



Mapeamento de áreas com  
potenciais riscos de contaminação  
das águas subterrâneas da  
UGRHI-06  
e suas regiões de recarga

*RELATÓRIO SÍNTESE*

*São Paulo, Setembro de 2012.*



*Mapeamento de áreas com  
potenciais riscos de contaminação  
das águas subterrâneas da  
UGRHI-06  
e suas regiões de recarga*

***RELATÓRIO SÍNTESE***

*São Paulo, Setembro de 2012*



**Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas  
subterrâneas da UGRHI-06 e suas regiões de recarga**

**MA/12298/12/MBL**

**São Paulo, setembro de 2012.**

Servmar Serviços Técnicos Ambientais Ltda.

Av. Ceci, 2206 – Planalto Paulista – São Paulo/SP – 04065004 – Fone: (11) 5070-6955

## SUMÁRIO

RESUMO EXECUTIVO .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	5
3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ÁREAS CRÍTICAS DE QUANTIDADE .....	7
Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea .....	7
Exploração dos aquíferos .....	8
Hidrogeologia .....	8
Recarga dos aquíferos .....	13
Áreas críticas de quantidade .....	14
4. CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	18
Vulnerabilidade dos aquíferos .....	18
Levantamento das áreas declaradas contaminadas .....	19
Fontes pontuais de poluição de solos e águas subterrâneas.....	21
Áreas críticas de qualidade .....	21
5. ÁREAS CRÍTICAS INTEGRADAS .....	25
Risco de desabastecimento .....	27
6. PROPOSTA DE MEDIDAS DE GESTÃO E CONTROLE .....	29
7. CONCLUSÕES .....	32
8. RECOMENDAÇÕES .....	34
BIBLIOGRAFIA .....	36
EQUIPE TÉCNICA .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Localização da BAT e suas sub-bacias demarcadas em diferentes cores .....	5
(FABHAT, 2007).....	5
Figura 3.1. Mapa hidrogeológico .....	10
Figura 3.2. Mapa potenciométrico .....	12
Figura 3.3. Mapa de recarga dos aquíferos .....	16
Figura 3.4. Mapa das áreas críticas de quantidade.....	17
Figura 4.1. Mapa de vulnerabilidade à contaminação .....	20
Figura 4.3. Resultado do cruzamento entre as atividades elevadas segundo POSH e as áreas declaradas contaminadas por atividades que manuseiam hidrocarbonetos halogenados .....	23
Figura 4.4. Resultado do cruzamento entre as atividades elevadas segundo POSH e as áreas declaradas contaminadas por atividades que manuseiam metais e outros.....	23
Figura 4.2. Mapa das áreas críticas de qualidade.....	24
Figura 5.2. Esquema para definição das áreas críticas integradas .....	25
Figura 5.1. Mapa das áreas críticas integradas de quantidade e qualidade ....	26

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Análise comparativa entre a produção e a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea atuais nas áreas dos sistemas da BAT .....	7
Tabela 3.2. Caracterização das unidades hidrogeológicas .....	11
Tabela 4.1. Áreas declaradas contaminadas por atividades econômicas .....	19
Tabela 5.1. Risco de desabastecimento da BAT.....	28
Tabela 6.1. Proposta de medidas de gestão e controle, segundo aspectos de qualidade do recurso hídrico subterrâneo .....	29
Tabela 6.2. Proposta de medidas de gestão e controle, segundo aspectos de quantidade do recurso hídrico subterrâneo.....	30

## ANEXO 1 – PRODUTOS GERADOS

## RESUMO EXECUTIVO

As águas subterrâneas desempenham um importante papel para o abastecimento da Bacia do Alto Tietê (BAT), complementando o fornecimento da rede pública, sendo fonte para o uso doméstico, industrial e agrícola. Entretanto, essa importância não está na vazão total extraída, pois essa representa apenas 15% dos 67,7 m<sup>3</sup>/s fornecidos pelo sistema público de água, mas no fato de que as concessionárias estão operando no limite de suas capacidades, e uma perda de 10 m<sup>3</sup>/s pelo abandono de seus 12 mil poços, não poderia ser substituído pelo manancial superficial. Portanto, a água subterrânea é vital para a segurança hídrica da BAT, pois amplia a oferta de água, possibilitando assim o equilíbrio entre oferta e demanda.

Este estudo determinou áreas críticas de quantidade e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Definiu-se como uma área crítica aquela onde há maior risco de contaminação dos aquíferos por atividades antrópicas ou uma área onde há problemas de superexploração do aquífero, pelo excesso de poços e/ou pela sua extração. O método de identificação de áreas críticas foi desenvolvido especialmente neste trabalho e consistiu em discretizar toda a área da BAT em quadrados de 2 km de lado, totalizando 1619 áreas. Para a quantidade, a classificação de sua criticidade foi baseada na combinação de dados de densidade de poços e da somatória da vazão total em cada célula. Já para a qualidade, o critério foi o de número de atividades potencialmente contaminantes (classificada com o método POSH) por célula. Assim as áreas foram classificadas em três níveis: **baixo, médio e alto**.

As áreas críticas classificadas como alta (17 células) estão localizadas nos municípios de Guarulhos, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Cajamar e Embu, Diadema e São Paulo. Nessas células existem mais de 46 poços e a vazão extraída é superior a 60 mil m<sup>3</sup>/mês. Há 136 áreas na BAT em que a densidade de atividades potencialmente contaminante do tipo elevado é igual ou superior às áreas mais críticas observadas em Jurubatuba (SP), considerada a pior região de contaminação de solo e aquíferos no Estado de São Paulo. Em algumas dessas áreas a densidade pode superar em até 3,5 maior que o encontrada no pior caso do Jurubatuba. Estas áreas estão localizadas no centro do município de São Paulo e nos municípios do ABC.

As principais recomendações deste estudo foram: a) realizar estudos de detalhes, para as áreas consideradas críticas, tanto para quantidade quanto para qualidade; b) implementar um programa efetivo de regularização dos poços tubulares, utilizando mecanismos de comunicação social; c) direcionar a fiscalização e medidas de controle nas áreas críticas, identificando áreas contaminadas; d) melhorar e sobretudo padronizar os dados do SIPOL (CETESB); e) revisar de forma profunda o cadastro de poços do DAEE, identificando repetições e dados incorretos; f) melhorar a comunicação de todas as instituições responsáveis e que intervêm nos recursos hídricos e no abastecimento de água na BAT, inclusive criando um fórum permanente, permitindo um gerenciamento integrado; e g) revisar a lei, tornando claras as penalidades pelo não cumprimento da outorga e facilitando os processos de licenciamento do uso da água subterrânea.

# CAPÍTULO 1

## Introdução



## 1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta uma síntese dos trabalhos e resultados obtidos no projeto “Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterrâneas na UGRHI 06 e suas regiões de recarga” (MAPRI). O projeto foi executado e apresentado pela empresa Servmar Serviços Técnicos Ambientais, no período de janeiro a agosto de 2012, em dois relatórios parciais (R1 e R2) e no relatório final (R3), conforme contratado pela Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT, através do Edital Tomada de Preços N° 003/FABHAT/2011.

Este projeto teve como objetivo geral aprofundar o conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), buscando o adequado gerenciamento destas águas, considerando aspectos de sua quantidade e qualidade e relacionando esses ao uso do solo.

Para que a disponibilidade e a qualidade da água subterrânea sejam garantidas, este projeto se preocupou em diagnosticar a situação dos aquíferos na BAT, levantando informações sobre quantidade (rede de poços de exploração, recarga dos aquíferos e balanço hídrico) e qualidade (vulnerabilidade dos aquíferos, identificação das cargas contaminantes e risco de contaminação) do recurso.

Esta síntese mostra de forma sucinta os métodos utilizados para identificar e delimitar as áreas de atenção de uso e captação da água subterrânea, bem como tece uma lista de conclusões e recomendações para melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

O capítulo 1 delinea as características ambientais, sociais e econômicas da bacia. No capítulo 2 são descritos e analisados os sistemas de abastecimento e a importância da água subterrânea para a BAT. O capítulo 3 traz as áreas críticas, as metodologias empregadas para esta definição e os resultados, seguido do capítulo 4, de gestão e controle. Por fim são discutidas as conclusões e recomendações nos capítulos 5 e 6, respectivamente.

Para a elaboração do banco de dados, foram utilizadas as informações disponibilizadas pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo): bancos de dados das áreas declaradas contaminadas e Sistema de Informações das Fontes de Poluição (SIPOL); e pelo DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica): cadastro de poços, com informações sobre os perfis construtivos e litológicos.

O mapeamento temático nesse projeto foi realizado dentro do ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) no software de geoprocessamento ArcGIS 9.3.

A cartografia foi adequada para a escala 1:200.000, e as coordenadas apresentadas estão referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. O Elipsóide de Referência utilizado é o Hayford e a origem do Datum Planimétrico é o vértice Datum SAD 69. As altitudes estão referenciadas ao Datum Altimétrico correspondente ao Marégrafo de Imbituba-SC, todos adaptados para serem compatíveis entre si.

Uma lista de resultados, inclusive mapas e bases de dados, encontram-se descritos no Anexo 1. O detalhamento dos métodos empregados neste estudo pode ser consultado nos relatórios anteriores deste projeto.

## CAPÍTULO 2

### Caracterização da Área

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo desse projeto é a UGHRI-06 – Alto Tietê, que será denominado ao longo deste trabalho como Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), uma das unidades hidrográficas do Estado de São Paulo.

A BAT está localizada na região sudeste do Estado de São Paulo, entre 23°12'00" e 24°01'00" de latitude sul e 46°26'00" e 46°46'00" de longitude oeste, e faz limite com a Bacia do rio Paraíba do Sul a leste, com a região hidrográfica da Vertente Litorânea ao Sul e com outras UGRHs da Bacia do Rio Tietê ao norte e oeste (Figura 2.1.).



Figura 2.1. Localização da BAT e suas sub-bacias demarcadas em diferentes cores (FABHAT, 2007)

O território da BAT tem uma rede hidrográfica composta por rios pequenos e curtos de forte gradiente e rios alongados, perenes e relativamente volumosos, em função do ciclo hidrológico possuir água disponível para alimentá-los. Os principais corpos d'água da BAT identificados foram os rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Claro, Paraitinga, Jundiaí, Biritiba Mirim e Taiaçupeba e seus afluentes.

A bacia conta ainda com os reservatórios Paraitinga, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Biritiba Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba, Billings, Guarapiranga, Pirapora, Represas do sistema Cantareira e Pedro Beicht.

As águas disponíveis nos corpos d'água superficiais e subterrâneos que compõe a BAT alimentam os grandes agrupamentos humanos e complexos industriais, como é o caso da região central da bacia, e também as plantas, vegetação e culturas que circundam a área densamente urbanizada da BAT.

A BAT é composta por 35 municípios: Arujá, Barueri, Biritiba Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapeverica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Juquitiba, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana do Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, São Paulo, Suzano e Taboão da Serra.

A região central da bacia teve seu desenvolvimento ligado à abundante disponibilidade de água, sobretudo para a industrialização. O desenvolvimento industrial, iniciado junto às principais drenagens de São Paulo, levou ao adensamento urbano, que hoje atinge mais de 1000 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de crescimento que atingiu a 5,97%/ano na década de 1950, hoje é menor que 1% (IBGE, 2012).

Nas áreas periféricas da bacia, o desenvolvimento esteve ligado à fertilidade dos solos, onde os principais usos são os agrícolas (hortifrutigranjeiros e reflorestamentos) e ainda ocupados por vegetação natural, como é o caso dos relevos mais acidentados encontrados na BAT, junto aos seus limites leste, sul, oeste e nordeste. Nessas áreas as taxas de crescimento populacional são os maiores da bacia, atingindo até 30%/decênio de crescimento, como é o caso município de Santana de Parnaíba.

Segundo os dados disponibilizados pela FUSP (2009), 97% da área da bacia tem acesso aos serviços de água e 85% tem acesso a rede coletora de esgoto.

## CAPÍTULO 3

### Disponibilidade Hídrica e Áreas Críticas de Quantidade

### 3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ÁREAS CRÍTICAS DE QUANTIDADE

Para uma avaliação mais precisa da disponibilidade hídrica estão aqui apresentados uma análise conjunta da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea.

#### Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea

A Tabela 3.1. apresenta a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea atuais e a produção atual dos sistemas produtores e da vazão explorada da BAT.

Verifica-se que as áreas de atendimento dos sistemas produtores Cantareira, Guarapiranga e Rio Grande superam em até 17% a respectiva vazão garantida atual com 95%, parâmetro de caracterização da disponibilidade hídrica total.

A produção total, considerando as águas superficiais e subterrâneas nas áreas dos sistemas produtores da BAT, é de 76,3 m<sup>3</sup>/s, praticamente igual à vazão total garantida atual com 95%, de 76,5 m<sup>3</sup>/s (FUSP, 2009). Portanto, é possível concluir que há necessidade imediata de ampliação dos sistemas produtores Cantareira, Guarapiranga e Rio Grande para manter tal garantia de 95%.

Tabela 3.1. Análise comparativa entre a produção e a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea atuais nas áreas dos sistemas da BAT

Sistemas produtores	Vazão garantida com 95 (m <sup>3</sup> /s) <sup>1</sup>	Produção Atual (m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	População atendida (milhões) <sup>2</sup>	Porcentual de utilização (%)
Cantareira	34,1	37,2	8,10	109
Alto Tietê	14,6	10,4	3,10	71
Rio Claro	4,7	4,3	1,20	93
Alto Cotia	2,1	1,6	0,4	76
Baixo Cotia	1,6	1,5	0,46	94
Guarapiranga	14,5	15,5	3,8	107
Rio Grande	4,9	5,8	1,6	117
Total	76,5	76,3	18,7	-

<sup>1</sup>: Plano da Bacia do Alto Tietê, Junho/2009, FUSP

<sup>2</sup>: site [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)

## Exploração dos aquíferos

Um dos maiores problemas da BAT é o desconhecimento das extrações totais que ocorrem em seus aquíferos. Alguns autores (FUSP, 2009) advogam que na região haja mais de 12 mil poços tubulares, mas o cadastro de poços do órgão regulador contempla apenas 4931 poços. Assim, independente da precisão, é comumente aceito que o nível de exploração irregular sobrepassa em mais de 50% os regulares ou conhecidos.

Considerando-se as medianas das vazões dos poços cadastrados (aqueles que tenham essa informação) em  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  (resultado deste estudo) e o total de 12 mil poços existentes na BAT, a vazão total extraída deve superar a  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $19,4 \text{ Mm}^3/\text{m}$ ).

Segundo os dados disponibilizados pelo DAEE, da totalidade dos poços analisados, 36,34% deles não possuem dados vazão de outorga, dificultando avaliações confiáveis sobre a demanda total deste recurso. Entretanto, a soma das vazões outorgadas dos poços na BAT é de  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $4,3 \text{ Mm}^3/\text{mês}$ ) e a vazão total em poços cadastrados (outorgados ou não) é de  $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $7,9 \text{ Mm}^3/\text{mês}$ ).

## Hidrogeologia

A Bacia do Alto Tietê (BAT) é uma unidade hidrológica que engloba os domínios da Bacia Sedimentar de São Paulo ( $1.452 \text{ km}^2$ ) e das rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino ( $4.323 \text{ km}^2$ ) que a circundam. Este contexto geológico define: o *Sistema Aquífero Sedimentar* e o *Sistema Aquífero Cristalino* (Figura 3.1.).

O *Sistema Aquífero Cristalino* (SAC) tem seus limites coincidentes aproximadamente com os divisores de drenagem superficial, nas cotas de 800 a 1.000 metros sobre o nível do mar (msnm). Segundo o comportamento hidráulico das rochas, é possível distinguir duas unidades neste sistema. O primeiro, relacionado às rochas intemperizadas, conformando um aquífero de porosidade granular bastante heterogêneo, de natureza livre, com espessuras médias de 30-40 m. Sob o manto de intemperismo e, muitas vezes conectado hidráulicamente, ocorre o aquífero cristalino propriamente dito, onde as águas circulam por descontinuidades da rocha (fraturas e falhas). Esta unidade é de caráter livre, semilivre, algumas vezes confinado pelos sedimentos sotopostos, e fortemente heterogêneo e anisotrópico.



O *Sistema Aquífero Sedimentar* (SAS) recobre apenas 25% da área da bacia hidrográfica. As altitudes médias das colinas situam-se nas cotas 760 msnm, com máximos de 840 msnm, no espigão da Avenida Paulista, e mínimo de 710 msnm, na soleira de Barueri, onde o sistema é hidráulicamente fechado (Rocha et al 1989). Este sistema aquífero é livre a semiconfinado, de porosidade primária, e bastante heterogêneo.

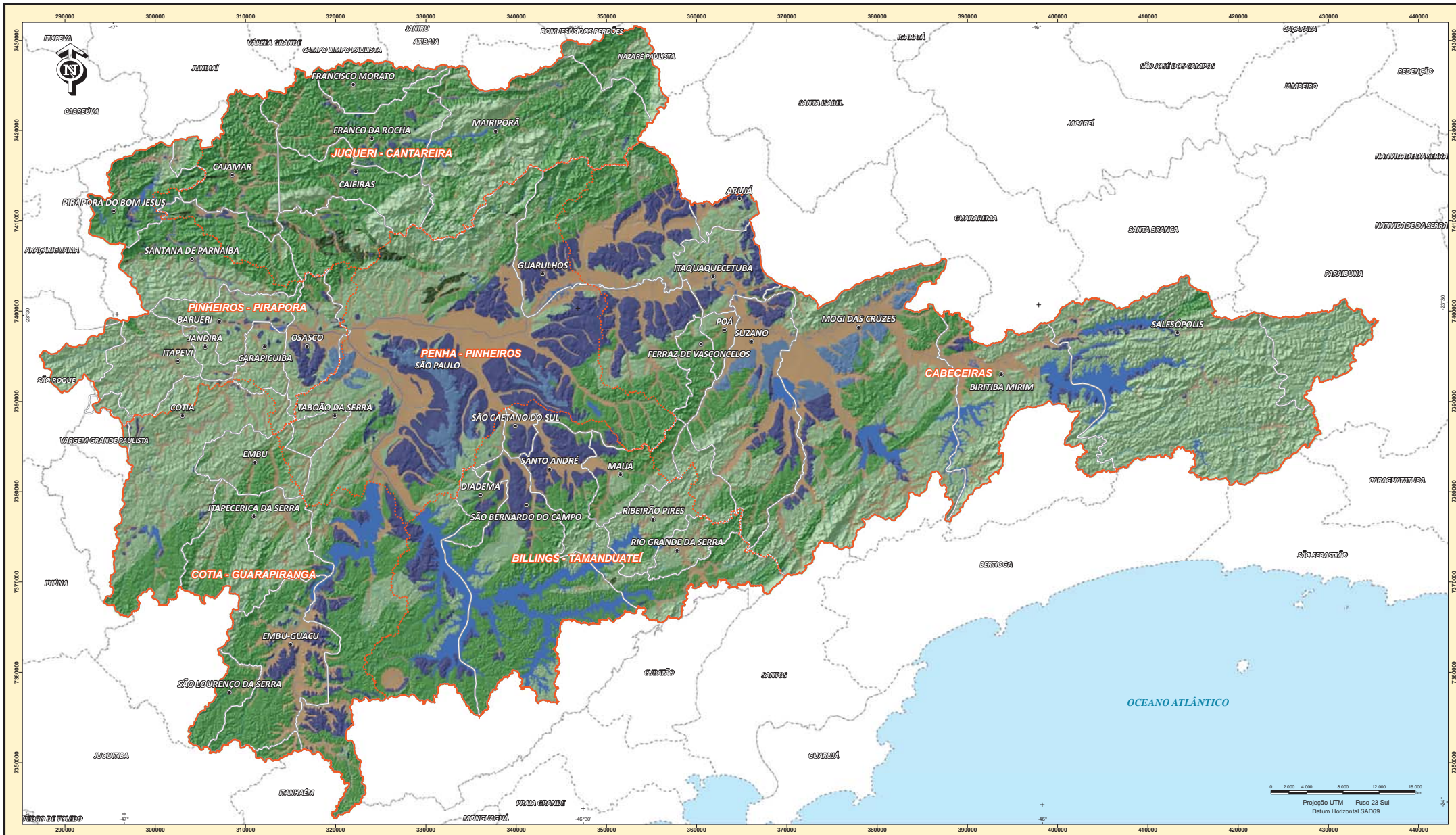
No SAS foi possível identificar duas unidades: uma associada à Formação São Paulo, assim como definido originariamente por Hirata & Ferreira (2001), e a outra à Formação Resende. As formações neocenozóicas Tremembé e Itaquaquetuba não definem unidades aquíferas representáveis, devido a suas pequenas dimensões, assim como as unidades quaternárias, devido a pouca espessura.

As informações geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas previas, somadas aos novos conhecimentos obtidos a partir do cadastro de poços do DAEE, disponibilizados para este projeto, permitiram o conhecimento de valores de vazões e vazões específicas para os aquíferos da BAT (Tabela 3.2.).

Com base no banco de dado do DAEE, foram identificados os aquíferos explorados, por meio da descrição litológica, indicando que a exploração ocorre predominantemente no SAC, representando 72% do total analisado, e 18% no SAS e o restante sem informação.

Mapas de potenciométrico em áreas de complexo uso da água subterrâneas e onde há informações dispersas de variadas fontes em variadas datas são sempre muito difíceis de serem construídos. Assim, para a BAT foi adotado inicialmente uma avaliação das cargas hidráulicas médias (em msnm) por células regulares quadradas de 2x2 km. Os valores de carga deste mapa de quadriculas foram então interpolados através de krigagem simples, resultando no mapa potenciométrico regional dos aquíferos da BAT (Figura 3.2.). O mapa potenciométrico mostra que os fluxos das águas subterrâneas se deslocam em sentido aos principais corpos d'água da bacia, ou em áreas onde há maior número de poços ou maiores bombeamentos.

A área de descarga natural de toda a água da BAT, seja superficial ou subterrânea, se fazia pelo rio Tietê e seus afluentes. Atualmente, o adensamento de poços tubulares e o aumento do bombeamento destes têm rebaixado os níveis, provocando zonas de convergência dos fluxos subterrâneos.



**CONVENÇÕES DO MAPA:**

**UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

**SISTEMA AQUIFERO SEDIMENTAR - POROSIDADE PRIMÁRIA**

**Aquífero Quaternário**

- Depósitos sedimentares aluviais, predominantemente areno-argilosos (Qa).
- Aquífero de extensão e espessura (<10m) muito limitadas, explorável através de poços cacimba.

**Aquífero São Paulo**

- Depósitos de sistema fluvial meandrante, compostos por cascalho, areia e silto-argiloso (Csp).
- Aquífero livre a semi-confinado, de extensão local e baixa produtividade.
- Valores de média e mediana de vazão por poço de 7 m<sup>3</sup>/h e 5 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média e mediana de 0,254 m<sup>3</sup>/h/m e 0,150 m<sup>3</sup>/h/m.

**Aquífero Resende**

- Depósitos de sistema de leques aluviais a planície fluvial entrelaçada com predominância de lamitos arenos e argilosos (Or1) e depósitos de sistemas de leques aluviais, com predominância de lamitos seixosos (Or2).
- Aquífero livre a semi-confinado, de extensão local a média e baixa produtividade.
- Valores de média e mediana de vazão por poço de 8 m<sup>3</sup>/h e 4,3 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média e mediana de 0,500 m<sup>3</sup>/h/m e 0,167 m<sup>3</sup>/h/m.

**SISTEMA AQUIFERO CRISTALINO - POROSIDADE SECUNDÁRIA**

**Rochas Granitoides - (Aquífero A)**

- Associação de unidades que incluem rochas granitoides (PCg e PCgp), rochas gnáissicas (PCgn).
- Aquífero livre onde as melhores vazões estão associadas às falhas e fraturas nas rochas, com baixa produtividade.
- Valores de média e mediana de vazão por poço de 8 m<sup>3</sup>/h e 5 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média e mediana de 0,494 m<sup>3</sup>/h/m e 0,084 m<sup>3</sup>/h/m.

**Rochas Metassedimentares - (Aquífero B)**

- Associação de rochas metassedimentares que incluem quartzitos (PCq), micaxistos (PCx), anfíbolitos (PCa) e filitos e xistos subordinados (PCf).
- Aquífero livre onde as melhores vazões estão associadas às falhas e fraturas nas rochas, com média a baixa produtividade.
- Valores de média e mediana de vazão por poço de 10 m<sup>3</sup>/h e 6 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média e mediana de 0,495 m<sup>3</sup>/h/m e 0,099 m<sup>3</sup>/h/m.

**Rochas Metacarbonáticas - (Aquífero C)**

- Associação de rochas metacarbonáticas.
- Aquífero livre onde as melhores vazões estão associadas às falhas e fraturas nas rochas, com média a baixa produtividade.
- Valores de média e mediana de vazão por poço de 8 m<sup>3</sup>/h e 6 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica média e mediana de 0,700 m<sup>3</sup>/h/m e 0,096 m<sup>3</sup>/h/m.

**CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS:**

- Sede de Município
- Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
- Sub Região Hidrográfica
- Cursos d'água
- Corpos d'água
- Divisa Municipal

**MAPA HIDROGEOLÓGICO**

Tabela 3.2. Caracterização das unidades hidrogeológicas

Sistema Aquífero	Aquíferos	Unidade Geológica	Nº poços estudados	Profundidade média dos poços (m)	Vazão média (m³/h)	Vazão mediana (m³/h)	Vazão específica (m³/h/mês)		Transmissividade média (T)	Espessura média (b)
							Média	Mediana		
Sedimentar	São Paulo	Osp	78	148	7,0	5,0	0,254	0,150	1	89
	Resende	Orl e Orf	255	133	8,0	4,3	0,500	0,167	5	85
Cristalino	Rochas Granitoides (Aqüífero A)	PEg, PEgo e PEgn	1768	218	8,0	5,0	0,494	0,084	24	155
	Rochas Metassedimentares (Aqüífero B)	PEq, PEa, PEf e PEx	328	189	10,0	6,0	0,495	0,099	1	153
	Rochas Metacarbonáticas (Aqüífero C)	PEc	24	171	8,0	6,0	0,700	0,096	2	133

*Osp - Predominantemente camadas de areia e cascalho*

*Orl - Predominância de lamitos arenosos a argilosos, com seixos e fragmentos de quartzo*

*Orf - Predominância de lamitos seixosos com lamitos arenosos subordinados*

*PEg - Rochas granitoides predominantemente maciças de granulação variada*

*PEgo - Rochas granitoides orientadas e/ou foliadas, de granulação variada, incluindo porções gnáissicas, migmatíticas e blastomiloníticas associadas*

*PEgn - Rochas predominantemente gnáissicas, incluindo, porções locais de rochas granitoides orientadas, xistos feldspatizados e milonitos diversos subordinados*

*PEq - Predominância de quartzitos, com ocorrências subordinadas de metassiltitos e xistos*

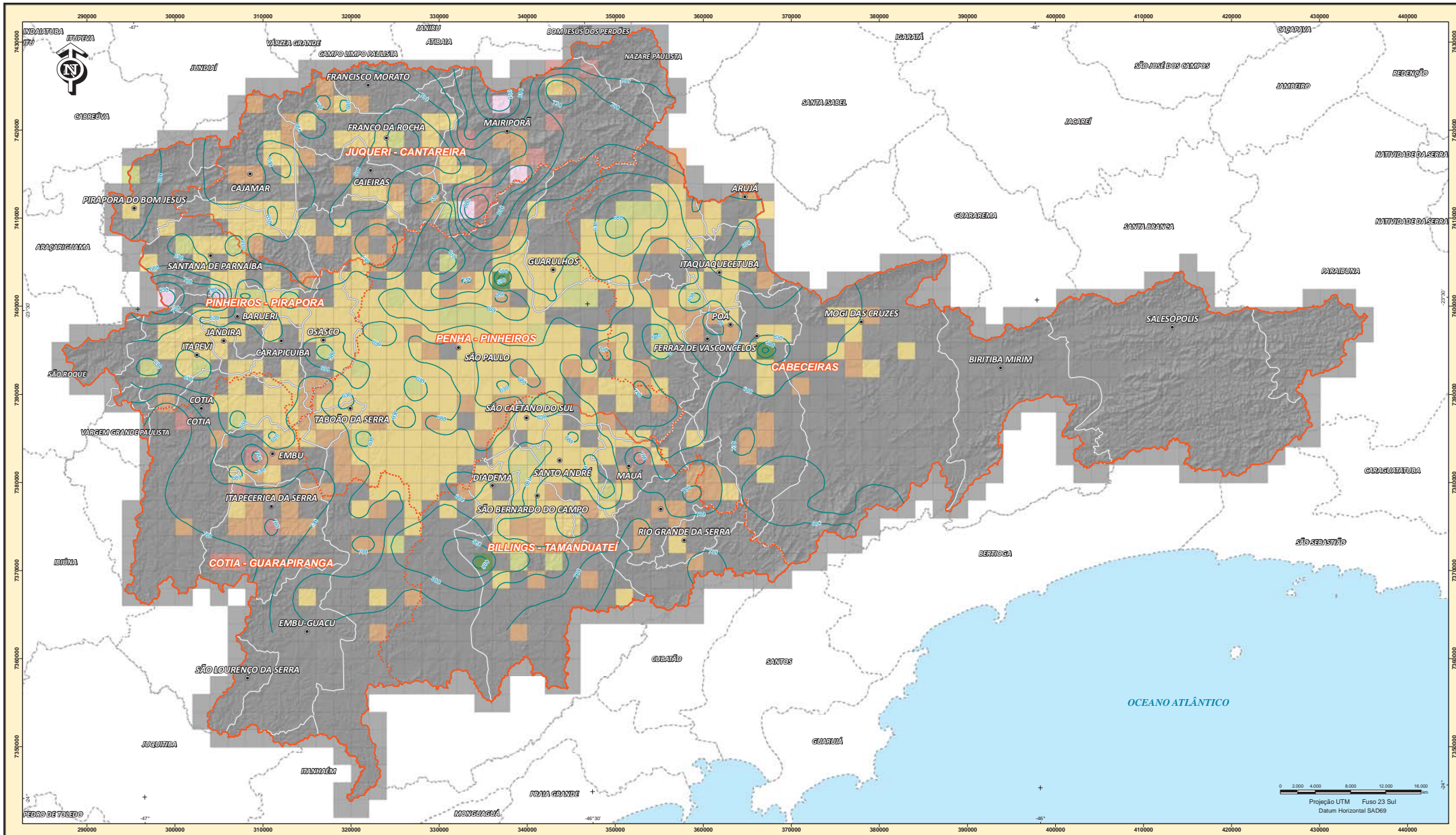
*PEa - Anfibolitos*

*PEf - Predominância de filitos ocorrendo subordinadamente xistos*

*PEx - Predominância de micaxistos, com quartzitos e metassiltitos subordinados, localmente feldspatizados*

*PEc - Rochas metacarbonáticas*

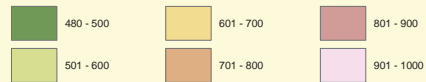




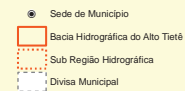
**CONVENÇÕES DO MAPA:**

**CARGA HIDRÁULICA - POTENCIOMÉTRICO POR CÉLULA**

Carga Hidráulica ( metros sobre o nível do mar )



**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**



**MAPA POTENCIOMÉTRICO**

## Recarga dos aquíferos

A recarga dos sistemas aquíferos está associada à infiltração natural de parte das águas do excedente hídrico (precipitação menos a evapotranspiração, o escoamento superficial e a interceptação), das fugas das redes públicas de distribuição de água e, mais restritamente, da rede coletora de esgotos e da infiltração direta de uma parcela da água das galerias pluviais que, devido à manutenção deficiente, infiltram a água da chuva, além das ligações clandestinas de esgoto.

Com o intuito de se obter uma estimativa de recarga dos aquíferos na área de estudo foi realizado um balanço hídrico através da metodologia proposta por Thornthwaite & Matter (1948).

Essa metodologia foi modificada, segundo as técnicas desenvolvidas pelo LAMO-CEPAS – IGc/USP, que avaliou também características de escoamento superficial, baseado em tipo de solo e declividade topográfica.

O escoamento superficial, calculado pelo método proposto por Fenn *et al* (1975), está intrinsecamente associado ao tipo de cobertura do terreno, ao grau de saturação dessa cobertura, e à sua declividade, e indica locais de menor escoamento e maior infiltração, e conseqüentemente seu grau de saturação.

As estimativas obtidas pelo balanço hídrico indicam que as maiores taxas de recarga (407 mm) estão associadas às áreas com solo arenoso, baixa declividade e a maior precipitação relativa. Entretanto, a maior parte das áreas onde ocorre este cenário está coberta pela área urbana, onde invariavelmente o efeito da recarga natural é diminuído. Por outro lado, as menores taxas de recarga (106 mm) estão associadas às áreas com solo argiloso, alta declividade e a menor precipitação relativa (Figura 3.3.).

A recarga urbana (recarga natural mais a fuga da rede pública) para a área urbanizada da BAT é de 437 mm. Sendo esse valor representativo apenas para as áreas com rede de distribuição de água e coleta de esgotos. Tais valores foram obtidos dos estudos de avaliação de recarga desenvolvidos pelo CEPAS-IGc-USP, com uso de técnicas hidráulicas, químicas e isotópicas (Dias *et al* 2005, Viviani-Lima *et al* 2007).

Para as áreas onde existe rede de distribuição de água, porém a rede de coleta de esgotos ainda não está presente, os valores de recarga urbana são maiores na ordem de 560 mm/a. O fator preponderante para essa diferença é que a falta de rede de coleta de esgotos possibilita a infiltração direta de esgoto através das fossas negras e sépticas.

As faixas de recarga com valores de 106 a 300 mm/ano representam 43% da área total da BAT. Já as faixas acima de 300 mm/ano representam 57% da área da bacia, entretanto cabe ressaltar que a recarga urbana está na faixa entre 401 a 450 mm/ano, e esta por si só representa 36% da área total. Já as áreas de recarga onde existe rede de distribuição de água, porém a rede de coleta de esgotos ainda não está presente, representam apenas 0,15%.

### **Áreas críticas de quantidade**

Para verificar a situação atual de exploração dos aquíferos na região foram combinados os dados de densidade de poços e a somatória da vazão total por célula. Esses dois indicadores foram escolhidos para estabelecer as áreas críticas de quantidade, pois se entende que uma densidade elevada de poços poderia levar a fortes interferências hidráulicas e, conseqüente, quedas nos níveis potenciométricos, encarecendo os custos de bombeamento ou mesmo reduzindo a oferta de água até níveis insustentáveis (<1/3 da espessura útil saturada do aquífero).

Assim, a área novamente foi quadriculada em quadrados regulares de 2x2 km e avaliou-se o número de poços em cada célula, bem como as suas vazões totais. A área da BAT resultou em 1619 células.

As células foram então classificadas em três níveis críticos ou de controle para captação da água subterrânea: baixo, médio e alto (Figuras 3.4.), de acordo com a densidade de poços em cada célula e o volume total extraído por célula. Das 497 células classificadas como áreas críticas de exploração de água subterrânea, 468 são de baixo, 12 de médio e 17 de alto controle.

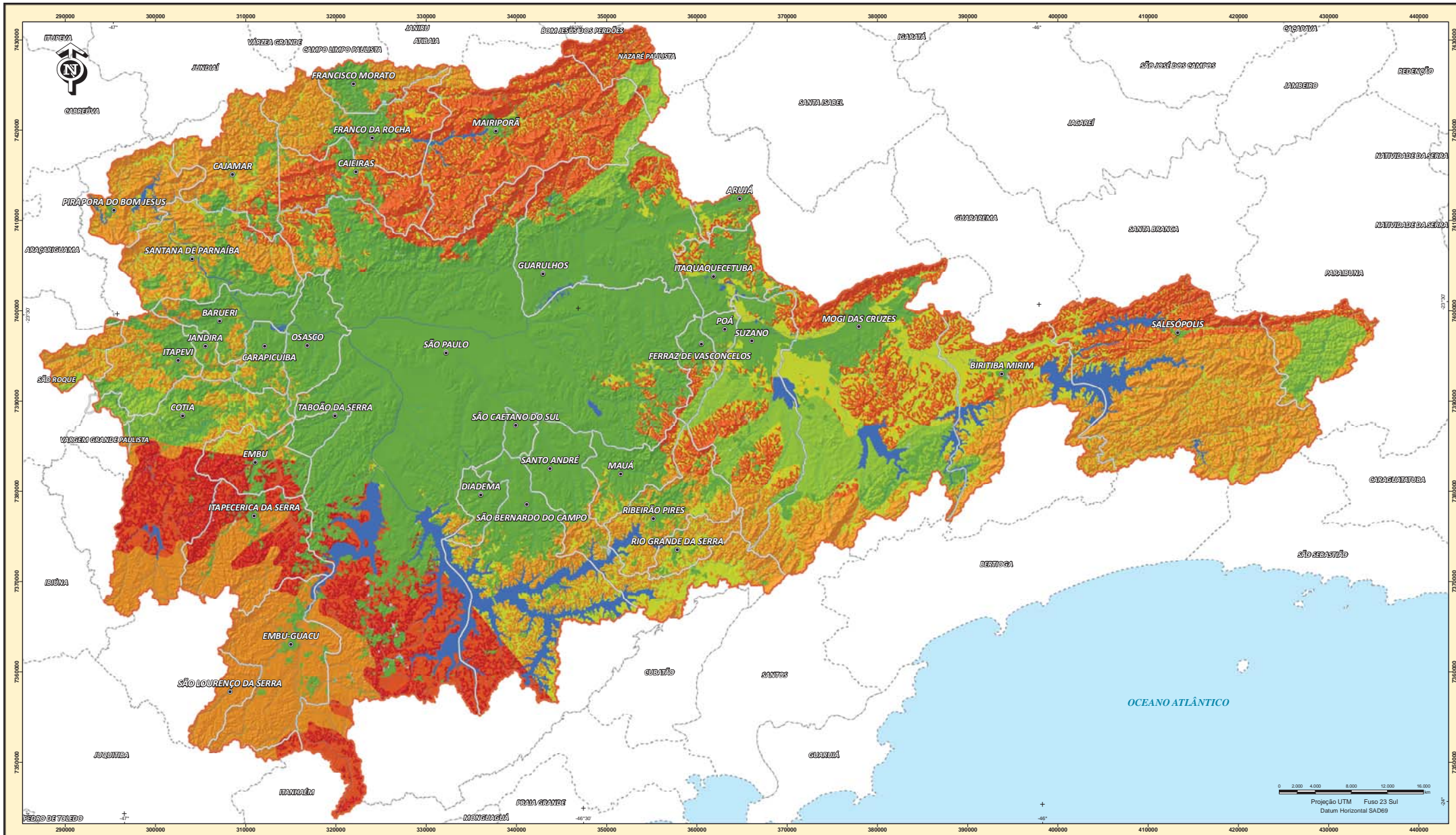
As 17 zonas críticas alta são aquelas onde há mais de 46 poços por célula e a vazão extraída em todos os poços é superior a 60 mil m<sup>3</sup>/mês e encontram-se principalmente localizadas nos municípios de Guarulhos (quatro áreas), Itaquaquecetuba (duas áreas), Ferraz de Vasconcelos, Cajamar e Embu (uma área em cada), Diadema (três áreas) e São Paulo (cinco áreas).

Já as áreas de controle baixo distribuem-se uniformemente na bacia, ocupando tanto o centro como a periferia da bacia e as áreas de médio controle, nos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, Itaquaquecetuba, Mairiporã, Franco da Rocha e sete áreas em São Paulo, estas adjacentes aos rios Pinheiros e Tietê.

As áreas classificadas como de controle médio ou alto estão localizadas nas regiões atualmente altamente industrializadas ou que no passado foram grandes polos industriais, caso do ABC paulista.

Adicionalmente, foram comparadas áreas críticas de quantidade de alto controle com profundidades de níveis dinâmicos superiores a 150 m, para identificar áreas que já sofrem as quedas dos níveis potenciométricos expressivos e que poderia colocar em risco o abastecimento, ocasionada pela elevada concentração de poços. Foram identificadas três áreas, nos municípios de Guarulhos, Diadema e São Paulo (região do Jurubatuba), regiões nas quais o nível estático superior a 150 m já pode ser um dos efeitos da superexploração da água subterrânea.





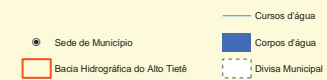
**CONVENÇÕES DO MAPA:**

**RECARGA POTENCIAL**

Taxa de Recarga ( mm/ano )

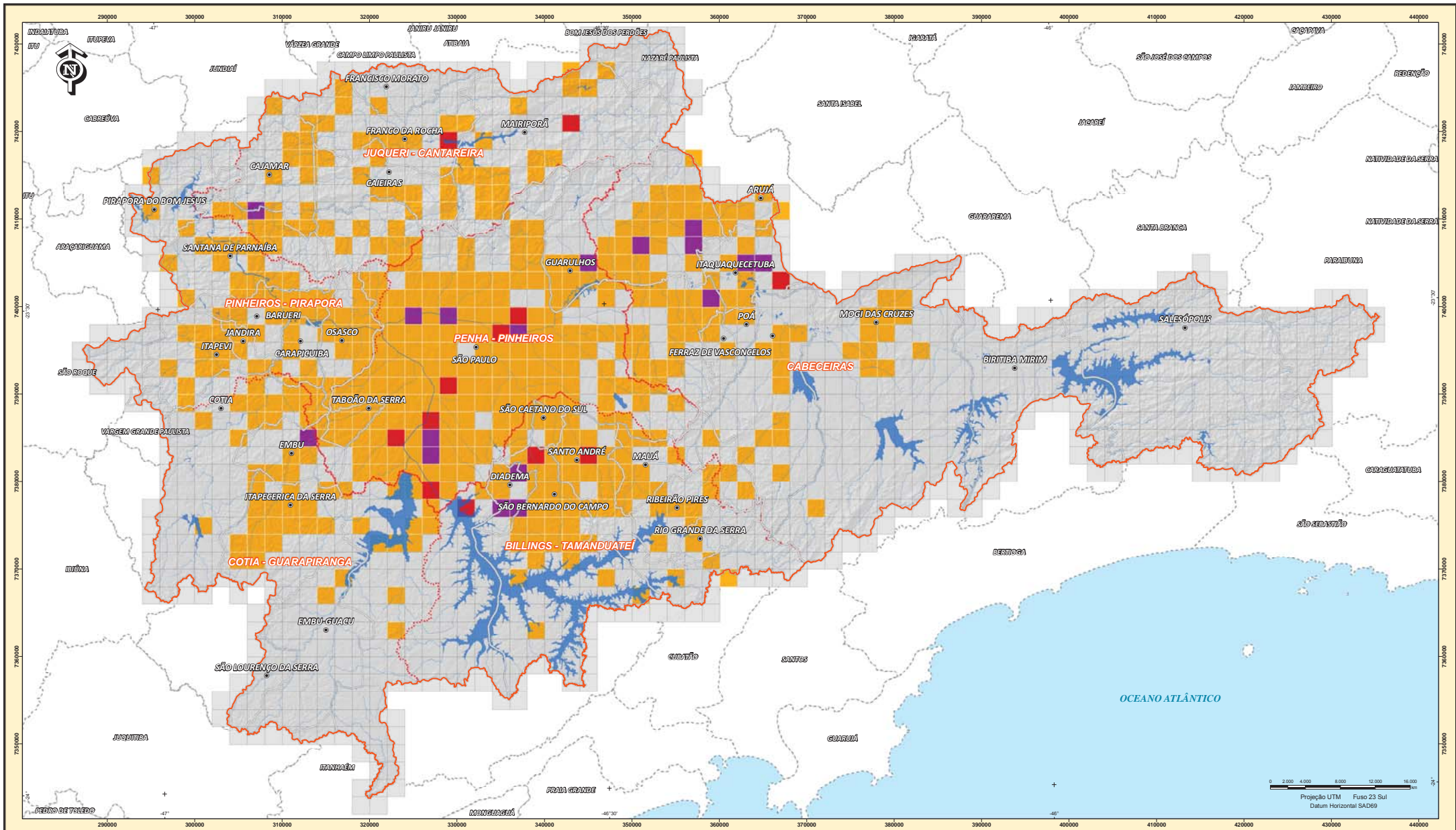


**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**



**MAPA DE RECARGA  
DOS AQUIFEROS**





CONVENÇÕES DO MAPA:

ÁREAS CRÍTICAS DE EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Σ vazão <sub>crit</sub> (lit/m <sup>2</sup> /mês/célula)	DENSIDADE DE POÇOS (poços por célula)		
	< 25	26 - 45	> 46
< 30	Amarelo	Verde	Vermelho
30 - 60	Amarelo	Vermelho	Vermelho
> 60	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Sem informação 1122 células	Baixo (468 células)	Médio (12 células)	Alto (17 células)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:

- Sede de Município
- Baía Hidrográfica do Alto Tietê
- Sub Região Hidrográfica
- Cursos d'água
- Corpos d'água
- - - Divisa Municipal

MAPA DE ÁREAS CRÍTICAS DE QUANTIDADE

## CAPÍTULO 4

# Caracterização da Qualidade da Água Subterrânea

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

### Vulnerabilidade dos aquíferos

A vulnerabilidade de um aquífero à contaminação se refere à acessibilidade de contaminantes relacionada com as características intrínsecas dos estratos que separam o aquífero saturado da superfície do solo e as fontes potenciais de cargas contaminantes (Foster & Hirata 1988).

A vulnerabilidade natural de um aquífero em ser contaminado por uma fonte antrópica foi analisada pelo método GOD (Foster & Hirata 1988), onde há interação entre três fatores: 1 – tipo de aquífero; 2 – estratos de cobertura e 3 – profundidade até o nível d'água.

A classe de vulnerabilidade à contaminação varia desde baixa até extrema nos aquíferos da BAT (Figura 4.1.) e o significado físico de cada uma dessas classes pode ser apreciado abaixo:

- Extrema: vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação;
- Alta: vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação;
- Média: vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados;
- Baixa: vulnerável somente a contaminantes conservadores, em longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados; e

Os aquíferos de Rochas Granitoides e de Rochas Metassedimentares e 90% os terrenos de sedimentos quaternários apresentam classe de vulnerabilidade média, e se distribuem por toda a bacia, ocupando tanto áreas urbanas como as não urbanizadas. Cerca de 10% da área ocupada pelos terrenos quaternários apresenta classe de vulnerabilidade alta. Estas áreas estão associadas aos municípios do leste da BAT, incluindo Poá, Suzano, Mogi das Cruzes, e Biritiba Mirim.

Os aquíferos São Paulo e Resende apresentam classe de vulnerabilidade baixa, e ocupam principalmente as áreas adjacentes aos corpos d'água superficiais da bacia, entre eles os rios Tietê e Pinheiros.

O Aquífero de Rochas Metacarbonáticas do SAC apresenta classe de vulnerabilidade extrema e ocupa a região noroeste do município de São Paulo, no bairro Jaraguá. É importante destacar que as falhas, fraturas e cavidades das rochas metacarbonáticas foram os fatores preponderantes para essa classificação.

### Levantamento das áreas declaradas contaminadas

As áreas declaradas contaminadas pela CETESB (2012) totalizam 2018 empreendimentos, concentradas na mancha urbana. A situação desses empreendimentos levou a seguinte classificação: 1 - área contaminada; 2 - área contaminada sob investigação; 3 - área em processo de monitoramento para reabilitação; e 4 - área reabilitada (Tabela 4.1.).

Tabela 4.1. Áreas declaradas contaminadas por atividades econômicas

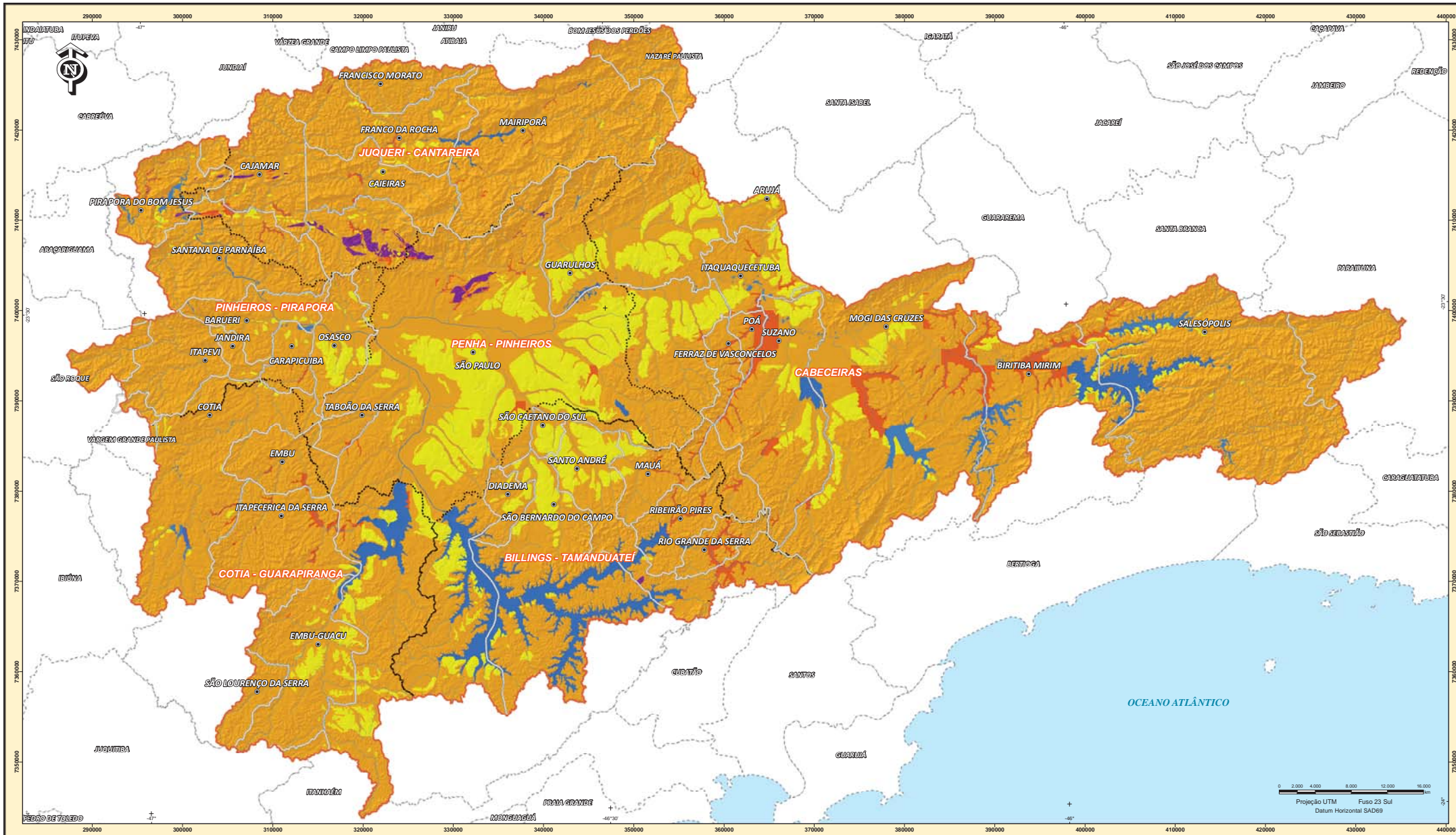
	Área contaminada	Área contaminada sob investigação	Área em monitoramento para reabilitação	Área reabilitada	Total por atividade
Posto de Combustíveis	687	445	332	110	1574
Industrial	160	71	36	24	291
Comercial	45	16	15	9	85
Outros (resíduo, acidente ou desconhecido)	30	21	10	7	68
Total por situação	926	553	393	150	2018

Das 2018 áreas declaradas contaminadas, observa-se que 1.477 foram contaminadas por hidrocarbonetos não halogenados, 242 por hidrocarbonetos halogenados e 299 por metais e/ou outros compostos (microbiológicos, radionuclídeos, etc.). Considera-se que 73% das ocorrências são postos de combustível e 27% são áreas industriais, sendo que apenas 12% são contaminações por hidrocarbonetos clorados.

As áreas declaradas contaminadas por hidrocarbonetos não halogenados ocupam principalmente o centro da bacia, e as células de maior densidade coincidem com as áreas altamente urbanizadas do município de São Paulo.

As áreas declaradas contaminadas por metais e outros e hidrocarbonetos halogenados são as mais preocupantes devido ao comportamento desses compostos na água subterrânea e por estarem localizadas em áreas importantes da zona urbana das cidades, sobretudo acompanhando o vale dos principais rios da BAT, Tietê, Pinheiros e Tamanduateí.

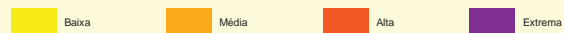




**CONVENÇÕES DO MAPA:**

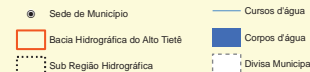
**VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DE AQUIFEROS**

**\* CLASSES DE VULNERABILIDADE:**



\* Método Utilizado: Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação.

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**



**MAPA DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO**

## **Fontes pontuais de poluição de solos e águas subterrâneas**

As cargas poluidoras pontuais são as mais preocupantes na BAT, principalmente porque são elas que manuseiam as substâncias mais perigosas e tóxicas, como os hidrocarbonetos halogenados. Geralmente as cargas pontuais estão associadas às áreas industriais, lixões e aterros de resíduos sólidos. Os postos de combustíveis e outras atividades que manuseiam hidrocarbonetos não clorados são aqueles que ocasionam os maiores números de casos conhecidos de contaminação, muito embora na maioria dos casos, o problema tenha uma expressão restrita em área e menor impacto ao recurso e à comunidade usuária de água subterrânea.

A CETESB fiscaliza todos os empreendimentos que possa ter algum tipo de impacto ao meio ambiente e à saúde da população. Os dados destas atividades são armazenados no banco de dados Sistema de Informações das Fontes de Poluição (SIPOL). Essas atividades foram reconhecidas como potencialmente contaminantes e classificadas pelo método POSH (Foster & Hirata 1988, Foster et al 2009) em três níveis de probabilidade de gerar cargas importantes ao aquífero: elevada, moderada e reduzida.

O POSH (acrônimo em inglês de *Pollutant Origen, Surcharge Hydraulically*) é um método simples que avalia e classifica uma atividade baseada no tipo de empreendimento (origem do contaminante) e se há uma carga hidráulica associada a ela (carga hidráulica).

Após a classificação, o banco de dados, que inicialmente apresentava 82.682 empreendimentos, mostrou 53.456; 11.228; e 9.560 atividades classificadas como elevadas, moderadas e reduzidas índices, segundo a classificação do POSH. Os 848 empreendimentos restantes tiveram suas atividades não classificadas pelo método, pois se tratavam de atividades fora da descrição do POSH, incluindo prédios de escritórios, por exemplo.

## **Áreas críticas de qualidade**

Para identificar as áreas críticas à contaminação de água subterrânea, foram analisados os empreendimentos que desenvolvem atividades com elevado potencial de gerar carga contaminante, segundo o método POSH.

Baseado no estudo desenvolvido no Projeto Jurubatuba (2009), as células foram classificadas segundo a densidade de atividades classificadas anteriormente com o POSH em baixo, médio e alto nível de controle ou de criticidade.

É importante destacar que na área do Jurubatuba uma célula crítica de qualidade possuía 58 atividades classificadas como POSH elevado, numa área de dimensão de 500X500 m.

Considerando que as células nesse projeto tem dimensão de 2X2 km, o número de atividades do Jurubatuba foi multiplicado por quatro, definindo as faixas de criticidade ou de controle de uso da água subterrânea, conforme descrito a seguir:

- Alta - possui densidade de atividades com elevada carga potencial de contaminação igual ou superior a 128;
- Média - possui densidade de atividades com elevada carga potencial de contaminação entre 20 e 127;
- Baixa - possui densidade de atividades com elevada carga potencial de contaminação igual ou inferior a 19.

Foram identificadas 136 células de alta criticidade, ou seja, com cenário semelhante ou mais preocupante do que o Jurubatuba (Figura 4.2.). Essas células distribuem-se principalmente na área central do município de São Paulo e nos municípios do ABC. No entorno dessas áreas observam-se células de criticidade média, com densidade de atividades variando entre 20 e 63 atividades.

Dentre os cenários identificados, o de maior preocupação são as células com densidade na faixa entre 512 e 968 atividades de potencial de geração de carga contaminante elevado. Foram observadas sete células nesta situação, sendo uma no município de Guarulhos, três no município de Diadema, três no município de São Paulo (duas próximas ao rio Tamanduateí e uma próxima ao rio Pinheiros).

A distribuição das áreas críticas com elevada carga de contaminação deve-se principalmente às atividades indústrias que se desenvolveram principalmente junto aos vales e planícies das principais drenagens superficiais nos municípios de São Paulo, Diadema e do ABC paulista, associada aos ramais da estrada de ferro.

Para verificar se o método de classificação da água subterrânea foi eficaz, foram cruzadas as áreas críticas das atividades classificadas como elevada carga contaminante potencial, segundo POSH, e as áreas declaradas contaminadas por hidrocarbonetos halogenados e metais e outros segundo a CETESB (Figuras 4.3. e 4.4.).

Observa-se que o método POSH foi eficiente nesta identificação, pois 100% das células com alta densidade de áreas contaminadas por hidrocarbonetos halogenados se encontram nas áreas onde há densidade alta, segundo o método POSH (Figura 4.3). Da mesma forma, o método permitiu identificar que as áreas classificadas como alta criticidade foi capaz de identificar 87,5% das áreas contaminadas, mesmo em áreas de baixa densidade de áreas contaminadas (5-14 atividades por célula). Para as áreas contaminadas por metais e outros compostos persistentes em água subterrânea, o método também se mostrou eficiente, identificando como alta carga contaminante, 100% das áreas declaradas contaminadas. (Figura 4.4).

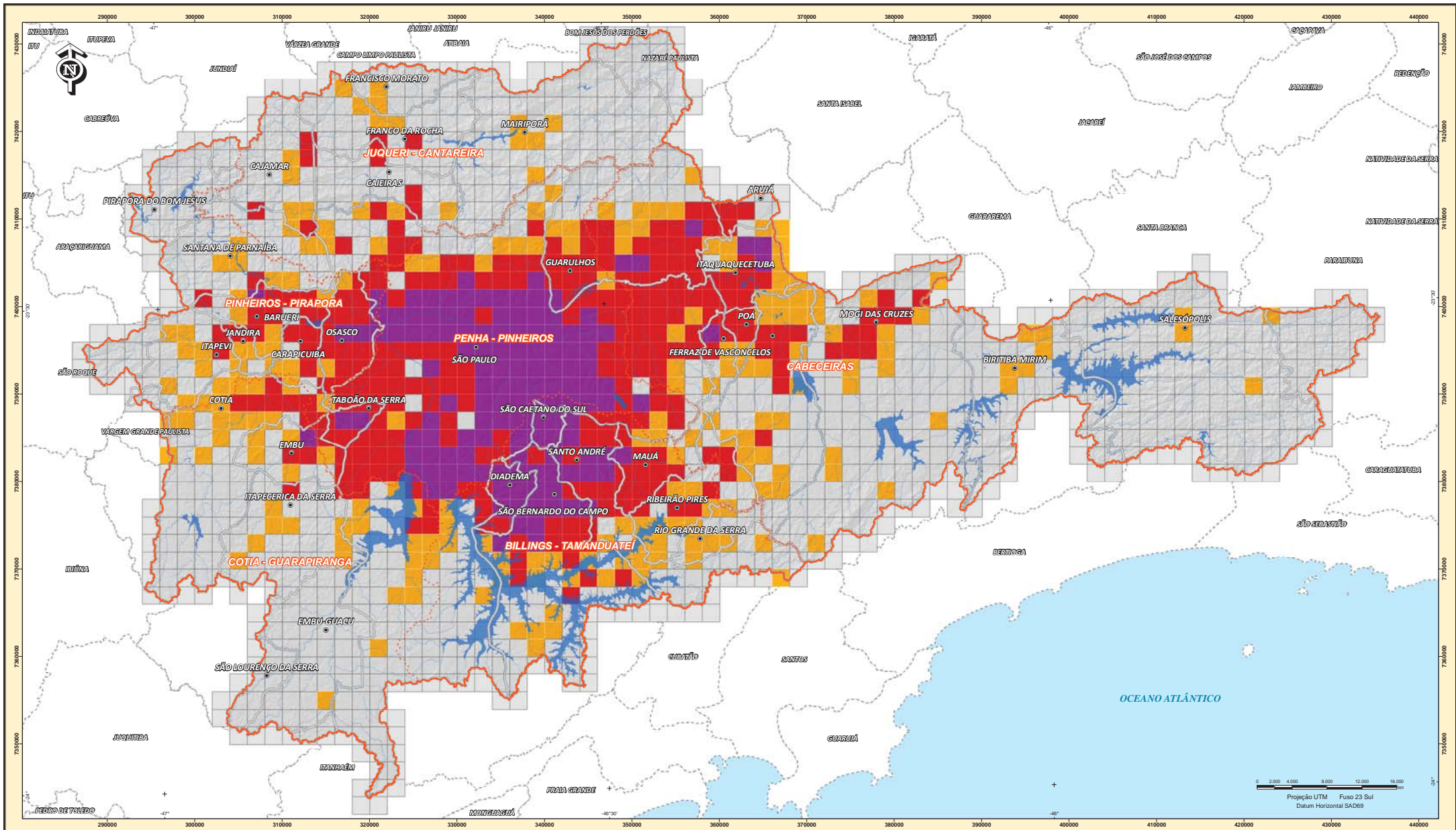
		POSH ELEVADO (NÚMERO DE ÁREAS CRÍTICAS, SEGUNDO CLASSIFICAÇÃO)			
		BAIXA (1 - 19)	MÉDIA (20 - 127)	ALTA (128 - 968)	SEM CLASSIFICAÇÃO
ÁREAS CONTAMINADAS (HIDROCARBONETOS HALOGENADOS)	DENSIDADE				
	BAIXA (0 - 4)	7,84%	33,34%	50,00%	8,82%
	MÉDIA (5 - 14)	0	12,50%	87,50%	0
	ALTA (15 - 17)	0	0	100,00%	0

Figura 4.3. Resultado do cruzamento entre as atividades elevadas segundo POSH e as áreas declaradas contaminadas por atividades que manuseiam hidrocarbonetos halogenados

		POSH ELEVADO (NÚMERO DE ÁREAS CRÍTICAS, SEGUNDO CLASSIFICAÇÃO)			
		BAIXA (1 - 19)	MÉDIA (20 - 127)	ALTA (128 - 968)	SEM CLASSIFICAÇÃO
ÁREAS CONTAMINADAS (METAIS & OUTROS)	DENSIDADE				
	BAIXA (1 - 4)	9,49%	39,42%	38,69%	12,40%
	MÉDIA (5 - 9)	0	20,00%	80,00%	0
	ALTA (10)	0	0	100,00%	0

Figura 4.4. Resultado do cruzamento entre as atividades elevadas segundo POSH e as áreas declaradas contaminadas por atividades que manuseiam metais e outros





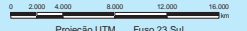
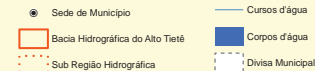
**CONVENÇÕES DO MAPA:**

**ÁREAS CRÍTICAS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

**DENSIDADE DE ATIVIDADES COM ELEVADA CARGA CONTAMINANTE POR CÉLULA:**



**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**



Projeção UTM Fuso 23 Sul  
Datum Horizontal SAD69

**MAPA DE ÁREAS CRÍTICAS DE QUALIDADE**

## CAPÍTULO 5

# Áreas Críticas Integradas

## 5. ÁREAS CRÍTICAS INTEGRADAS

Para identificação de áreas de gestão e controle foi criada a figura de área críticas integradas, como aquela onde há necessidade de maior controle para se evitar riscos de perda do recurso hídrico, quer pela contaminação, quer pela superexploração.

Assim, as áreas de gestão e controle permitem identificar aquelas localidades onde se devem exigir maiores restrições e controles na extração de água subterrânea. Na prática, estas áreas integradas são resultado do cruzamento das áreas críticas de quantidade e de qualidade.

O mapeamento das áreas críticas integradas (Figura 5.1.) permitiu identificar 129 áreas de maior preocupação, seguida de 191 outras áreas, onde a atenção é importante, mas menor, comparativamente ao primeiro grupo (Figura 5.2.).

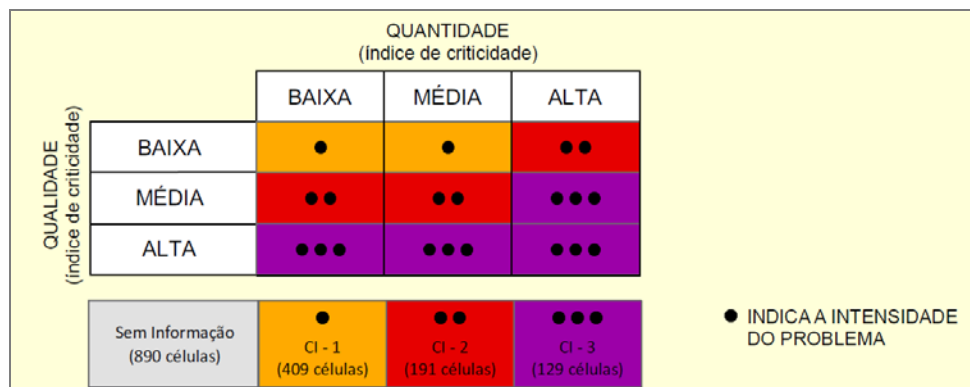
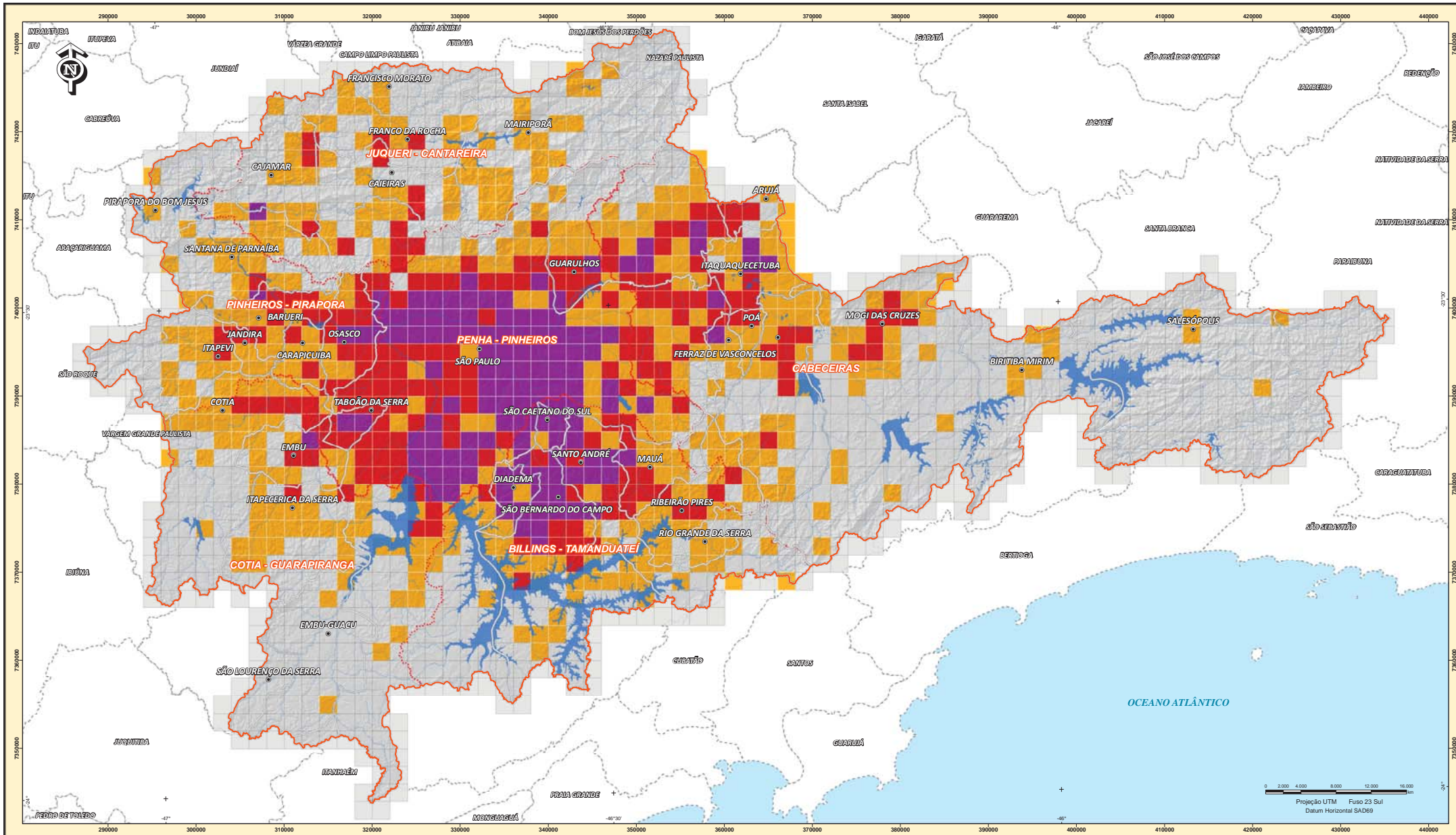


Figura 5.2. Esquema para definição das áreas críticas integradas

Baseado em tais considerações foram identificadas células dignas de reconhecimento para ações conjuntas do DAEE e da Vigilância Sanitária, bem como da própria CETESB, pois nestas áreas, acumularam-se problemas de exploração ou mesmo dependência da água subterrânea (expondo maior número de usuários ao risco) e contaminação dos recursos hídricos subterrâneos na BAT.

O cenário de maior preocupação ocupa a área central da bacia, abrangendo os municípios de São Paulo, São Caetano do Sul, Santo André, Mauá, São Bernardo do Campo, Diadema e Osasco. E nos municípios de Guarulhos, Itaquaquetuba, Ferraz de Vasconcelos, Barueri, Cajamar, Taboão da Serra, e Embu, localizados na periferia da bacia (Figura 5.1).





CONVENÇÕES DO MAPA:

ÁREAS CRÍTICAS INTEGRADAS DE EXPLOTAÇÃO E USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

QUALIDADE (Índice de criticidade)	QUANTIDADE (Índice de criticidade)		
	BAIXA	MÉDIA	ALTA
BAIXA	●	●	●●
MÉDIA	●●	●●	●●●
ALTA	●●●	●●●	●●●
Sem informação (890 células)	●	●●	●●●
	□ - 1 (409 células)	□ - 2 (193 células)	□ - 3 (129 células)

● INDICA A INTENSIDADE DO PROBLEMA

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:

- Sede de Município
- Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
- Sub Região Hidrográfica
- Cursos d'água
- Corpos d'água
- - - Divisa Municipal

MAPA DE ÁREAS CRÍTICAS INTEGRADAS

## **Risco de desabastecimento**

O abastecimento urbano de água se faz pela rede pública operada pelas concessionárias do serviço, tendo a SABESP como a maior empresa. Entretanto, o abastecimento privado complementar se serve também de 12 mil poços tubulares, que extraem conjuntamente 10 m<sup>3</sup>/s, adicionados aos 67,7 m<sup>3</sup>/s da rede pública, totalizando uma demanda de água para a BAT de 77,7 m<sup>3</sup>/s.

O risco de desabastecimento analisado neste trabalho relaciona-se às perdas de água subterrânea ocasionadas pela superexploração e/ou contaminação. Assim, avaliaram-se as áreas abastecidas para cada sistema produtivo e os riscos de ocorrerem problemas de perdas do manancial subterrâneo de forma relativa e qualitativa. Como a grande maioria dos usuários de água subterrânea em área urbana está conectada à rede pública, o abandono de poços diretamente irá acarretar no maior uso da água da rede pública (Tabela 5.1.).

O risco de perda de disponibilidade hídrica total por escassez ou quantidade foi obtido pela análise conjunta do risco de falta de disponibilidade hídrica subterrânea e a probabilidade de contaminação do manancial. Finalmente, o risco de perda de disponibilidade hídrica por escassez e impossibilidade ou dificuldade de tratamento foi obtido analisando-se a situação da qualidade e quantidade de cada sistema produtivo superficial.

A análise revela que existem riscos muito altos de desabastecimento nas áreas de distribuição dos sistemas produtores Cantareira, Guarapiranga, Rio Grande e Baixo Cotia responsáveis por 78% do suprimento de água da BAT, pois tais sistemas não têm excedentes para compensarem as perdas do manancial subterrâneo e igualmente nestas áreas, os aquíferos são aqueles que apresentam maiores riscos de se contaminarem ou estão sujeitos a problemas de superexploração. A área do sistema Cantareira tem as maiores densidades globais de poços (1,7 poços/km<sup>2</sup>) e 53% das fontes potenciais de contaminação e 61% das áreas declaradas contaminadas. Rio Grande e Guarapiranga se seguem a este risco.

Adicionalmente, nota-se que os sistemas: Baixo Cotia, Rio Grande e Guarapiranga apresentam também os maiores problemas de perda da qualidade de suas águas, comparativamente a outras, como o Alto Cotia e Rio Claro.

Portanto, conclui-se que há grande vulnerabilidade do sistema de abastecimento e, por conseguinte, da segurança hídrica da BAT, sobretudo naquelas associadas aos sistemas Cantareira, Guarapiranga, Rio Grande e Baixo Cotia.

Tabela 5.1. Risco de desabastecimento da BAT

Sistemas Produtores	Disponibilidade Hídrica Subterrânea						Disponibilidade Hídrica Superficial			
	Quantidade		Qualidade		Quantidade			Perda de garantia do sistema	Falência no fornecimento de água do sistema	Perda de qualidade da água
	Densidade das captações subterrâneas	Potencial de problemas de interferência hidráulica entre poços profundos	Áreas Declaradas Contaminadas (% do total)	Carga de elevada carga de contaminação potencial segundo POSH às águas subterrâneas (% do total)	Quantidade de poços do cadastro do DAEE	Área (km²)	Quantidade de poços por km²			
Cantareira	****	***	61%	**** (53%)	1966	1174,68	1,7	***	****	***
Alto Tietê	**	**	5%	• (6%)	230	496,19	0,5	****	•	****
Rio Claro	***	***	2%	** (2%)	175	225,68	0,8	****	***	**
Alto Cotia	•	•	2%	• (2%)	251	476,79	0,5	•	•	•
Baixo Cotia	****	**	2%	** (3%)	242	233,54	1,0	•	***	****
Guarapiranga	****	***	14%	*** (12%)	844	459,87	1,8	***	****	****
Rio Grande	***	***	10%	*** (18%)	718	449,07	1,6	****	****	****
Isolado	-	-	3%	3%	233	813,77	0,3	-	-	-
Fora dos sistemas	-	-	1%	1%	272	1447,1	0,2	-	-	-

\*\*\*\* Extremo    \*\*\* Alto    \*\* Alto moderado    • Moderado    • Baixo

- Sem informação

## CAPÍTULO 6

# Proposta de Medidas de Gestão e Controle

## 6. PROPOSTA DE MEDIDAS DE GESTÃO E CONTROLE

A proposta de medidas de gestão e controle dos aquíferos da BAT foi baseada em estudos relacionados tanto com a quantidade como a qualidade das águas subterrâneas e fundamentada nas diretrizes constantes na Deliberação CRH N. 52 de 15 de abril de 2005.

Baseados no cenário atual da BAT, foram sugeridas propostas de gestão e controle para a proteção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas (Tabelas 6.1. e 6.2.).

Tabela 6.1. Proposta de medidas de gestão e controle, segundo aspectos de qualidade do recurso hídrico subterrâneo

SITUAÇÃO DOS POÇOS	Nível da Área Crítica		
	ALTA	MÉDIA	BAIXA
<b>Novos Poços</b>	Não permitir, exceto se for confirmado, em estudos de detalhe, que está descartada a possibilidade de contaminação do poço.*	Permitir <sup>+</sup> , condicionado a AM6 <sup>++</sup>	Permitir <sup>+</sup> , condicionado a AM12 <sup>++</sup>
<b>Poço Desativado</b>	Tamponar <sup>**</sup>	Tamponar <sup>**</sup>	Tamponar <sup>**</sup>
<b>Poço Público</b>	AC e AM3 <sup>***</sup>	AC e AM6 <sup>++</sup>	AC e AM12 <sup>++</sup>
<b>Poço Particular</b>	AC e AM3 <sup>***</sup>	AC e AM6 <sup>++</sup>	AC e AM12 <sup>++</sup>
<b>Poço Contaminado (Portaria 2.914/11)</b>	Paralisar 2 x AM3 <sup>***</sup>	Paralisar 2 x AM3 <sup>***</sup>	Paralisar 2xAM3 <sup>***</sup>

- *AC: Atividades condicionantes é uma lista de ações para melhorar as condições dos poços, incluindo entre outras: instalação de hidrômetro, tubo auxiliar de medição de nível, medições periódicas de níveis hidráulicos, limpeza e manutenção regular.*
- *AM: Amostragem e análise química dos parâmetros constantes na listagem da Portaria MS No 2.914/11, com campanhas de monitoramento em intervalo trimestral (3), semestral (6) ou anual (12). No caso de monitoramentos trimestrais, é possível, caso a caso, avaliar a introdução de parâmetros indicadores.*
- *(\*) – Realizar estudos em escala de detalhe, caracterizando o entorno do futuro poço e um programa consistente de monitoramento, no mínimo trimestral.*
- *(\*\*) – Os poços a serem tamponados poderão ser, a critério do órgão gestor, transformados em poços de monitoramento.*
- *(\*\*\*) – Caso as concentrações permaneçam acima dos valores de referência de potabilidade, durante as duas campanhas trimestrais seguidas, os poços devem ser lacrados ou tamponados.*



- (†) – Não implica em renovação ou concessão automática. Outros critérios, comuns a uma outorga, devem ser considerados, incluindo as Atividades Condicionantes (AC).
- (\*\*) – Caso exista indicação de contaminação em uma das amostragens semestrais ou anuais, repetir a análise da Portaria MS No 2.914/11 após três meses.

Tabela 6.2. Proposta de medidas de gestão e controle, segundo aspectos de quantidade do recurso hídrico subterrâneo

SITUAÇÃO DOS POÇOS	Nível da Área Crítica		
	ALTA	MÉDIA	BAIXA
<b>Novos Poços*</b>	Não permitir, exceto se estudos de detalhe mostre adequação**	Permitir <sup>†</sup>	Permitir <sup>†</sup>
<b>Poço Desativado</b>	Tamponar***	Tamponar***	Tamponar***
<b>Poço Outorgados*</b>	Renovação de outorga condicionada a estudos de detalhe**	Renovar outorga quando requerida <sup>†</sup>	Renovar outorga quando requerida <sup>†</sup>
<b>Poço Não Outorgados*</b>	Outorga baseada em estudo de detalhe**	Proceder a pedido de outorga	Proceder a pedido de outorga

- (\*) – Atividades condicionantes (AC) é uma lista de ações para melhorar as condições dos poços, incluindo entre outras: instalação de hidrômetro, tubo auxiliar de medição de nível, medições periódicas de níveis hidráulicos, limpeza e manutenção regular.
- (\*\*) – Realizar estudos em escala de detalhe para descartar ou comprovar problemas de rebaixamento intenso e interferência entre poços. O estudo deve considerar uma distância mínima entre poços de exploração de 200m.
- (\*\*\*) – Os poços a serem tamponados poderão ser, a critério do órgão gestor, transformados em poços de monitoramento.
- (†) – Não implica em renovação ou concessão automática. Outros critérios, comuns a uma outorga, devem ser considerados, incluindo as Atividades Condicionantes (AC).

As medidas de controle da qualidade da água referem-se a aquelas que protegem o usuário de uma eventual contaminação do aquífero. Assim, as áreas identificadas como críticas são aquelas onde há maior probabilidade de ocorrência de uma contaminação do aquífero. Portanto, a proibição de um novo poço nestas áreas seria uma medida preventiva ao usuário.

Da mesma forma, outras medidas de menor restrição relacionam-se em permitir a exploração da água subterrâneas em algumas áreas críticas, mas que haja concomitantemente um monitoramento sistemático das águas captadas e ações de fechamento do poço caso haja detecção de problemas. Esta medida dá ao usuário a responsabilidade de operar a sua própria captação e é um avanço a simples proibição, pois permite o melhor aproveitamento das águas subterrâneas, em uma área onde este recurso tem papel fundamental no equilíbrio entre oferta e demanda.

Já as medidas de controle da quantidade da água referem-se a aquelas que permitam que o usuário tenha um aproveitamento adequado do aquífero através de seu poço, compatibilizando investimento inicial com a construção do poço e com a manutenção da extração e a produção de sua captação. Nas áreas críticas de quantidade esperam-se os maiores problemas de interferências hidráulicas entre poços e redução da capacidade do aquífero em prover água.

Adicionalmente, tanto a identificação das áreas críticas de quantidade, como de qualidade servem ao poder público, o DAEE e a Vigilância Sanitária e CETESB, respectivamente, tomar medidas de proteção ao aquífero, uma vez que nestas áreas são necessárias ações imediatas tanto de restrição do uso da água subterrânea, controle mais intensivo das atividades potencialmente contaminantes, identificação de poços ilegais e sua regularização, bem como ter campanhas de conscientização dos problemas.

As medidas de restrição e controle propõem adicionalmente que em todos os poços existentes nas áreas críticas, relacionadas à qualidade ou quantidade do recurso, deverão ser executados, pelos proprietários de poços, os atendimentos às Atividades condicionantes (AC) e às Amostragens e análises químicas (AM).

As AC correspondem a exigências adicionais às previstas na legislação atualmente em vigor e visam à adequação dos poços para que dados técnicos de interesse comum à sociedade e aos órgãos gestores possam ser obtidos com a participação dos proprietários de poços.

O cenário encontrado na BAT é de aumento da demanda por água e conseqüentemente aumento da perfuração de poços, muitos dos quais sem outorga, e sem fiscalização. Isso faz temer pelo futuro do aproveitamento do recurso hídrico, se medidas de gestão não sejam efetivamente aplicadas.

# CAPÍTULO 7

## Conclusões

## 7. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas desempenham um importante papel para o abastecimento da BAT, complementando o fornecimento da rede pública de água, sendo fonte para o uso doméstico, industrial e agrícola.

O volume total de água extraída em toda a BAT é ainda desconhecido. Estima-se que existam mais de 12 mil poços tubulares, extraindo 10 m<sup>3</sup>/s (19,4 Mm<sup>3</sup>/mês); entretanto, os dados do cadastro do DAEE permitem identificar apenas 4931 poços (41% do total estimado de poços), com vazões totais estimadas em 4,1 m<sup>3</sup>/s (7,9 Mm<sup>3</sup>/mês) (considerando que cada poço extraia 3 m<sup>3</sup>/h, mediana da vazão por poço, em regime de operação de 18 horas/dia) e vazões outorgadas totais de 2,2 m<sup>3</sup>/s (4,3 Mm<sup>3</sup>/mês) (considerando o somatório do volume outorgado). Apesar das lacunas nas informações, estes são os melhores dados totalizados de uso das águas subterrâneas na bacia.

A importância das águas não está no volume total utilizado, pois esse representa apenas 15% dos 67,7 m<sup>3</sup>/s fornecido pelo sistema público de água. Assim, a demanda total de água na BAT pode ascender a 77,7 m<sup>3</sup>/s. O problema reside no fato que as concessionárias de abastecimento de água estão operando no limite de suas capacidades, e uma perda de 10 m<sup>3</sup>/s pelo abandono do uso de fontes subterrâneas, não poderia ser substituído pelo manancial superficial. Portanto, a água subterrânea é vital para a segurança hídrica da BAT, pois amplia a oferta de água, possibilitando assim o equilíbrio entre oferta e demanda.

Ademais, tem-se notado que a perfuração de poços continua ocorrendo, principalmente porque o usuário busca água com menor custo, comparativamente ao que é cobrado pelas concessionárias. O fenômeno de compra de água, através de caminhões pipas na BAT, tem a mesma origem.

Na área de estudos existem dois sistemas aquíferos: o cristalino (SAC) e o sedimentar (SAS). O SAC apresenta produções modestas, com medianas de vazão de 5 a 6 m<sup>3</sup>/h e mediana de vazão específica de 0,084 a 0,099 m<sup>3</sup>/h/m. No SAS, as vazões são igualmente modestas, com medianas de vazão de 4 a 5 m<sup>3</sup>/h e de mediana de vazão específica de 0,150 a 0,167 m<sup>3</sup>/h/m.

Este estudo determinou áreas críticas para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos. Definiu-se como uma área crítica de qualidade aquela onde há maior risco de contaminação dos aquíferos por atividades

antrópicas. Já para a quantidade, refere-se a uma área onde há problemas de superexploração do aquífero, pelo excesso de poços e/ou pela sua extração. Nestas áreas críticas, definiram-se ações de gestão e controle de uso das águas subterrâneas.

O método de definição de áreas críticas foi desenvolvido especialmente neste trabalho e consistiu em discretizar toda a área da BAT em quadrados de 2 km de lado, totalizando 4 km<sup>2</sup>, totalizando 1619 áreas. Para a quantidade, o critério para a classificação de sua criticidade foi o de combinar os dados de densidade de poços e a somatória da vazão total em cada célula. Assim as áreas foram classificadas em três níveis críticos ou de controle para captação da água subterrânea: **baixo, médio e alto**.

As zonas críticas identificadas como alta (total de 17 células) estão localizadas nos municípios de Guarulhos, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Cajamar e Embu, Diadema e São Paulo. Nessas células existem mais de 46 poços e a vazão extraída em todos os poços é superior a 60 mil m<sup>3</sup>/mês. O número de poços e de vazão total é um valor mínimo, pois se considerou apenas os poços existentes no cadastro, não considerando a existência de poços clandestinos.

As áreas críticas à contaminação de água subterrânea foram analisadas segundo o método POSH. As áreas foram definidas levando-se em conta o consagrado estudo desenvolvido pela Servmar no Projeto Jurubatuba em 2009, onde as células foram classificadas pela densidade de atividades potencialmente contaminantes em **baixo, médio e alto** nível de controle. A adaptação considerou a especificidade das escalas de trabalho, pois a área do quadrado neste estudo é de 2x2 km, e no do Jurubatuba de 500x500 m. Assim, para a classificação destas áreas críticas e permitir uma correlação de resultados com os do Jurubatuba, os valores de densidade deste foram multiplicado por quatro.

As áreas classificadas como **alta** possuem densidade de atividades com elevada carga potencial de contaminação igual ou superior a 128, as classificadas como **média** entre 20 e 127 e por fim as áreas classificadas como **baixa** possuem densidade igual ou inferior a 19 atividades com elevada carga potencial de contaminação. Assim, foram identificadas 136 células de **alto** nível crítico em toda a BAT, e essas células distribuem-se principalmente na área central do município de São Paulo e nos municípios do ABC.

A título de comparação, há 136 áreas na BAT em que a densidade de atividades potencialmente contaminantes do tipo elevado é igual ou superior às áreas mais críticas que aquelas observadas em Jurubatuba. Em algumas dessas áreas, ademais, a densidade pode superar em até 3,5 maiores que o encontrado no pior caso do Jurubatuba.

# CAPÍTULO 8

## Recomendações

## 8. RECOMENDAÇÕES

Considerando o estudo realizado e as suas conclusões, recomenda-se:

- Realizar estudos de detalhes, com células de 500x500 m, para as áreas consideradas críticas, tanto para quantidade quanto para qualidade. O estudo do Jurubatuba, realizado pela Servmar em 2009, em cumprimento ao edital do DAEE, deveria servir como base metodológica desses estudos.
- Implementar um programa efetivo que leve à regularização dos poços tubulares, utilizando mecanismos de cadastro, licença de perfuração e outorga. Este programa deveria contemplar: a) facilitar o processo de cadastro de poços e pedido de outorga, se beneficiando das ferramentas de internet; b) estabelecer programas efetivos de comunicação social, incluindo os perfuradores, os usuários e a sociedade em geral, mostrando a necessidade e, sobretudo os benefícios para cada um destes segmentos, que a regularização de captações pode trazer; c) utilizar as áreas definidas como críticas como critério para a autorização ou exigência da outorga de novos poços ou de sua atualização; d) criar um banco de dados ativo, associado a um sistema geográfico de informações (SIG), e atualizá-lo constante e sistematicamente, com todos os dados novos ingressantes nos órgãos de gestão, controle ambiental estadual e municipal e de vigilância sanitária; e) criar um site na internet onde os dados de áreas críticas se tornem público e indique ao usuário o melhor procedimento que ele deverá tomar em qualquer área da BAT, com relação à perfuração de um novo poço; análises químicas necessárias e frequência; manutenção de poços; avaliação de resultados hidráulicos e químicos dos estudos periódicos dos poços.
- Utilizar a ferramenta de gerenciamento desenvolvida neste projeto para direcionar a fiscalização de áreas com elevado potencial de contaminação e, deste modo, intensificar o mapeamento de fontes primárias e secundárias existentes e o subsequente gerenciamento das áreas contaminadas.
- Implantar medidas adicionais de fiscalização do uso da água subterrânea, visando atualizar informações de usuários outorgados e, principalmente identificar usuários clandestinos. Isto deve se dar no

melhor aparelhamento dos órgãos fiscalizadores, em especial do DAEE, na vontade real política de se organizar o setor, e na exigência que as empresas concessionárias de água forneçam informações da existência de poços que servem ao abastecimento privado.

- Melhorar e, sobretudo, padronizar os dados do SIPOL da CETESB, incluindo a localização do empreendimento com coordenadas geográficas e parâmetros mais adequados para a avaliação da atividade como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas.
- Revisar de forma profunda o cadastro de poços do DAEE, identificando repetições, dados incorretos e uma sistemática automática de localização destes erros.
- Melhorar a comunicação de todas as instituições responsáveis e que intervêm nos recursos hídricos e no abastecimento de água da BAT, inclusive criando um fórum permanente, permitindo um gerenciamento integrado, visando controlar conjuntamente o uso da água, outorga, poluição, saúde e planejamento urbano, visando agilidade e priorização nas decisões dos gestores públicos.
- Revisar a lei, tornando claras as penalidades pelo não cumprimento da outorga, inclusive às empresas perfuradoras e facilitando os processos de licenciamento do uso da água subterrânea.



# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) – Sistema de Informações de Fontes de Poluição (SIPOL) – Banco de dados das atividades da BAT (2012).
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB) – Áreas declaradas contaminadas – Banco de dados das áreas da BAT (2012).
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – Deliberação CRH nº 52, de 15 de abril de 2005.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) – Banco de dados dos poços na região da BAT. São Paulo. 2012.
- DIAS, P; BABINSKI, M; HIRATA, R; MANCINI, L; ROSÁRIO, M; AZEVEDO, A. Caracterização isotópica da procedência da chuva em São Paulo (Brasil) e sua relação com as águas subterrâneas, VIII Cong. de Geoquímica dos Países de Língua Port. Aveiro, Portugal, 433-436 (2005).
- FABHAT. 2009. Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Base Cartográfica II – shapefile. Disponível em [http://www.fabhat.org.br/site/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=24](http://www.fabhat.org.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=24) Acesso dia 10/02/2012.
- FOSTER, S. S. D. & Hirata, R. C. A. Groundwater Pollution Risk Evaluation: the Methodology Using Available Data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO. 78 p. (1988).
- FOSTER, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M.; Paris, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial, Washington, 104p. (2009).
- FUSP – (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo). Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Relatório Final (2009).

FUSP, Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, Caderno Institucional, pg. 16, (2009).

FUSP, Plano de Bacia do Alto Tietê. Relatório Final. Volume 2. Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgotamento Sanitário Existente (2009).

FUSP. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Relatório Final (2009).

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/> , Acessado em 13 de fevereiro de 2012.

IPT (Instituto Geológico); DAEE (Departamento de Aguas e Energia Elétrica) Projeto Jurubatuba: restricao e controle de uso de agua subterrânea – Sao Paulo, 125p (2009).

MINISTÉRIO DA SAÚDE – Portaria nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011.

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

VIVIANI-LIMA, J; HIRATA, R; ARAVENA, R. Estimation of groundwater recharge in the Metropolitan Área of São Paulo, Brazil. IAH Internation Congress. Lisbon (2007).

# EQUIPE TÉCNICA



## EQUIPE TÉCNICA

**Gerente de Projetos** MSc. Alaine Santos da Cunha

---

**Coordenador** Dr. Ricardo Hirata

**Geógrafo** MSc. Bruno Pirilo Conicelli

**Hidrogeólogo** MSc. Carlos Maldaner

**Eng. Cartógrafa** Camila Callegari Rodrigues

**Geógrafa** Mariana Bernardino Luiz

**Estagiários** João Paulo Mendes Ferreira  
Carolina Mayumi Nakadomari  
Leandro A. Gonçalves  
Rafaela Malheiros

# ANEXO 1



Relatório	Capítulo	Número	Nome	Fonte
Relatório 1 – Caracterização geral da área MA/12024/12/MBL de março de 2012.	1- Mapa de uso e ocupação do solo	1.1.1.	Mapa de uso e ocupação do solo	EMPLASA, 2002
	2- Estudo da distribuição e perfil socioeconômico da população	2.3.1.	Mapa da população residente	SEADE, 2012
		2.3.3.	Mapa do crescimento populacional 2003-2010	
		2.4.1.	Mapa da densidade demográfica	IBGE, 2010
		2.6.1.	Mapa do desenvolvimento do índice humano - 2000	
		2.6.2.	Mapa da média de anos de estudos da população	
		2.6.3.	Mapa da taxa de mortalidade infantil	
		2.6.4.	Mapa do desenvolvimento do índice humano - 1980	
		2.6.5.	Mapa da renda per capita	
	3- Distribuição das atividades econômicas	3.3.4.	Mapa do PIB - 2000 - Total	SEADE, 2000 e FABHAT, 2007
		3.3.5.	Mapa do PIB - 2009 - Total	
		3.4.2.	Mapa do PIB - 2000 - Serviços	
		3.4.3.	Mapa do PIB - 2009 - Serviços	
		3.5.1.	Mapa do PIB - 2000 - Indústria	
		3.5.2.	Mapa do PIB - 2009 - Indústria	
		3.6.1.	Mapa do PIB - 2000 - Agropecuária	
		3.6.2.	Mapa do PIB - 2009 - Agropecuária	
	4- Infraestrutura sanitária	4.3.1.1.	Mapa do abastecimento de água da rede geral	IBGE, 2010 e FABHAT, 2007
		4.3.1.2.	Mapa do abastecimento de água de outra forma	
		4.3.1.3.	Mapa do abastecimento de água com poços ou nascentes	
		4.4.1.1.	Mapa de uso de banheiro ou sanitário via rede geral ou pluvial	
	5- Uso e fontes de água	5.3.1.	Mapa dos sistemas de abastecimentos	ANA E FABHAT, 2007
	6- Geologia da BAT	6.1.1.	Mapa geológico	SABESP/CEPAS - IG - USP, 1994 e FABHAT, 2007
	7- Caracterização da hidrogeologia	7.1.1.	Mapa hidrogeológico	FABHAT, 2007
	8- O mapa geomorfológico	8.1.1.	Mapa geomorfológico	IPT, 1981 e FABHAT, 2007
	9- Clima	9.3.14.	Mapa de temperatura - Jan_Abr	ESALQ - USP e FABHAT, 2007
		9.3.15.	Mapa de temperatura - Mai_Ago	
9.3.16.		Mapa de temperatura - Set_Dez		
9.3.18.		Mapa pluviométrico - Jan_Abr	SIGRH e FABHAT, 2007	
9.3.19.		Mapa pluviométrico - Mai_Ago		
9.3.20.		Mapa pluviométrico - Set_Dez		
10- Relevo e topografia da BAT	10.3.1.	Mapa hipsográfico	EMPLASA, 2004 e FABHAT, 2007	
	10.4.1.	Mapa de declividade		
11- O mapa pedológico	11.1.1.	Mapa pedológico	EMBRAPA e FABHAT, 2007	



Relatório	Capítulo	Número	Nome	Fonte
Relatório 2 – Caracterização da quantidade de água subterrânea – MA/12109/12/MBL de maio de 2012.	1 – Cadastro de poços	1.2.1.	Mapa do cadastro total de poços	DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		1.2.2.	Mapa do cadastro revisado de poços	
	2 – Mapa de densidade de poços em células	2.1.1.	Mapa de densidade de poços - por célula	
	3 – Mapas dos níveis estático e dinâmico e mapa potenciométrico	3.1.1.	Mapa de nível d'água estático médio - por célula	
		3.1.2.	Mapa de nível d'água estático mediano - por célula	
		3.1.3.	Mapa de nível d'água dinâmico médio - por célula	
		3.1.4.	Mapa de nível d'água dinâmico mediano - por célula	
		3.1.5.	Mapa potenciométrico - por célula	
	4 – Mapa da Vazão por teste de bombeamento	4.1.1.	Mapa da vazão por teste de bombeamento média - por célula	
		4.1.2.	Mapa da vazão por teste de bombeamento mediana - por célula	
		4.1.3.	Mapa da vazão por teste de bombeamento soma - por célula	
	5 – Mapa da vazão outorgada	5.1.1.	Mapa da vazão outorgada soma - por célula	
		5.1.2.	Mapa da vazão outorgada mediana - por célula	
		5.1.3.	Mapa da vazão outorgada soma - por célula	
	6 – Mapa da vazão específica	6.1.1.	Mapa da vazão específica - por célula	
	7 – Mapa da área atendida por rede de água e esgoto	7.1.1.	Mapa da área atendida por rede de água e esgoto – por setor censitário	IBGE, 2010 e FABHAT, 2007
	8 – Analise por unidades geológicas	8.2.1.1.	Mapa hidrogeológico com atualização dos dados de vazão e vazão específica	SABESP/CEPAS - IG - USP, 1994; DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		8.3.1.	Mapa dos tipos de solos existentes na BAT	EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007
		8.3.2.	Mapa da declividade do terreno na BAT	EMPLASA, 2004 e FABHAT, 2007
		8.3.3.	Mapa das áreas com diferentes taxas de escoamento superficial	EMPLASA, 2004; EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007
8.3.4.		Mapa da divisão da área de estudo para calculo de balanço hídrico	EMPLASA, 2004; EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007	
8.3.5.		Mapa da recarga potencial	EMPLASA, 2004; EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007	

Relatório	Capítulo	Número	Nome	Fonte
Relatório 3 – Caracterização da quantidade de água subterrânea – MA/12188/12/MBL de agosto de 2012.	1 – Caracterização geral da área	1.1.1.	Mapa de uso e ocupação do solo	EMPLASA, 2002 e FABHAT, 2007
		1.2.1.	Mapa da população residente por setor censitário	IBGE, 2010 e FABHAT, 2007
		1.2.3.	Mapa do crescimento populacional - 2003 a 2010	SEADE, 2000 e FABHAT, 2007
		1.2.4.	Mapa da densidade demográfica	IBGE, 2010 e FABHAT, 2007
		1.2.5.	Mapa do Índice de desenvolvimento humano - 2000	SEADE, 2000 e FABHAT, 2007
		1.2.6.	Mapa da renda per capita - 2000	
		1.2.7.	Mapa da média de anos de estudo da população	
		1.2.8.	Mapa da taxa de mortalidade infantil	
		1.2.9.	Mapa do Índice de desenvolvimento humano - 1980	
		1.3.3.	Mapa do PIB Total - 2000	
		1.3.4.	Mapa do PIB Total - 2009	
		1.3.5.	Mapa do PIB Serviços - 2000	
		1.3.6.	Mapa do PIB Serviços - 2009	
		1.3.7.	Mapa do PIB Indústria - 2000	
		1.3.8.	Mapa do PIB Indústria - 2009	
		1.3.9.	Mapa do PIB Agropecuária - 2000	
		1.3.10.	Mapa do PIB Agropecuária - 2009	
		1.4.1.	Mapa do abastecimento de água da rede geral	IBGE, 2010 e FABHAT, 2007
		1.4.2.	Mapa do abastecimento de água de outra forma	
		1.4.3.	Mapa do abastecimento por poço ou nascente	
		1.4.6.	Mapa do uso de banheiro ou sanitário via rede geral ou pluvial	
		1.4.11.	Mapa da área atendida por rede de água e esgoto por setor censitário	
		1.5.1.	Mapa dos sistemas de abastecimento	ANA e FABHAT, 2007
		1.6.1.	Mapa geológico	SABESP/CEPAS - IG - USP, 1994 e FABHAT, 2007
		1.7.1.	Mapa pluviométrico – Jan a Abr	SIGRH e FABHAT, 2007
		1.7.2.	Mapa pluviométrico – Mai a Ago	
		1.7.3.	Mapa pluviométrico – Set a Dez	
		1.7.4.	Mapa de temperatura – Jan a Abr	ESALQ - USP e FABHAT, 2007
		1.7.5.	Mapa de temperatura - Mai a Ago	
		1.7.6.	Mapa de temperatura - Set a Dez -	
1.8.1.	Mapa geomorfológico	IPT, 1981 e FABHAT, 2007		
1.8.1.1.	Mapa hipsográfico	EMPLASA, 2002 e FABHAT, 2007		
1.8.1.2.	Mapa de declividade			
1.9.1.	Mapa pedológico	EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007		

**Continuação do relatório 3**

Relatório 3 – Caracterização da quantidade de água subterrânea – MA/12188/12/MBL de agosto de 2012.	2 – Caracterização da quantidade das águas subterrâneas	2.1.1.	Mapa hidrogeológico	SABESP/CEPAS - IG - USP, 1994; DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		2.1.2.	Seções hidrogeológicas	DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		2.1.3.	Seção hidrogeologia A-A' e B-B'	
		2.1.4.	Seção hidrogeológica C-C' e D-D'	DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		2.1.9.	Mapa da mediada da vazão (teste de bombeamento) por célula	
		2.1.10.	Mapa da mediana da vazão específica por célula	EMPLASA, 2002; EMBRAPA, 1999 e FABHAT, 2007
		2.1.1.1.	Mapa de cálculo de balanço hídrico	
		2.1.1.2.	Mapa de recarga potencial dos aquíferos	DAEE, 2012 e FABHAT, 2007
		2.2.1.	Mapa de densidade de poços por célula	
		2.3.1.	Mapa da média do nível estático por célula	
		2.3.2.	Mapa da mediana do nível estático por célula	
		2.3.3.	Mapa da média do nível dinâmico por célula	
		2.3.4.	Mapa da mediana do nível dinâmico por célula	
	2.3.6.	Mapa do nível potenciométrico por célula		
	3 – Caracterização da qualidade da água subterrânea	3.1.1.2.	Mapa de vulnerabilidade natural à contaminação de aquífero	DAEE, 2012; SABESP/CEPAS - IG - USP, 1994 e FABHAT, 2007
		3.2.1.	Mapa das fontes potenciais de contaminação por atividade agrícola e criação de animais	EMPLASA, 2002 e FABHAT, 2007
		3.2.2.	Mapa de fontes potenciais de contaminação por saneamento in situ	IBGE, 2010; EEMPLASA, 2002 e FABHAT, 2007
		3.3.2.1.	Mapa de densidade de fontes de contaminação de elevada carga por célula	Criados a partir de métodos próprios com dados anteriores de CETESB, 2012 e FABHAT, 2007
		3.3.2.2.	Mapa de densidade de fontes de contaminação de moderada carga por célula	
		3.3.2.3.	Mapa de densidade de fontes de contaminação de reduzida carga por célula	
3.3.3.1.		Mapa de densidade de áreas declaradas contaminadas por hidrocarbonetos não halogenados		
3.3.3.2.		Mapa de densidade de áreas declaradas contaminadas por hidrocarbonetos halogenados		
3.3.3.3.		Mapa de densidade de áreas declaradas contaminadas por metais e outros por célula		
4 – Áreas críticas		4.1.1.2.	Mapa das áreas críticas de exploração da água subterrânea	
	4.1.2.1.	Mapa das áreas críticas de contaminação da água subterrânea	Criado, com método próprio a partir de dados de 2007CETESB, 2012 e FABHAT, 2007	
	4.1.3.1.	Mapa das áreas críticas integradas de exploração e uso da água subterrânea	Criado, com metodo próprio a partir de dados de CETESB e DAEE, 2012 e FABHAT, 2007	