UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO AO
GERENCIAMENTO DA CONTAMINAÇÃO DA ANTIGA ZUPI 131,
JURUBATUBA, SÃO PAULO**

Marcos Bolognini Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo
2015

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e
Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Barbosa, Marcos Bolognini

Sistema de informações geográficas aplicado ao
gerenciamento da contaminação da antiga ZUPI 131,
Jurubatuba, São Paulo. / Marcos Bolognini Barbosa.

-- São Paulo, 2015.

121 p. : il.

Dissertação (Mestrado): IGc/USP

Orient.: Bertolo, Reginaldo Antonio

1. Sistema de informação geográfica 2. Contaminação
3. Águas subterrâneas I. Título

Aos meus queridos pais, Marly
Fre Bolognini e Sergio Barbosa
por tudo que já fizeram por mim
para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Reginaldo Antonio Bertolo, pela confiança e oportunidade de participar do Projeto GESOL. Seu apoio foi fundamental para aproveitar ao máximo todas as oportunidades que surgiram no decorrer do caminho. A sua amizade e bom humor tornaram esse caminho mais fácil.

Agradeço à FAPESP pelo apoio e pela bolsa de mestrado, tornando possível o desenvolvimento desta pesquisa e a experiência de estudar e trabalhar no Canadá.

À Universidade de São Paulo e ao instituto de Geociências pela estrutura e a oportunidade de fazer parte da história dessa Universidade que é tão importante para o Brasil.

Agradeço também ao professor e amigo Rodrigo Cunha que me deu apoio e incentivo para entrar no mestrado e é fonte de inspiração para me tornar um profissional melhor.

Este trabalho teve a contribuição de muitas pessoas e instituições, as quais sou muito grato. Todos foram importantes para minha formação profissional e como ser humano. Deixo um agradecimento em especial para:

À divisão de áreas contaminadas da CETESB, nas pessoas de Rodrigo Cunha, Vicente Aquino, Elton Gloeden, Rivas, Paulo Neto e Sonia pela ajuda com a obtenção de dados nos relatórios de áreas contaminadas e pelas discussões técnicas.

Aos professores do grupo de pesquisa Ricardo Hirata e Amélia João Fernandes que contribuíram para a minha formação e pelas festas de fim de ano sempre bem receptivas e animadas.

Ao Centro Universitário SENAC pela oportunidade de lecionar para a turma da engenharia ambiental e pelo suporte na instalação do vértice geodésico utilizado neste trabalho. Agradeço também o Prof. Jun Shinohara que deu muitas contribuições na parte de banco de dados e SIG.

Aos colegas do projeto GESOL Paulo Lima, Daphne, Bruna Fiume, Lucas Andreatta, José Angelo, Vitor, Ingo, Birelli, Nilton Miyashiro, Raphael. Faço um agradecimento em especial ao Denis Kamio pela grande contribuição no desenvolvimento deste mestrado, tanto na coleta como no tratamento e interpretação dos dados.

Ao Rafael Tilli pela ajuda com a coleta e tratamento dos dados além da execução da campanha de GPS com a colaboração do Prof. Claudomiro dos Santos, etapa que possibilitou o ajuste topográfico dos poços.

À Prof. Dra. Beth Parker do G360 por me receber na Universidade de Guelph no Canadá e possibilitar meu intercâmbio. Ao Ash Stanton pela ajuda com a configuração do computador e dos *softwares*. Ao John Cherry pelas palestras e aulas. E aos amigos do grupo Amanda Malenica, Andrew, Andrey & Olga, Carlos & Lia, Cinthuja, Donovan, Ehsan Pasha, Hari, Jonathan, Kamilo, Keelin Scully, Lori Labelle, Marina, Pat Quinn e Tammy Zildar.

Aos amigos do Lamo Bruno Pirilo, Guillaume, Jorge Peñaranda, Claudia Varnier, Jonathan Batista, Mari Bernardino, Paulo Galvão, Rafael Terada e Sandra Procel por tornarem o ambiente de trabalho mais descontraído.

Aos meus amigos Biro, Cintia, Maici, Luciano, Luiz, Guilherme e Bruno que de alguma forma me ajudaram neste caminho. Deixo um agradecimento especial para a Camila Capassi pela sua ajuda com os mapas além de seu companheirismo e amizade.

Aos meus irmãos José Carlos e Rosana Campana pelo apoio e disposição para ajudar sempre que possível.

Agradeço acima de tudo aos meus pais, Marly Fre Bolognini e Sergio Barbosa pelas revisões de texto, pelo amor incondicional, pelos conselhos e por me darem seu apoio e segurança nas minhas decisões.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a
liberdade: só tem valor quando acaba”

João Guimarães Rosa

RESUMO

BARBOSA, M. B. 2015. Sistema de Informações Geográficas Aplicado ao Gerenciamento da Contaminação da Antiga ZUPI 131, Jurubatuba, São Paulo. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 138 p.

A contaminação da antiga Zona de Uso Predominantemente Industrial 131 (ZUPI 131) em Jurubatuba, São Paulo, levou ao estabelecimento de uma zona de restrição de uso da água subterrânea pelo Poder Público, sendo classificada posteriormente como uma área contaminada crítica. A falta de uma ferramenta que integre os dados ambientais dificulta o trabalho de gerenciamento do problema na escala de trabalho. O desenvolvimento desta ferramenta em SIG, objeto deste trabalho, contribui para a solução dessa demanda e apresenta um modelo conceitual da contaminação da ZUPI 131. O método de trabalho se mostrou adequado para superar as dificuldades de sistematização dos dados e a ferramenta apresentou bom desempenho. Contudo, não foram esgotadas todas as possibilidades de avaliação e processamento de dados, tampouco sua interpretação. A ferramenta possui caráter dinâmico, pode receber maior quantidade de dados e possibilitar novas interpretações e avanços na caracterização da contaminação. As operações espaciais realizadas permitiram identificar áreas prioritárias para futuras investigações; constatar a ausência de registros de informações pretéritas em metade dos empreendimentos; caracterizar rios e córregos como principais zonas de descarga dos aquíferos de porosidade intergranular (sedimentos e saprólito); caracterizar os principais locais de ocorrência de concentrações mais elevadas de solventes clorados; e identificar a existência de concentrações elevadas em alguns poços de abastecimento próximos às áreas que manipularam solventes clorados no passado. Todos esses achados contribuem para a gestão integrada da antiga ZUPI 131.

Palavras-chave: ZUPI 131, Jurubatuba, Sistema de Informações Geográficas, Área Contaminada, Solventes Clorados, Água Subterrânea.

ABSTRACT

BARBOSA, M. B. 2015. Geographic Information System applied to the management of the contamination at the Former ZUPI 131, Jurubatuba, São Paulo. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 138 p.

The contamination of the former industrial area 131 (ZUPI 131) at the Jurubatuba area, Sao Paulo, led to the demarcation of a groundwater restriction zone by the government authorities which classified the areas as critically contaminated. The lack of a Geographic Information System (GIS) to manage all the data poses many challenges to the problem in the work scale. The development of GIS tool brings new light to the former ZUPI 131 integrated management and its application resulted in a conceptual model of the contamination. The adopted method has proved to be able to deal with the data systematization issues and the tool had good performance, however the data evaluation and processing had just begun as well as its interpretation. The tool is dynamic and more data can be imported enabling new interpretations and advances in the characterization of the contamination. Spatial operations have identified priority areas for future investigations such as; verify that half of the sites lack records of past land use; characterize the rivers and the streams as main discharge zones of the porous aquifers (sediments and saprolite); characterize the main hot spots of chlorinated solvents contamination; and identify the existence of high concentrations in some of the supply wells close to sites that manipulated chlorinated solvents in the past. All these findings contribute to the integrated management of the former ZUPI 131.

Keywords: ZUPI 131, Jurubatuba, Geographic Information System, Contaminated Area, Chlorinated Solvents, Groundwater

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes tecnológicos da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais (IDEA-SP) (OHATA, 2015)	19
Figura 2 – Arquitetura da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais (IDEA-SP) (OHATA A. T., 2015)	21
Figura 3 – Mapa de localização da antiga ZUPI 131 com destaque para as regiões administrativas do entorno	23
Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo para a antiga ZUPI 131 e entorno.....	24
Figura 5 – Zonas de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas na região do Jurubatuba (CBH-AT, 2011).	26
Figura 6 – Topografia da cidade de São Paulo com destaque para a região e entorno da antiga ZUPI 131	28
Figura 7 – Mapa hidrográfico da cidade de São Paulo com destaque para a região e entorno da antiga ZUPI 131	29
Figura 8 – Vista do rio Pinheiros no ano de 1930 (Fonte: ACRP, 2015)	30
Figura 9 – Mapa geológico do Estado de São Paulo, destaque para feições estruturais identificadas próximas à antiga ZUPI 131	32
Figura 10 – Mapa hidrogeológico do estado de São Paulo destacando as principais drenagens superficiais da área de estudo.....	35
Figura 11 – Sequência de degradação dos solventes clorados (Fonte: WIEDEMEIER et al., 1999)	39
Figura 12 – Sequência de atividades realizadas na construção da ferramenta em SIG voltada à caracterização da contaminação da antiga ZUPI 131.....	41
Figura 13 – Modelo de Banco de Dados Geográficos do Arc Hydro Groundwater (ESRI, 2013a).....	43
Figura 14 – Estrutura do Banco de Dados Geográficos implementado	46
Figura 15 – (1) Local de trabalho na Agência de Pinheiros da CETESB. (2) Detalhe de um volume dos processos de áreas declaradas contaminadas	48
Figura 16 – Classes texturais e agrupamentos adaptado de Santos (2005, pp. 17-21), publicado originalmente pelo US Soil Survey Staff (1993)	51
Figura 17 – Instalação do vértice geodésico P2. (1) chapeta de identificação; (2) preparação da base para instalação; (3) nivelamento; (4) rastreamento das coordenadas e cota.....	53
Figura 18 – Campanha de determinação de coordenadas geodésicas de poços de monitoramento. (1) posicionamento da base no vértice geodésico; (2) programação da base; (3) detalhe da antena receptora; (4) levantamento de um poço em um dos empreendimentos.....	54
Figura 19 – Mapa com a identificação dos empreendimentos cadastrados e propriedades sem informação a respeito do histórico de ocupação.....	61

Figura 20 – Fluxograma das etapas do processo de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2007)	62
Figura 21 – Mapa das áreas declaradas contaminadas e os grupos de contaminantes associados a cada uma delas. Destaque para as áreas com solventes halogenados que no caso da antiga ZUPI 131 são todos clorados	64
Figura 22 – Mapa da classificação dos empreendimentos cadastrados segundo seu potencial poluidor relacionado ao uso de solventes e segundo sua etapa no processo de gerenciamento de áreas contaminadas	65
Figura 23 – Mapa das áreas prioritárias para a investigação da qualidade da água subterrânea	67
Figura 24 – Mapa de espessura dos sedimentos na antiga ZUPI 131	71
Figura 25 – Mapa com as cotas do topo do embasamento cristalino na antiga ZUPI 131	72
Figura 26 – Mapa com as cotas do topo do saprólito na antiga ZUPI 131	74
Figura 27 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o aquífero sedimentar durante a estação úmida (mar-abr) e seca (set-out). Os valores de carga hidráulica representam a média para um período de 5 anos (2008 a 2013)	76
Figura 28 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o saprólito durante a estação úmida (mar-abr) e seca (set-out). Os valores de carga hidráulica representam a média para um período de 5 anos (2008 a 2013)	77
Figura 29 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o aquífero cristalino durante o período de 1968 a 2003, antes da interdição dos primeiros poços de abastecimento	79
Figura 30 – Gráfico da evolução histórica das cargas hidráulicas dos poços de abastecimento da antiga ZUPI 131. Foram incluídos apenas os poços com mais de um registro de carga hidráulica	80
Figura 31 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no aquífero sedimentar da antiga ZUPI 131 para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações mássicas ($\mu\text{g/L}$)	83
Figura 32 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no saprólito para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações mássicas ($\mu\text{g/L}$)	88
Figura 33 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no cristalino para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações ($\mu\text{g/L}$)	91
Figura 34 – Mapa da concentração de solventes clorados nos poços de abastecimento. Campanha de monitoramento realizada pela CETESB em março de 2005. Gráficos de setores representando a fração molar dos compostos por poço amostrado e valores apresentados para a somatória das concentrações mássicas dos solventes em $\mu\text{g/L}$	93

Figura 35 – Modelo Hidrogeológico conceitual. Conexão cruzada por meio dos poços de abastecimento (modificado de RIBEIRO, 2012, p. 12)	102
Figura 36 – Modelo de gerenciamento da informação aplicado ao gerenciamento de áreas críticas	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos diferentes tipos de banco de dados geográficos	22
Tabela 2 – Medidas de restrição e controle para os poços de captação de água nas zonas de restrição	26
Tabela 3 – Propriedades físico-químicas dos solventes clorados.....	37
Tabela 4 – Técnicas de remediação empregadas nas áreas declaradas contaminadas	66
Tabela 5 – Resumo dos registros de dados de análises químicas para os solventes clorados.....	81
Tabela 6 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do aquífero sedimentar por empreendimento para o período de 2010 a 2012	82
Tabela 7 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do saprólito por empreendimento para o período de 2010 a 2012.....	87
Tabela 8 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do cristalino por empreendimento para o período de 2010 a 2012	90
Tabela 9 – Principais dificuldades encontradas na obtenção e sistematização dos dados	97

LISTA DE SIGLAS

ZUPI	Zona de Uso Predominantemente Industrial
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
IDEA-SP	Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais de São Paulo
SIGAM	Sistema Integrado de Gestão Ambiental
BDG	Banco de Dados Geográfico
GAC	Grupo Gestor de Áreas Críticas
SABESP	Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo
BAT	Bacia do Alto Tietê
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
IG	Instituto Geológico
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
RCSB	Rift Continental do Sudeste do Brasil
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
AP	Área Potencialmente Contaminada
AS	Área Suspeita de Contaminação
AC	Área Contaminada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	Sistema de Informações Geográficas e a Gestão das Áreas Contaminadas .	18
3.1.1	Banco de Dados Geográficos (BDG)	22
3.2	Área de Estudo	23
3.2.1	Histórico Ambiental da Antiga ZUPI 131	25
3.2.2	Características do Meio Físico.....	27
3.2.3	Geologia Regional	31
3.2.4	Hidrogeologia.....	34
3.3	Solventes Clorados.....	36
3.3.1	Comportamento dos Solventes Clorados em Subsuperfície.....	38
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4.1	Modelo de Banco de Dados Geográficos	42
4.2	Implementação do Banco de Dados Geográficos.....	44
4.3	Aquisição de Dados.....	47
4.4	Sistematização dos Dados	49
4.4.1	Dados Litológicos	50
4.4.2	Dados Temporais	52
4.4.3	Ajuste de Dados Topográficos.....	52
4.5	Importação dos Dados.....	55
4.6	Operações Espaciais.....	55
4.6.1	Atribuição de Formas Espaciais aos Dados Importados para o BDG.....	56
4.6.2	Áreas Prioritárias para Investigação	56
4.6.3	Representação da Estratigrafia Local.....	56
4.6.4	Representação da Hidrogeologia Local.....	57
4.6.5	Representação dos Dados de Análises Químicas.....	58
5	RESULTADOS	59
5.1	Caracterização dos Empreendimentos	59
5.2	Geologia Local.....	68
5.2.1	Depósitos Tecnogênicos.....	68
5.2.2	Depósitos aluvionares (Quaternário)	68
5.2.3	Sedimentos Paleógenos da Bacia de São Paulo (BSP)	69
5.2.4	Saprólito (Manto de alteração).....	73
5.3	Hidrogeologia Local	75
5.4	Distribuição Espacial dos Solventes Clorados na Água Subterrânea	80
6	DISCUSSÃO	95
6.1	Aplicação da Ferramenta de Gerenciamento de Dados de Contaminação da Antiga ZUPI 131	95
6.2	Aplicação da Ferramenta.....	99
6.2.1	Caracterização da Antiga ZUPI 131	99
6.2.2	Caracterização Geológica.....	99
6.2.3	Caracterização Hidrogeológica.....	101
6.2.4	Distribuição dos Contaminantes na Água Subterrânea	102

7	CONCLUSÃO.....	105
8	REFERENCIAS.....	108
9	ANEXOS.....	113
10	APÊNDICE	122

1 INTRODUÇÃO

A antiga Zona de Uso Predominantemente Industrial 131 (ZUPI 131), localizada no distrito de Santo Amaro na zona sul da cidade de São Paulo, apresenta um quadro bastante complexo em termos ambientais. Trata-se de uma região de uso predominantemente industrial desde a década de 1950, com intensa exploração da água subterrânea por meio de poços de abastecimento e que atualmente passa por um acelerado processo de transformação do uso do solo.

Historicamente, várias indústrias instaladas na antiga ZUPI 131 fizeram uso de solventes organoclorados alifáticos (solventes clorados), e o manuseio inadequado dessas substâncias ocasionou a contaminação do solo e da água subterrânea. Atualmente, treze áreas são classificadas como contaminadas por solventes clorados na região.

A associação da possível existência de fase livre densa não aquosa em áreas fonte e potenciais hidráulicos descendentes, provocados pelo intenso bombeamento dos poços de abastecimento no passado, ocasionaram o transporte destas substâncias para níveis mais profundos do aquífero fraturado da região. A partir da constatação da contaminação de dezenas de poços, o Poder Público em meados da década passada interditou os mesmos. Em seguida, uma zona de restrição ao uso da água subterrânea foi estabelecida no local (CBH-AT, 2011).

Esta situação fez com que a CETESB classificasse a antiga ZUPI 131 como área contaminada crítica (CETESB, 2015), demandando um procedimento de gerenciamento diferenciado. Contudo, pouco se tem avançado no processo de gerenciamento da contaminação. Atualmente esse processo é feito de forma independente para cada empreendimento e não há integração dos dados na escala de trabalho. Tecnologias que permitam a integração de dados espaciais e auxiliem no processo de tomada de decisão, estão na fronteira do conhecimento e são fundamentais para as boas práticas de gestão ambiental.

Em razão da diversidade de informações e a forma como são disponibilizados, os relatórios de áreas contaminadas dificilmente podem ter seus dados integrados em um único banco de dados sem uma etapa prévia de sistematização. Para essa sistematização se faz necessário o desenvolvimento de um método adequado que garanta a integridade e rastreabilidade dos dados. Isso só é possível por meio de um

Sistema de Informações Geográficas (SIG), uma vez que o espaço é componente fundamental nas relações entre estes dados.

Um SIG é uma representação dos fenômenos espaciais e temporais do mundo real e, devido à complexidade do mundo real, sua representação é uma tarefa difícil e sujeita a erros. A correlação espacial ajuda a construir representações, mas frustra os esforços de se prever o que não é conhecido (LONGLEY et al., 2005). Portanto a ferramenta não pode ser a única solução para o problema, mas pode dar grandes contribuições.

Por meio do desenvolvimento de uma ferramenta em SIG de gerenciamento de dados, esta dissertação pretende dar sua contribuição ao avanço no gerenciamento de áreas contaminadas críticas.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma ferramenta de gerenciamento de dados da contaminação da antiga ZUPI 131 para auxiliar no estabelecimento de um modelo conceitual para a área de estudo e indicar aspectos que podem ser melhorados no processo de gerenciamento dessa área classificada como crítica pela CETESB. Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- desenvolver um banco de dados geográficos para armazenar todos os dados considerados relevantes em um único repositório;
- estabelecer um método para sistematizar os dados gerados por diversas fontes e em diferentes formatos; e
- aplicar a ferramenta ao caso da antiga ZUPI 131 por meio de operações espaciais, demonstrando sua utilidade e relevância para a gestão de contaminações regionais.

A análise da contaminação, por meio de uma base de dados espacial integrada, é uma abordagem que se encontra na fronteira do conhecimento para o gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil. Portanto, este projeto tem importância acadêmica e prática, auxiliando as entidades públicas no desenvolvimento de uma ferramenta própria para a gestão de contaminações regionais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema de Informações Geográficas e a Gestão das Áreas Contaminadas

Segundo Longley et al. (2005), um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma ferramenta para representar o espaço e os fenômenos que nele ocorrem e é composto de seis partes:

- rede: a principal forma de rede é a internet, pela qual é possível armazenar, compartilhar e acessar dados;
- *hardware*: computadores, *tablets*, telefones e outros equipamentos que possibilitam a interação com o mundo digital;
- *software*: interface que permite realizar as operações a partir de um *hardware* (e. g. ArcGIS);
- banco de dados geográficos: repositório capaz de armazenar os dados com referência a um determinado local;
- procedimentos: pontos de controle e outros mecanismos que garantam que o sistema se mantenha funcionando dentro do orçamento, com qualidade e que atenda às necessidades dos usuários; e
- usuários: responsáveis pelo uso, desenvolvimento, programação, manutenção, entrada de dados e interpretação dos resultados.

Atualmente o SIG é uma ferramenta indispensável para diversas atividades de gestão pelo poder público (e. g. monitoramento, licenciamento, fiscalização etc.). Segundo Ohata e Neves (2012), o gerenciamento de dados dos órgãos do Governo do Estado de São Paulo se constitui em um problema por diversos motivos, quais sejam:

- gargalo na infraestrutura física de rede (velocidade, *link*, disponibilidade);
- grande quantidade de dados;
 - fontes diversas;
 - diferentes datas;
 - armazenados em mais de um dispositivo; e
 - requerem algum tipo de tratamento e ajuste antes do uso.
- ausência de informação sobre a origem dos dados;
- duplicidade de dados;
- demora na localização do dado; e
- dados externos, precisam ser tratados antes de sua utilização.

Face a estas dificuldades, a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) deu início a um projeto de implantação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais (IDEA-SP) no ano de 2013. Desde o final de 2014, esta estrutura encontra-se disponível ao público por meio do Geoportal DataGEO, cujo objetivo é estruturar, organizar e disponibilizar as bases de informações ambientais e territoriais do Sistema Ambiental Paulista (OHATA, 2015). A arquitetura do sistema DataGEO é apresentada na **Figura 1** e possui os seguintes componentes:

- sistema de gerenciamento de metadados geoespaciais;
- serviço web de catálogo;
- base de informação territorial ambiental;
- geoportal e visualizador; e
- sistema de manutenção e administração do DataGEO.

Figura 1 – Componentes tecnológicos da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais (IDEA-SP) (OHATA, 2015)

Com a criação da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais, o Governo do Estado de São Paulo passou a dispor de uma Base de Informação Territorial Ambiental “padronizada e qualificada para apoiar as ações de Licenciamento, Fiscalização, Planejamento e Gestão em suas análises e tomadas de decisão” (SVMA, 2015). Esta infraestrutura permite uma nova forma de acessar e compartilhar dados entre órgãos do governo, com segurança e de forma flexível. Conforme apresentado em SVMA (2015), a arquitetura da IDEIA-SP é apresentada na **Figura 2**.

Como a IDEIA-SP integra o Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM), os processos técnicos e administrativos ambientais do governo do estado já são sistematizados no SIG e podem ser utilizados pelos gestores de forma rápida e prática nas tarefas cotidianas. Um exemplo desse sistema é o cadastro de áreas contaminadas e reabilitadas da CETESB. Todos os dados cadastrais que estão na base de dados da agência ambiental encontram-se georreferenciados e disponíveis no SIGAM. Por meio do portal DataGEO é possível visualizar onde se encontram as áreas contaminadas do estado de São Paulo e qual sua atual situação de gerenciamento.

No entanto, ainda não foi desenvolvido um sistema que permita à CETESB receber os dados de estudos de contaminação diretamente em um SIG, desta forma, os relatórios continuam sendo a principal via de acesso e avaliação das informações apresentadas pelos empreendimentos poluidores. Com isso, muitos dos problemas citados por Ohata e Neves (2012) continuam existindo no nível interno de gerenciamento de dados, para a gestão de áreas contaminadas e áreas contaminadas críticas.

Para que se possa integrar os dados dos relatórios gerados pelos empreendimentos poluidores ao IDEIA-SP, é necessário a criação de um banco de dados geográficos específico para o gerenciamento de informações de áreas contaminadas.

Figura 2 – Arquitetura da Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais (IDEA-SP) (OHATA A. T., 2015)

3.1.1 Banco de Dados Geográficos (BDG)

O Banco de Dados Geográficos é parte fundamental para a implantação de um projeto de SIG. Este é um repositório de informações geográficas organizadas, preparado para armazenar, consultar e manipular informações (STRASSBERG, JONES & MAIDMENT, 2011), também conhecido como banco de dados espacial ou *geodatabase* em inglês. Sua finalidade é integrar informações geográficas em um único ambiente virtual, permitindo o uso mais eficiente dos dados.

Existem três tipos de Banco de Dados Geográficos desenvolvidos e disponibilizados para a plataforma SIG. Estes são apresentados na **Tabela 1**, bem como suas principais características.

Tabela 1 – Características dos diferentes tipos de banco de dados geográficos

Principais Características	<i>ArcSDE Geodatabase</i>	<i>File Geodatabase</i>	<i>Personal Geodatabase</i>
Descrição	Uma coleção de vários tipos de conjuntos de dados em SIG na forma de tabelas em um banco de dados relacional. Formato de dados recomendado para o ArcGIS quando armazenados e gerenciados em um banco de dados relacional.	Uma coleção de vários tipos de conjuntos de dados em SIG em uma pasta do sistema de arquivos. Formato de dados recomendado para o ArcGIS quando armazenados e gerenciados em uma pasta do sistema de arquivos.	Formato original de dados para <i>geodatabase</i> do ArcGIS armazenados e gerenciados em arquivos de dados do <i>Microsoft Access</i> . Limitado em tamanho e associado ao sistema operacional Windows.
Número de usuários	Multiusuários. Múltiplas consultas e edições simultâneas.	Usuário único e pequenos grupos. Múltiplas consultas e um editor por <i>feature dataset</i> , <i>feature class</i> ou tabela.	Usuário único e pequenos grupos com pequenos <i>datasets</i> . Algumas consultas e um editor.
Forma de armazenamento	Oracle; Microsoft SQL Server; IBM DB2; IBM Informix; e PostgreSQL.	Cada <i>dataset</i> é um arquivo diferente em disco. O <i>file geodatabase</i> é uma pasta que contém todos os arquivos de <i>dataset</i>	Todos os conteúdos do <i>personal geodatabase</i> são armazenados em um único arquivo do <i>Microsoft Access</i> (.mdb).
Limite de armazenamento de dados	Depende do limite do banco de dados.	1 TB para cada <i>dataset</i> . Cada arquivo do <i>geodatabase</i> pode conter muitos <i>datasets</i> .	2 GB por arquivo de banco de dados do <i>Microsoft Access</i> .

Fonte: *Types of geodatabases* (ESRI, 2014)

3.2 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no distrito de Santo Amaro, região sul da cidade de São Paulo, mais precisamente na antiga ZUPI 131 (**Figura 3**), também conhecida como parque industrial do Jurubatuba. Situa-se entre as pontes do Socorro e Interlagos nas imediações da Avenida das Nações Unidas (continuação da Marginal Pinheiros), sendo esta a principal via de acesso à área.

Figura 3 – Mapa de localização da antiga ZUPI 131 com destaque para as regiões administrativas do entorno

A região é densamente urbanizada apresentando ocupação mista (industrial, comercial e residencial). Contudo, ao longo do canal do Jurubatuba existe um grande adensamento industrial (L'APICCIRELLA, 2009). Atualmente, a região é servida por redes de abastecimento de água e coleta de esgoto, ambas gerenciadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). A **Figura 4** apresenta um mapa de uso e ocupação do solo para a antiga ZUPI 131 e entorno.

Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo para a antiga ZUPI 131 e entorno

3.2.1 Histórico Ambiental da Antiga ZUPI 131

A antiga ZUPI 131 é classificada como área contaminada crítica pela CETESB, e demanda uma ação de gerenciamento diferenciada pelo Poder Público. A água subterrânea do local encontra-se amplamente impactada por solventes clorados. A área faz parte de uma região que abrange sete ZUPIs, situadas na porção centro-sul da Bacia do Alto Tietê (BAT), que abriga diversas indústrias de médio e grande porte.

A ocupação industrial da região teve início na década de 1950, e, nas últimas décadas, tem passado por mudanças significativas no uso do solo. O legado de passivos ambientais deixado pelas indústrias, agora põe em risco receptores mais sensíveis, ao passo que antigas edificações industriais dão lugar a conjuntos residenciais e estabelecimentos comerciais.

Historicamente, o recurso hídrico subterrâneo tem sido utilizado, majoritariamente, pelas indústrias, tanto para produção como para fins sanitários. Segundo o Projeto Jurubatuba (DAEE & IG, 2009), os reservatórios que abastecem a BAT fornecem em torno de 64 m³/s, sendo o restante da demanda, 72 m³/s, complementado por poços tubulares privados (cerca de 12.000 poços). Destes poços, a maioria opera ilegalmente (>70%), e tem-se pouco ou nenhum controle sobre suas condições de exploração.

Devido ao impacto causado por diversas fontes de contaminação, uma zona de restrição ao uso da água subterrânea é mantida na região do Jurubatuba, conforme apresentado na **Figura 5**. A Deliberação CBH-AT, n° 01 de 16 de fevereiro de 2011, estabelece três níveis de restrição: Zona de Alta Restrição (em vermelho), com extensão de 10,75 km²; Zona de Média Restrição (em preto), com extensão de 31 km² e Zona de Baixa Restrição, com extensão de 18 Km². A **Tabela 2** apresenta as Medidas de Restrição e Controle para os poços de captação de água subterrânea existentes para cada um desses níveis. No caso de novas perfurações, estas só podem ser realizadas em zonas de baixa restrição.

Figura 5 – Zonas de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas na região do Jurubatuba (CBH-AT, 2011).

Tabela 2 – Medidas de restrição e controle para os poços de captação de água nas zonas de restrição

Poços atuais	Níveis de Restrição		
	Alta	Média	Baixa
Com etenos ou etanos clorados acima do valor de intervenção	Tamponar	Torna-se alta restrição	Torna-se alta restrição
Com etenos ou etanos clorados abaixo do valor de intervenção	Tamponar	Torna-se alta restrição	Torna-se alta restrição
Sem etenos ou etanos clorados	Obedecer a lei e amostragem trimestral	Amostragem trimestral	Amostragem semestral
Sem conhecimento de análise	Obedecer a lei e amostragem trimestral	Amostragem trimestral	Amostragem semestral
Clandestinos	Obedecer a lei, amostragem trimestral e DU (EUP)	Obedecer a lei e amostragem trimestral	Obedecer a lei e amostragem semestral
Abandonados	Tamponar	Tamponar	Tamponar

DU (EUP): Dependente do Uso (Exceto Usos Preponderantes)

Fonte: L'APICCIRELLA (2009)

Atualmente o processo de gerenciamento da contaminação é realizado de forma isolada para cada área fonte, e, em geral, estão restritas ao aquífero sedimentar. A falta de correlação entre os dados gerados até o momento não permitem uma caracterização da geologia, hidrogeologia e contaminação na escala de trabalho adotada. Mesmo as plumas de contaminação junto às áreas fonte, em muitos casos, não foram bem delimitadas. Os dados existentes para o aquífero cristalino foram obtidos quase que exclusivamente dos poços tubulares profundos de abastecimento (poços de abastecimento), em campanhas de monitoramento no ano de 2005.

3.2.2 Características do Meio Físico

A cidade de São Paulo (TARIFA, ARMANI & AZEVEDO, 2001) apresenta “elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio nestes períodos. Apresenta também, ventos fracos, calmarias e inversões térmicas próximas do solo. Caracterizada por forte aquecimento diurno e dispersão ruim de poluentes, apesar da boa ventilação com ventos de SE e NW”.

O clima de São Paulo é classificado como Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano, que tem a estação chuvosa entre os meses de dezembro a março e período seco entre os meses junho a setembro. A antiga ZUPI 131 encontra-se na unidade climática do tipo IC3 segundo o Atlas Ambiental do Município de São Paulo (PSP, 2015).

As temperaturas são mais elevadas entre os meses de dezembro a março (média de 25°C), e menores entre junho e agosto (média de 15°C) (SVMA, 2013). A média de precipitação anual, segundo dados obtidos entre os anos de 1936 e 2002 pela estação pluviométrica E3-006 do DAEE (2013), foi de 1304 mm. Os índices pluviométricos mensais variaram de 0,0 mm (agosto de 1944 e julho de 1986) na época seca e 441 mm no período mais chuvoso (março de 1991).

A antiga Zupi 131 se encontra nas várzeas e baixos terraços do Vale do Pinheiros (TARIFA, ARMANI & AZEVEDO, 2001) e apresenta um relevo geralmente plano e sujeito a inundações segundo Kleinfelder (1998). A **Figura 6** apresenta a topografia da área de estudo.

De todas as formas de relevo da Região Metropolitana de São Paulo, as planícies de inundação talvez sejam as que mais sofreram intervenções antrópicas,

tanto pelas canalizações realizadas nas drenagens quanto pela total descaracterização da área de inundações periódicas com sua ocupação urbana e consequente impermeabilização (KLEINFELDER, 1998).

Figura 6 – Topografia da cidade de São Paulo com destaque para a região e entorno da antiga ZUPI 131

A área de estudo encontra-se inserida na BAT, Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 6 (UGRHI 6). É cortada pelo rio Pinheiros (também conhecido como canal do Jurubatuba), e pelos córregos Zavuvus e Poli que são as principais

drenagens da área de estudo. A **Figura 7** apresenta o mapa da hidrografia local, delimitando as sub-bacias e principais drenagens associadas a elas.

Figura 7 – Mapa hidrográfico da cidade de São Paulo com destaque para a região e entorno da antiga ZUPI 131

Atualmente, o rio Pinheiros não apresenta as feições e características do rio que fora outrora. Parte de um grande complexo hidráulico para a geração de energia elétrica, ele teve seu curso retificado e estações elevatórias instaladas ao longo do

seu curso para reverter seu fluxo e alimentar o reservatório Billings. A **Figura 8** apresenta as antigas feições do rio Pinheiros e o traçado do projeto de retificação.

Figura 8 – Vista do rio Pinheiros no ano de 1930 (Fonte: ACRP, 2015)

O córrego Zavuvus nasce nos domínios da Subprefeitura de Cidade Ademar (porção nordeste) e deságua no rio Pinheiros, Subprefeitura de Santo Amaro. Com extensão de 8 km, o córrego encontra-se canalizado e enterrado em grande parte de seu percurso. Devido ao intenso processo de intervenção nas suas margens e à urbanização desordenada, o córrego apresenta casos de inundação com frequência (SVMA, 2013).

O córrego Poli encontra-se nos domínios da Subprefeitura de Santo Amaro e deságua no rio Pinheiros. O córrego também se encontra canalizado e enterrado em grande parte do seu percurso e apresenta extensão de 3,5 km.

Com o passar do tempo, as prioridades de uso da água mudaram, e a geração de energia ficou em segundo plano, dando lugar ao abastecimento da população. Com isso os reservatórios Billings e Guarapiranga passaram a ser o segundo manancial

mais importante da cidade (o mais importante atualmente é o Sistema Cantareira). Os reservatórios também são locais destinados a recreação aquática e lazer da população da capital.

3.2.3 *Geologia Regional*

A cidade de São Paulo ocupa uma área que compreende terrenos sedimentares de idade Cenozóica, correspondentes à Bacia de São Paulo, e terrenos pré-cambrianos que constituem o embasamento cristalino (**Figura 9**). A formação da Bacia de São Paulo é uma das unidades que constituem o denominado Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB, cuja origem estaria relacionada à reativação normal de antigas zonas de cisalhamento do embasamento no Terciário (Eoceno-Oligoceno) (RICCOMINI, 1989).

A ocorrência dos sedimentos cenozóicos da Bacia de São Paulo na região de estudos compreende a primeira litofácies da Formação Resende (Orl), e ao longo do Canal do Jurubatuba depósitos aluvionares fluviais do Quaternário (Qa). A Formação São Paulo (Osp) ocorre de maneira restrita a leste da área, e as Formações Tremembé e Itaquaquecetuba não fazem parte da região de estudos.

Com relação às unidades litoestratigráficas do Embasamento Pré-Cambriano, afloram corpos granitoides nas porções centro-noroeste (PCgo) e sudeste (PCg). Ocorrem também de forma expressiva na área micaxistos (PCx) do Complexo Embu (L'APICCIRELLA, 2009). A noroeste da área de estudo, ocorre um afloramento local de anfibolitos do Grupo São Roque.

Figura 9 – Mapa geológico do Estado de São Paulo, destaque para feições estruturais identificadas próximas à antiga ZUPI 131

- **Bacia Sedimentar de São Paulo**

A formação da Bacia de São Paulo está associada ao desenvolvimento do RCSB, que é uma depressão alongada de cerca de 900 km de extensão ao longo da linha de costa atual. Este é composto por um sistema de bacias e grabens tectogênicos instalados no domínio do cinturão neoproterozóico da Faixa Ribeira durante o

Cenozóico. Suas direções variam de NE a E-W, durante o Paleógeno (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI, SANT'ANNA & FERRARI, 2004).

A estratigrafia dos sedimentos da Bacia de São Paulo está relacionada ao Grupo Taubaté (Paleógeno). Este compreende as formações Resende, Tremembé e São Paulo, recobertas de forma discordante pela Formação Itaquaquecetuba (Neógeno) que é recoberta, por sua vez, por sedimentos aluvionares Quaternários (RICCOMINI, COIMBRA & TAKIYA, 1992).

A Formação Resende, unidade basal do Grupo Taubaté, compreende mais de 80% do material de sedimentação da bacia, representadas por duas litofácies que gradam entre si. A primeira corresponde às áreas proximais dos leques aluviais e é composta por matriz lamítica e arenosa com presença de seixos a matações líticos. A segunda está relacionada a depósitos de planície aluvial de rios entrelaçados e apresentam estratificação cruzada com níveis conglomeráticos mal selecionados e grãos angulosos a sub arredondados (RICCOMINI, COIMBRA & TAKIYA, 1992).

A Formação Tremembé ocorre na porção centro-norte da Bacia de São Paulo. Esta, compreende camadas tabulares de argila, ricas em matéria orgânica, de origem lacustre do tipo playa-lake que gradam lateral e verticalmente para o sistema de leques aluviais da Formação Resende (RICCOMINI, 1989).

A Formação São Paulo é constituída por depósitos de sistema fluvial meandrante, e apresenta duas litofácies: depósitos de um canal meandrante, composto de arenitos grossos conglomeráticos, com granodecrescência ascendente para siltitos e lamitos; e depósitos de planícies de inundação, constituída de arenitos de granulação média a grossa, com granodecrescência ascendente de areias mais finas a siltitos e lamitos (DAEE & IG, 2009).

A Formação Itaquaquecetuba corresponde a depósitos de um sistema de rio e canal entrelaçado, e inclui as cinco litofácies a seguir: arenitos médios a grossos com alto grau de estratificação cruzada; conglomerados com seixos rolados e pouca matriz; arenitos médios a finos, maciços e mal selecionados; e blocos sub angulares de rochas do embasamento cristalino (RICCOMINI, 1989).

- **Embasamento Cristalino e Geologia Estrutural**

O embasamento cristalino aflorante na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) pode ser dividido em duas unidades. Tais unidades são separadas pelas

falhas de Taxaquara e do Rio Jaguari, além de rochas granitóides intrusivas (HENNIES, HASUI & PENALVA, 1967).

O conjunto situado a sul destas falhas é composto pelo Complexo Embu e pelo Complexo Pilar. Segundo Hasui e Sadowski (1976), o Complexo Embu possui metassedimentos de médio a alto grau metamórfico (fácies anfibolito), entre eles, migmatitos e gnaisses migmatizados. Já o Complexo Pilar é formado por metassedimentos de menor grau (fácies xisto-verde).

Segundo Juliani (1992), a Bacia Sedimentar de São Paulo encontra-se situada predominantemente sobre rochas metamórficas e granitóides intrusivas pertencentes ao Complexo Embu. Constituído, predominantemente, por gnaisses peraluminosos e biotita gnaisses com intercalações de anfibolitos, rochas cálcio-silicáticas, quartzitos e quartzitos cálcio-silicáticos.

No estado de São Paulo, predominam as intrusões sin-tectônicas (fácies Cantareira), com foliação concordante ao *trend* regional, ocorrendo como batólitos ou stocks, de composição mineralógica predominante do tipo granito-gnaisse (HASUI, ALMEIDA & NEVES, 1978).

3.2.4 Hidrogeologia

A área de estudo faz parte do sistema de aquíferos da Província Hidrogeológica do Escudo Oriental. Devido ao contexto geológico descrito no item anterior, engloba basicamente dois sistemas aquíferos: o Cristalino (SAC) e o Sedimentar (SAS) (HIRATA & FERREIRA, 2001). A **Figura 10** apresenta o mapa hidrogeológico da região de estudos.

O SAC, segundo Hirata e Ferreira (2001), ocorre nos domínios de rochas pré-cambrianas do embasamento, sendo distinguidas duas unidades neste sistema. A primeira corresponde ao manto de intemperismo, tratando-se de um aquífero de porosidade granular, bastante heterogêneo, de natureza livre, com espessura média de 50 m. Segundo Rebouças (1992), a condutividade hidráulica do aquífero é função do nível do perfil de alteração, e varia de E-6 a E-7 m/s, no terço superior do perfil de alteração, a E-3 a E-4 m/s na zona de transição entre a rocha alterada e a rocha sã.

Figura 10 – Mapa hidrogeológico do estado de São Paulo destacando as principais drenagens superficiais da área de estudo

A segunda unidade está relacionada às rochas cristalinas sãs. A porosidade deste aquífero é secundária, com circulação de água pelas discontinuidades rúpteis da rocha (fraturas e falhas não preenchidas). Segundo o DAEE (1975), o SAC apresenta transmissividades entre 0,4 e 14 m²/dia, e porosidade efetiva de 3% (SABESP, CEPAS & IGC-USP, 1994).

O SAS é o mais intensamente explorado na RMSP. Trata-se de um sistema aquífero livre a semi-confinado, de porosidade primária, muito heterogêneo e

anisotrópico (BERTOLO, 1996). Constituído por rochas sedimentares da Bacia de São Paulo, estas apresentam intercalações de sedimentos arenosos e sedimentos argilosos de sistemas predominantemente fluviais, coberturas quaternárias e depósitos aluvionares do Rio Tietê e seus afluentes. Segundo o DAEE (1975), o SAS apresenta valores médios de transmissividade entre 15 e 70 m²/dia e porosidade efetiva de 6% (SABESP, CEPAS & IGC-USP, 1994).

O aquífero sedimentar na área de estudo é composto por sedimentos de idade terciária (Formações Resende e São Paulo) sobreposta por sedimentos do quaternário. O aquífero Quaternário corresponde aos sedimentos aluviais areno-argilosos que ocorrem nas proximidades do canal do Jurubatuba. O aquífero São Paulo é de natureza livre a semiconfinado. Composto por cascalho, areia e silte argiloso, apresenta extensão local e baixa produtividade de água (L'APICCIRELLA, 2009).

O aquífero Resende corresponde a lamitos arenosos e argilosos, formados por um sistema de deposição em leques aluviais e planície fluvial entrelaçada, e por lamitos seixosos formados por sistemas de depósito de leques aluviais. É um aquífero de natureza livre a semiconfinado e que apresenta baixa produtividade de água, vazão média individual por poço de 15,2 m³/h e capacidade específica de 0,9 m³/h/m (L'APICCIRELLA, 2009). A litofácies da Formação Resende que aflora na área de estudo, porção nordeste, corresponde aos lamitos arenosos e argilosos.

3.3 Solventes Clorados

Os solventes organoclorados alifáticos (solventes clorados) são uma classe de compostos derivados dos hidrocarbonetos cujos átomos de hidrogênio são substituídos por átomos de cloro. Suas aplicações na indústria são diversas, sendo amplamente utilizados como solventes e na fabricação de inúmeros produtos químicos. Devido à sua utilização em larga escala e à falta de cuidado no seu manejo e destinação final, estas substâncias estão associadas a muitos casos de contaminação do solo e da água subterrânea.

No caso da antiga ZUPI 131 são três os principais grupos que impactam as águas subterrâneas: etenos clorados, etanos clorados e metanos clorados. Os etenos clorados apresentam ligação dupla entre os átomos de carbono que compõe sua molécula. Os etanos clorados por sua vez possuem ligação simples entre os átomos

de carbono. Já os metanos clorados apresentam apenas um átomo de carbono na molécula. A **Tabela 3** apresenta as principais características físicas desses compostos.

Os solventes clorados, em geral, apresentam densidade maior do que a água, e têm como característica se aprofundarem no aquífero até que encontrem uma camada impermeável ou até que a fase livre seja esgotada e se torne aprisionada na matriz.

Tabela 3 – Propriedades físico-químicas dos solventes clorados

Composto (CAS)	Fórmula	Peso Molecular (g)	Solubilidade (mg/L)	Koc (mL/g)	Densidade (g/cm ³)	*Pressão de Vapor (mm Hg)
Tetracloroeto de carbono (56-23-5)	CCl ₄	153,8	785	439	1,59	90
Clorofórmio (56-23-5)	CHCl ₃	119,4	8200	44	1,49	160
Diclorometano (75-09-2)	CH ₂ Cl ₂	84,9	20000	8,8	1,33	362
Clorometano (74-87-3)	CH ₃ Cl	50,49	5320	14,3	0,91	706
Tetracloroeteno – PCE (74-87-3)	C ₂ Cl ₄	165,8	200	364	1,63	14
Tricloroeteno – TCE (79-01-6)	C ₂ HCl ₃	131,5	1100	126	1,46	60
1,1-dicloroeteno (79-01-6)	C ₂ H ₂ Cl ₂	97,0	400	65	1,22	495
cis-1,2-dicloroeteno (156-59-2)	C ₂ H ₂ Cl ₂	97,0	800	-	1,28	206
trans-1,2-dicloroeteno (156-60-5)	C ₂ H ₂ Cl ₂	97,0	600	59	1,26	265
Cloreto de Vinila (75-01-4)	C ₂ H ₃ Cl	62,5	8800	24	0,97	2970
1,1,2,2-tetracloroetano (79-34-5)	C ₂ H ₂ Cl ₄	167,9	2900	118	1,6	5
1,1,1-tricloroetano (71-55-6)	C ₂ H ₃ Cl ₂	133,4	720	152	1,35	100
1,1,2-tricloroetano (75-00-3)	C ₂ H ₃ Cl ₂	133,4	4500	56	1,44	19
1,1,2,2-tetracloroetano (79-34-5)	C ₂ H ₂ Cl ₄	167,9	2900	118	1,6	5

Continua

Termina						
Composto	Fórmula	Peso Molecular (g)	Solubilidade (mg/L)	Koc (mL/g)	Densidade (g/cm ³)	*Pressão de Vapor (mm Hg)
1,1-dicloroetano (75-34-3)	C ₂ H ₄ Cl ₂	99,0	5500	30	1,17	180
1,2-dicloroetano (107-06-2)	C ₂ H ₄ Cl ₂	99,0	8690	14	1,26	61
Cloroetano (75-00-3)*	C ₂ H ₅ Cl	64,5	5740	35	0,90	1000

Fonte: SCHWILLE, 1988; *DOMENICO & SCHWARTZ, 1998

3.3.1 Comportamento dos Solventes Clorados em Subsuperfície

A contaminação da antiga ZUPI 131 está associada a diversas áreas fontes e diferentes poluentes. A principal classe de contaminantes que impacta a água subterrânea da região é a dos solventes clorados (ocorrência em 13 áreas), contudo, os hidrocarbonetos de petróleo também são encontrados em grande parte das áreas contaminadas (ocorrência em 12 áreas). Sejam de mesma origem ou proveniente de fontes distintas, a sobreposição das plumas destas duas classes de compostos faz com que seu comportamento em subsuperfície seja diferente de quando separados.

O processo de biodegradação é resultado de reações de oxidação e/ou redução (redox), de compostos orgânicos, mediados por microrganismos (fungos e bactérias) no processo de geração de energia (ATP), biomassa e metabólitos. A oxidação de um composto ocorre quando este perde elétrons, já a redução é o oposto, há o ganho de elétrons. Em reações redox sempre haverá um composto oxidado e outro reduzido, portanto, é preciso estarem presentes no meio tanto os doadores como os aceptores de elétrons.

A via preferencial para a degradação dos solventes clorados, em condições naturais, se dá pela decloração redutiva. Neste processo, o composto perde um átomo de cloro que é substituído pelo hidrogênio, conforme apresentado na **Figura 11**.

Figura 11 – Sequência de degradação dos solventes clorados (Fonte: WIEDEMEIER et al., 1999)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este item destina-se a apresentar todos os recursos utilizados e etapas percorridas para que os objetivos fossem alcançados. A **Figura 12** apresenta a sequência das atividades realizadas, sendo a primeira delas a escolha de um modelo de Banco de Dados Geográfico (BDG) e sua customização. Esta foi uma etapa fundamental para organização e gerenciamento dos dados, que se encontravam fragmentados e desconexos.

Definida a estrutura desse banco de dados, foi dado início ao processo de levantamento e organização das informações constantes de documentos de órgãos públicos e trabalhos acadêmicos, disponíveis em meio digital ou impresso.

Em seguida, foram elaborados produtos cartográficos e representações 3D da antiga ZUPI 131, para demonstrar a aplicabilidade deste tipo de ferramenta no processo de gerenciamento de áreas contaminadas regionais.

Os *softwares* e licenças utilizados neste trabalho foram: Adobe Acrobat 9 Pro, utilizado para digitalização e importação de dados; e ArcGIS 10.2.1 para a elaboração do banco de dados espaciais e geoprocessamento. Ambas as licenças foram cedidas pelo grupo de pesquisa G360 da Universidade de Guelph (Ontario, Canadá), instituição parceira do projeto GESOL do qual este trabalho faz parte. Para a elaboração e manuseio do banco de dados também foi utilizado o Access 2013, da Microsoft.

Figura 12 – Sequência de atividades realizadas na construção da ferramenta em SIG voltada à caracterização da contaminação da antiga ZUPI 131

4.1 Modelo de Banco de Dados Geográficos

Neste trabalho adotou-se o *File Geodatabase*, baseado em um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional padrão de tabelas e informação de atributos, de forma a armazenar dados espaciais (STRASSBERG, JONES & MAIDMENT, 2011). A escolha por este tipo de banco de dados se deu por três motivos: ser disponibilizado de forma gratuita; possuir limite de armazenamento de dados adequado para o projeto; e, permitir o compartilhamento do banco de dados para consultas por outros usuários.

O modelo de Banco de Dados Geográficos escolhido para este projeto foi o *Arc Hydro Groundwater data model*. Sua utilização facilita o processo de personalização do banco de dados, partindo de um formato já consolidado em outros repositórios e permitindo maior integração com outros sistemas e usuários da plataforma SIG. Este modelo foi criado para representar diferentes tipos de dados relacionados à geologia de subsuperfície e à água subterrânea e encontra-se disponível para download no *site* da Aquaveo, empresa que atua no ramo de desenvolvimento de ferramentas de SIG em parceria com a ESRI (ESRI, 2013).

O modelo inclui a representação de dados geológicos, hidrogeológicos, hidroestratigráficos, de poços e sondagens, temporais etc. A **Figura 13** apresenta o modelo conceitual do Banco de Dados Geográficos do Arc Hydro Groundwater.

Figura 13 – Modelo de Banco de Dados Geográficos do Arc Hydro Groundwater (ESRI, 2013a)

4.2 Implementação do Banco de Dados Geográficos

A implementação do Banco de Dados Geográficos contemplou uma série de atividades descritas a seguir:

- elaboração de um modelo conceitual de banco de dados para o projeto (**ANEXO 1**);
- definição do modelo de banco de dados geográficos do Arc Hydro Groundwater;
- refinamento do conteúdo pré-existente;
- adição de novas formas e estruturas;
- definição da referência espacial do banco de dados e classes; e
- estabelecimento dos relacionamentos.

Estas etapas se basearam em Strassberg, Jones & Maidment (2011, pp. 127-140). Todas as complementações foram realizadas de forma a respeitar a estrutura lógica e a integridade do banco de dados. Esta estrutura é apresentada na **Figura 14**.

Para a realização deste trabalho, foram classificados como prioritárias as seguintes informações:

- localização geográfica e topográfica de poços de abastecimento, de poços de monitoramento e de sondagens ambientais;
- perfis construtivos e litológicos desses poços;
- profundidade do nível d'água;
- condutividade hidráulica;
- resultados de análises químicas de água subterrânea para solventes clorados;
- análises das propriedades físicas do solo; e
- histórico de atividades dos empreendimentos existentes na área (principalmente para as áreas declaradas contaminadas).

Além dos dados prioritários, também foram selecionados: dados de análises químicas da água subterrânea para outros grupos de compostos (hidrocarbonetos e inorgânicos); parâmetros físico-químicos; existência de sistemas de remediação; e mapas e seções geológicas para auxiliar na interpretação dos dados brutos.

Nesta etapa do projeto também foi elaborada a primeira versão do *metadata*, documento contendo a descrição detalhada da origem dos dados e a forma como

foram compilados e inseridos no banco de dados. Este documento é fundamental para manter um histórico dos registros, sua referência espacial, forma como os dados foram sistematizados e premissas adotadas na sua interpretação.

Após a implementação do banco de dados geográficos foi preparada uma réplica em Access, ferramenta utilizada para a entrada dos dados antes destes serem importados para o BDG. A estrutura de tabelas e relacionamentos criados no Access pode ser visualizada no **ANEXO 2**.

Figura 14 – Estrutura do Banco de Dados Geográficos implementado

4.3 Aquisição de Dados

Para compor o banco de dados, foram realizadas visitas constantes à CETESB (agências de Santo Amaro e sede central) ao longo do segundo semestre de 2012 e do ano de 2013. Os documentos consultados foram os processos de áreas contaminadas de empresas localizadas na antiga ZUPI 131 que se encontravam disponíveis. Os dados de interesse foram definidos anteriormente conforme apresentado no item 4.2.

Para a inserção no banco de dados foram selecionados, em geral, os dados brutos. Também fizeram parte do levantamento as interpretações realizadas por empresas de consultoria. Dentre as informações levantadas, destacam-se:

- localização de poços e sondagens;
- dados construtivos dos poços;
- perfis litológicos;
- dados hidráulicos de poços;
- seções hidrogeológicas;
- resultados de análises químicas de solo e água;
- análises das propriedades físicas do solo; e
- informações básicas sobre a existência de sistemas de remediação.

No **APÊNDICE I** é apresentada uma lista dos relatórios acessados na agência ambiental.

Os dados contidos nos relatórios disponíveis nas agências da CETESB foram convertidos para o formato Portable Document Format (PDF), por meio de escaneamento dos relatórios. Na **Figura 15** é possível observar a estrutura de trabalho disponibilizada pela CETESB na Agência de Pinheiros.

Figura 15 – (1) Local de trabalho na Agência de Pinheiros da CETESB. (2) Detalhe de um volume dos processos de áreas declaradas contaminadas

Os cadastros de outorga de poços de abastecimento foram outra fonte importante de dados. A outorga para captação de água subterrânea é um ato administrativo, de autorização ou concessão, por determinado tempo, para uso do recurso hídrico (DAEE, 2012). Para obtenção da outorga, o solicitante deve apresentar uma série de estudos e documentos ao DAEE, como por exemplo: características construtivas e de operação dos poços; ensaios hidrogeológicos e de qualidade da água; e dados cadastrais do proprietário.

Os processos de outorga foram acessados na sede do DAEE, onde foram disponibilizados e fotografados.

Para a caracterização da área de estudo e elaboração de produtos cartográficos, foram utilizados arquivos vetoriais georreferenciados disponibilizados no website da Prefeitura de São Paulo, na página de Plano de Manejo de Águas Pluviais de São Paulo.

Além disso, foi realizado um levantamento de trabalhos acadêmicos com informações relevantes para complementar o banco de dados, dentre os quais se destacam os seguintes: “*Aplicação de método geoeletrico para caracterização geológica estratigráfica estrutural*” (JACOB, CASTRO & MIYASHIRO, 2012); “*Gerenciamento de áreas contaminadas na região de Jurubatuba*” (PEREIRA & SARTINI, 2007); e “*Contaminação e áreas de restrição de uso de água subterrânea no entorno do canal Jurubatuba em São Paulo – SP*” (L'APICCIRELLA, 2009).

4.4 Sistematização dos Dados

Neste item são descritos os procedimentos adotados para a sistematização e uniformização dos dados obtidos nas diferentes fontes acessadas. Conforme descrito anteriormente, foram utilizados preferencialmente os dados brutos contidos em relatórios e trabalhos acadêmicos, exceto pela caracterização textural do solo, descrita nos perfis litológicos das sondagens e instalação de poços.

De forma geral os dados utilizados foram retirados dos processos de áreas contaminadas, disponíveis na CETESB, e sistematizados no banco de dados. Contudo alguns dados tiveram mais de uma fonte, e nesses casos também foi feita uma integração e validação das informações. Estes casos são detalhados a seguir.

O cadastro das áreas contaminadas foi feito com base na “Relação de áreas contaminadas e reabilitadas” da CETESB, ano de referência 2013, disponível no *website* do órgão ambiental. Os relatórios de algumas das áreas apresentam informação contraditória ou complementar ao cadastro, e neste caso específico optou-se por utilizar apenas os dados oficiais da CETESB.

O registro de poços profundos foi realizado com base nos processos de outorga do DAEE e complementados com os poços não cadastrados apresentados em Pereira e Sartini (2007). Alguns poços também tiveram seu cadastro complementado a partir de informações apresentadas nos processos de áreas contaminadas.

Os dados de áreas com uso histórico de solventes e atividades associadas ao uso de solventes foram obtidos em um trabalho apresentado pela ERM e Haley & Aldrich (2014) intitulado “*Known and Potential Sources of VOC Contamination in the Jurubatuba Industrial Area*”. Este estudo faz referência aos “Processos de licenciamento ambiental de empresas” disponíveis na CETESB para as áreas que fizeram uso declarado de solventes no passado, e documentos da Agência Ambiental Norte Americana que relacionam ramos de atividades ao uso de solventes em geral (USEPA, 1995a; USEPA, 1995b; USEPA, 1995c; USEPA, 1995d; USEPA, 1995e; USEPA, 1995f; USEPA, 1995g; USEPA, 1997; USEPA, 1998; USEPA, 2002; USEPA, 2005).

4.4.1 Dados Litológicos

A uniformização dos dados litológicos foi realizada por meio de uma classificação genérica que abrangeu dados muito heterogêneos nas diferentes fontes. As classificações litológicas adotadas para os materiais descritos nas sondagens e poços foram:

- depósitos tecnogênicos: todas as coberturas antrópicas, como material de preenchimento (solo trazido para aterro), asfalto, bloquetes, concreto, etc.);
- sedimentos aluvionares: sedimentos do Quaternário;
- sedimentos da Bacia de São Paulo (SBSP): sedimentos Terciários que preenchem a bacia de São Paulo;
- sedimentos: classificação utilizada para abranger as descrições que não fazem distinção entre sedimentos aluvionares e SBSP;
- saprólito: rocha alterada mole e solo de alteração segundo Vaz (1996, p. 117); e
- rocha sã: rochas granitoides, micaxistos e migmatitos.

Para cada descrição litológica registrada no banco de dados, além de ser atribuída uma classificação litológica, foi preenchido um campo do tipo verdadeiro ou falso para a ocorrência de cascalho ou seixo. Essa informação é importante para a determinação da gênese do material e pode auxiliar na identificação de paleocanais, que podem ter grande influência no fluxo da água subterrânea e contaminantes.

Os perfis de sondagens e poços acessados apresentam grau de detalhamento e formato distinto. A grande variabilidade na forma de descrição e a falta de um padrão, fez necessária a adoção de uma parametrização para que os dados fossem correlacionados. Entretanto, foi mantida a descrição original no banco de dados, de forma a facilitar uma eventual reclassificação ou nova interpretação nos casos de discordância ou dúvida. Tendo em vista a rastreabilidade da informação, foi incluído um campo de referência ao relatório de origem.

Para identificar o material geológico descrito nos perfis de sondagem e de poços, foi adotado o sistema de classificação por classes texturais e agrupamentos apresentado em Santos (2005) e detalhado na **Figura 16**. Contudo, é importante clarificar que poucos relatórios apresentaram ensaios de granulometria na caracterização litológica. Por isso, as interpretações tiveram como base descrições

tácteis visuais realizadas em campo pelos consultores (e.g. silte argilo arenoso, areia, silte etc.).

Figura 16 – Classes texturais e agrupamentos adaptado de Santos (2005, pp. 17-21), publicado originalmente pelo US Soil Survey Staff (1993)

Para essa classificação foram adotadas as seguintes premissas:

- a primeira classe textural apresentada na descrição constitui a fração de material em maior quantidade. Por exemplo: areia siltosa, cinza com seixos de quartzo arredondados. A principal matriz é a areia e a secundária o silte, portanto esse material foi classificado como franco arenoso;
- não foram feitas distinções entre as frações de areia (areia fina, média e grossa), sendo todas classificadas apenas como areia;
- nos casos em que a descrição indica a ocorrência de cascalho ou seixo no saprólito, o litotipo foi reclassificado como sedimento. Contudo, em alguns casos a descrição de cascalho e seixos, aparentemente, faz menção a fragmentos de rocha do manto de intemperismo, tornando necessária a avaliação dos poços do entorno para identificar o tipo de material descrito;

- as descrições que apenas retratam a ocorrência de cascalho ou seixo, foram classificadas pelo grupo textural Arenoso e classe Areia (e.g. cascalho médio a grosso, cascalheira ou cascalho), sem diferenciação de tamanhos;
- a descrição de estruturas preservadas foi interpretada como características do saprólito; e
- todas as coberturas antrópicas foram classificadas como depósitos tecnogênicos.

Nos casos onde se constatou informação divergente entre relatórios ou seções de um mesmo trabalho, foi realizada uma avaliação crítica e feita uma observação no preenchimento do banco de dados sobre a discrepância e classificação adotada.

4.4.2 Dados Temporais

Todos os registros inseridos no banco de dados estão associados à data em que foram gerados. No entanto, muitas vezes não foi identificada a data precisa com que estas atividades foram realizadas. Isso ocorre recorrentemente em campanhas de monitoramento de nível d'água. Nesses casos a data foi inferida, adotando-se o dia 15 do mês em que o trabalho de campo foi realizado.

4.4.3 Ajuste de Dados Topográficos

Esta etapa é essencial para a integração dos dados de diferentes áreas em uma mesma base. Os sistemas de referência utilizados por diferentes empresas ao longo do tempo variaram entre SAD 69, Córrego Alegre, WGS 84, SIRGAS 2000, coordenadas arbitrárias e em alguns casos não se tem registro do sistema de referência utilizado.

Para este trabalho foi adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000). A partir de fevereiro de 2015 o SIRGAS 2000 foi definido pelo IBGE como o sistema oficial de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro e para o Sistema Cartográfico Nacional (IBGE, 2005).

A conversão dos dados de coordenadas para o SIRGAS 2000 se deu por meio do software livre ProGrid, versão 1.00.0001, disponibilizado pelo IBGE em seu

website. Os dados convertidos foram inseridos no banco de dados em campos específicos, mantendo também os registros originais das coordenadas e cotas.

Para a uniformização e validação dos dados de coordenadas geográficas e cota, foi realizada uma campanha de levantamento topográfico em uma série de poços de monitoramento localizados em vias públicas, utilizados como referencial para os poços dentro das áreas que não foram acessadas. As coordenadas planimétricas foram referenciadas ao sistema SIRGAS 2000 e as altitudes ortométricas foram obtidas através do modelo geoidal MapGeo 2010 do IBGE.

Previamente à realização desta campanha, foram instalados três vértices geodésicos como referencial para a determinação das coordenadas geodésicas dos poços de monitoramento, visando a redução do erro e o tempo entre medidas. Para o rastreamento das coordenadas e cota dos vértices, foi utilizado um receptor GPS modelo X90 da HUACE. Essa sequência de atividade é apresentada na **Figura 17**.

Figura 17 – Instalação do vértice geodésico P2. (1) chapeta de identificação; (2) preparação da base para instalação; (3) nivelamento; (4) rastreamento das coordenadas e cota.

A campanha para determinação das coordenadas geodésicas dos poços foi realizada na primeira semana de abril de 2014 com um GPS JAVAD, modelo TRIUMPH 1, receptor GNSS, pós processados em tempo real (RTK). O sistema de referência utilizado foi o SIRGAS 2000 e o sistema de projeção e de coordenadas foi o UTM zona 23S. Na **Figura 18** são apresentadas fotos da campanha de topografia.

Foram levantados dados de localização e cota de, pelo menos, 2 poços por empreendimento para garantir a precisão no ajuste entre os diferentes tipos de sistemas de coordenadas geográficas. No entanto, os dados obtidos se restringiram às áreas com poços de monitoramento em locais de acesso público ou mediante autorização prévia. Os resultados da topografia são apresentados no **APÊNDICE II**.

Figura 18 – Campanha de determinação de coordenadas geodésicas de poços de monitoramento. (1) posicionamento da base no vértice geodésico; (2) programação da base; (3) detalhe da antena receptora; (4) levantamento de um poço em um dos empreendimentos.

4.5 Importação dos Dados

Após a sistematização de todas as informações no banco de dados em Access, foi realizada a importação para o Banco de Dados Geográfico conforme (*File Geodatabase*) descrito no item 4.2. Esta atividade foi realizada em três etapas: importação dos dados; uniformização topográfica e validação das correções; e ajustes manuais.

A importação para o banco de dados foi feita direto das tabelas em Access. A maior parte dos dados obtidos nos relatórios de áreas contaminadas não apresentaram o sistema geodésico utilizado e, por isso, a sua conversão não pôde ser realizada utilizando o ProGrid. Nestes casos, a conversão para o sistema SIRGAS 2000 foi feita no próprio ArcGIS.

Os dados da campanha de topografia realizada em março de 2014 auxiliaram na correção das coordenadas e, principalmente, nos valores de cotas que apresentaram grande variabilidade. A uniformização topográfica possibilitou ajustes da ordem de 3,5 metros nas cotas e distâncias de até 50 metros no plano horizontal.

A validação desse processo foi feita por meio do georreferenciamento* das plantas dos empreendimentos. Com base na referência espacial da imagem, quando necessários, foram realizados ajustes manuais na localização dos poços. Para preservar a integridade da informação original, foram registrados em campos específicos as coordenadas obtidas e convertidas para o SIRGAS 2000, e as corrigidas manualmente a partir das imagens.

4.6 Operações Espaciais

Esta etapa consiste em um conjunto de operações com as informações espaciais contidas no banco de dados (ESRI, 2015). As principais ferramentas utilizadas para a representação gráfica das informações foram: *3D Analyst Tools*; *Data Management tools*; e o *Groundwater Analyst* e *Subsurface Analyst* do pacote de ferramentas do Arc Hydro Groundwater. As representações gráficas são apresentadas por meio de mapas temáticos obtidos a partir do cruzamento das informações armazenadas no banco de dados geográficos.

* Para este trabalho foi considerado georreferenciamento o registro de plantas de empreendimentos sem levar em consideração as variações de elevação do terreno

4.6.1 *Atribuição de Formas Espaciais aos Dados Importados para o BDG*

Todos os dados importados para o BDG foram associados a formas geométricas projetadas nos mapas e imagens georreferenciadas. No caso das tabelas, a associação é indireta, por meio de um campo identificador, para que os dados possam ser projetados. As formas geométricas associadas aos dados importados para o BDG foram:

- empreendimentos – polígonos;
- poços e sondagens – pontos;
- estratigrafia – tabela;
- rios – linhas;
- reservatórios – polígonos;
- unidades geológicas – polígonos;
- estruturas geológicas – linhas; e
- dados de carga hidráulica e de análises químicas – tabelas.

4.6.2 *Áreas Prioritárias para Investigação*

Foi feita análise espacial com os dados dos empreendimentos e dos poços para a delimitação de áreas prioritárias para investigação. A delimitação dessas áreas foi definida com base em três critérios: (1) uso documentado de solventes no passado ou atividades associadas ao uso de solventes (áreas suspeitas e áreas potenciais de contaminação); (2) proximidade às áreas declaradas contaminadas e análises químicas com detecção de solventes; (3) áreas sem informação disponível a respeito da investigação de passivos ambientais.

4.6.3 *Representação da Estratigrafia Local*

O produto cartográfico com a representação dos contatos entre as principais unidades litológicas foi elaborado com base nas descrições das sondagens ambientais e das perfurações de poços de monitoramento e abastecimento. A representação dos contatos se dá por meio de imagens geradas pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) do *Spatial Analyst Tool* do ArcGIS. Foram

gerados mapas de espessura dos sedimentos, mapas do topo do saprólito e do cristalino.

A partir das imagens foram montadas visualizações em três dimensões utilizando os recursos do ArcScene. Para realçar as feições de topografia do terreno e corpos d'água utilizou-se um exagero vertical de cinco vezes. Além dos produtos cartográficos, o banco de dados permite consulta e manipulação de geovolumes em três dimensões resultantes da interpolação de cada unidade ou mesmo de seções geológicas.

Também foram preparadas seções geológicas em duas dimensões nos locais onde havia maior incidência de dados. As seções foram montadas no próprio ArcGIS (ferramenta XS2D do pacote Arc Hydro Groundwater) e foram traçadas de forma a incluir poços de monitoramento e de abastecimento. Foram incluídos nas seções dados temporais de carga hidráulica das unidades litológicas com base em mapas potenciométricos preparados para a área.

4.6.4 Representação da Hidrogeologia Local

Foram gerados mapas de distribuição das cargas hidráulicas por meio de interpolações dos dados de carga hidráulica para cada unidade litológica (pré-filtro localizado exclusivamente nos sedimentos, saprólito e cristalino) utilizando o método IDW. Nos poços de abastecimento e de monitoramento, os valores de carga hidráulica foram calculados a partir da diferença entre a cota da boca do poço e a profundidade do nível d'água.

Os mapas de distribuição das cargas hidráulicas apresentam campanhas de monitoramento do nível d'água para as estações seca e úmida, para os sedimentos e o saprólito. No caso do aquífero cristalino, foram gerados mapas de acordo com a cobertura espacial e temporal dos dados de poços profundos. Nos casos em que houve mais de uma campanha de monitoramento no período selecionado, foi utilizada a média da carga hidráulica e registrado o número de campanhas em uma tabela a parte.

4.6.5 Representação dos Dados de Análises Químicas

Para a representação das análises químicas, foram selecionados apenas os dados dos solventes clorados (etenos, etanos e metanos clorados). Originalmente os dados foram obtidos em concentração mássica ($\mu\text{g/L}$), para a comparação da distribuição de cada composto por poço e por área. Posteriormente, os dados de concentrações também foram convertidos para concentração molar (Mol/L). Para isso, foram utilizados os pesos molares apresentados no item 3.3.

Devido à grande quantidade de dados concentrados em alguns locais, a distribuição dos contaminantes foi apresentada por meio de gráficos de setores por empreendimento. Assim como nos mapas potenciométricos, os poços com mais de uma campanha no período selecionado para interpolação, tiveram as médias das concentrações calculadas para cada composto.

5 RESULTADOS

O principal resultado obtido neste trabalho foi a criação da ferramenta de gerenciamento de dados para o estabelecimento de um modelo conceitual da contaminação na antiga ZUPI 131. A ferramenta contemplou a elaboração do banco de dados, a sistematização dos dados e as análises espaciais que serão apresentadas neste capítulo.

O banco de dados geográficos foi desenvolvido para gerenciar as informações mais relevantes no estudo da contaminação da água subterrânea na antiga ZUPI 131. Sua estrutura e organização garantem um bom desempenho e agilidade nas consultas. A capacidade de armazenamento é de 1 TB por *dataset* e foi utilizada apenas 10% desta em um dos *datasets*, o que garante sua aplicabilidade no longo prazo para a inserção de novos dados.

O banco de dados armazena informações de 220 relatórios de processos de áreas contaminadas da CETESB, 35 documentos de outorga no DAEE e 4 trabalhos acadêmicos. No total, foram registrados:

- 189 empreendimentos (21 áreas declaradas contaminadas, 13 por solventes clorados);
- 1219 poços (1011 de monitoramento, 109 de sondagem, 64 de remediação e 35 de abastecimento);
- 10684 dados de nível d'água;
- 93313 dados de análises químicas de água subterrânea; e
- 175 ensaios de condutividade hidráulica.

Os resultados obtidos a partir do cruzamento das informações levantadas são apresentados em 4 seções: caracterização dos empreendimentos; geologia local; hidrogeologia local; e distribuição espacial dos solventes clorados na água subterrânea.

5.1 Caracterização dos Empreendimentos

O cadastro dos empreendimentos abrangeu toda a extensão da antiga ZUPI 131. Apesar de estarem identificadas praticamente todas as atividades desenvolvidas

atualmente (dados de 2012), quase metade das áreas não dispõe de informações de uso pretérito*. Na **Figura 19** podem ser visualizados os empreendimentos cadastrados e as propriedades sem histórico de ocupação.

O processo de gerenciamento de áreas contaminadas é realizado por etapas e compreende basicamente duas fases, a de identificação e caracterização da contaminação e a de recuperação para um determinado uso. A **Figura 20** apresenta o fluxograma das etapas de gerenciamento e as classificações.

Existem três classificações de empreendimentos potencialmente poluidores. A primeira classe compreende as áreas potencialmente contaminadas (AP), que são áreas onde são ou foram manipuladas substâncias com potencial poluidor. A segunda classe compreende as áreas suspeitas de contaminação (AS), nas quais há indícios de contaminação. A terceira classe compreende as áreas contaminadas (AC), nas quais foi constatada a presença de contaminante em concentração superior ao padrão de qualidade ambiental. Esta terceira classe apresenta seis subclasses de acordo com a etapa em que se encontra no gerenciamento (CETESB, 2007), conforme segue:

- ACI – Área contaminada sob investigação
- ACRi – Área contaminada com risco confirmado
- ACRe – Área contaminada em processo de remediação
- ACRu – Área contaminada em processo de reutilização
- AME – Área em processo de monitoramento para encerramento
- AR – Área reabilitada para o uso declarado

Quando uma área é declarada contaminada, se inicia o processo de gerenciamento da contaminação até que a mesma esteja reabilitada para o uso declarado (AR).

O processo de gerenciamento de áreas contaminadas é realizado individualmente para cada empreendimento que tenha ou teve potencial poluidor. Este processo geralmente é solicitado no licenciamento ambiental, em caso de mudança de uso do solo ou quando é feita uma denúncia.

* Foi considerado uso pretérito, toda e qualquer descrição de atividade desenvolvida na propriedade anterior ao uso atual cadastrado.

Figura 19 – Mapa com a identificação dos empreendimentos cadastrados e propriedades sem informação a respeito do histórico de ocupação

Figura 20 – Fluxograma das etapas do processo de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2007)

Na **Figura 21** são apresentadas as áreas declaradas contaminadas e os grupos de contaminantes associados a cada uma delas. Além dos solventes clorados, os outros contaminantes que ocorrem com maior frequência são metais, combustíveis líquidos e solventes aromáticos. É importante ressaltar que esses dados foram obtidos da CETESB (2014), e que na relação de áreas contaminadas é identificado apenas o empreendimento responsável pela contaminação e não as áreas que se encontram sobre a contaminação, quando esta extrapola os limites da propriedade.

Desta forma, cada empreendimento recebe uma classificação segundo as evidências do uso histórico de solventes. Quando confirmada a existência da contaminação, o empreendimento passa a receber uma outra classificação referente ao processo de gerenciamento do passivo. A **Figura 22** apresenta as classificações para os empreendimentos cadastrados na antiga ZUPI 131 e também uma categorização em quatro níveis com relação ao uso de solventes.

O primeiro nível, representado pela cor vermelha, classifica as áreas declaradas contaminadas por solventes halogenados segundo a CETESB (2014). A identificação dos empreendimentos é apresentada na **Figura 19**. Os empreendimentos 9 e 42 eram áreas pertencentes aos empreendimentos 6 e 23 respectivamente, e, portanto, também fazem parte da lista de áreas contaminadas.

O segundo nível, representado pela cor laranja, classifica as áreas suspeitas de contaminação (AS). Esta classificação foi atribuída com base no uso documentado de solventes apresentado em ERM e Haley & Aldrich (2014). Em geral, as áreas suspeitas de contaminação se encontram próximas a áreas declaradas contaminadas.

O terceiro nível, representado pela cor amarela, classifica as áreas com potencial de contaminação (AP). Essa classificação foi atribuída com base nas atividades industriais associadas ao uso de solventes apresentada em ERM e Haley & Aldrich.

Figura 21 – Mapa das áreas declaradas contaminadas e os grupos de contaminantes associados a cada uma delas. Destaque para as áreas com solventes halogenados que no caso da antiga ZUPI 131 são todos clorados

Figura 22 – Mapa da classificação dos empreendimentos cadastrados segundo seu potencial poluidor relacionado ao uso de solventes e segundo sua etapa no processo de gerenciamento de áreas contaminadas

O quarto nível, representado pela cor cinza, classifica todas as áreas que não estão relacionadas ao uso de solventes ou sem registro do histórico de ocupação.

Com base na categorização do uso de solventes (níveis 1 a 3) e na localização das áreas declaradas contaminadas por solventes, foi possível indicar áreas prioritárias para a investigação da qualidade da água subterrânea (**Figura 23**). A antiga ZUPI 131 possui extensão de 2,6 Km², sendo que as áreas definidas como prioritárias têm aproximadamente 0,8 Km² e as áreas investigadas em torno de 0,7 Km².

Algumas das áreas contaminadas apresentadas na **Figura 22** se encontram na etapa de remediação. Na **Tabela 4** são listadas essas áreas e as técnicas de remediação empregadas em cada uma delas. Até o final de 2012, apenas duas áreas, empreendimentos 24 e 28, foram reabilitadas para o uso declarado.

Tabela 4 – Técnicas de remediação empregadas nas áreas declaradas contaminadas

Empreendimento	Técnica de remediação empregada
1	Extração multifásica
3	Bombeamento e tratamento, extração de vapores, <i>air sparging</i> , extração multifásica, oxidação/redução química, remoção do solo, barreira hidráulica
4	Bombeamento e tratamento, extração de vapores, <i>air sparging</i> , oxidação/redução química
5	Oxidação/redução química, recuperação de fase livre
6	Bombeamento e tratamento, extração de vapores, Oxidação/redução química, barreira hidráulica
15	Extração multifásica, oxidação/redução química
21	Oxidação/redução química
24	Remoção de solo
25	Bombeamento e tratamento, extração multifásica, barreira reativa
26	Extração de vapores, decloração redutiva, biorremediação
28	Sem medida de remediação

Fonte: Relação de áreas contaminadas e reabilitadas (CETESB, 2014)

Figura 23 – Mapa das áreas prioritárias para a investigação da qualidade da água subterrânea

5.2 Geologia Local

A região da antiga ZUPI 131 está localizada sobre a borda sudoeste da Bacia Sedimentar de São Paulo. Com base em mais de mil perfis litológicos de sondagens compilados (**Figura 23**), e a comparação desses dados com a bibliografia disponível, foram definidos os seguintes compartimentos geológicos: depósitos tecnogênicos (aterro); depósitos aluvionares (Quaternário); Sedimentos Paleógenos (Terciário); e Saprólito.

Para ilustrar esses compartimentos em subsuperfície, foram preparadas 5 seções geológicas nos locais onde havia maior quantidade de dados. Nestas seções não foram diferenciados os depósitos aluvionares dos Sedimentos Paleógenos uma vez que muitas das descrições não fizeram essa diferenciação e há grande incerteza sobre esses dados. Essas seções são apresentadas nos **ANEXOS 3 a 8**.

5.2.1 *Depósitos Tecnogênicos*

A maior parte da região é coberta por depósitos tecnogênicos de mais variada composição, resultantes das operações de terraplenagem para o uso e ocupação das áreas. São formados principalmente por materiais areno-argilosos e argilo-arenosos, sendo comum a presença de brita e tipos diversos de detritos, tais como madeira, plástico, fragmentos de entulho, entre outros. Estes depósitos têm espessura média de aproximadamente um metro, podendo chegar a quatro metros em alguns locais.

5.2.2 *Depósitos aluvionares (Quaternário)*

Os depósitos sedimentares aluvionares encontram-se sobre toda a região de estudo, que outrora estava sob a influência das várzeas do antigo leito do rio Pinheiros, antes das obras de retificação.

O topo dos depósitos aluvionares é formado por sedimentos ricos em matéria orgânica (turfáceos), de espessura sub métrica a métrica, que ocorrem em quase toda a região logo abaixo das coberturas tecnogênicas. A textura destes sedimentos é

predominantemente argilosa, com variações siltosas e arenosas. Apresenta variações no teor de matéria orgânica e por vezes, coloração acinzentada.

Sob os pacotes de argila orgânica estão presentes sedimentos arenosos, de cores que variam entre tons de cinza, amarelo e marrom avermelhado. Apresentam espessura métrica e é comum à sua ocorrência entre dois e cinco metros de profundidade abaixo da superfície. Uma característica marcante neste pacote é a granodecrescência ascendente, que progride de areias finas siltosas no topo, até areia grossa com cascalhos ou muito cascalhenta na base. Lateral e verticalmente, observam-se intercalações de espessura sub métricas a métricas de argila e argila arenosa.

5.2.3 *Sedimentos Paleógenos da Bacia de São Paulo (BSP)*

Os sedimentos Paleógenos da Bacia de São Paulo foram observados nas porções norte e nordeste da região de estudo. A maior espessura destes sedimentos foi verificada na área do empreendimento 3, onde poços de abastecimento atravessaram cerca de 65 metros de sedimentos.

É interessante notar a variação da espessura de sedimentos entre a porção centro e sudeste da antiga ZUPI (**Figura 24**), concordante com o topo do embasamento (**Figura 25**), o que pode indicar um controle dos compartimentos geológicos através de falhamentos, que teriam gerado horsts e grabens (**Anexo 7**).

Além disso, a análise dos mapas de espessura dos sedimentos e da hidrologia levam a crer que exista uma falha ao longo da Av. Eng. Alberto de Zagottis. Os indícios são uma mudança de curso do córrego Zavuvus de mais de 90 graus, possivelmente causada pela topografia do topo rochoso, discordante das outras drenagens que ocorrem a nordeste e o espessamento do pacote de sedimentos nas proximidades do empreendimento 3.

Os perfis compilados indicam o predomínio de termos arenosos (areia fina a média), que por vezes apresentam horizontes com cascalho. Ocasionalmente, intercalações de sedimentos argilosos e argilo-arenosos, de espessura sub métrica a métrica, ocorrem entrecortados aos sedimentos arenosos.

As cores dos sedimentos arenosos variam principalmente entre tons de amarelo e cinza, entretanto nos horizontes superiores, mais próximos à superfície, são comuns os tons de marrom. Os sedimentos argilosos apresentam cores bastante variadas, como amarelo, vermelho, roxo e cinza.

Figura 24 – Mapa de espessura dos sedimentos na antiga ZUPI 131

Figura 25 – Mapa com as cotas do topo do embasamento cristalino na antiga ZUPI 131

5.2.4 Saprólito (*Manto de alteração*)

Na área de estudo, o saprólito apresenta espessuras que variam de quatro metros (região do empreendimento 6) até mais de sessenta metros (região do empreendimento 3). O topo desta unidade litológica se assemelha ao topo da rocha sã (**Figuras 25 e 26**). Na região do entorno do empreendimento 6, a rocha sã se encontra bastante rasa, podendo ser a causa da redução na espessura do manto, que teria sido erodido para as partes mais baixas do embasamento no entorno.

Contudo, vale comentar que a espessura do saprólito também pode estar relacionada à diferença de resistência ao intemperismo, de tipos distintos de rochas que compõem o embasamento cristalino.

A textura dos materiais que compõem o saprólito é predominantemente argilo-arenosa a areno-argilosa. Essa textura é resultante do intemperismo dos minerais que compõem os gnaisses, xistos, migmatitos e granitoides do embasamento cristalino. Porções mais arenosas são verificadas em meio ao compartimento e podem derivar de rochas como pegmatitos, que geram texturas mais arenosas quando intemperizadas. As cores dos materiais que compõem o manto são bastante variadas, ocorrendo tons de marrom, cinza, vermelho e amarelo. Nos níveis próximos à rocha sã do embasamento cristalino verificam-se níveis mais saprolíticos, onde é mais comum a presença de grânulos de quartzo e fragmentos de rocha, além de estruturas de foliação xistosa/gnáissica reliquiares evidentes.

Figura 26 – Mapa com as cotas do topo do saprólito na antiga ZUPI 131

5.3 Hidrogeologia Local

Os resultados de caracterização da hidrogeologia local estão estritamente associados às medidas de nível d'água e ensaios hidráulicos em poços instalados dentro da antiga ZUPI 131. Todos os poços cadastrados no banco de dados são apresentados na **Figura 23**. Os resultados obtidos foram organizados em três unidades aquíferas, sedimentos (porosidade primária), saprólito (porosidade primária e secundária) e cristalino (porosidade secundária).

Estas três unidades aquíferas são de natureza livre e apresentam, em geral, baixo gradiente vertical com um predomínio de fluxo descendente no período avaliado, conforme demonstrado nas seções geológicas apresentadas nos **ANEXOS 3 a 8**.

O valor de condutividade hidráulica para as unidades aquíferas 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. Em geral, esses dados foram obtidos por meio de *slug* e *bail tests* e interpretados, utilizando Hvorslev ou Bouwer-Rice, pelas empresas de consultoria.

A caracterização do fluxo e dos potenciais hidráulicos da água subterrânea foi feita por meio de interpolação das cargas hidráulicas dos poços com pré-filtro em cada unidade aquífera. Para avaliar o efeito da sazonalidade, foram elaborados mapas de distribuição das cargas hidráulicas médias para as estações seca (setembro e outubro) e úmida (março e abril), durante um período de cinco anos (2008 a 2013). Os mapas são apresentados na **Figura 27** (sedimentos) e **Figura 28** (saprólito).

Figura 27 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o aquífero sedimentar durante a estação úmida (mar-abr) e seca (set-out). Os valores de carga hidráulica representam a média para um período de 5 anos (2008 a 2013)

Figura 28 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o saprólito durante a estação úmida (mar-abr) e seca (set-out). Os valores de carga hidráulica representam a média para um período de 5 anos (2008 a 2013)

Ambos os mapas de distribuição das cargas hidráulicas levam a crer que a direção do fluxo da água subterrânea é concordante com a topografia do terreno. As áreas de descarga compreendem o rio Pinheiros e os córregos Poli e Zavuvus para os sedimentos, e o rio Pinheiros para o saprólito. É importante mencionar que não foram obtidos dados de cota da lâmina d'água dos rios e córregos, portanto não há dados conclusivos sobre a relação entre os rios/córregos e o aquífero.

Os maiores gradientes horizontais observados nos mapas de distribuição das cargas hidráulicas são em torno de 2% para os sedimentos e de 1,2% para o saprólito, sendo os menores gradientes mais próximos ao rio Pinheiros e os maiores nas áreas de maior elevação topográfica.

A comparação entre os mapas de distribuição das cargas hidráulicas para as estações seca e úmida demonstram pouca diferença entre elas, indicando que o efeito da sazonalidade pouco interfere nos níveis d'água e na potenciometria local destes aquíferos.

Devido à falta de dados mais recentes para o aquífero cristalino, foi preparado um mapa de distribuição das cargas hidráulicas com os valores médios entre 1968 e 2003 (**Figura 29**), período anterior à interdição dos poços de abastecimento. Nota-se que a distribuição das cargas hidráulicas neste período era controlada pelo bombeamento dos poços de abastecimento e não é possível identificar um padrão de direção de fluxo da água com base nos dados disponíveis (não foram obtidos dados dos poços sem outorga).

Os dados mais recentes dos poços de abastecimento têm cobertura espacial e temporal limitadas, portanto foram utilizados apenas em algumas seções geológicas (**ANEXOS 3 a 8**), nas quais é possível observar que:

- na época em que os poços profundos estavam em operação havia um forte gradiente descendente;
- após o estabelecimento da zona de restrição e a interdição dos poços, a recuperação do nível d'água se deu de maneira muito rápida, essa recuperação pode ser observada nos dados históricos de carga hidráulica dos poços de abastecimento (**Figura 30**).

Figura 29 – Mapa de distribuição das cargas hidráulicas para o aquífero cristalino durante o período de 1968 a 2003, antes da interdição dos primeiros poços de abastecimento

Figura 30 – Gráfico da evolução histórica das cargas hidráulicas dos poços de abastecimento da antiga ZUPI 131. Foram incluídos apenas os poços com mais de um registro de carga hidráulica

5.4 Distribuição Espacial dos Solventes Clorados na Água Subterrânea

Os solventes clorados se encontram presentes, em grande parte da antiga ZUPI 131, nos três níveis aquíferos. Os contaminantes que ocorrem com maior frequência e intensidade são os etenos clorados. Os metanos e etanos clorados também ocorrem com frequência embora em menor intensidade.

Devido à grande quantidade de análises químicas para os solventes clorados, foi selecionado um período relativamente curto e recente para a sua representação, qual seja de 2010 a 2012, por apresentar muitos dados e boa cobertura espacial (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo dos registros de dados de análises químicas para os solventes clorados

Ano	Nº de áreas amostradas	Total de amostras	Amostras com detecção de solventes clorados	Amostras abaixo do limite de quantificação
2000	2	107	53	54
2001	2	1310	557	753
2002	1	729	253	476
2003	2	1459	502	957
2004	3	1442	491	951
2005	16	2630	752	1878
2006	13	2658	919	1739
2007	15	3634	1222	2412
2008	12	5163	1446	3717
2009	18	3194	797	2397
2010	17	8953	2198	6755
2011	17	8161	1946	6215
2012	13	5263	727	4536

Para representar a distribuição dos solventes clorados, foram preparados mapas para os três níveis aquíferos. Devido à grande quantidade de poços com análises, foram utilizadas as médias de concentração dos poços com detecção por empreendimento. A representação dos dados das análises químicas foi feita por meio de gráficos de setores, utilizando a concentração molar de cada composto.

A distribuição espacial dos solventes clorados nos sedimentos é apresentada na **Figura 31**. Nesta, é possível visualizar as áreas com maior concentração de solventes clorados e a concentração molar dos diferentes compostos. Os maiores gráficos de setores estão associados aos locais onde os poços apresentaram concentrações mais elevadas. Os poços por sua vez são representados pela soma das concentrações de solventes clorados ($\mu\text{g/L}$).

A **Tabela 6** detalha o número total de poços com detecção de solventes clorados, o número máximo de campanhas para os poços e as concentrações médias e máximas para cada área.

Tabela 6 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do aquífero sedimentar por empreendimento para o período de 2010 a 2012

Área (Emp.)	Nº total de poços com solventes clorados	Maior número de amostras por poço	Concentração média de solventes clorados por área (µg/L)	Poço com maior concentração de solventes (µg/L)	
7	3	3	55	PM5A	126
9	3	5	1058	PM4	2940
29	42	2	284	PM19	3509
11	1	4	5	PM3A	5
21	2	5	10362	PM7C	18484
12	7	7	2700	PM10A	14624
25	33	2	3088	PM9	25798
2	16	1	50	PM23A	347
13	1	4	15435	PM32	15435
4	24	9	1170	PM16	8521
33	2	2	2853	PM4	5695
5	22	5	31	PM44	267
15	4	7	2	PM25	3
16	4	5	4075	PM1B	15507
6	6	9	12565	PM29	26673
Poço rua Emp. 5	1	5	337	PM36	337
26	26	3	1129	PM38	20699
3	45	3	7841	PM1A	92837
14	1	4	25	PM6	25
1	5	2	5	P105	13
22	1	2	4	PM1	4

Figura 31 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no aquífero sedimentar da antiga ZUPI 131 para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações mássicas ($\mu\text{g/L}$)

Nos resultados obtidos para o aquífero sedimentar são identificados 5 locais com concentrações elevadas, que compreendem os seguintes empreendimentos:

- **Empreendimento 4** – Os contaminantes se encontram concentrados na porção centro-nordeste do empreendimento na divisa com o Golf Club. Foram detectados solventes clorados em 24 poços, alguns deles amostrados 9 vezes no período avaliado. Os contaminantes presentes no aquífero sedimentar são os etenos clorados, havendo um equilíbrio entre o PCE (36%) e o DCE (35%), seguidos do CV (20%) e do TCE (8%). Os etanos e metanos clorados são encontrados em pequena quantidade (menor que 1%). A concentração média de solventes nesses poços foi de 1170 µg/L, sendo a maior concentração registrada de 8521 µg/L (PM16).
- **Empreendimento 3** – Os contaminantes se encontram na porção centro-sudoeste do empreendimento e em praticamente todo o limite da propriedade ao longo da Av. Eusébio Stevaux. Foram detectados solventes clorados em 45 poços e registradas três campanhas de amostragem. Os compostos que predominam neste local são os etenos e etanos clorados, com o predomínio do TCE (36%), seguido do DCE (26%), cloro etanos (24%) e PCE (11%). O CV e os metanos clorados aparecem em menor quantidade (2% e <1% respectivamente). A concentração média de solventes nesses poços foi de 7841 µg/L, e a maior concentração 92837 µg/L (PM1A).
- **Empreendimentos 26, 25 e 29** – Nas áreas dos empreendimentos 29 e 25, os contaminantes foram detectados ao longo da maior parte da propriedade, no empreendimento 26 estes se concentram na porção oeste. O número total de poços com detecção de solventes nestas áreas foram 26 (Emp. 26), 33 (Emp. 25) e 42 (Emp. 29), sendo que foram realizadas duas a três campanhas de amostragem no período analisado. Estas três áreas contíguas apresentam contaminações com características distintas quanto à fração molar dos contaminantes embora predomine a presença dos etenos clorados. No empreendimento 26, os principais compostos são o DCE (33%), o PCE (30%) e o TCE (29%). O CV e os etanos clorados aparecem em menor

quantidade (5% e 2%). No empreendimento 25 o DCE (55%) é o principal composto seguido do CV (18%), PCE (13%), TCE (10%) e etanos clorados (4%). O empreendimento 29 tem maior concentração de CV (50%) e DCE (40%), seguido do TCE (5%) e do PCE (3%). As concentrações médias nessas áreas variaram de 284 µg/L (Emp. 29) a 3088 µg/L (Emp. 25). As concentrações máximas variam de 3509 µg/L (Emp. 29) a 25798 µg/L (Emp. 25).

- **Empreendimentos 9, 21, 12, 13, 16 e 6** – Este é o local onde são encontradas as concentrações médias mais elevadas de solventes clorados e abrange seis propriedades. Os etenos clorados são os principais compostos, com as maiores concentrações ocorrendo na porção central desta área e nas divisas leste e oeste do empreendimento 21. Em uma análise mais ampla, outras quatro propriedades estão incluídas nesse grupo (Emp. 7, 11, 15 e 14) por estarem muito próximas das outras áreas embora apresentem concentrações menores de solventes. O número de poços com detecção destes compostos varia, assim como o número de amostras por poço, sendo melhor visualizados na **Tabela 6**. As áreas ao norte e nordeste (Emp. 21 e 12) apresentam equilíbrio entre as concentrações de DCE (53% e 42%) e CV (45% e 58%). As duas áreas a leste (Emp. 9 e 13) têm maior concentração de DCE (>70%), sendo que o empreendimento 13 tem concentração significativa de CV (>20%). Já as áreas a sudoeste (Emp. 7, 16 e 6) têm concentrações mais elevadas de PCE (75%, 52% e 45%), seguido do DCE (13%, 15% e 29%) e do TCE (11%, 4% e 13%), sendo que no empreendimento 16 a presença de CV é em torno de 27%. Na área do empreendimento 6 observa-se a presença dos metanos clorados (clorofórmio) que também ocorre com intensidade no empreendimento 14.
- **Empreendimento 33** – Apenas dois poços apresentam concentrações de solventes clorados, ambos localizados na porção norte do empreendimento. Para o período avaliado foram registradas duas campanhas de amostragem. Nestes poços foram encontrados apenas os metanos clorados (mais especificamente o clorofórmio) com

concentração média de 2853 $\mu\text{g/L}$, e concentração máxima de 5695 $\mu\text{g/L}$ (PM4).

Também foram identificados 3 locais de concentrações moderadas que se destacaram:

- **Empreendimento 2** – Os poços com detecção de solventes se encontram na porção centro sul do empreendimento. Foram detectadas concentrações de solventes clorados em 16 poços e uma campanha no período analisado. O CV é o principal composto (98%), sendo detectadas pequenas concentrações dos metanos clorados e o TCE. A concentração média para os poços desta área é de 50 $\mu\text{g/L}$ e a máxima 347 $\mu\text{g/L}$ (PM36). Atualmente o empreendimento 2 é classificado como uma área em processo de monitoramento para encerramento pela CETESB (AME).
- **Empreendimento 5** – Nesta área 22 poços apresentam concentrações de solventes clorados, a maior parte localizados na porção noroeste do empreendimento. Foram registradas cinco campanhas de monitoramento no período avaliado. O principal composto desta área é o DCE (64%) e o CV (21%). Estão presentes também pequenas quantidades de metanos e etanos clorados (7% e 6%). A média das concentrações é de 31 $\mu\text{g/L}$ e a maior concentração 267 $\mu\text{g/L}$ (PM44).
- **Poço em frente ao Empreendimento 5** – no lado externo do empreendimento 5, na Av. das Nações Unidas, um poço de monitoramento tem mostrado de forma consistente (cinco amostragens registradas) concentrações elevadas de TCE (73%) e DCE (24%). A concentração média observada nesse poço (PM36) é de 337 $\mu\text{g/L}$. Por ter valor moderado, fração molar distinta e se encontrar a montante do empreendimento 5 com relação ao fluxo da água subterrânea, este poço foi considerado um local a parte.

A distribuição espacial dos solventes clorados no saprólito é apresentada na **Figura 32**. Neste mapa, é possível visualizar onde estão as áreas com maior concentração de solventes e a concentração molar dos contaminantes de cada região. Da mesma forma que para os sedimentos, os maiores gráficos de setores estão associados aos locais de maior concentração. A **Tabela 7**, detalha o número total de

poços com detecção de solventes, o número máximo de campanhas para os poços e as concentrações médias e máximas para cada área e poço.

Tabela 7 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do saprolito por empreendimento para o período de 2010 a 2012

Área (Emp.)	Nº total de poços com solventes clorados	Maior número de amostras por poço	Concentração média de solventes clorados por área (µg/L)*	Poço com maior concentração de solventes (µg/L)*	
7	5	5	408	PM5	1691
9	17	5	1471	PM3	9481
29	6	1	291	PM19A	974
21	3	2	834	PM7CA	1345
12	17	7	7699	PM11A	68679
25	4	1	61	PM8A	166
2	13	1	13	PM123	57
4	4	7	233	PM23	728
5	38	5	209	PM10A	772
6	30	9	7293	ML1B	22375
Poços rua Emp. 5	3	5	6873	PM1A	7213
1	1	1	26	PMN4B	26

*Concentração média para o período de 2010 a 2012

Figura 32 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no saprólito para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações mássicas ($\mu\text{g/L}$)

Nos resultados obtidos para o saprólito são identificados 2 locais de contaminação mais elevada, que compreendem os seguintes empreendimentos:

- **Empreendimentos 6, 9 e 12** – A maior parte dos poços com concentrações de solventes se encontram na propriedade do empreendimento 6 (30 poços e 9 amostragens) seguido pelo empreendimento 9 (17 poços e 5 amostragens) e empreendimento 12 (17 poços e 7 amostragens). O PCE é o composto que ocorre em maior quantidade nessas áreas (40%, 53% e 90% respectivamente), seguido pelo DCE (11%, 26% e 6% respectivamente) e pelo CV (9%, 7% e 3% respectivamente). Nas áreas dos empreendimentos 9 e 6 também há a presença de TCE (6% e 3%) e metanos clorados (6% e 11%), mais especificamente o clorofórmio. A concentração média para essas três áreas variou de 1471 µg/L (Emp. 9) a 7699 µg/L (Emp. 12) e as máximas de 9481 µg/L (PM3, Emp. 9) a 68679 µg/L (PM11A, Emp. 12). Os poços do empreendimento 21 apresentam concentração moderada de DCE (59%) e CV (39%) e os poços do empreendimento 7 de DCE (68%), seguido do CV (13%), PCE (12%), TCE (4%) e etanos clorados. As concentrações médias para os empreendimentos 21 e 7 foram 834 µg/L e 408 µg/L e as máximas 1345 µg/L (PM7CA) e 1671 µg/L (PM5) respectivamente.
- **Poços em frente ao Empreendimento 5** – Assim como o poço PM36 no sedimento, três poços no saprólito têm apresentado de forma consistente a presença de solventes clorados (cinco amostragens registradas). O TCE é o composto que aparece com maior intensidade (81%), seguido do DCE (11%) e CV (6%). A concentração média observada nesses poços é de 6873 µg/L, sendo a concentração máxima de 7213 µg/L (PM1A). Estes poços apresentam fração molar diferente dos poços do empreendimento 5, além de concentrações mais elevadas.

Para o saprólito também foram identificados 3 locais de concentrações moderadas que se destacaram:

- **Empreendimento 5** – Em sua porção centro-oeste e norte, foram detectados 38 poços com concentrações de solventes clorados e registradas até sete amostras de um mesmo poço. Os principais

compostos foram o DCE (55%), seguido pelo CV (33%) e os cloro etanos (8%). A concentração média dos poços foi 209 µg/L e a máxima 772 µg/L (PM10A).

- **Empreendimento 29** – Nesta área foi registrada apenas uma campanha, sendo que 6 poços, localizados na porção sudoeste do empreendimento, apresentaram concentrações de solventes clorados. A maior ocorrência foi do CV (78%) seguido do DCE (19%). A concentração média desses poços foi 291 µg/L e a máxima 974 µg/L (PM19A).
- **Empreendimento 4** – Na porção central nordeste da área, quatro poços foram identificados com concentrações de solventes clorados sendo registradas até sete amostragens para um mesmo poço no período avaliado. O principal composto detectado foi o CV (57%), seguido do DCE (36%) e PCE (5%). A concentração média dos poços foi 233 µg/L e a máxima 728 µg/L (PM23).

A distribuição espacial dos solventes clorados no cristalino é apresentada na **Figura 33**. Nos resultados obtidos, apenas um dos locais apresentou concentrações elevadas de solventes clorados. No entanto, outras duas áreas tiveram detecção para esses compostos conforme apresentado na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Resumo dos dados de análises químicas de solventes clorados nos poços do cristalino por empreendimento para o período de 2010 a 2012

Área (Emp.)	Nº total de poços com solventes clorados	Maior número de amostras por poço	Concentração média de solventes clorados por área (µg/L)*	Poço com maior concentração de solventes (µg/L)*	
7	1	4	7	DW1	7
9	5	4	1134	PMP1	4948
25	1	1	7	PM45A	7
5	1	2	5	311	5
6	8	4	7665	DW1	25916
1	1	2	5	1204	5

*Concentração média para o período de 2010 a 2012

Figura 33 – Mapa da distribuição dos solventes clorados no cristalino para o período de 2010 a 2012. Gráficos de setores representando a fração molar média dos compostos por área e poços representando a somatória das concentrações (µg/L)

- **Empreendimentos 9 e 6** – Os poços no cristalino nessas duas propriedades são de monitoramento e se aprofundam apenas 10 metros na rocha. Encontram-se distribuídos a nordeste do empreendimento 9 (cinco poços) e na área do empreendimento 6 (oito poços), sendo registradas quatro campanhas no período avaliado. No empreendimento 9, o principal solvente encontrado foi o PCE (53%), seguido do DCE (34%), CV (7%), e TCE (5%). A concentração média dos poços foi 1134 µg/L e a máxima 4948 µg/L (PMP1). No empreendimento 6 os principais compostos encontrados foram DCE (51%), CV (36%), PCE (9%) e TCE (3%). A média das concentrações foi 7665 µg/L e a máxima 25916 µg/L (DW1). O poço no lado externo ao empreendimento 7 apresentou concentração de 7 µg/L com presença de DCE, CV e metanos clorados (clorofórmio).
- **Empreendimento 5 e 1** – Cada uma dessas áreas dispõe de duas campanhas de amostragem dos seus poços de abastecimentos no período avaliado e apresentam concentrações de 5 µg/L. No empreendimento 5 foi detectado o DCE e no empreendimento 1 o DCE (60%) e o CV (40%).

Devido à falta de dados para os poços profundos, foi preparado um mapa com base na campanha de amostragem dos poços de abastecimento realizada pela CETESB em março de 2005 (**Figura 34**). Nessa época, a maior parte dos poços ainda se encontravam em funcionamento ou tinham sido lacrados há pouco tempo.

A principal classe de compostos que impactam o aquífero cristalino são os etenos clorados, havendo a presença limitada de etanos e metanos clorados. Também é possível observar a ocorrência de bromometanos em um dos poços de abastecimento, pertencente ao empreendimento 11.

Figura 34 – Mapa da concentração de solventes clorados nos poços de abastecimento. Campanha de monitoramento realizada pela CETESB em março de 2005. Gráficos de setores representando a fração molar dos compostos por poço amostrado e valores apresentados para a somatória das concentrações mássicas dos solventes em µg/L

Os poços de abastecimento onde foram encontradas as maiores concentrações de solventes clorados, acima de 1000 µg/L, estão próximos às regiões mais impactadas do aquífero raso, identificadas na campanha geral entre 2010 e 2012. As exceções são alguns poços localizados na porção centro leste da área, entre as áreas dos empreendimentos 22 e 48 e os poços localizados no extremo sul da área (Empreendimentos 8 e 27).

Curiosamente, alguns poços próximos apresentam contaminações com características bastante distintas, como por exemplo o poço do empreendimento 18 e seu vizinho a leste, o empreendimento 64. Outro aspecto que chama a atenção é a fração molar dos compostos no poço profundo do empreendimento 10, similar aos poços da rua em frente ao empreendimento 5, no saprólito, mas diferente dos poços profundos das áreas vizinhas.

6 DISCUSSÃO

A discussão está organizada em duas partes, a primeira faz uma avaliação da ferramenta de gerenciamento de dados da contaminação para a antiga ZUPI 131. A segunda faz uma reflexão sobre os resultados obtidos e as operações espaciais realizadas para auxiliar na representação e interpretação dos dados de forma integrada.

6.1 Aplicação da Ferramenta de Gerenciamento de Dados de Contaminação da Antiga ZUPI 131

O gerenciamento de dados de áreas contaminadas por múltiplas fontes, como é o caso da antiga ZUPI 131, tem se mostrado uma atividade complexa e trabalhosa, porque os dados relevantes para o gerenciamento de áreas contaminadas se encontram fragmentados. A maior parte dos dados são disponibilizados na forma de relatórios impressos ou digitais (PDF) nas agências regionais da CETESB. Além destes, existe grande quantidade de informações relevantes disponíveis em órgãos públicos (DAEE, Prefeitura, IBGE e outros), muitos deles já em plataforma SIG. Atualmente, não há um sistema que permita a integração de todos estes dados.

Os processos de áreas contaminadas, organizados por área e separados em muitos volumes, dificilmente podem ter seus dados integrados sem uma etapa prévia de sistematização. Isto ocorre basicamente por causa da diversidade dos dados, da inconsistência na referência espacial adequada, e forma como os dados são disponibilizados.

Para melhorar o gerenciamento de todo esse volume de informações da antiga ZUPI 131, foi desenvolvida a ferramenta objeto deste estudo, que contemplou a elaboração do banco de dados, a sistematização dos dados e as análises espaciais. O sistema de banco de dados adotado foi *File Geodatabase*.

Embora a capacidade utilizada do banco de dados, após a importação de todos os dados levantados, tenha sido entre 5% e 10% do espaço disponível, representou uma escolha pois possibilita a importação de grande quantidade de dados adicionais sem redução de eficiência. Além disso o formato de BDG adotado, garante a organização dos dados em um único repositório, que pode ser compartilhado de maneira fácil e prática por meio de documento XML ou de um servidor.

As ferramentas de busca auxiliam na identificação e seleção dos dados de interesse e as operações espaciais possibilitam a correlação dos dados de forma prática e rápida.

No que diz respeito às operações espaciais, este trabalho não se aprofundou nas técnicas de avaliação e processamento de dados, pois o principal objetivo foi colocar em prática a ferramenta desenvolvida e demonstrar sua aplicabilidade. Contudo, todas as operações espaciais desejadas foram concluídas com êxito culminando com a geração de vários dos produtos cartográficos que compõem o pacote do Arc Hydro Groundwater.

O uso desta ferramenta requer um nível de conhecimento intermediário da plataforma SIG para realizar as consultas e operações espaciais. Além disso, exige um administrador que mantenha o controle rigoroso dos dados importados e das operações espaciais. Caso não seja realizada a manutenção e gerenciamento contínuo, a ferramenta pode apresentar problemas de integridade e eficiência.

Na **Tabela 9** são apresentadas as principais dificuldades encontradas na aplicação da ferramenta de gerenciamento de dados para a antiga ZUPI 131

Tabela 9 – Principais dificuldades encontradas na obtenção e sistematização dos dados

Principais dificuldades	Empreendimentos	Geologia	Hidrogeologia	Contaminação
Quantidade de dados	50% dos empreendimentos não têm registro de atividades pretéritas. Pouco se sabe sobre o uso de solventes clorados no passado.	Foram obtidos poucos dados para o saprólito e o cristalino	Foram obtidos poucos dados para o saprólito e cristalino, principalmente no que se refere aos ensaios hidráulicos	Faltam dados de análises químicas, especialmente para o saprólito e o cristalino.
Formato dos dados	A principal fonte de dados foram os processos de licenciamento na CETESB. Os dados foram acessados apenas para áreas declaradas contaminadas	Estes foram os dados mais trabalhosos de sistematizar. Além de serem disponibilizados em volumes impressos cada relatório apresenta a descrição de uma forma e demandaram muito trabalho de interpretação e redação das descrições originais	Os dados de profundidade de nível d'água geralmente são apresentados em tabelas e são bem destacados do texto, facilitando sua importação. Contudo muitas vezes estes dados tiveram de ser digitados manualmente	Estes dados foram extremamente trabalhosos de se obter. A maior parte encontra-se disponível em tabelas de relatórios impressos. Aliado a isto, grande parte dos dados teve de ser digitada manualmente e conferida, o que tomou muito tempo deste trabalho.
Distribuição espacial dos dados	A cobertura espacial sobre o uso de solventes se encontra bem distribuída, mas ainda são observados quarteirões inteiros sem nenhuma informação	A distribuição espacial dos poços e sondagens de forma geral não é boa. Alguns locais dispõem de muita informação e outros nenhuma, 50% da área não possui descrições de litologia e a maior parte são dados rasos.	A distribuição espacial tem grande impacto na interpretação hidrogeológica. Os dados para o saprólito e o cristalino são poucos e encontram-se concentrados em alguns empreendimentos	Existe grande quantidade de dados concentrados em pequenas áreas e grandes áreas sem nenhuma informação. Além disso a maior parte dos dados se referem aos sedimentos e são poucos os do cristalino.

Continua

Principais dificuldades	Empreendimentos	Geologia	Hidrogeologia	Contaminação
Distribuição temporal	Dentre as áreas que possuem um registro histórico, poucas têm cobertura temporal desde as primeiras atividades desenvolvidas nas propriedades	A distribuição temporal não tem grande influência na caracterização geológica	A cobertura temporal varia entre os empreendimentos, as medições nem sempre seguem o ciclo hidrológico. Além disso, quase não há dados para o cristalino.	A cobertura temporal varia bastante entre os empreendimentos, as amostragens nem sempre seguem o ciclo hidrológico. Além disso, quase não há dados para o cristalino e são poucos os para o saprólito.
Confiabilidade dos dados	Foi observada a existência de informações contraditórias em pesquisas na internet sobre as atividades pretéritas	A confiabilidade dos dados é um dos maiores problemas para a caracterização da geologia local. Foram observados vários dados litológicos contraditórios em propriedades vizinhas.	Foram encontradas muitas inconsistências nos dados de hidrogeologia, tais quais: imprecisão das cotas dos poços; poços com pré-filtro em mais de uma unidade litológica; ensaios hidráulicos pouco confiáveis	A confiabilidade das análises químicas não fez parte do escopo deste trabalho. Contudo pode-se afirmar que existem muitos poços com seções filtrantes e pré-filtro em mais de uma unidade litológica. Além disso, muitos poços têm seção filtrante longa que pode causar a diluição das amostras.

6.2 Aplicação da Ferramenta

6.2.1 Caracterização da Antiga ZUPI 131

A rápida transformação no uso do solo da antiga ZUPI 131 pôde ser observada nas informações levantadas para construção do banco de dados. No lugar de antigos galpões industriais foram construídos novos empreendimentos (residenciais e comerciais). Essa descaracterização do antigo parque industrial dificulta a identificação das antigas fontes de contaminação. O registro de atividades pretéritas é limitado, quase metade das áreas não dispõe de nenhuma informação, e muitas áreas que possuem registros tem cobertura temporal limitada. Além disso, é importante destacar que o cadastro dessas atividades se baseou em fontes secundárias, e não se sabe ao certo qual a confiabilidade desses dados.

Até hoje, permanece um mistério como era feito o uso e o descarte dos solventes clorados em grande parte das indústrias na área. A detecção desses compostos na água subterrânea torna necessária a adoção de medidas de gerenciamento mais eficazes para a identificação de áreas fontes ainda desconhecidas. Contudo, por meio de operações espaciais com os dados disponíveis, é possível indicar áreas prioritárias a serem investigadas com base nos critérios estabelecidos no item 5.1 (**Figura 23**).

Uma forma de melhorar este tipo de informação seria a adoção de um banco de dados em SIG pela CETESB. No processo de licenciamento todas as atividades com potencial poluidor de um determinado empreendimento seriam indicadas em planta bem como as linhas de efluente e outros aspectos relevantes. Quanto à falta de registros pretéritos não há muito a fazer, senão solicitar um levantamento do passivo ambiental para regiões com alto potencial de contaminação.

6.2.2 Caracterização Geológica

Os dados utilizados para a interpretação das unidades estratigráficas foram as descrições de sondagens e poços. Em geral, essas descrições se mostraram pouco confiáveis e foram apresentadas com base em informações táteis visuais. Poucos foram os trabalhos onde foi utilizado o método de caracterização do material por análise granulométrica.

A diferenciação dos depósitos sedimentares, Quaternário e Terciário, não foi apresentada nos mapas das interpretações de geologia por falta de dados e de consistência. Apesar das limitações, foi realizada de forma tentativa a interpretação geológica dos perfis obtidos utilizando as descrições mais consistentes como referência, e cruzando estes dados com os trabalhos de geologia regional, apresentados no capítulo 5.2.

Em geral, a composição dos depósitos aluvionares (Quaternário) é bastante similar à descrita por Almeida et al. (1984) nas margens de outros rios da Bacia de São Paulo. Em seu trabalho, o autor descreve uma camada de sedimentos turfáceos argilo-silto-arenosos até cerca de um metro e meio de profundidade, sotopostos por uma camada de areia média com cascalho na base.

Em função dos perfis litológicos compilados apresentarem, em sua maioria, uma descrição muito pobre dos materiais perfurados, muitas vezes não é possível diferenciar os sedimentos transportados, relacionados à deposição da Bacia de São Paulo, daqueles originados no manto de alteração das rochas do embasamento. Em alguns casos, o mesmo perfil litológico é interpretado de ambas as formas em diferentes relatórios. Em muitos casos, não há interpretação geológica do material, mas apenas a descrição textural.

Apesar da pouca precisão das descrições litológicas compiladas, acredita-se que os sedimentos atravessados nas porções norte e nordeste da área de estudo possam ser atribuídos à Formação Resende, compartimento litoestratigráfico estabelecido por Riccomini (1989).

A escala adotada neste trabalho não priorizou a caracterização em detalhe das unidades estratigráficas, mas sim identificar o comportamento geral das camadas dos sedimentos, do saprólito e do embasamento cristalino. No entanto, todos os registros em detalhe das descrições litológicas dos poços e sondagens encontram-se disponíveis no banco de dados geográficos. Desta forma a ferramenta possibilita que futuros usuários façam novas interpretações em diferentes escalas. Um exemplo disso é apresentado em KAMIO (2013).

No que diz respeito ao embasamento cristalino, os dados disponíveis são poucos e pouco confiáveis. A maior parte deles remete às descrições de perfuração dos poços de abastecimento sem a coleta de testemunho. Os poços de monitoramento instalados na rocha são rasos e estão localizados quase que exclusivamente nas imediações do empreendimento 6.

Acredita-se que de fato exista algum tipo de controle estrutural próximo à Av. Eng. Alberto de Zagottis, que pode ser a causa da mudança de curso do córrego Zavuvus e o espessamento do pacote sedimentar na região do empreendimento 3.

Para melhorar a distribuição espacial e a qualidade dos dados de geologia, seria imprescindível fazer sondagens ao longo da antiga ZUPI 131, especialmente em regiões sem informação. Também seria interessante fazer algumas sondagens nos locais onde já existe informação para fazer uma uniformização dos dados, tornando-os mais confiáveis.

6.2.3 *Caracterização Hidrogeológica*

A caracterização hidrogeológica se deu basicamente por meio das descrições geológicas de sondagens e poços (utilizadas para delimitar as unidades hidrogeológicas), medições de nível d'água e ensaios de condutividade hidráulica. Os aspectos envolvidos na caracterização geológica foram discutidos no item anterior. Cabe ressaltar que as unidades geológicas nem sempre são a melhor forma de definir unidades hidrogeológicas. Essa identificação pode ser feita com maior precisão por meio de perfis de carga hidráulica.

No caso do monitoramento dos níveis d'água, as medições da rede de poços foram realizadas ao longo do ano inteiro, nem sempre sincronizadas com o ciclo hidrológico.

Durante a sistematização dos dados de medições de nível d'água, tomou-se como referencial a boca do poço. No entanto, não se sabe se esse foi o referencial adotado em muitos dos trabalhos acessados, o mesmo ocorrendo com os dados de cota dos poços.

A análise da distribuição das cargas hidráulicas indicou que as áreas de descarga compreendem o rio Pinheiros e os córregos Poli e Zavuvus para os sedimentos, e o rio Pinheiros para o saprólito. Ressalta-se a importância de fazer um monitoramento das cargas hidráulicas dos rios para estabelecer a relação entre o rio e o aquífero.

Também foi possível notar a existência de fluxo descendente do sedimento para o saprólito com baixo gradiente. Mas não foi possível estabelecer a direção do fluxo da água entre o saprólito e o cristalino.

Os dados de carga hidráulica para o cristalino são poucos e a maioria está relacionada à época em que os poços ainda estavam em funcionamento. Além disso, não se sabe o quão representativos são os dados dos poços de abastecimento por serem furos abertos, que promovem a conexão cruzada entre diferentes grupos de fraturas de diferentes profundidades (**Figura 35**). Alguns desses poços possuem seção filtrante nos sedimentos e promovem a conexão entre essas duas zonas.

Figura 35 – Modelo Hidrogeológico conceitual. Conexão cruzada por meio dos poços de abastecimento (modificado de RIBEIRO, 2012, p. 12)

Os poucos dados históricos de carga hidráulica dos poços de abastecimento indicam uma rápida recuperação de nível d'água. Essa recuperação pode ser influenciada pela recarga promovida pelos reservatórios Billings e Guarapiranga que se encontram próximos à antiga ZUPI 131 (3000 metros e 1500 metros de distância respectivamente) e com diferença de cota de pelo menos 17 metros e 10 metros respectivamente.

6.2.4 Distribuição dos Contaminantes na Água Subterrânea

Assim como no monitoramento do nível d'água, as medições foram realizadas ao longo do ano inteiro, não tendo havido campanhas sincronizadas para a rede de

poços existente. Isso dificulta a análise temporal das concentrações e do efeito da sazonalidade.

A cobertura espacial e a distribuição da rede de poços também afetam a avaliação da contaminação da água subterrânea. Foram observados muitos poços com pré-filtro longo instalado em mais de uma litologia (variando de um metro e meio a cinco metros), possivelmente causando diluição das amostras.

Embora muitos dos poços tenham seção filtrante e pré-filtro longos, foram encontradas concentrações de solventes clorados no aquífero sedimentar superiores a 1% do limite de solubilidade, podendo chegar até 10%. Segundo Pankow e Cherry (1996, p. 222) concentrações de solventes superiores a 1% de sua solubilidade efetiva são indicativos da existência de fase livre.

Conforme apresentado no item 5.4, foram identificados cinco locais com concentrações mais elevadas. A avaliação desses resultados apresentou alguns aspectos que vale a pena mencionar.

Em geral, os poços de abastecimento que apresentaram concentrações elevadas estão próximos aos cinco locais de maior concentração no aquífero sedimentar. Alguns poços de abastecimento se encontram afastados desses locais (poços 1374, 1346, 1394 e P16). Por outro lado, todos se encontram próximos de áreas classificadas como suspeitas ou com potencial de contaminação (**Figura 24**). Portanto recomenda-se que essas áreas passem por uma avaliação ambiental confirmatória.

Também foi observado um fato curioso, o poço de abastecimento 710, pertencente ao empreendimento 10, apresentou concentração moderada de TCE (429 µg/L) na campanha de monitoramento realizada pela CETESB em 2005. Os dois poços vizinhos (311 e 256) apresentaram concentrações de DCE apenas. Quando comparados esses dados com as campanhas mais recentes (2010 a 2012) em poços de monitoramento no sedimento e no saprólito (**Figura 31**, **Figura 32** e **Figura 34**), a concentração molar do poço 710 apresenta a mesma característica que os poços da rua em frente ao empreendimento 5.

Nas imediações do empreendimento 5, do outro lado da Av. das Nações Unidas, não foi identificado nenhum empreendimento relacionado com solventes. O empreendimento 157 também não tem nenhum registro de uso dessas substâncias.

As concentrações observadas na rede de poços do empreendimento 5 levam a crer que essa pluma não seja originada ali. A nordeste encontram-se três outros empreendimentos que também não possuem nenhum dado histórico relacionado ao uso de solventes, quais sejam um estacionamento, uma oficina mecânica e um galpão recentemente transformado em supermercado.

7 CONCLUSÃO

Ferramenta de gerenciamento de dados para a antiga ZUPI 131

A ferramenta em SIG permite a visualização espacial dos aspectos das áreas contaminadas críticas e é um instrumento muito importante para a sua gestão. Sua aplicação permite um melhor gerenciamento e correlação dos dados, além de propiciar um entendimento mais amplo da contaminação da área. Visualizar a extensão dos impactos, a distribuição das áreas fontes, a localização e tipos de receptores é essencial para a gestão da contaminação pelos tomadores de decisão.

Os resultados da aplicação desta ferramenta foram muito importantes, pois além de melhorar o modelo conceitual da antiga ZUPI 131 evidenciaram vários aspectos críticos, tais como distribuição espacial, distribuição temporal, formato, quantidade e confiabilidade dos dados.

A sistematização e importação de dados se mostrou uma atividade complexa e trabalhosa e deveria ser realizada pelos responsáveis pela geração dos dados e gerida por um administrador do sistema (por exemplo o próprio órgão ambiental). Os dados poderiam ser inseridos diretamente no BDG, validados por um gestor e avaliados por um técnico do órgão ambiental. Na estruturação do BDG é possível criar regras de validação a fim de minimizar os erros associados a esse processo. A **Figura 36** apresenta um modelo de gerenciamento da informação que pode ser desenvolvido e aplicado às áreas críticas do estado de São Paulo ou mesmo no processo de gerenciamento de áreas contaminadas.

Uma das etapas mais trabalhosas e que poderia facilmente ser incorporada ao BDG seria a entrada de dados de análises químicas, uma vez que os próprios laboratórios já têm um sistema de banco de dados em SQL e a sua importação poderia ser feita diretamente, reduzindo bastante os volumes impressos e digitais enviados para análise pelo órgão ambiental.

Figura 36 – Modelo de gerenciamento da informação aplicado ao gerenciamento de áreas críticas

Aplicação da Ferramenta

A aplicação da ferramenta contribuiu para a evolução do modelo conceitual da contaminação da antiga ZUPI 131, evidenciando as incertezas associadas aos dados. Este trabalho indica áreas prioritárias a serem investigadas com base nas análises espaciais dos dados disponíveis, apesar de cerca de 50% dos empreendimentos não apresentarem um histórico das suas atividades pretéritas. A correlação entre informações de mais de mil poços e sondagens possibilitou delimitar as principais unidades litológicas que ocorrem na área de estudo. A distribuição das cargas hidráulicas indica as direções preferencias de fluxo da água subterrânea em direção ao rio Pinheiros; e sugere que a recarga do aquífero cristalino pode estar sob influência dos reservatórios Billings e Guarapiranga.

Com relação à contaminação, foram observados cinco locais de maior concentração de solventes clorados no aquífero sedimentar. As amostras de poços de abastecimento próximos a estes locais apresentaram concentrações elevadas destes compostos. Foram observados também alguns poços de abastecimento com concentrações elevadas, próximos a áreas que manipularam solventes no passado, mas que não apresentam estudos de investigação, impossibilitando uma correlação entre concentrações no aquífero raso e no profundo.

A aplicação da ferramenta, permitiu a identificação de deficiências no processo de gerenciamento da antiga ZUPI 131, cuja causa principal é a fragmentação dos dados. Destaca-se por exemplo o fato de não haver uma rede de monitoramento da qualidade da água que contemple as principais unidades litológicas, tão pouco uma sincronia entre as campanhas. O estabelecimento de uma estratégia de investigação em escala mais abrangente poderia resultar em um menor número de poços, em locais estratégicos, para compor uma rede de monitoramento mais representativa com menor custo e um gerenciamento mais eficiente da contaminação.

Por fim, conclui-se que a ferramenta possibilita uma visão integrada da contaminação da antiga ZUPI 131 e pode ser muito útil no processo de gestão de áreas contaminadas críticas.

8 REFERENCIAS

ACRP - ÁGUAS CLARAS DO RIO PINHEIROS. (17 de maio de 2015). História. Fonte: [aguasclarasdoriopinheiros: http://aguasclarasdoriopinheiros.org.br](http://aguasclarasdoriopinheiros.org.br)

ALMEIDA, F. F., RICCOMINI, C., DEHIRA, L. K. & CAMPANHA, G. A. (1984). Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo. 33º Congresso Brasileiro de Geologia., 4, pp. 1794-1808. Rio de Janeiro.

BERTOLO, R. A. (1996). Relações entre rios e o aquífero sedimentar da Bacia de São Paulo em área de exploração intensiva de água subterrânea. São Paulo: Dissertação em Recursos Minerais e Hidrogeologia - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

CBH-AT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. (16 de fevereiro de 2011). Áreas de restrição e controle para a captação e uso das águas subterrâneas no município de São Paulo, na região de Jurubatuba. São Paulo.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (18 de 4 de 2014). Relação de Áreas Contaminadas e Reabilitadas. Fonte: Site da CETESB: <http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/rela%E7%F5es-de-%E1%A1reas-contaminadas/4-rac>

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (2007). DECISÃO DE DIRETORIA Nº 103/2007/C/E. São Paulo.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (2015). Áreas Contaminadas Críticas. Fonte: Áreas Contaminadas: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. (2009). Projeto Jurubatuba – Restrição e controle de uso da água subterrânea. São Paulo: Cadernos do Projeto Estratégico Aquíferos.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (1975). Estudo de águas subterrâneas, Região administrativa 1 - Grande São Paulo. São Paulo.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (2012). Outorgas. Fonte: DAEE: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&id=68:outorgas

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (2013). Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. Estação DAEE E3-006, São Paulo. Fonte: SIGRH: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu?lig=podfp>

DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. (1998). Physical and chemical hydrogeology. Nova York: Wiley & Sons.

ERM & HALEY & ALDRICH. (2014). Known and Potential Sources of VOC Contamination in the Jurubatuba Industrial Area. São Paulo. Relatório técnico disponível nos processos da CETESB.

ESRI. (10 de Abril de 2015). What is geoprocessing. Fonte: ArcGIS for Desktop: <http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/main/analyze/what-is-geoprocessing.htm>

ESRI. (25 de Janeiro de 2014). ArcGIS Server 9.3 Help. Fonte: Webhelp ESRI: http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/index.htm#geodatabases/types_of_geo_databases.htm

ESRI. (25 de Outubro de 2013). Knowledge Base - Technical Articles: Data Models. Fonte: Support ESRI: http://downloads2.esri.com/support/TechArticles/Groundwater_Data_Model.pdf

ESRI. (26 de Novembro de 2013a). Groundwater Data Model. Fonte: Support ESRI: http://downloads2.esri.com/support/TechArticles/Groundwater_Data_Model.pdf

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

HASUI, Y., ALMEIDA, F. F. & NEVES, B. B. (1978). As estruturas brasileiras. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 6, pp. 2423-2437. Recife.

HENNIES, W. T., HASUI, Y. & PENALVA, F. (1967). O falhamento transcorrente de Taxaquara. Congresso Brasileiro de Geologia, (pp. 159-168). Curitiba.

HIRATA, R. & FERREIRA, L. M. (2001). Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. Revista Brasileira de Geociências, 31(1), 43-50.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2 de Março de 2005). Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG. Fonte: IBGE: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/noticia_sirgas.shtm

JACOB, A. M., CASTRO, G. & MIYASHIRO, N. J. (2012). Aplicação de método geoeletrico para caracterização geológica estratigráfica e estrutural. São Paulo: SENAC.

JULIANI, C. (1992). O embasamento pré-cambriano da Bacia de São Paulo. Problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo (pp. 3-20). São Paulo: ABGE/ABAS/SBG.

KAMIO, D. K. (2013). Modelo conceitual geológico e hidrogeológico do aquífero raso da região do Canal do Jurubatuba em São Paulo. São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

KLEINFELDER, S. R. (1998). Geologia urbana da região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Instituto de Geociências.

L'APICCIRELLA, E. E. (2009). Contaminação e áreas de restrição de uso de água subterrânea no entorno do canal Jurubatuba em São Paulo – SP. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J. & RHIND, D. W. (2005). Geographic Information Systems and Science. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

OHATA, T. A. & NEVES, A. M. (agosto de 2012). Projeto DATAGEO: Implantação da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). São Paulo, SP.

OHATA, T. A. (21 de maio de 2015). Projeto DataGEO. Fonte: Sistema Ambiental Paulista: <http://www.ambiente.sp.gov.br/?s=idea+sp>

PANKOW, J. F. & CHERRY, J. A. (1996). Dense chlorinated solvents and other DNAPLs in groundwater: History, behavior, and remediation. Portland: Waterloo Press.

PEREIRA, E. V. & SARTINI, R. P. (2007). Gerenciamento de Áreas Contaminadas na Região do Jurubatuba. São Paulo: SENAC.

PSP - PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2015). Prefeitura de São Paulo. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/?id=7>

PSP - PREFEITURA DE SÃO PAULO. (2015). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Fonte: Mapa Digital da Cidade: <http://downloadfolhasscm.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/index.aspx>

REBOUÇAS, A. (1992). Condições de uso e proteção das águas subterrâneas. Anais do Seminário problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo (pp. 77-88). São Paulo: ABGE/ABAS/SBG.

RIBEIRO, L. A. (2012). Perfilagens geofísicas de poços tubulares profundos, Região do Canal Jurubatuba, São Paulo (SP). São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RICCOMINI, C. (1989). O Rift Continental do Sudeste do Brasil. São Paulo: Tese de Doutorado em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RICCOMINI, C., COIMBRA, A. M. & TAKIYA, H. (1992). Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. Seminário problemas geológicos e geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo (pp. 21-45). São Paulo: ABGE/ABAS/SBG.

RICCOMINI, C., SANT'ANNA, L. G. & FERRARI, A. L. (2004). Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida (pp. 383-405). São Paulo: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B.

SABESP, CEPAS & IGC-USP. (1994). Diagnóstico hidrogeológico da região de São Paulo: Diagnóstico Final. São Paulo: Convênio SABESP/CEPAS-IG/USP.

SANTOS, R. D. (2005). Manual de descrição e coleta de solo no campo. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

SCHWILLE, F. (1988). Dense chlorinated solvents in porous and fractured media: model experiments. Boca Raton, FL.

STRASSBERG, G., JONES, N. L. & MAIDMENT, D. R. (2011). Arc Hydro Groundwater GIS for Hydrogeology (1 ed.). Redlands, California, Estados Unidos da America: ESRI Press.

SVMA - SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. (2013). Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - Readequação Hidráulica da Bacia do Córrego Zavuvus. São Paulo.

SVMA - SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. (21 de maio de 2015). Projeto DataGEO. Fonte: DataGEO Sistema Ambiental Paulista: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/web/guest/sobre>

TARIFA, J. R., ARMANI, G. & AZEVEDO, T. R. (2001). Os climas na cidade de São Paulo. São Paulo: FFLCH-USP.

US SOIL SURVEY STAFF. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture.

USEPA (1995b). Profile of the Fabricated Metal Products Industry, EPA/310-R-95-007, setembro.

USEPA. (1995a). Profile of the Electronics and Computer Industry, EPA/310-R-95-002, setembro.

USEPA. (1995c). Profile of the Inorganic Chemical Industry, EPA/310-R-95-004, setembro.

USEPA. (1995d). Profile of the Iron and Steel Industry, EPA/310-R-95-005, setembro.

USEPA. (1995e). Profile of the Motor Vehicle Assembly Industry, EPA/310-R-95-009, setembro.

USEPA. (1995f). Profile of the Nonferrous Metals Industry, EPA/310-R-95-010, setembro.

USEPA. (1995g). Profile of the Printing and Publishing Industry, EPA/310-R-95-014, agosto.

USEPA. (1997). Profile of the Pharmaceutical Manufacturing Industry, EPA/310-R-97-005, setembro.

USEPA. (1998). Profile of the Metal Casting Industry, EPA/310-R-97-004, outubro.

USEPA. (2002). Profile of the Organic Chemical Industry, ed. 2, EPA/310-R-02-001, novembro.

USEPA. (2005). Profile of the Rubber and Plastics Industry, ed. 2, EPA/310-R-05-003, fevereiro.

VAZ, L. F. (Ago de 1996). Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. Solos e Rochas, 19(2), 117-136.

WIEDEMEIER, T. H., HANADI, S. R., CHARLES, J. N. & JOHN, T. W. (1999). Natural attenuation of fuels and chlorinated solvents in the subsurface. John Wiley & Sons.

9 ANEXOS

ANEXO 1 – Modelagem conceitual do Banco de Dados

ANEXO 2 – Tabelas e relações do banco de dados em Access utilizado para entrada de dados. As tabelas cujo nome é precedido pela inscrição “Lista” foram criadas para auxiliar a entrada de dados de maneira uniforme e consistente evitando conflitos de informação

ANEXO 3 – Localização das seções geológicas com a identificação dos poços de abastecimento utilizados

ANEXO 4 – Seção geológica A-A'

ANEXO 5 – Seção geológica B-B'

ANEXO 6 – Seção geológica B-B'

ANEXO 7 – Seção geológica C-C'

ANEXO 8 – Seção geológica D-D'

ANEXO 9 – Seção geológica E-E'

10 APÊNDICE

APÊNDICE I Lista de relatórios acessados na CETESB e no DAEE

Nº Emp.	Referência	Data	Relatório
3	PA188_06_v1_1	15-Mar-07	Relatorio de Detalhamento Ambiental
3	PA188_2009_ABR	15-Apr-09	investigação ambiental fase I e monitoramento analítico das águas subterrânea base line
3	PN33_0724_09_v3_20_10_AGO	15-Aug-10	investigacao ambiental detalhada complementar
3	PN33_0724_09_v5_20_11_FEV	15-Feb-11	investigacao tridimensional complementar
3	PN33_0724_09_V6_2	15-Apr-11	Investigacao Ambiental Complementar no Predio Academico 1, Monitoramento Analitico das Aguas Subterraneas e Evolucao do Quadro Ambiental
3	PN 33_00724_09\Volume 1\3°	15-Feb-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas boletim 7
3	PN 33_00724_09\Volume 2\1°	15-Mar-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas boletim 8
3	PN 33_00724_09\Volume 2\3°	15-Apr-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas 9
3	PN 33_00724_09\Volume 3\1°	15-Jul-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas 10
3	PN 33_00724_09\Volume 3\3°	15-Aug-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas 11
3	PN 33_00724_09\Volume 3	15-Aug-10	Investigação ambiental detalhada complementar ago 2010
3	PN 33_00724_09\Volume 4\2°	15-Oct-10	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas 12
3	PN 33_00724_09\Volume 5	15-Feb-11	Investigação Tridimensional Complementar do Aquífero, Monitoramento das Águas Subterrâneas e Evolução do Quadro Ambiental fev 2011
3	PN 33_00724_09\Volume 6\1°	15-Feb-11	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Aguas Subterraneas 14
3	PN 33_00724_09\Volume 6\2°	15-Apr-11	Investigacao Ambiental Complementar no Predio Academico 1, Monitoramento Analitico das Aguas Subterraneas e Evolucao do Quadro Ambiental_Campanha de Janeiro_2011
3	PN 33_00724_09	15-Apr-11	2011ABR_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
3	PN 33_00724_09	15-Jul-11	Operação do Sistema Integrado de Remediação do Solo e Águas Subterrâneas 16
3	PN 33_00724_09	15-Nov-11	2011NOV_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea

3	PN 33_00724_09	15-Sep-11	2011SET_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
3	PN 33_00724_09	15-Feb-12	2012FEV_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
3	PN 33_00724_09	15-Jun-12	2012JUN_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
3	PN 33_00724_09	15-May-12	2012MAI_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
3	PN 33_00724_09	15-Feb-13	2013FEV_Operação do sistema integrado de remediação do solo e da água subterrânea
4	PA144-08_v1_1	15-Jul-08	o detalhada e plano de interven
4	PA144-08_v2_2	15-Feb-07	detalhamento da qualidade do solo e agua subterranea e avaliacao de risco
4	PA144-08_v3	15-Sep-07	relatorio de investigacao confirmatoria
4	PN_330080508_v1	15-Nov-08	Relatório de avaliação de risco e serviços complementares
4	PN_330080508	15-Mar-10	Investigação complementar e ampliacao do sistema de remediacao
4	PN_330080508_v9	01-Nov-12	Relatório Inst. Poços de Monitoramento
4	PN_330080508_v11	22-Apr-13	Relatório de instalação de poços de monitoramento
4	PN_330080508_v10	22-Apr-13	Monitoramento de Dezembro e Ações Complementares
4	PN 33_00805_08_v8	08-May-12	Relatorio de remocao e destinacao de solo impactado por compostos organoclorados
4	PA144-08_v2_1	15-Jun-06	Realtório de Investigação Confirmatória Knorr-Bremse Sistemas para Veiculos Ferroviários Ltda - Arcadis Hidro Ambiente jun.2006
4	PN_330080508_v2	06-Apr-09	Plano de Intervencao - Sistema Integrado de Remediacao
4	PN_330080508_v7	13-Sep-11	6 Relatório de Monitoramento Operacional e Analítico do Sistema Integrado de Remediação (Fevereiro a Maio de 2011)
4	PN_330080508_v7	11-May-11	Relatório de monitoramento Operacional e Analítico do Sistema Integrado de Remediação (outubro/2010 a janeiro/2011)
4	PN_330080508_v8	26-Dec-11	7 Relatório de Monitoramento Operacional e Analítico do Sistema Integrado de Remediação (jun a set de 2011)
4	PN_330080508_v9	30-Jan-13	Revisao avaliacao de risco a saude humana
4	PN_330080508_v9	01-Nov-12	8 relatorio de monitoramento operacional e analitico do sistema integrado de remediacao (out 2011 a abr 2012)
4	PN_330080508_v10	22-Apr-13	Relatório de Monitoramento Analítico da Água Subterrânea (Dezembro de 2012) e Ações Complementares
4	PN_330080508	27-Apr-10	Relatorio de monitoramento trimestral do sistema integrado de remediacao e monitoramento analitico da agua subterranea

4	PN_330080508	22-Jan-10	Relatorio de Monitoramento Operacional Trimestral do Sistema Integrado de Remediacao e Monitoramento Analitico da Agua Subterranea (setembro a novembro/2009)
4	PN_330080508	15-Jan-11	Relatorio de Monitoramento Operacional Trimestral do Sistema Integrado de Remediacao e Monitoramento Analitico do sistema integrado de remediacao (junho/2010 a setembro/2010)
4	PN_330080508	15-Sep-10	Relatorio de Monitoramento Operacional Trimestral do Sistema Integrado de Remediacao e Monitoramento Analitico do sistema integrado de remediacao (marco/2010 a maio/2010)
5	PA213_05_V1	15-Nov-05	Avaliacao de detalhamento da qualidade do solo e agua subterranea
5	PA213_05_V3	15-Aug-06	Investigação de detalhamento e avaliação de risco à saúde humana
5	PA213_05_V5	15-Mar-10	Avaliação Ambiental Complementar
5	PA213_05_V7	15-Dec-10	Investigacao complementar na area do Big Bore e Almojarifado de pecas
5	PA213_05_V11	15-Jul-11	Delimitacao complementar da pluma de Organicos na area do almojarifado
5	PA213_05_V14	15-Oct-12	MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS Campanha de Outubro de 2012
5	PA213_05_V12	15-Dec-11	MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CAMPANHA DE SETEMBRO DE 2011
5	PA213_05_V11	15-Jul-11	Delimitacao complementar da pluma de organicos na area do almojarifado de pecas
5	PA213_05_V7	15-Dec-10	MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CAMPANHA DE OUTUBRO DE 2010
5	PA213_05_V10	15-Jun-11	MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS Campanha de Março de 2011
5	PA213_05_V7	15-Dec-10	INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR NA ÁREA DO BIG BORE E ALMOJARIFADO DE PEÇAS
5	PA213_05_V3	15-Oct-07	Monitoramento da qualidade da agua subterrânea e avaliacao de risco toxicologica a saude humana
6	P&G		duracell_lithology
6	2012_agosto_0174183	14-Aug-12	CONCEPTUAL DESIGN REPORT FOR SUPPLEMENTAL GROUNDWATER REMEDIATION Former Duracell Warehouse Facility São Paulo, Brazil
6	2012_junho_0164307 FFS	01-Jun-12	MODELO CONCEITUAL HIDROGEOLÓGICO
6	2006_out_0052863	23-Oct-06	Avaliação de Risco à Saúde Humana – Antigo Depósito da Duracell
6	2006_maio_0046853	15-May-06	Relatório de Delimitação da Pluma e Plano de Remediação da Área Fonte
6	2002_julho	19-Jul-02	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E MODELAGEM DO MACIÇO ROCHOSO DA FÁBRICA DA GILLETE SÃO PAULO-SP

14	PN 33_00362_09	15-Dec-09	Avaliação Ptreliminar e Investigação Ambiental Confirmatória
14	PN 0189_11	15-Jan-12	Relatorio de Investigação complementar
14	PN 0189_11	15-May-12	SEGUNDO RELATORIO DE MONITORAMENTO HIDROQUIMICO
14	PN 0189_11	15-Dec-12	TERCEIRO RELATORIO DE MONITORAMENTO HIDROQUIMICO
15	PN 33_00704_05\VOLUME 1	15-Jun-06	RELATORIO DE INVESTIGACAO AMBIENTAL DETALHADA NA AREA A SER REMEDIADA
15	PN 33_00704_05\Volume 8	06-Feb-09	Relatorio de investigacao complementar e avaliacao de risco a saude humana RBCA-tier 2
15	PN 33_00704_05\Volume 10	15-Aug-12	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\Volume 10	15-May-12	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\volume 9_2	15-Mar-09	Relatório de monitoramento trimestral 11
15	PN 33_00704_05\volume 9_2	15-Jan-09	Relatório de monitoramento trimestral 10
15	PN 33_00704_05\volume 9	15-Nov-10	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\volume 9	15-Aug-11	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\volume 9	15-Aug-10	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\volume 9	15-Feb-11	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\Volume 8	06-Feb-09	Relatório de Investigação Complementar e Avaliação de Risco à Saúde Humana RBCA - Tier 2
15	PN 33_00704_05\Volume 8	15-Jul-10	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00704_05\Volume 7	15-Jun-08	Relatório de Monitoramento Trimestral 8
15	PN 33_00704_05\Volume 7	15-Apr-08	Relatório de Monitoramento Trimestral 7
15	PN 33_00704_05\volume 6	15-Dec-07	Relatório de monitoramento trimestral 6

15	PN 33_00704_05\volume 6	15-Aug-07	Relatório de monitoramento trimestral 5
15	PN 33_00704_05\volume 5	15-Jun-07	Relatório de monitoramento trimestral 4
15	PN 33_00704_05\volume 5	31-May-07	Relatório de INVESTIGAÇÃO DETALHADA e HHRA
15	PN 33_00704_05\volume 4	10-Oct-08	Relatório de monitoramento trimestral 9
15	PN 33_00704_05\volume 3	15-Oct-06	Relatório de monitoramento trimestral 3
15	PN 33_00704_05\volume 2	15-Jun-06	Relatorio de Investigacao Ambiental
15	PN 33_00704_05\volume 1	15-Jun-06	Relatório de Inverstigação Ambiental Detalhada
15	PN 33_00797_09\Volume 2	26-Sep-12	Serviços Complementares na Área do Antigo Tanque Subterrâneo de Gasolina
15	PN 33_00797_09\Volume 2	20-Sep-12	Relatório de Acompanhamento de Remediação
15	PN 33_00797_09\Volume 1	15-Dec-09	Relatório de Investigação Confirmatória Complementar
15	PN 33_00797_09\Volume 1	15-Sep-09	Relatório de Eficiência e Eficácia do Sistema de Remediação
22	PA_385_05\Vol 1	15-Jun-06	ESTUDO DE PASSIVO AMBIENTAL
22	PA_385_05\Vol 1	15-Apr-08	REALIZAÇÃO DE ESTUDOS OBJETIVANDO A COMPLEMENTAÇÃO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL PRELIMINAR E DA INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA
22	PA_33_315_09\Vol 1	21-May-09	Investigação Adicional de Solo e Água Subterrânea
22	PA_33_315_09\Vol 2	15-Jul-10	Relatorio de Investigacao Detalhada e Avaliacao de Risco a Saude Humana
22	PA_33_315_09\Vol 2	15-Jul-11	Relatorio de Monitoramento Analitico da Agua Subterranea
22	PA_385_05\vol 2	15-Sep-08	Relatório de Amostragem e Análises Físico-Químicas e Microbiológicas dos Poços de Monitoramento da empresa UNIPAC EMBALAGENS
24	PA-33-00515-02\Volume 1	15-Mar-02	Relatório de Serviços Executados SPAL MA/256/02/CAJ
24	PA-33-00515-02\Volume 1	15-Dec-02	Relatório de Serviços Executados SPAL MA/1040/02/FKF

24	PA-33-00515-02\Volume 1	15-May-03	Relatório de Serviços Executados SPAL MA/468/03/ESL
24	PA-33-00515-02\Volume 4	15-Jul-09	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGUA SUBTERRÂNEA E LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO
24	PA-33-00515-02\Volume 1	15-May-05	Síntese dos Trabalhos de Avaliação Preliminar de Passivo Ambiental realizados no site da SPAL
25	330039509_v1	15-May-09	INVESTIGAÇÃO DETALHADA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
25	330039509_v2	15-May-10	OPERAÇÃO DE SISTEMA DE REMEDIAÇÃO EMERGENCIAL
25	330039509_v3	15-May-11	INVESTIGAÇÃO DETALHADA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
25	330039509_v4	15-May-11	Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea
25	330039509_v5	15-May-12	RELATÓRIO DE IMPLANTAÇÃO E FASE DE TESTE DO SISTEMA DE REMEDIAÇÃO - TECNICA DE BOMBEAMENTO POR TRINCHEIRAS
26	33_00539_07_v1	15-Apr-08	COMPLEMENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO DE DETALHAMENTO
26	33_00539_07_v6	15-Sep-11	Implantação do sistema de remediação da água subterrânea e aplicação da técnica de estabelecimento de zonas reativas anaeróbicas in situ para a decloração reductiva
26	33_00539_07_v7	15-Oct-11	INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E MONITORAMENTO SEMESTRAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
26	33_00539_07_v10	15-Aug-12	MONITORAMENTO SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA - FEVEREIRO DE 2012
26	33_00539_07_v9	15-Aug-11	MONITORAMENTO SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA - JULHO DE 2011
26	33_00539_07_v2	15-Oct-08	INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR DO SOLO PARA A SANDVIK DO BRASIL S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO
26	33_00539_07_v4	15-Nov-09	MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA SANDVIK DO BRASIL S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO
26	33_00539_07_v5	15-Jul-10	AVALIACAO DE RISCO À SAUDE HUMANA/MÓDUIO INICIAL DE REMEDIAÇÃO DE AGUA SUBTERRÂNEA NO NÍVEL AQUIFERO RASO
26	33_00539_07_v6	15-Sep-11	Implantação do sistema de remediação da água subterrânea e aplicação da técnica de estabelecimento de zonas reativas anaeróbicas in situ para a decloração reductiva
12	Relatorios	15-Jan-10	Investigacao Confirmatoria - MA/7994/10/AMB

12	Relatorios	31-May-10	Relatório de Investigação Detalhada e Avaliação de Risco à Saúde Humana - MA/10631/10/AMB
12	Relatorios	15-Aug-13	Relatorio de investigacao detalhada complementar
12	Relatorios	15-Feb-12	Relatório de Monitoramento Analítico da Água Subterrânea - MA-11757-11-FBG
12	Relatorios	15-Aug-11	Relatório de Monitoramento Analítico da Água Subterrânea - MA-10281-11-FBG
12	Relatorios	15-Jan-07	Amostragem de Águas Subterrâneas - MA-5998-07-ACH
27	PA 33_232_10	16-Jul-08	Investigação Confirmatória na Antiga Área de Tancagem da Unidade das Nações Unidas
27	PA 33_232_10	15-Mar-09	Instalação de Poço de Monitoramento Amostragem de Solo e de água Subterrânea
27	PA 33_561_10	15-Apr-11	Investigação Ambiental de Solo e Água Subterrânea
28	Relatorios	15-Jan-07	RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL CONFIRMATÓRIA
28	Relatorios	15-Jul-07	Investigacao ambiental detalhada
28	Relatorios	15-Mar-08	INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA E ANÁLISE DE RISCO RELATÓRIO COMPLEMENTAR
29	047_10\V2	15-Feb-10	INVESTIGAÇÃO CONFIRMATÓRIA DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
29	047_10\V3	15-Jan-11	INVESTIGAÇÃO DETALHADA DA QUALIDADE DO SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA.
29	047_10\V4	15-Oct-11	INVESTIGAÇÃO DETALHADA COMPLEMENTAR E MONITORAMENTO SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
30	PA_33_00278-04\PA_049_04	15-Feb-04	RELATORIO DE INSTALAC;AO DO SISTEMA DE REMEDIAC;AO (MPE) DA AREA DO AUTO POSTO APACHE L TODA
30	PA_33_00278-04	07-May-04	Diagnostico e Caracterização Ambiental Detalhada
30	PA_33_00278-04/REL009	15-Aug-05	RELATORIO DE MONITORAMENTO SISTEMA DE REMEDIACAO EXTRACAO MULTI-FASE
30	PA_33_00278-04/REL011	15-Nov-05	RELATORIO DE MONITORAMENTO SISTEMA DE REMEDIACAO EXTRACAO MULTI-FASE
30	PA_33_00278-04/REL014	15-Feb-06	RELATORIO DE MONITORAMENTO SISTEMA DE REMEDIACAO EXTRACAO MULTI-FASE
30	PA_33_00278-04/REL016	15-Apr-06	RELATORIO DE MONITORAMENTO SISTEMA DE REMEDIACAO EXTRACAO MULTI-FASE
30	PA_33_00014_11\Vol 1/Rel002		Investigação detalhada e plano de intervenção - 2a etapa
30	PA_33_00014_11\Vol 2/Rel001	15-Apr-12	Investigação detalhada e plano de intervenção - 3a etapa

30	PA_33_00014_11\Vol 3/Rel002	15-Oct-13	Relatorio de Eficiencia/Eficacia, Encerramento da Remediação e 1a Campanha de Amostragem da Qualidade da Agua Subterranea
31	PA 33_1064-06	15-Feb-08	CARACTERIZACAO AMBIENTAL DETALHADA E AVALIACAO DE RISCO TOXICOLOGICO
32	PA 393-03/Rel001	15-Aug-03	RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL
32	PA 393-03/Rel002	28-Nov-04	RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO CONFIRMA TÓRIA
32	PA 393-03/Rel006	16-Aug-06	RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DETALHADA
32	PA 33_00060-08\VOL 1/Rel001	15-Sep-07	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO REMOÇÃO DE FASE LIVRE
32	PA 33_00060-08\VOL 1/Rel003	15-Sep-08	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO REMOÇÃO DE FASE LIVRE
32	PA 33_00060-08\VOL 1/Rel006	02-Feb-10	INVESTIGAÇÃO DETALHADA DE PASSIVO AMBIENTAL + PLANO DE INTERVENÇÃO
1	Perfil construtivo_poços DAEE	14-Jun-96	Ficha de cadastro de poco 343-256
1	Perfil construtivo_poços DAEE	18-Nov-03	Ficha de cadastro de poco 343-1204
1	Perfil construtivo_poços DAEE	21-Nov-02	Ficha de cadastro de poco 343-1113
1	Perfil construtivo_poços DAEE	14-Jun-96	Ficha de cadastro de poco 343-255
1	Perfil construtivo_poços DAEE	08-Jan-76	Ficha de cadastro de poco 343-254
5	Perfil construtivo_poços DAEE	15-Jul-96	Ficha de cadastro de poco 343-311
5	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-312
8	Perfil construtivo_poços DAEE	02-Oct-96	Ficha de cadastro de poco 343-266
10	Perfil construtivo_poços DAEE	06-Apr-01	Ficha de cadastro de poco 343-710
26	Perfil construtivo_poços DAEE	02-Dec-70	Ficha de cadastro de poco 343-1501
26	Perfil construtivo_poços DAEE	17-Aug-03	Ficha de cadastro de poco 343-1502
26	Perfil construtivo_poços DAEE	17-Aug-05	Ficha de cadastro de poco 343-1503

18	Perfil construtivo_poços DAEE	21-Sep-04	Ficha de cadastro de poco 343-1346
19	Perfil construtivo_poços DAEE	16-Sep-98	Ficha de cadastro de poco 343-390
20	Perfil construtivo_poços DAEE	28-Oct-02	Ficha de cadastro de poco 343-1374
8	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-70
8	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-71
8	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-72
3	Perfil construtivo_poços DAEE	14-Jun-96	Ficha de cadastro de poco 343-168
35	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-253
35	Perfil construtivo_poços DAEE		Ficha de cadastro de poco 343-268
36	Perfil construtivo_poços DAEE	19-Nov-97	Ficha de cadastro de poco 343-325
36	Perfil construtivo_poços DAEE	28-May-01	Ficha de cadastro de poco 343-774
37	Perfil construtivo_poços DAEE	29-Jun-04	Ficha de cadastro de poco 343-1303
38	Perfil construtivo_poços DAEE	15-Oct-04	Ficha de cadastro de poco 343-1368
39	Perfil construtivo_poços DAEE	15-Dec-04	Ficha de cadastro de poco 343-1394
3	Perfil construtivo_poços DAEE	03-Jan-05	Ficha de cadastro de poco 343-1401
8	Perfil construtivo_poços DAEE	06-Oct-05	Ficha de cadastro de poco 343-1538
8	Perfil construtivo_poços DAEE	06-Oct-05	Ficha de cadastro de poco 343-1539

8	Perfil construtivo_poços DAEE	06-Oct-05	Ficha de cadastro de poco 343-1540
40	Perfil construtivo_poços DAEE	13-Jun-06	Ficha de cadastro de poco 343-1645
41	Perfil construtivo_poços DAEE	14-Sep-06	Ficha de cadastro de poco 343-1679
21	377_05	15-Jun-07	AVALIACAO GEOAMBIENTAL DETALHADA DE TERRENO INDUSTRIAL E AVALIACAO DE RISCO A SAUDE HUMANA
21	33_00814_08	15-Jul-09	AVALIACAO GEOAMBIENTAL DETALHADA DE TERRENO INDUSTRIAL E AVALIACAO DE RISCO A SAUDE HUMANA
21	33_00814_08	15-Jan-10	Relatorio de Investigacao Detalhada e Avaliacao de Risco a Saude Humana DE TERRENO INDUSTRIAL E AVALIACAO DE RISCO A SAUDE HUMANA
21	33_00814_08	15-Jan-12	Relatorio de remediacao avancada
21	33_00404_12	15-Aug-13	RELATORIO DE INVESTIGACAO AMBIENTAL COMPLEMENTAR
23	PA442_05\V1	15-May-07	DIAGNOSTICO DAS CONDICoes AMBIENTAIS
23	PA442_05\V2	15-Dec-09	COMPLEMENTACAO DE INVESTIGACAO CONFIRMATORIA DE PASSIVO AMBIENTAL
23	PA442_05\V2	15-Oct-11	SEGUNDA COMPLEMENTACAO DE INVESTIGACAO CONFIRMATORIA DE PASSIVO AMBIENTAL
23	PA442_05\V3	15-Jun-13	MONITORAMENTO DE COMPLEMENTACAO DA INVESTIGACAO CONFIMATORIA
23	PA442_05\V4	15-May-14	MONITORAMENTO DE COMPLEMENTACAO DA INVESTIGACAO CONFIMATORIA
42	AIIPA 33003441\V1	15-May-10	Investigacao de Passivo Ambiental Preliminar e Confirmatoria para avaliacao do potencial de contaminacao do imovel.
42	AIIPA 33003441\V2	15-Dec-10	Investigacao de Passivo Ambiental Preliminar e Confirmatoria para avaliacao do potencial de contaminacao do imovel.
42	AIIPA 33003441\V3	15-Mar-12	INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL COMPLEMENTAR E ANALISE DE RISCO A SAUDE HUMANA
42	AIIPA 33003441\V3	15-May-14	Investigação Ambiental Detalhada Complementar II

APÊNDICE II – Resultados da Campanha de Topografia

Job name: gesol

Export date (UTC): 31.3.2014, 20:33:08

Coordinate system: SIRGAS 2000 UTM zone 23S - 48° to 42° W

Height system: Ellipsoid heights

CSID: CSP_SIRGAS_2000\$ZNA_UTM_ZONE_23S_48DEG_TO_42DEG_W|\$

Transformation: OGP-C&S America / UTM zone 23S / SIRGAS 2000 to WGS 84 (1)

Units: Meter

FID	Nome	Norte	Leste	Cota
Base	P1	7,381,392.869	326,844.534	727.797
0	p2	7,381,361.04	326,786.23	725.5
1	p3	7,381,366.64	326,837.00	725.672
2	senac1	7,380,074.89	326,792.42	725.331
3	senac2	7,380,074.75	326,792.46	725.369
4	senac4	7,380,266.84	327,037.61	725.65
5	base2	7,380,266.88	327,037.67	725.623
6	gilete1	7,380,456.77	327,184.27	726.215
7	gilete2	7,380,468.82	327,175.67	726.087
8	allison1	7,380,425.66	327,298.78	728.715
9	allison2	7,380,432.70	327,352.59	729.714
10	ergomet1	7,380,616.29	327,315.14	727.252
11	ergomet2	7,380,616.93	327,315.86	727.121
12	ergomet3	7,380,632.09	327,312.74	727.233
13	ergomet4	7,380,629.26	327,313.71	727.179
14	ergomet5	7,380,634.95	327,311.64	727.192
15	ergomet6	7,380,636.10	327,312.31	727.247
16	ergomet7	7,380,635.34	327,312.69	727.218
17	unipac1	7,380,927.68	327,184.70	726.292
18	unipac2	7,380,933.17	327,178.34	726.48
19	base3	7,380,903.96	327,195.02	726.17
20	fensa1	7,381,074.77	327,005.34	725.447
21	fensa2	7,381,073.81	327,012.56	725.389
22	fensa3	7,381,071.44	327,023.42	725.368
23	fensa4	7,381,069.27	327,034.82	725.291
24	fensa5	7,381,069.27	327,035.28	725.281
25	fensa6	7,381,058.55	326,987.86	725.588
26	fensa7	7,381,056.53	326,987.28	725.553
27	fensa8	7,381,056.22	326,987.08	725.54
28	fensa9	7,381,053.57	326,988.08	725.573
29	fensa10	7,381,045.66	326,983.83	725.55
30	fensa11	7,381,051.86	326,996.53	725.732
31	fensa12	7,381,052.25	326,996.56	725.708

FID	Nome	Norte	Leste	Cota
Base	P1	7,381,392.869	326,844.534	727.797
32	fensa13	7,381,064.86	327,000.66	725.722
33	fensa14	7,381,081.06	327,023.83	725.682
34	fensa15	7,381,102.07	327,001.79	725.646
35	fensa16	7,381,102.17	327,001.82	725.603
36	fensa17	7,381,088.54	326,999.13	725.411
37	postosenac1	7,381,367.64	327,011.28	727.502
38	postosenac2	7,381,367.62	327,011.25	727.486
39	postosenac3	7,381,367.62	327,011.33	727.523
40	unipac01	7,380,879.77	327,197.70	725.936
41	senac1	7,381,339.79	326,954.06	725.4854
42	senac2	7,381,338.32	326,955.21	725.4781
43	senac3	7,381,331.12	326,982.94	725.4519
44	senac4	7,381,331.73	326,983.76	725.3909
45	senac5	7,381,331.31	326,994.73	725.6103
46	senac6	7,381,332.01	326,994.16	725.5211
47	senac7	7,381,339.46	326,995.44	725.542
48	senac8	7,381,340.18	326,996.13	725.4631
49	senac9	7,381,337.32	326,988.76	725.526
50	senac10	7,381,341.15	326,982.59	725.4074
51	senac11	7,381,344.69	326,986.52	725.6118
52	senac12	7,381,353.98	326,983.75	725.5036
53	senac13	7,381,353.98	326,984.25	725.5385
54	senac14	7,381,355.98	326,976.13	725.5343
55	senac15	7,381,352.59	326,972.61	725.504
56	senac16	7,381,362.20	326,970.87	725.6401
57	senac17	7,381,366.99	326,973.87	725.6069
58	senac18	7,381,367.01	326,973.85	725.6457
59	senac19	7,381,380.01	326,913.06	725.3708
60	senac-pm16	7,381,210.84	326,709.45	725.4773
61	senac-pm002r	7,381,223.87	326,688.36	725.1813
62	senac-pm002A	7,381,224.60	326,689.15	725.1302
63	senac-pm002	7,381,224.68	326,688.63	725.1414
64	senac-pm01B	7,381,209.22	326,688.51	725.116
65	senac-pm01A	7,381,208.11	326,687.46	725.0347
66	senac-pm01A1	7,381,207.42	326,686.60	725.2266
67	senac-pm0A3	7,381,206.55	326,684.37	725.1785
68	senac-pm0A4	7,381,207.97	326,688.41	725.2695
69	senac-pm0A5	7,381,207.92	326,688.35	725.2585
70	senac-pm0A6	7,381,208.64	326,688.20	725.3339
71	senac-pm03a	7,381,200.22	326,659.81	725.0225
72	senac-pm03R	7,381,199.82	326,659.32	725.0809

FID	Nome	Norte	Leste	Cota
Base	P1	7,381,392.869	326,844.534	727.797
73	senac-pm03R1	7,381,200.37	326,659.20	725.1806
74	senac-pm05	7,381,179.17	326,655.18	725.1795
75	senac-pmg-06	7,381,179.06	326,655.83	725.2042
76	senac-pm-05b	7,381,181.68	326,653.69	725.158
77	knorr-pm15	7,381,511.72	326,390.46	725.2941
78	knorr-pm56	7,381,525.61	326,399.27	725.1941
79	knorr-pm57	7,381,525.99	326,399.26	725.1919
80	knorr-pm60	7,381,546.87	326,398.75	725.2135
81	knorr-pm16	7,381,549.87	326,393.08	725.1788
82	knorr-pm23b	7,381,550.41	326,382.48	725.147
83	knorr-pm23a	7,381,550.84	326,381.93	725.1831
84	knorr-pm23	7,381,550.90	326,380.92	725.182
85	knorr-pm-aolado23	7,381,551.17	326,379.41	725.236
86	knorr-pm30	7,381,533.94	326,348.59	725.2014
87	knorr-pm30a	7,381,534.94	326,349.64	725.2406
88	knorr-pm30b	7,381,535.51	326,350.29	725.1964
89	knorr-pm30c	7,381,536.40	326,351.38	725.2012
90	knorr-pm05	7,381,561.23	326,374.85	725.1182
91	knorr-pm5a	7,381,561.74	326,375.73	725.0997
92	knorr-pm5a1	7,381,657.66	326,005.15	724.8704
93	posto-socorro01	7,381,658.14	326,005.61	724.8209
94	posto-socorro2	7,381,657.57	326,005.17	724.865
95	posto-socorro3	7,381,650.66	326,018.31	724.8772
96	posto-socorro4	7,381,652.84	326,005.34	724.7665
97	posto-socorro5	7,381,695.85	326,005.11	724.8919
98	posto-socorro6	7,381,684.71	325,979.43	724.6941
99	posto-socorro7	7,381,690.13	325,970.21	724.5986
100	posto-socorro8	7,381,212.62	326,259.28	724.7196
101	pme-03	7,381,212.61	326,259.27	724.7462
102	pme-2	7,381,236.13	326,243.68	777.2272
103	pme-01	7,381,275.06	326,208.96	724.053
104	pme-54	7,381,244.93	326,203.48	724.5641
105	pme-55	7,381,234.63	326,211.12	724.6023
106	pm-56	7,381,211.58	326,228.78	724.567
107	renaut01	7,381,141.02	326,283.59	724.9651
108	pm-02x	7,381,110.40	326,290.13	725.4315
109	mwm-pm-01	7,380,965.00	326,420.48	725.3879
110	mwm-pm-2	7,380,965.87	326,419.85	725.2933
111	posto-spmarkt01	7,380,669.12	326,639.34	724.7634
112	posto-spmarkt2	7,380,667.70	326,639.77	724.6834
113	posto-spmarkt3	7,380,672.66	326,636.55	724.8873

FID	Nome	Norte	Leste	Cota
Base	P1	7,381,392.869	326,844.534	727.797
114	posto-spmarkt4	7,380,676.68	326,634.37	724.9532
115	posto-spmarkt5	7,380,677.56	326,632.86	724.9805
116	pm-37	7,380,746.30	326,638.63	724.9147
117	pm-37a	7,380,747.06	326,637.90	724.9273
118	pm-36r	7,380,788.74	326,626.72	725.3644
119	spmarkt-01	7,380,271.18	326,631.20	724.8377
120	spmarkt-2	7,380,562.46	326,748.58	724.395
121	spmarkt-3	7,380,512.54	326,788.63	724.2724
122	fibra-01	7,380,204.86	327,123.64	726.2112
123	fibra-2	7,380,204.19	327,124.11	726.2314
124	fibra-3	7,380,119.80	327,192.28	725.5076
125	fibra-4	7,380,119.12	327,192.81	725.4708
126	spmarkt-002	7,380,336.44	326,926.73	725.1662
127	spmarkt-001	7,380,337.28	326,926.08	725.1645
128	posto-shell-autoshopping	7,380,433.99	326,958.85	725.418
129	posto-shell-autoshopping1	7,380,445.24	326,945.73	725.4259
130	posto-shell-autoshopping2	7,380,455.35	326,956.82	725.5323
131	postoale	7,380,673.08	326,773.46	724.4014
132	postoale1	7,380,667.14	326,765.63	724.374
133	postoale-aolado-assaii	7,380,940.77	326,540.25	725.1902
134	postoale-aolado-assaii1	7,380,945.08	326,536.67	725.2688
135	postoale-aolado-assaii2	7,380,951.13	326,541.80	725.3354
136	postoale-aolado-assaii3	7,380,953.41	326,544.52	725.3275
137	postoale-aolado-assaii4	7,380,957.07	326,550.01	725.3054
138	postoale-aolado-assaii5	7,380,956.55	326,555.84	725.2294
139	postoale-aolado-assaii6	7,380,956.10	326,556.25	725.2499
140	postoale-aolado-assaii7	7,380,955.67	326,556.64	725.2143
141	postoale-aolado-assaii8	7,380,955.63	326,556.54	725.217
142	fensa01	7,381,093.72	327,027.31	725.3108
143	fensa2-pm33a	7,381,096.66	327,013.86	725.9124
144	fensa2-pm33a1	7,381,096.65	327,013.85	725.9021
145	base_autopos_1	7,381,392.87	326,844.50	727.731
147	p2	7,381,360.98	326,786.22	725.5031
148	p3	7,381,360.98	326,785.84	725.3327
149	p4	7,381,361.00	326,786.28	725.5006
246	p5	7,381,368.55	326,799.08	725.389
247	base_autopos_2	7,381,392.87	326,844.50	727.731
248	p5	7,381,368.55	326,799.08	725.389