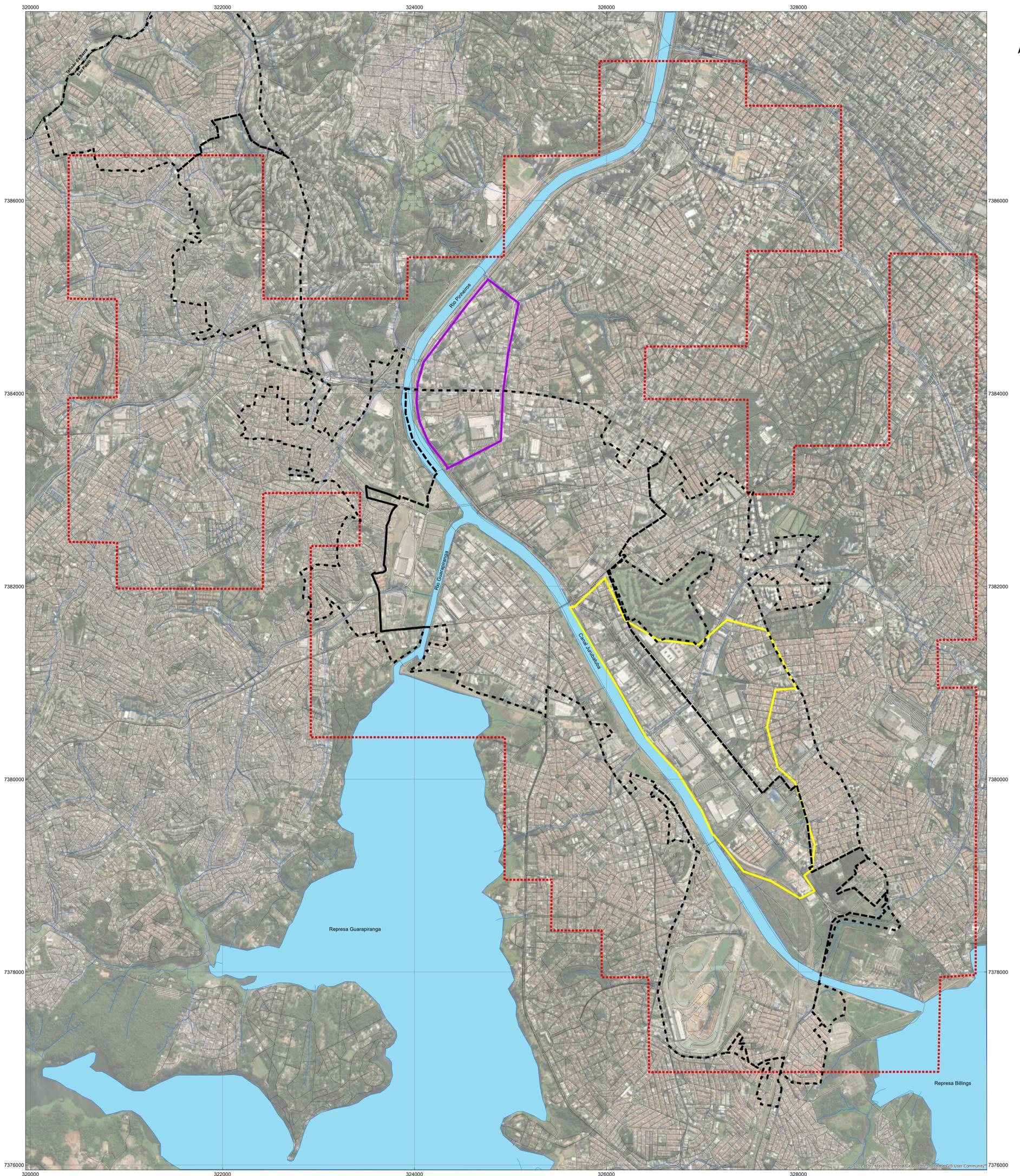
MAIO 2024



ipt		CIMA - Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente	
SPRRF - Seção de Planejamento Territorial,		Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas	
MAPA DE ÁREAS DECLARADAS CONTAMINADAS			
DATA: MAIO/2024	RESP. TÉCNICO: José Luiz Albuquerque Filho	RELATÓRIO: 172380-205	
ELABORAÇÃO: Ailton M. Santa	GEOPROCESSAMENTO: Ailton M. Santa/ Luiz G. Faccini/ Nivaldo Padoin	DESENHO: 03	

DESENHO 04

Mapa de Delimitação da ARC - Jurubatuba



Convenções Cartográficas

- Limite municipal (São Paulo e Taboão da Serra)
- Limite do PIU Arco Jurubatuba
- ARC - Jurubatuba
- Região Prioritária 4 - Jurubatuba (SMA, 2017b)
- Região Prioritária 3 - Chácara Santo Antonio (SMA, 2017b)
- Sistema Viário
- Curso d'água
- Corpo d'água

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT

EQUIPE TÉCNICA
Coordenação:
 José Luiz Albuquerque Filho
Execução:
 Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente
Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas
 Marcelo Maciel de Araújo
 Pedro Roberto Crisina
 Nádia Franqueto Correa
 Luiz Gustavo Faccini
 Antônio José Catti Baladone
 José da Silva
 Nivaldo Paulson
 Ailton Marambaia Santa
Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental
 José Rodrigues Fischer
 Maria de Lourdes Monteiro Santos
 Rogério Luiz Bastos
Revisão de referências e citações bibliográficas
 Érica Baptista dos S. Guisbini
Apoio Administrativo
 Rosângela Aparecida Carelli
 Sueli Ferreira
 Maria Castro da Silva
EQUIPE EXTERNA
Acompanhamento e Colaboração:
 Emanuel Lapocretta
 Larissa Lima de Lucena
 Lívia de Almeida Freitas
 Rogério Bastos
 Marcos Barbosa
 Sueli Tom Hart
 Valburg de Sousa Santos Junior
 Vitória de Almeida Veigara Hidalgo
 Beatriz Silva Gonçalves Vieira
 Marco Costa Alberto
 Camilla Aguiar
 Cibele Etzki
 José Eduardo Campos
 Ricardo Saad

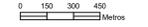
Entidades colaboradoras
 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB
 Coordenadoria de Vigilância em Saúde - COVISA
 Centro de Vigilância Sanitária - CVS
 Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE
 Fundação Agência Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT
 Universidade de São Paulo - USP

LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO NO ESTADO DE SÃO PAULO



PROJETO: ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS NA REGIÃO DE JURUBATUBA, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

1:15.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERICATOR
 Origem da quilmétragem UTM: Equador e Meridiano Central de 07° W G.
 Intervalos de longitude: 6° 00' 00" e 6° 00' 00" respectivamente.
 Datum horizontal: SIRGAS2000

MAIO 2024



ipt		CIMA - Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente SPRF - Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas	
DATA: MAIO/2024		MAPA DE DELIMITAÇÃO DA ARC - JURUBATUBA	
ESCALA: 1:15.000	RESP. TÉCNICO: José Luiz Albuquerque Filho	RELATÓRIO: 172380-205	
ELABORAÇÃO: Ailton M. Santa	GEOPROCESSAMENTO: Ailton M. Santa/ Luiz G. Faccini/ Nivaldo Paulson	DESENHO: 04	