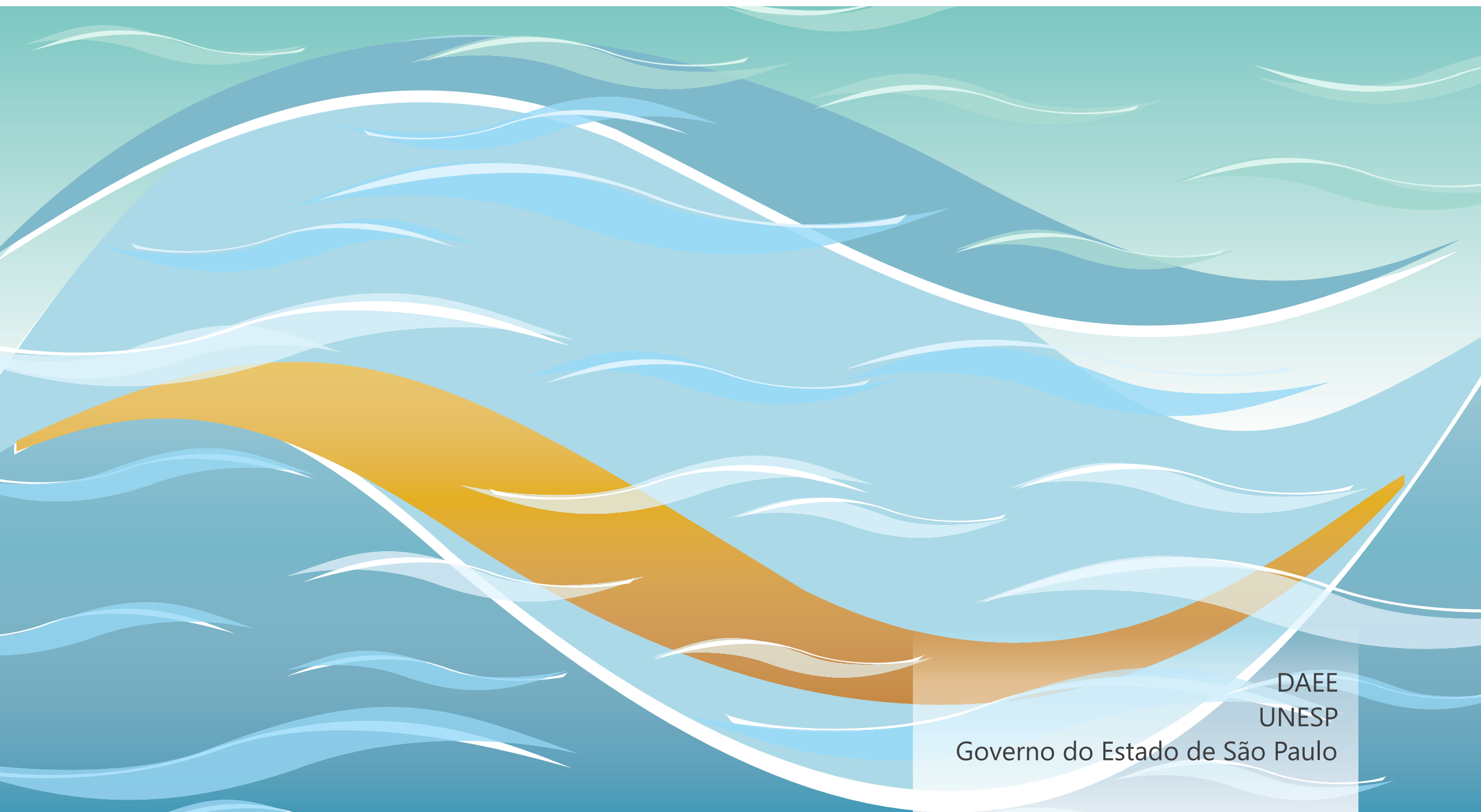


**Águas Subterrâneas
no Estado de São Paulo
Diretrizes de Utilização e Proteção
2013**



DAEE
UNESP
Governo do Estado de São Paulo

**Águas Subterrâneas
no Estado de São Paulo
Diretrizes de Utilização e Proteção
2013**

DAEE
UNESP

Governo do Estado de São Paulo

Ficha Catalográfica elaborada pela Divisão Técnica de Documentação do DAEE

551.8 São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos.
S446a Universidade Estadual Paulista.

Águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de
Utilização e Proteção / Departamento de Águas e Energia Elétrica,
Instituto Geociências e Ciências Exatas. Laboratório de Estudo
de Bacias. - São Paulo : DAEE/LEBAC, 2013

44 p. : il.
inclui CD

1. Águas Subterrâneas. 2. Contaminação das águas. 3. Diretrizes.
I. Título.

CDD 551.8

Apresentação

Uma das metas estratégicas definidas no Plano de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo para o período 2004-2007 era a realização de levantamentos e estudos com a finalidade de desenvolver um sistema de bases de dados que reunisse informações técnicas multidisciplinares e permitisse consultas para subsidiar análises e decisões na gestão de recursos hídricos subterrâneos.

A relevância das águas subterrâneas como fonte de abastecimento e de bem-estar das populações há muito requeria a implantação de um sistema de base de dados para gestão ordenada, em que estivessem disponíveis os elementos necessários para o controle da intensidade de uso e da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, e a definição de ações a serem empreendidas nas Unidades de Gestão de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI).

Para cumprir esta meta, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) celebrou contrato com a Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (FUNDUNESP) para execução do projeto “Regionalização de Diretrizes de Utilização e Proteção das Águas Subterrâneas”, concebido pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CORHI) e desenvolvido em duas etapas: a primeira envolvendo as bacias hidrográficas da porção leste do estado (Fase I), concluída em 2010, e a segunda envolvendo as bacias da porção oeste do estado (Fase II), concluída em 2011.

Na primeira etapa foram estudadas nove UGRHIs da região leste do Estado de São Paulo, para preparação e inclusão no sistema de base de dados, a saber: Mantiqueira (1), Paraíba do Sul (2), Pardo (4), Piracicaba-Capivari-Jundiá (5), Alto Tietê (6), Sapucaí-Grande (8), Mogi-Guaçu (9), Tietê-Sorocaba (10) e Baixo Pardo-Grande (12). Na segunda etapa foram estudadas dez UGRHI da região oeste do Estado de São Paulo, onde a utilização de água subterrânea para abastecimento público é intensiva, a saber: Tietê-Jacaré (13), Turvo-Grande (15), Tietê-Batalha (16), Médio Paranapanema (17), São José dos Dourados (18), Baixo Tietê (19), Aguapeí (20), Peixe (21) e Baixo Paranapanema (22).

Posteriormente, também foram incluídas no estudo as UGRHIs Litoral Norte (3), Baixada Santista (7) e Ribeira do Iguape (11).

O projeto foi desenvolvido pelo Laboratório de Estudo de Bacias (LEBAC) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP de Rio Claro, e contou com a colaboração de especialistas do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), do Instituto Geológico (IG) da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Mapas básicos e mapas temáticos gerados pelo projeto foram incorporados em banco de dados georreferenciados para análises e consultas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), implantado sobre plataforma do software ArcGIS ArcView®, versão 10.1 (ESRI – Environmental Systems Research Institute).

O projeto de regionalização de diretrizes de utilização e proteção das águas subterrâneas significa um passo estratégico para a consolidação da base de dados para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Estado de São Paulo. Este Atlas resume os resultados obtidos e os principais mapas básicos e temáticos. Acompanha um CD-Rom contendo arquivo pdf do Atlas e os shape files dos mapas produzidos e utilizados no projeto.

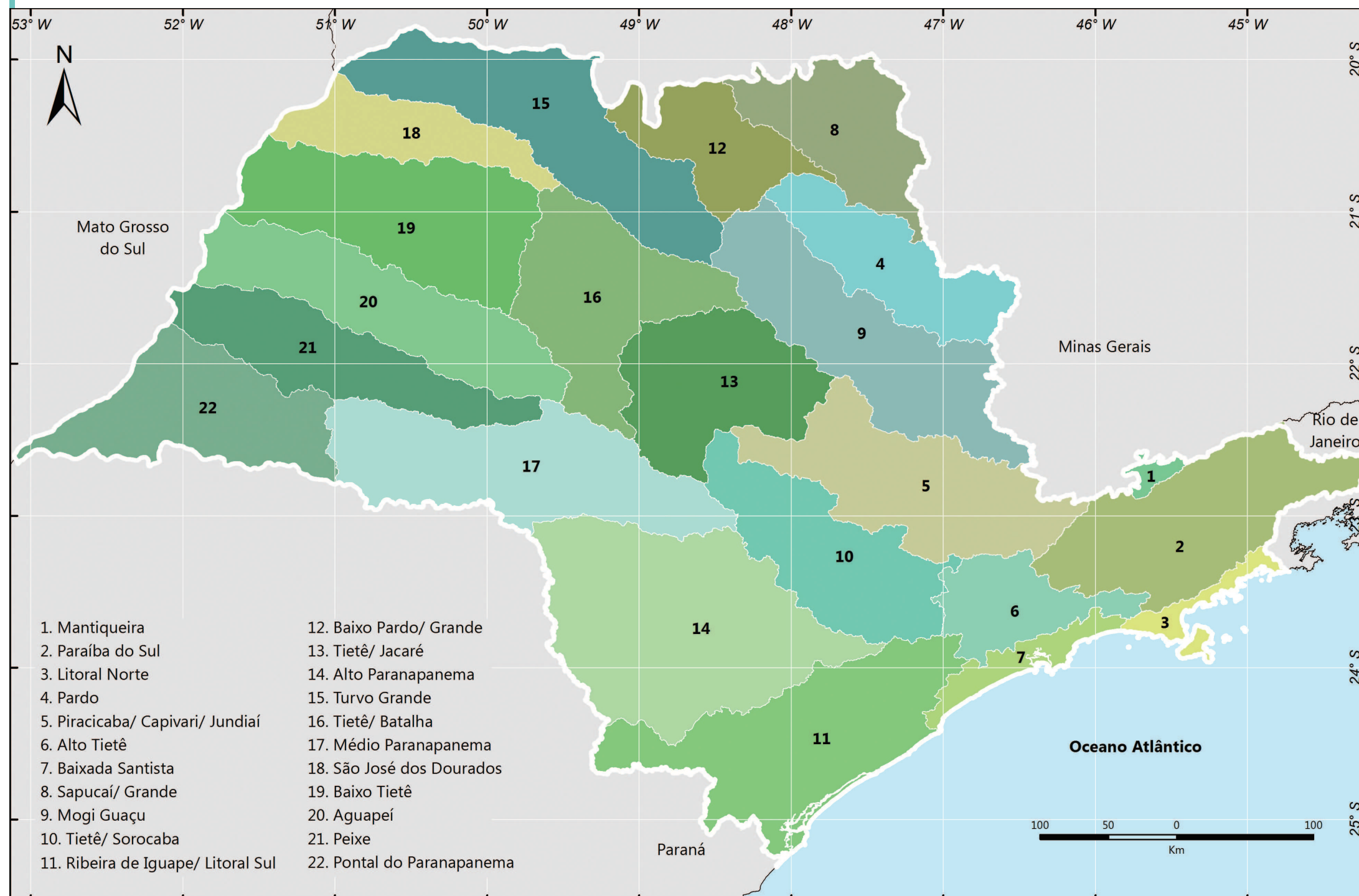
Alceu Segamarchi Junior

Superintendente do Departamento de Águas e Energia Elétrica

Sumário

Apresentação	05
Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos	09
Sistema de Base de Dados Georreferenciados	10
Resumo Executivo	11
Unidades Aquíferas	12
Potencialidades Hídricas Subterrâneas	14
Poços Cadastrados	16
Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos à Poluição	18
Índice de Potencial Poluidor e Áreas Contaminadas	20
Potabilidade da Água Subterrânea	22
Disponibilidade Hídrica (Q95) e Sub-bacias com Stress Hídrico	24
Demandas Hídricas de Abastecimento Público por Sub-bacias	26
Regionalização de Diretrizes de Utilização e Proteção das Águas Subterrâneas.....	28
Áreas com Restrição. Estudos Realizados	30
Mapas Temáticos de Apoio	33
Referências bibliográficas	43
Equipe Técnica	44

Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs

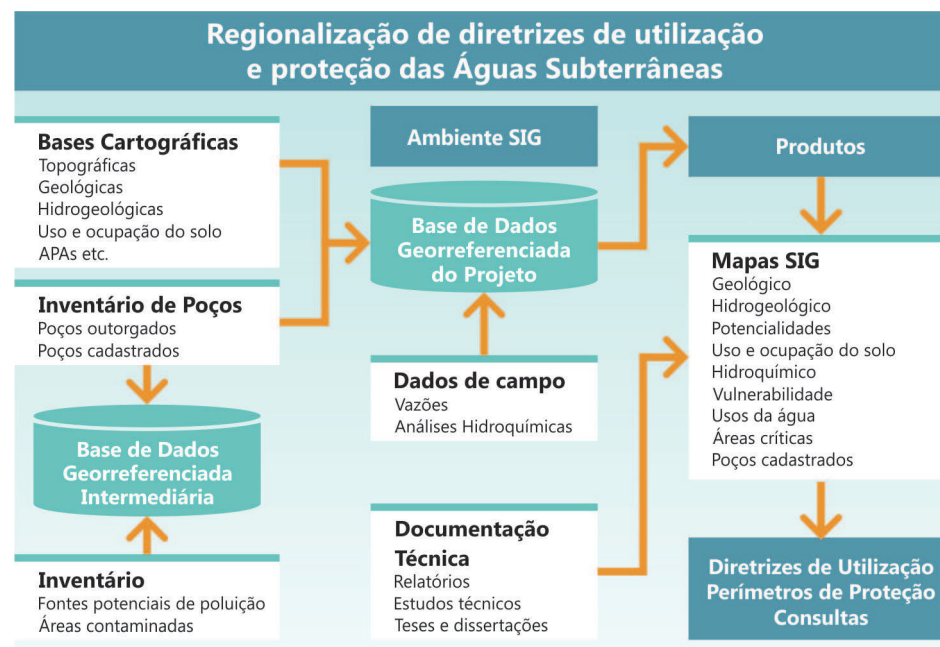


Sistema de Base de Dados Georreferenciados

Um banco de dados georreferenciados é composto de modelagem de dados orientados para a representação de realidades geográficas, utilizando para esta finalidade feições vetoriais, células ou grids, dentre outros. Estes vários formatos ou tipos de dados podem ser armazenados em arquivos (system files) ou em bancos de dados.

O banco de dados deste projeto está organizado em duas divisões lógicas chamadas feature datasets, que armazenam os temas geográficos do projeto. A primeira, chamada Caracterização das Bacias, é constituída por temas que caracterizam a área do projeto e pelos temas que subsidiarão as análises do projeto. A segunda feature dataset, chamada Divisão Político Administrativa, é constituída pelos temas que armazenam a divisão político-administrativa da área do projeto. Além das feature datasets, o banco de dados é composto de tabelas que armazenam as informações alfanuméricas.

O sistema de informações geográficas (SIG) do projeto foi desenvolvido sobre a plataforma do software ArcGIS ArcView 10.1 e implementado no formato Personal Geodatabase. Permite o acesso a todos os temas geográficos incorporados no projeto.



Concepção do sistema de base de dados georreferenciados

Associado à base de dados georreferenciados, um subproduto denominado Aplicativo Bacias foi desenvolvido especificamente para o DAEE, e suas principais funcionalidades, descritas abaixo, são úteis na tomada de decisão nas análises de processos de outorga de poços.

- **Cadastro de poços:** funcionalidade que permite o cadastramento de poços, compatível com as informações existentes no banco de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIDAS) do DAEE. O cadastramento de poços utiliza recursos do software ArcGIS ArcView 10.1, por meio de funcionalidades de análise e consistência geográfica das coordenadas do poço, validando-as com os temas geográficos do projeto como, por exemplo, limites municipais, cartas 1:50.000, bacia hidrográfica, unidades aquíferas etc.
- **Consultas tabulares:** funcionalidades de consultas que permitem localizar determinado conjunto de poços por meio de filtros aplicados sobre os atributos tabulares do tema de poços.
- **Consultas geográficas:** funcionalidades de consultas espaciais que permitem ao usuário localizar geograficamente um conjunto de poços.
- **Impressão de relatório:** funcionalidade que permite visualizar o resultado das consultas descritas anteriormente no sistema de informações ou impresso em formulário específico de relatório.
- **Cálculo do perímetro de proteção:** funcionalidade que permite o cálculo do perímetro de proteção de poços cadastrados, com base em parâmetros selecionados.
- **Visualização do perímetro de proteção:** funcionalidade que permite a visualização dos perímetros de proteção calculados para os poços cadastrados no banco de dados do projeto.

Resumo Executivo

O projeto Regionalização de Diretrizes de Utilização e Proteção das Águas Subterrâneas (Bacias do Leste e Bacias do Oeste) foi concebido com o objetivo de propor ações para gestão e uso racional dos recursos hídricos subterrâneos nas áreas de ocorrência dos aquíferos presentes nas 22 UGRHI estabelecidas para o Estado de São Paulo, a partir da avaliação e controle da intensidade de uso e da qualidade das águas subterrâneas, com utilização de plataforma SIG projetada para o sistema de coordenadas geográficas SAD 69.

Todos os elementos de análise, compostos de mapas temáticos básicos e de mapas específicos demandados pelo projeto, foram incorporados a um banco de dados georreferenciados, contendo aplicativos desenvolvidos para permitir visualização rápida, consulta de informações e análises funcionais, com a finalidade de subsidiar decisões na gestão dos recursos hídricos subterrâneos das UGRHI paulistas.

Os mapas básicos elaborados durante a execução do projeto foram:

- Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI
- Unidades aquíferas aflorantes
- Potencialidades hídricas subterrâneas
- Distribuição de poços cadastrados
- Vulnerabilidade natural dos aquíferos à poluição
- Índice de potencial poluidor e áreas contaminadas
- Distribuição e análises de água de poços amostrados (F-, NO₃- e Cl-)
- Disponibilidade hídrica (Q95) e sub-bacias com stress hídrico
- Demandas hídricas por sub-bacia
- Regionalização de diretrizes de utilização e proteção das águas subterrâneas.

Os mapas temáticos de apoio ao projeto foram:

- Mapa geológico do Estado de São Paulo
- Modelo digital do terreno – MDT
- Rede hidrométrica básica
- Uso e ocupação do solo
- Divisão político-administrativa
- Curva de nível e pontos cotados
- Clima
- Rodovias
- Disponibilidades hídricas superficiais (Q7,10 e Q95%)
- Reserva ativa subterrânea unitária
- Demanda pública municipal de recursos hídricos.

Nesta publicação também são apresentados breves comentários sobre medidas práticas de gestão implantadas, ou sobre o processo de implantação, em algumas áreas classificadas como “Com Restrição” – em São Paulo, na Bacia do rio Jurubatuba, e nas cidades de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto –, além de algumas informações relacionadas à qualidade das águas subterrâneas, provenientes de atividades e/ou pesquisas desenvolvidas pelo Instituto Geológico e pela CETESB, sobre a ocorrência do nitrato no Sistema Aquífero Bauru.

Unidades Aquíferas

O mapa de ocorrência das principais unidades aquíferas distribuídas pelas 22 UGRHI do Estado de São Paulo foi elaborado com base nas unidades geológicas correspondentes, distinguidas no Mapa Geológico do convênio DAEE/UNESP, elaborado no início da década de 1980, digitalizado e incorporado ao projeto.

No sistema de dados em ambiente SIG, os limites das unidades aquíferas aflorantes foram estendidos até os limites de ocorrência das unidades em subsuperfície, dentro do perímetro das UGRHI. Esse método de disposição das unidades aquíferas foi concebido de modo a permitir consultas sobre a ordenação do empilhamento hidroestratigráfico em qualquer ponto da área abrangida pelo projeto.

As UGRHI do Estado de São Paulo assentam-se sobre substrato compreendido por dois domínios hidrogeológicos principais: o domínio cristalino, constituído por rochas cristalinas magmáticas, metamórficas e vulcânicas basálticas, no qual o armazenamento de água ocorre principalmente em descontinuidades das rochas como fraturas, falhas etc.; e o domínio sedimentar, constituído por rochas sedimentares depositadas desde a Era Paleozoica até a Cenozoica, no qual o armazenamento de água se dá, principalmente, nos poros dos sedimentos. O domínio sedimentar estende-se por 61% do território paulista, enquanto o domínio cristalino ocupa 39% dos 248.209 km² de área do Estado de São Paulo.

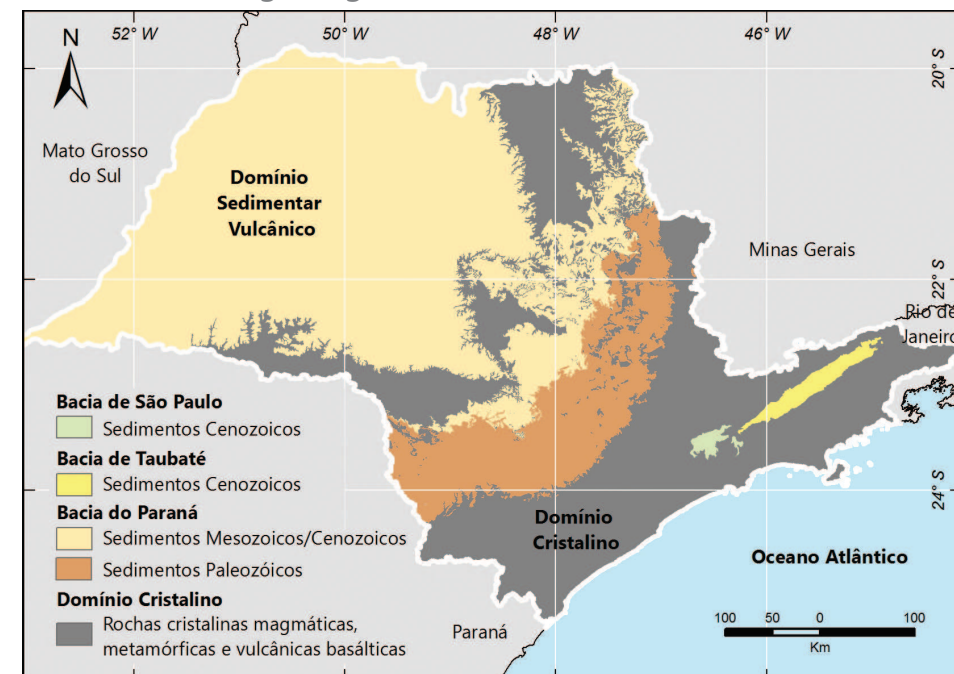
O domínio sedimentar compreende as unidades aquíferas Colúvio-aluvionar, São Paulo, Taubaté, Bauru, Guarani, Tubarão e Furnas. O domínio cristalino reúne os aquíferos Serra Geral e Cristalino. Complementando as unidades hidrogeológicas, comparece o Aquitardo Passa Dois, que se interpõe entre o Sistema Aquífero Guarani, acima, e o Sistema Aquífero Tubarão, abaixo.

Dentre estes, destacam-se os sistemas aquíferos Bauru e Guarani: o primeiro, por sua expressiva distribuição territorial por quase 107 mil km² na porção oeste do estado, pelas vazões medianas e pela facilidade de acesso; o segundo, pelas vazões bastante elevadas, pelas condições de artesianismo em 90% de sua área encoberta por basaltos e pelas características termais de suas águas.

Unidades Aquíferas do Estado de São Paulo

Unidade Aquífera	Área Aflorante (km ²)	Área Encoberta (km ²)	Área Ttotal (km ²)
Litorâneo	3.522	0	3522
Coberturas Cenozoicas	12.154	0	12.154
São Paulo	746	0	746
Taubaté	2.371	0	2.371
Bauru	106.996	0	106.996
Serra Geral	34.828	106.996	141.824
Guarani	13.960	141.824	155.784
Passa Dois	5.738	155.784	161.522
Tubarão	25.223	161.522	186.745
Furnas	561	0	561
Cristalino	61.312	-	-

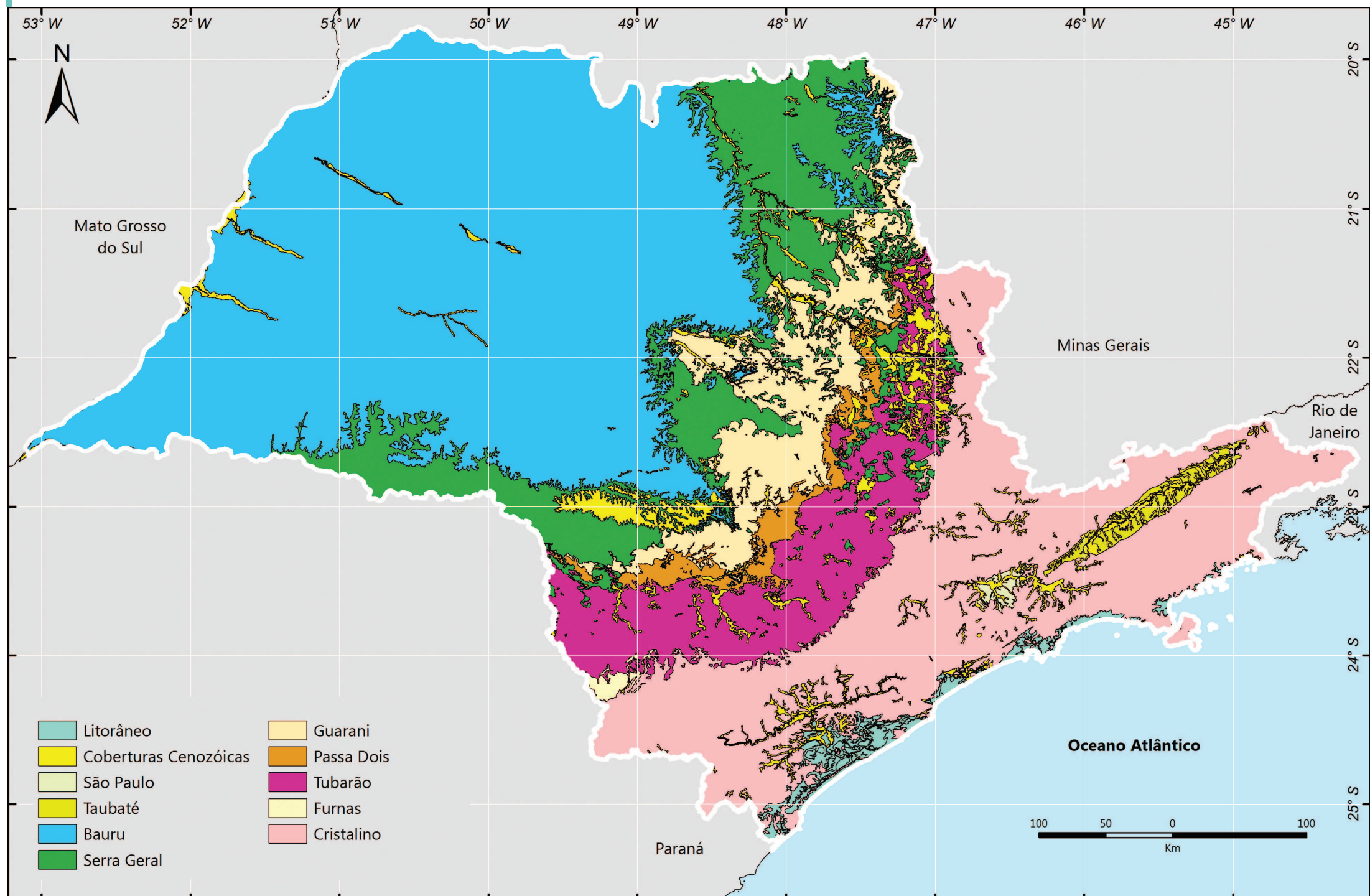
Domínios Hidrogeológicos do Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de Mapa geológico (Convênio DAEE/UNESP, 1980)

Unidades Aquíferas Aflorantes

Fonte: Adaptado de Mapa geológico (Convênio DAEE/UNESP, 1980)



Potencialidades Hídricas Subterrâneas

O mapa de potencialidades hídricas subterrâneas foi elaborado com base em dados de vazão específica (Q/s) de poços cadastrados no SIDAS – DAEE, uma vez que parâmetros hidrodinâmicos mais adequados para tal avaliação (condutividade hidráulica, porosidade efetiva etc.) não estão disponíveis em quantidade suficiente para a escala de apresentação. A vazão específica, obtida pelo quociente da vazão de produção do poço por seu rebaixamento, representa a vazão de água produzida por unidade de rebaixamento e fornece uma ideia do rendimento do poço, além de permitir estimativas de vazões passíveis de extração do aquífero.

Os valores de vazão específica do banco de dados do SIDAS foram organizados por unidade aquífera e filtrados para eliminação de valores anômalos. Para a base de dados de cada unidade aquífera foi aplicada uma função de interpolação e gerado um raster da distribuição dos valores de vazão específica. O raster resultante foi discriminado em classes preestabelecidas, transformado em polígono, suavizado e filtrado para eliminação de elementos de pouca representatividade em área.

O mapa de potencialidades hídricas distingue dois grandes domínios hidrogeológicos, aquíferos sedimentares e aquíferos cristalinos, e o zoneamento de valores de Q/s mostra distribuição bastante irregular. A tabela da distribuição de classes de valores de Q/s do mapa de potencialidades revela que:

- 54% das vazões específicas do Aquífero São Paulo são de até 0,5 m³/h/m, sendo que 28% são menores do que 0,2 m³/h/m;
- 73% das vazões específicas do Aquífero Taubaté são maiores do que 1,0 m³/h/m, sendo que 36% são superiores a 2,0 m³/h/m;
- 88% das vazões específicas do Sistema Aquífero Bauru situam-se entre 0,2 m³/h/m e 1,0 m³/h/m, sendo que 44% são maiores do que 0,5 m³/h/m;
- 91% das vazões específicas do Sistema Aquífero Guarani são maiores do que 1,0 m³/h/m, sendo que 76% são maiores do que 2,0 m³/h/m;
- 76% das vazões específicas do Sistema Aquífero Tubarão alcançam até 0,5 m³/h/m, sendo que 42% situam-se entre 0,2 m³/h/m e 0,5 m³/h/m.

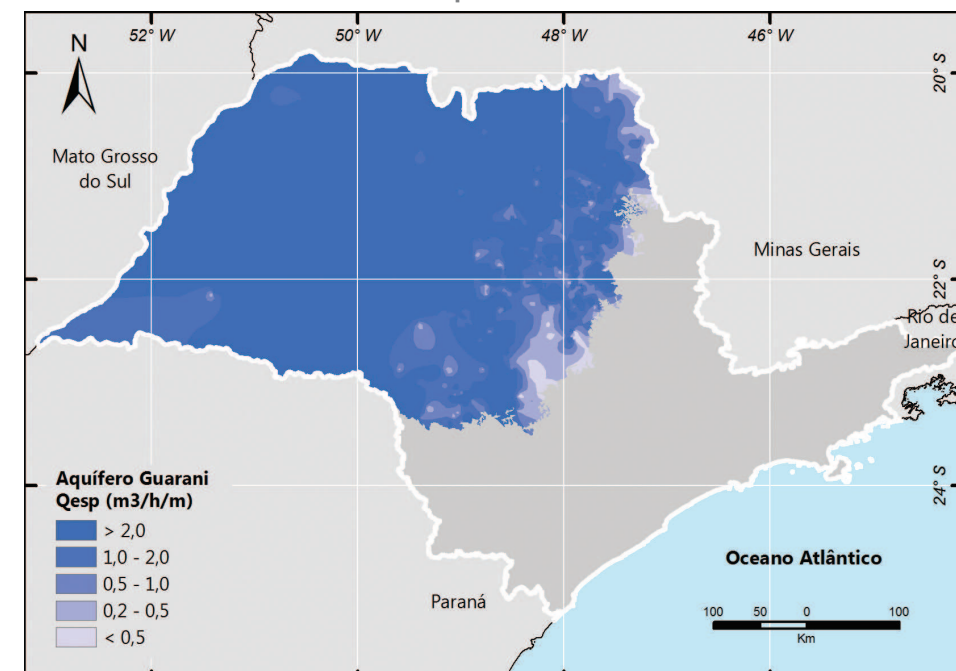
- 83% das vazões específicas do Aquífero Cristalino alcançam até 0,5 m³/h/m, sendo que 43% situam-se entre 0,2 m³/h/m e 0,5 m³/h/m;
- 62% das vazões específicas do Aquífero Serra Geral situam-se entre 0,5 m³/h/m e 2,0 m³/h/m, sendo que 37% situam-se na faixa entre 0,5 m³/h/m e 1,0 m³/h/m.

Os dados de Q/s utilizados para determinação das potencialidades hídricas atestam o elevado potencial do Sistema Aquífero Guarani e dos aquíferos Taubaté e Serra Geral, distinguindo-os como os melhores reservatórios de água subterrânea do Estado de São Paulo.

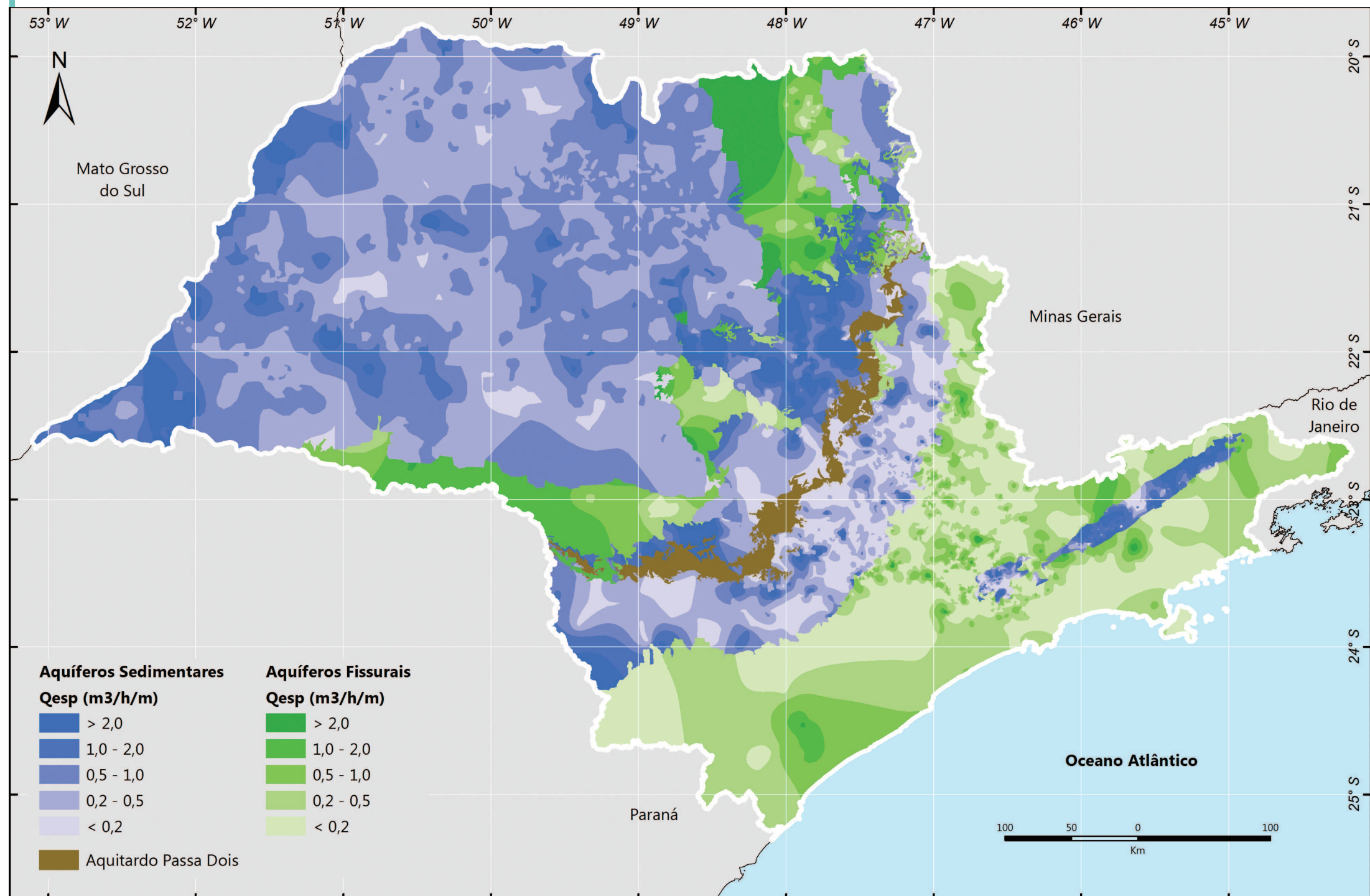
Classes de vazões específicas dos aquíferos

Q/s (m ³ /h/m)	São Paulo	Taubaté	Bauru	Guarani	Tubarão	Cristalino	Serra Geral
< 0,2 - 28%	6%	2%	1%	35%	40%	1%	-
0,2 - 0,5	26%	8%	45%	3%	42%	43%	11%
0,5 - 1,0	18%	13%	44%	5%	14%	14%	37%
1,0 - 2,0	18%	37%	7%	15%	7%	2%	25%
> 2,0 - 10%	36%	3%	76%	2%	0%	25%	-

Potencialidades – Sistema Aquífero Guarani



Potencialidades Hídricas Subterrâneas



Poços Cadastrados

O Mapa de distribuição dos poços cadastrados foi elaborado a partir do SIDAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas da Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização (DPO) do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Para sua inserção no sistema, os poços tiveram que passar por um processo de validação com relação a seu posicionamento geográfico. Inicialmente foram cheçadas as coordenadas UTM e o meridiano central. Na etapa seguinte foram verificadas as posições geográficas em relação a diversos atributos espaciais, como os limites geográficos do estado, dos municípios, das UGRHI e das cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, cuja numeração compõe o código utilizado pelo DAEE para identificar os poços.

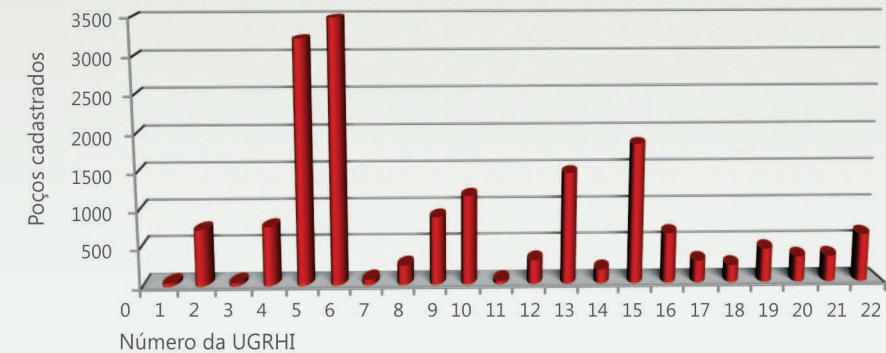
Os poços que não puderam ser localizados devido a coordenadas inexistentes ou inconsistentes foram descartados do banco de dados e excluídos do sistema. Em todo Estado de São Paulo foram localizados 17.822 poços cadastrados no SIDAS, sendo que 62% deles estão inseridos na Bacia do Paraná, 26% no Embasamento Cristalino, 9% na Bacia de São Paulo e o restante (3%), na Bacia de Taubaté.

Em cerca de 290 municípios do Estado foi identificada densidade superior a 1 poço/km². Dentre esses municípios, destacam-se: Araraquara, Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São Carlos, São José do Rio Preto, São Paulo, Sorocaba, entre outros.

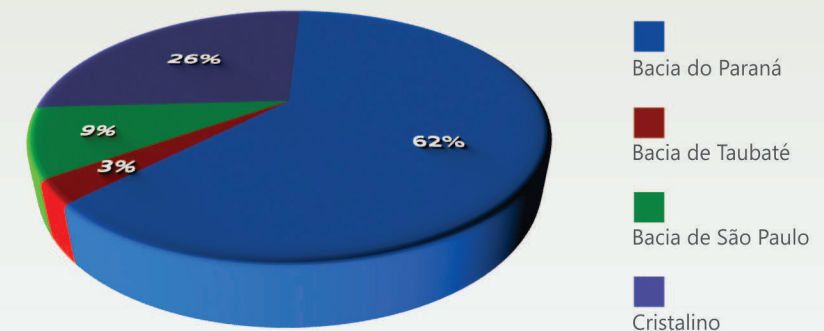
Utilização da Água Subterrânea

Tipo de Uso	Poços	% Poços	Vazão (m ³ /h)	% Vazão
Abastecimento Público	2087	13	89.877	23
Industrial/Sanitário	4838	30	115.443	30
Doméstico	4447	28	59.981	16
Agricultura	1064	7	33.282	9
Industrial/Processo	1010	6	27.074	7
Outros	2503	16	61.081	16

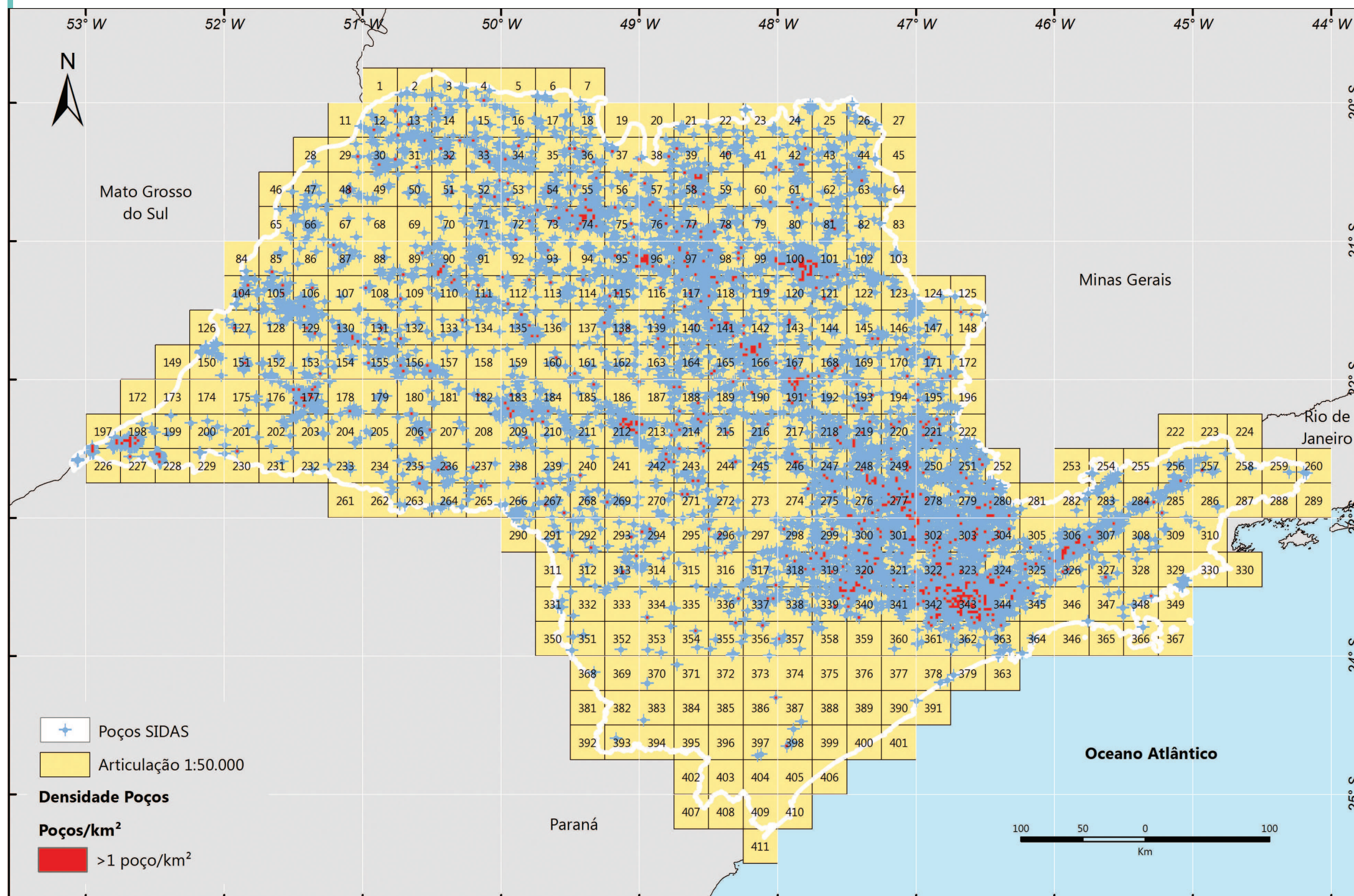
Poços cadastrados por UGRHI



Poços Cadastrados por Domínio Hidrogeológico



Poços Cadastrados



Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos à Poluição

A vulnerabilidade de um aquífero expressa sua maior ou menor suscetibilidade de ser afetado por uma carga poluidora. A elaboração do mapa de vulnerabilidade dos aquíferos existentes nas UGRHI do Estado de São Paulo baseou-se em método proposto por Foster & Hirata (1988), no qual são atribuídos valores para três parâmetros físicos: ocorrência do aquífero, tipo litológico e profundidade do nível de água. O produto destes valores gera um índice que varia de 0 a 1 e permite o enquadramento em classes de vulnerabilidade que vão desde insignificante até extrema.

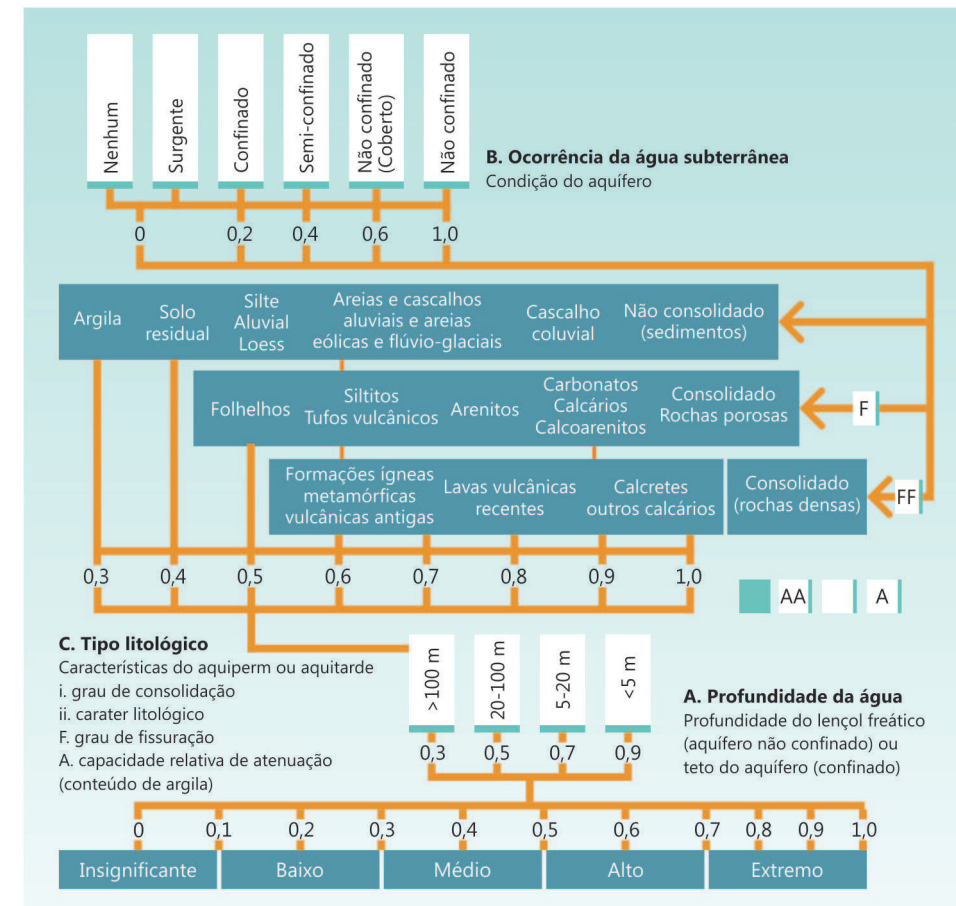
Para o parâmetro "ocorrência do aquífero" foi atribuído valor único para todos os aquíferos, em virtude de o mapa representar somente as porções não confinadas.

A valoração do parâmetro "tipo litológico" foi baseada no Quadro 22 da publicação "Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – volume I" (IG, DAEE, CETESB –1997), considerando as características litológicas das diferentes unidades aquíferas definidas no projeto.

A profundidade do nível de água (NA) foi estimada com base em mapa potenciométrico gerado a partir da subtração de grids do modelo digital de terreno (MDT) e da superfície numérica gerada a partir dos pontos de intersecção da topografia com as drenagens superficiais (pontos de descarga de água subterrânea). Em relação ao método original (Foster & Hirata, 1988) foi adaptada nova classificação das profundidades, agrupadas em cinco categorias.

A análise do mapa revela a predominância de baixa vulnerabilidade dos aquíferos em quase todo o estado, e ressalta a vulnerabilidade alta somente ao longo e nas imediações dos corpos de água superficiais, os quais constituem zonas de descarga dos aquíferos freáticos. Vulnerabilidades médias são registradas nas regiões litorâneas.

Índice de vulnerabilidade natural dos aquíferos



Classes de Profundidade de NA (metros)

< 2

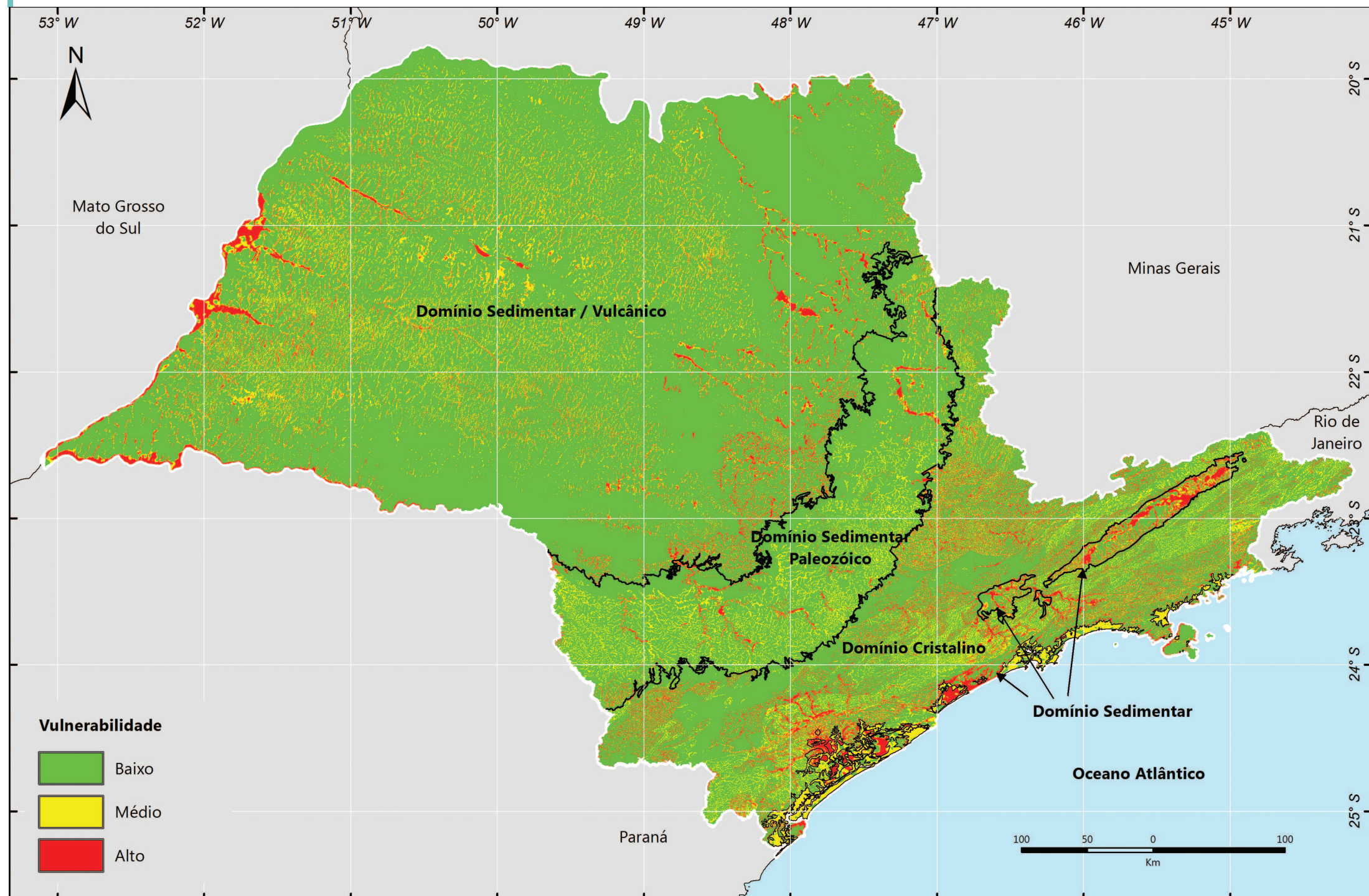
2 - 5

5 - 10

10 - 20

> 20

Vulnerabilidade Natural dos Aqüíferos à Poluição



Índice de Potencial Poluidor e Áreas Contaminadas

Este mapa apresenta o potencial poluidor instalado nas áreas urbanas dos municípios do Estado de São Paulo. Para tanto, foi cunhado um índice, denominado Índice de Potencial Poluidor, fundamentado na classificação dos empreendimentos licenciados pela CETESB, com base no potencial de fontes poluidoras sugerido pelo método POSH (Pollutant Origin, Surcharge Hydraulically), aplicado para zonas urbanizadas, conforme descrito por Foster et al. (2002). O tema é representado por elementos do tipo polígono.

$$I = \sum_{i=1}^{i=a} \frac{Lc_i}{A} \times IP_i$$

I – índice de potencial poluidor
LC – número de licenças para cada índice POSH
A – área da mancha urbana (km²)
IP – índice POSH

O mapa de índice de potencial poluidor foi elaborado com base no cadastro estadual de empreendimentos potencialmente poluentes licenciados e divulgados pela CETESB. A inexistência de georreferenciamento nesse cadastro impossibilitou a avaliação da distribuição espacial desses empreendimentos. O método proposto para avaliação do potencial poluidor instalado nos municípios classificou os empreendimentos cadastrados em três classes de potencial poluidor: elevado, moderado ou reduzido, correspondentes aos índices 3, 2 e 1, respectivamente, da metodologia POSH. Em seguida, o número de empreendimentos por município, correspondente a cada classe, foi multiplicado por seu próprio índice e totalizado. O valor resultante foi normalizado pela área representativa da mancha urbana do município, obtida a partir do mapa de uso e ocupação do solo elaborado pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental – CPLA –, da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, na escala 1:50.000, e convertido na base log neperiano.

Cerca de 70% dos municípios do Estado possuem menos de 50 empreendimentos potencialmente poluidores licenciados, e os municípios com o maior número de empreendimentos licenciados são: São Paulo, com 14.973, Franca, com 2102, Diadema, com 1723, Guarulhos, com 1529, Campinas, com 1075, e Sorocaba, com 1048.

Por outro lado, quando o Índice de potencial poluidor é utilizado para identificar áreas comparativamente mais críticas em relação aos riscos de poluição, os cinco primeiros municípios são: Elias Fausto, Conchas, Jumirim, Bocaina e Araras que, apesar de pequenos, apresentam quantidade relativamente grande de empreendimentos classificados com Índice POSH 3, distribuídos por sua área urbana.

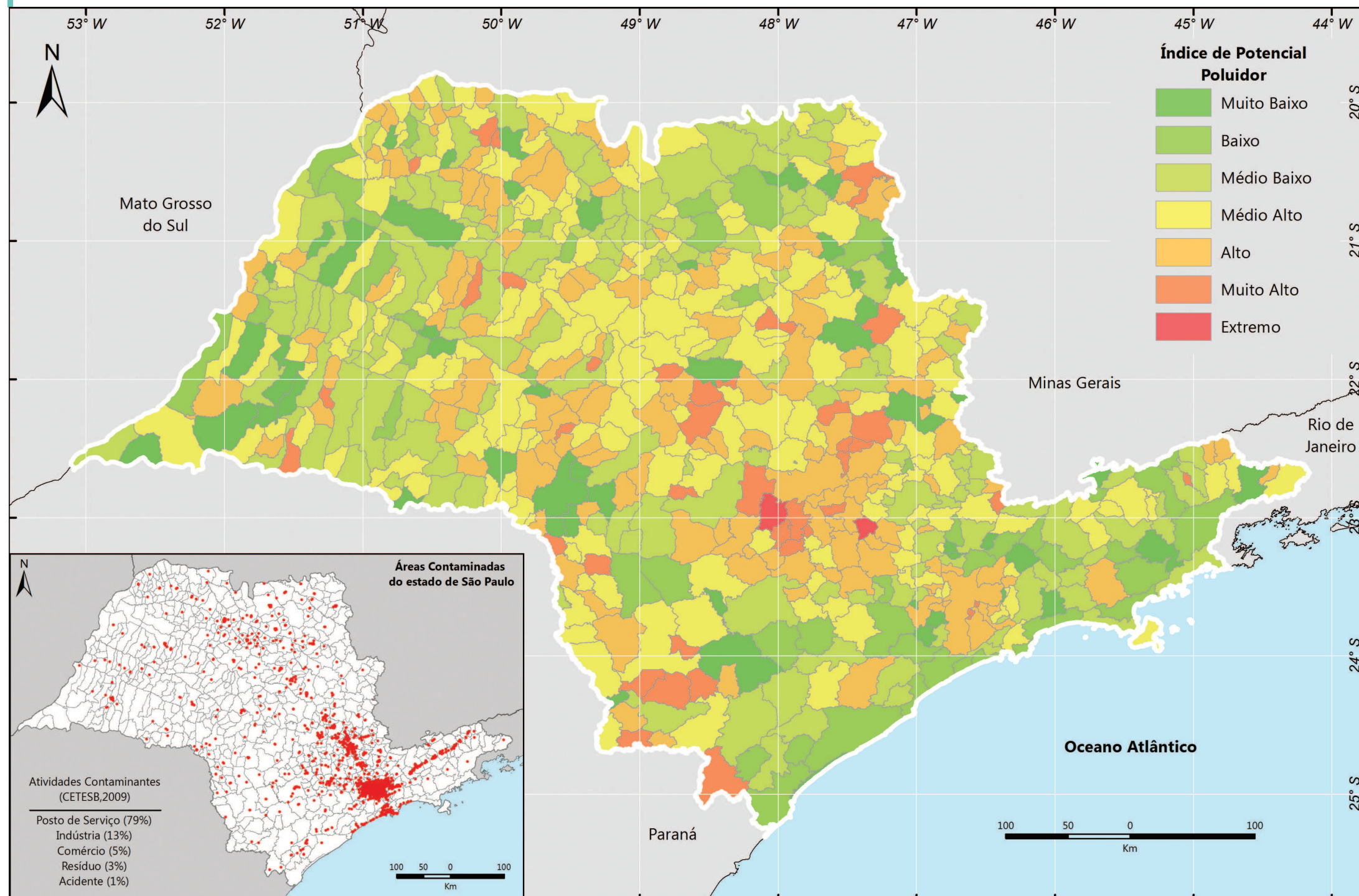
O mapa da distribuição geográfica das áreas declaradas contaminadas foi elaborado a partir da base de dados disponibilizada pela CETESB, atualizada em novembro de 2009. O mapa é constituído por elementos do tipo ponto, associados à tabela de atributos que contém informações relacionadas a dados cadastrais do empreendimento, classificação por fase de gestão e código da fonte poluidora, segundo tipologias estabelecidas no Anexo 01 da Resolução Conjunta SES/SERHS/SMA nº3 (2006).

Neste mapa foram identificadas 2560 áreas contaminadas, sendo a maior parte localizada nas UGRHI Alto Tietê e Piracicaba/Capivari/Jundiaí, com cerca de 60% dessas áreas. A classificação das atividades indica a preponderância de postos de serviço e indústrias sobre as outras atividades potencialmente poluidoras, representando cerca de 90% de todas as áreas contaminadas dessas UGRHI. Em relação à fase de gestão em que se encontram as áreas contaminadas, observa-se que mais da metade delas encontra-se em processo de investigação.

Classificação por Fase de Gestão

Classificação das Áreas	Número
Contaminadas	256
Contaminadas sob Investigação	1408
Em Processo de Monitoramento	126
Reabilitadas	97
Em Remediação	671

Índice de Potencial Poluidor e Áreas Contaminadas



Potabilidade da Água Subterrânea

Foram realizadas coletas de amostras de água em 370 poços distribuídos por 156 municípios em todo Estado de São Paulo. As análises completas desses poços foram efetuadas no Laboratório de Hidrogeologia e Hidroquímica do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP, Campus de Rio Claro.

Os resultados das análises, representados concisamente pelos ânions nitrato, fluoreto e cloreto, são apresentados em mapa. Esses elementos foram selecionados, pois comumente apresentam concentrações acima dos padrões de potabilidade, no caso de contaminação – antrópica ou natural – das águas subterrâneas e, portanto, podem funcionar como indicadores de alterações na qualidade natural. O tema é representado no mapa por elementos gráficos do tipo ponto.

As concentrações de nitrato, expressas em mg/L de NO_3^- , variaram entre 0,1 mg/L e 62,7 mg/L. Apenas duas amostras excederam 45 mg/L, concentração máxima permitida (VMP) pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde. Ambos os poços cujos valores de nitrato estão acima do limite de potabilidade foram perfurados no Sistema Aquífero Bauru, sendo um deles localizado no município de Santana da Ponte Pensa e o outro em Turmalina.

Pelo fato de ocorrer totalmente aflorante, esse sistema aquífero pode facilmente ser acessado por escavações e perfurações de baixo custo, fornecendo, na maioria dos casos, a vazão desejada. Pela mesma razão, tem-se mostrado extremamente vulnerável à infiltração de contaminantes orgânicos e inorgânicos, fato atestado pelos índices de nitrato acima do desejável em alguns municípios do Estado.

Poços amostrados neste projeto com concentrações de Nitrato acima do VMP

Municípios	Concentração NO_3^- (mg/L)	Aquífero Explorado
Santana da Ponte Pensa	46,1	Bauru
Turmalina	62,7	Bauru

A presença do nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru também foi objeto de estudos e pesquisas desenvolvidas pelo Instituto Geológico e pela CETESB.

Monitoramento realizado pela CETESB, em 75 poços de abastecimento instalados no Sistema Aquífero Bauru, indicou concentrações de nitrato na faixa de <0,13 mg/L a 84,5 mg/L de NO_3^- para o período 2010-2012.

Estudo recente (2012) desenvolvido por CETESB/LEBAC em áreas rurais dos municípios de Bauru e São José do Rio Preto, no Sistema Aquífero Bauru, mostrou variação de <0,9 mg/L a 69 mg/L de NO_3^- .

Projeto de pesquisa desenvolvido pelo Instituto Geológico (IG/SMA), em parceria com o IGc-USP e a Universidade de Waterloo (Canadá), buscou avaliar os estilos de ocupação urbana e o impacto potencial de contaminação das águas subterrâneas por nitrato, correlacionando os processos de urbanização e a distribuição deste contaminante no Sistema Aquífero Bauru. Os teores de nitrato, expressos em mg/L de N-NO_3^- , obtidos em análises pretéritas e recentes nos municípios de Presidente Prudente, Marília e Bauru, indicaram que as maiores concentrações, muitas vezes excedendo o padrão de potabilidade (10 mg/L de N-NO_3^-), ocorrem principalmente nas áreas centrais (até 46 mg/L N-NO_3^- em Presidente Prudente; 16,9 mg/L N-NO_3^- em Marília; 15,1 mg/L N-NO_3^- em Bauru) dessas cidades. São essas as áreas mais antigas, com maior densidade populacional e, conseqüentemente, com rede de esgoto obsoleta que, por sua vez, substituíram as fossas negras antes existentes. Isto evidencia a vinculação entre o processo de urbanização e a carga de nitrato presente no aquífero.

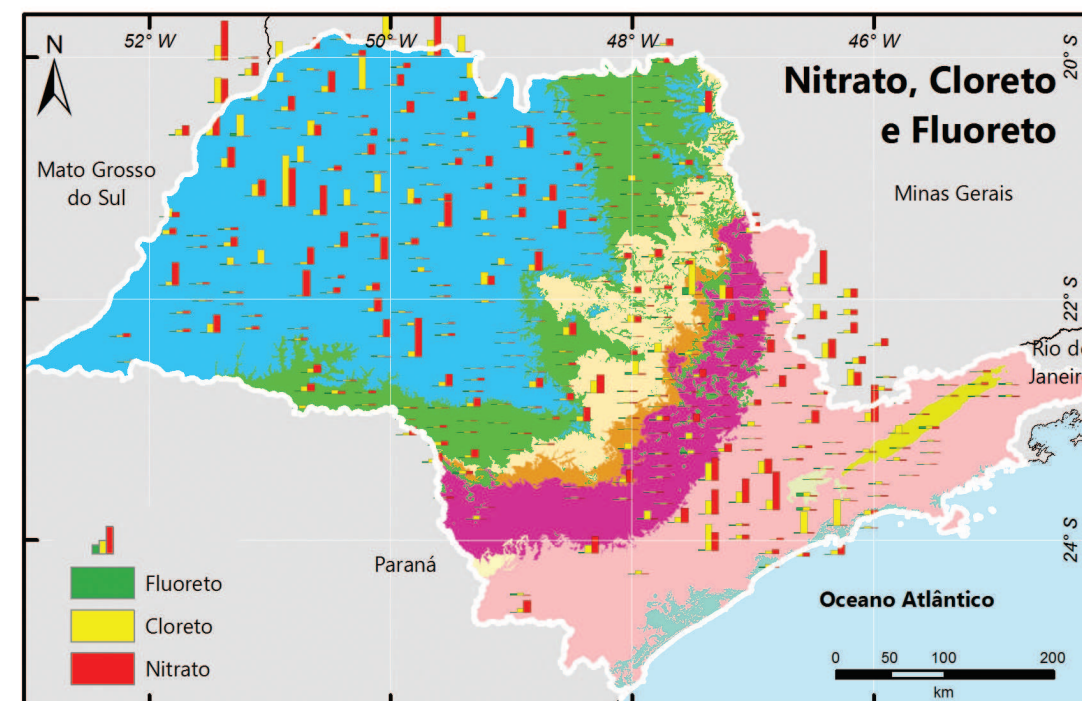
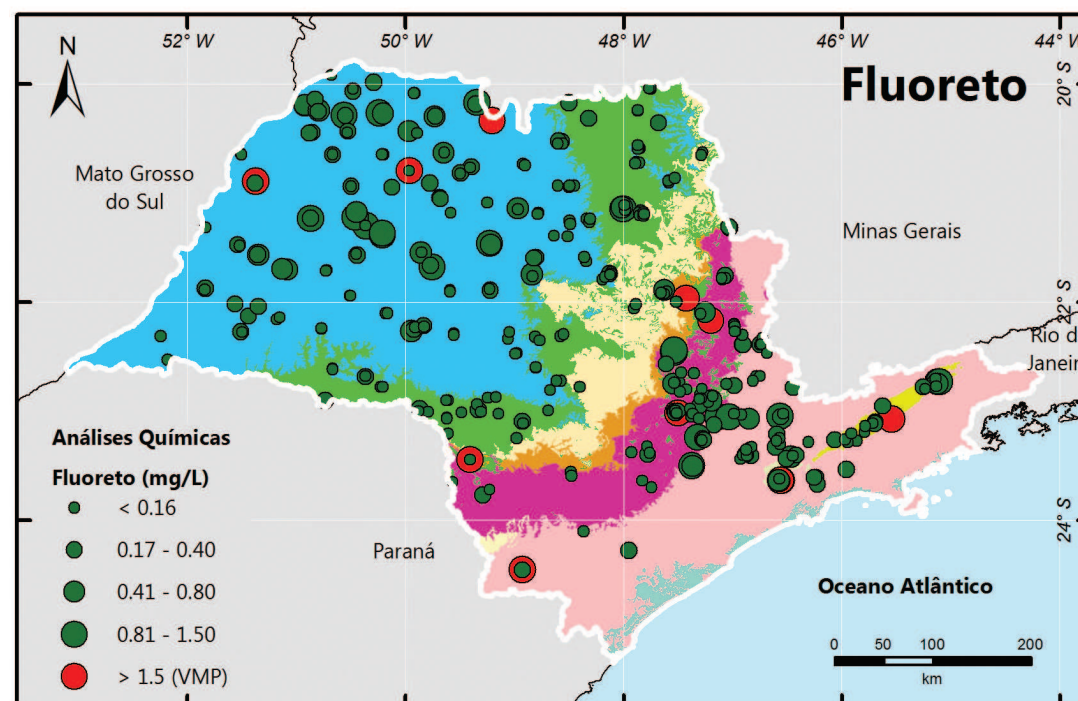
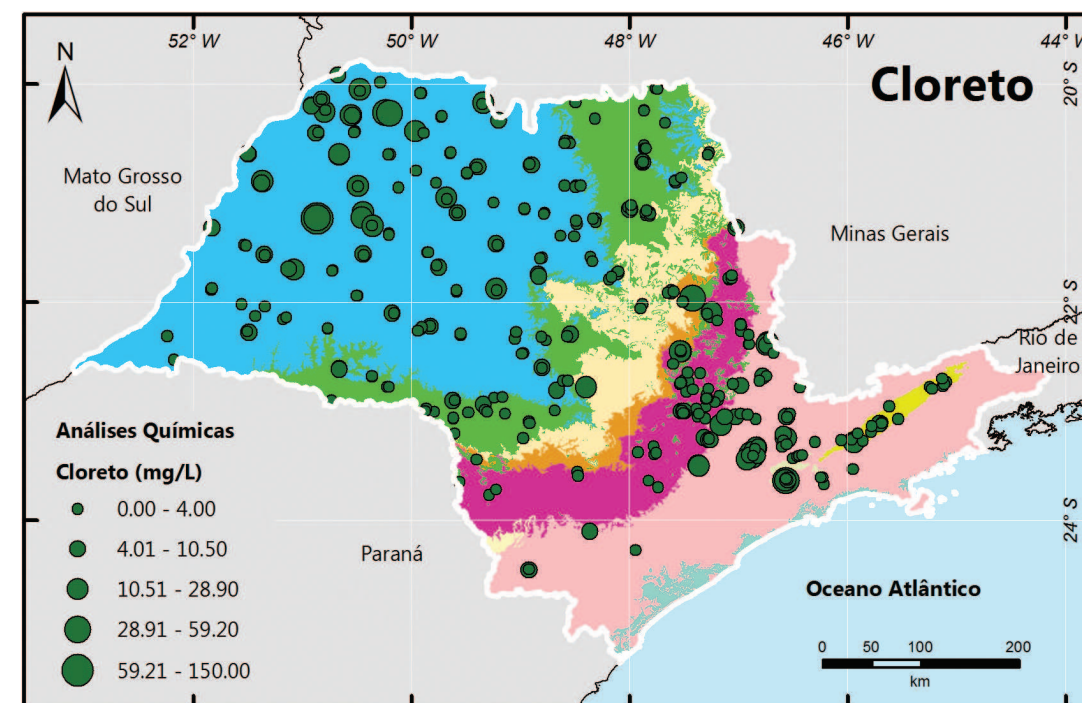
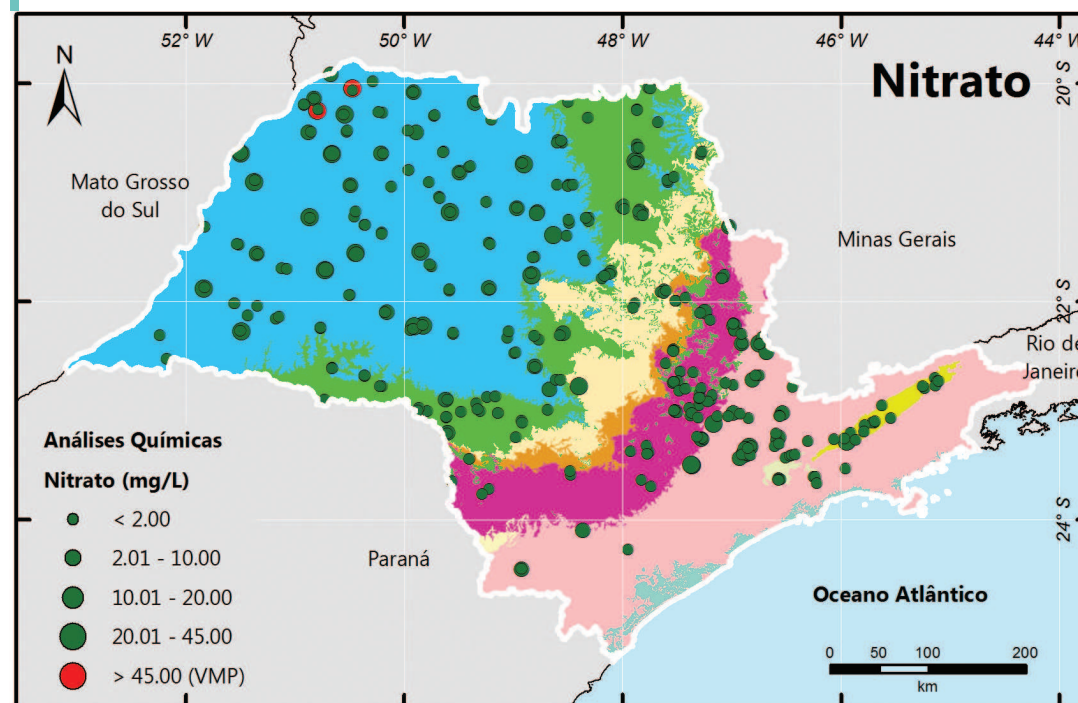
As concentrações de fluoreto variaram de 0,1 mg/L a 8,48 mg/L. Treze amostras excederam a concentração de 1,5 mg/L, valor máximo permitido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde. Abaixo são apresentados os municípios com valores acima do VMP para fluoreto e o respectivo aquífero explorado. Os elevados valores de fluoreto identificados em alguns municípios do Estado de São Paulo foram verificados principalmente nos poços perfurados no Aquífero Cristalino e no Sistema Aquífero Tubarão.

Poços amostrados neste projeto com concentrações de Fluoreto acima do VMP

Municípios	Concentração F (mg/L)	Aquífero Explorado
Icém	2,08	Bauru
Macaubal	2,47	Bauru
Andradina	3,35	Bauru
Taubaté	2,22	Taubaté
Capivari	1,54	Itararé
Santa Gertrudes	2,15	Itararé
Taguaí	2,30	Itararé
Santa Gertrudes	2,55	Itararé
Leme	5,09	Itararé
Pirassununga	8,48	Itararé
Apiáí	1,75	Cristalino
São Caetano do Sul	2,98	Cristalino
São Caetano do Sul	3,42	Cristalino

As concentrações de cloreto variaram de 0,01 mg/L a 150 mg/L. Nenhuma amostra excedeu a concentração de 250 mg/L, valor máximo permitido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde.

Distribuição e Análise de Água de Poços amostrados (F, NO3 e Cl)



Disponibilidade Hídrica (Q95) e Sub-bacias com Stress Hídrico

O mapa de disponibilidades hídricas por sub-bacias Hidrográficas foi elaborado com base no parâmetro Q95, que corresponde à vazão mínima de permanência com frequência de 95% do tempo. Esse é o parâmetro adotado pelo DAEE nos relatórios de situação dos recursos hídricos do estado, para definição da disponibilidade mínima global (superficial e subterrânea). Esse tema é composto por elementos do tipo polígono, associados às sub-bacias do Estado de São Paulo.

A disponibilidade hídrica do Estado pode ser distribuída em três grandes setores. No extremo oeste, a disponibilidade hídrica é classificada como baixa, apresentando valores entre 2,30 L/s/km² e 3,81 L/s/km². Na região central do Estado, a disponibilidade apresenta-se média, com valores entre 2,46 L/s/km² e 5,05 L/s/km², à exceção das sub-bacias que compõem a UGRHI nº 10 – Tietê/Sorocaba –, que apresentam valores relativamente mais baixos, o que será discutido posteriormente. No extremo leste do Estado são verificadas disponibilidades hídricas altas, com valores variando entre 5,05 L/s/km² e 21,29 L/s/km².

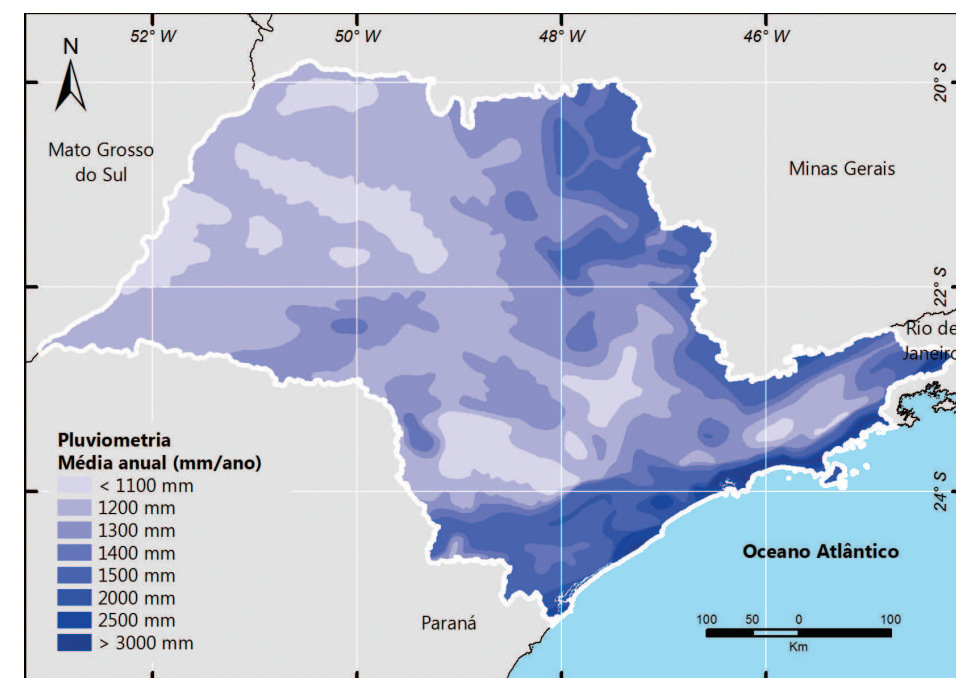
Convém ressaltar que, de maneira geral, a disponibilidade hídrica está diretamente relacionada à pluviosidade da região considerada e, conseqüentemente, às taxas de infiltração da água que transita intra-anualmente nos aquíferos, enquanto a potencialidade hídrica subterrânea reflete a capacidade de fornecimento de água em poços, por unidade de rebaixamento do aquífero. Essa distinção explica parcialmente, por exemplo, a relativa diminuição das disponibilidades no extremo oeste do estado, onde se sobressaem as potencialidades do Sistema Aquífero Bauru.

Também estão representadas no mapa as sub-bacias com e sem stress hídrico. Esse parâmetro foi calculado a partir do quociente entre a vazão de captação total (superficial e subterrânea) e a vazão mínima Q95. As bacias com índices de extração maiores que 50% do Q95 foram consideradas com stress hídrico, e aquelas com índice abaixo de 50%, sem stress hídrico.

Sub-Bacias com Stress Hídrico

Alto Piracicaba	Médio Mogi Inferior	Rio Cubatão
Alto Sorocaba	Médio Tietê Superior	Rio Jaguari
Alto Turvo	Médio Turvo	Rio Jaú
Baixo/Médio Jacaré Pepira	Montante da Barr. da Penha	Rio Jundiáí
Baixo Jacaré-Guaçu	Ribeirão da Onça	Rio São Domingos
Baixo Sorocaba	Ribeirão Indaiá	Rio São Lourenço
Billings	Ribeirão Preto	Rio Tambaú
Córrego Água Limpa	Ribeirão Santana	Rio Taquari
Jaguari Mirim	Rio Atibaia	Rio Tietê/Rio Lençóis
Juqueri	Rio Cachoeirinha	Sorocaba-Pirajibú
Médio Jacaré-Guaçu	Rio Corumbataí	Tietê

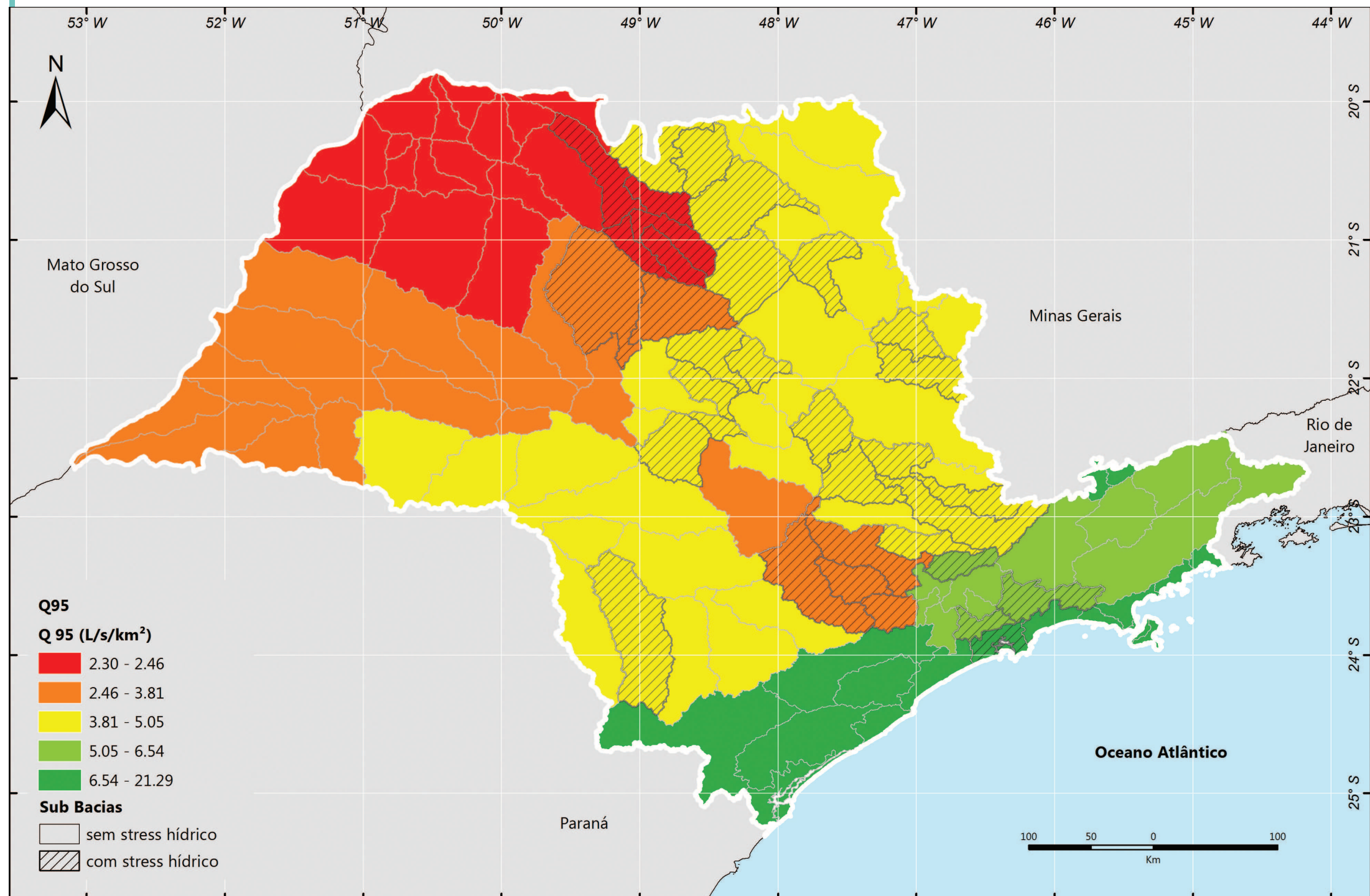
Pluviometria



Fonte: DAEE – Plano Estadual de 1990

Disponibilidade Hídrica (Q95) e Sub-bacias com Stress Hídrico

Fonte: Próprio projeto



Demandas Hídricas de Abastecimento Público por Sub-bacias

A distribuição da demanda pública de recursos hídricos superficiais e subterrâneos referente a cada Sub-bacia baseou-se em dados extraídos do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) – Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (2007) – e os obtidos por meio de consultas diretas aos sistemas públicos municipais de fornecimento de água.

Para elaboração deste mapa, primeiramente foram agrupadas as demandas hídricas municipais superficiais e subterrâneas por sub-bacias. Como alguns municípios têm sua área pertencente a duas ou mais subunidades, a demanda pública total foi distribuída proporcionalmente para as áreas às quais o município pertence.

Observando o mapa, é nítido o predomínio da utilização dos recursos hídricos superficiais na porção leste e de água subterrânea na região oeste do Estado. Isto se dá, uma vez que a leste ocorrem rochas do embasamento cristalino e que, por sua natureza geológica, dificultam a ocorrência de aquíferos promissores, enquanto que a oeste ocorrem as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, cujas características – em grande parte arenitos porosos – contribuem para um maior armazenamento e transporte de água subterrânea. Por outro lado, os municípios mais populosos, a leste, demandam maior volume justamente onde há maior disponibilidade de água superficial, embora já se verifique forte pressão sobre a oferta, devido à perda da qualidade da água destinada ao consumo humano.

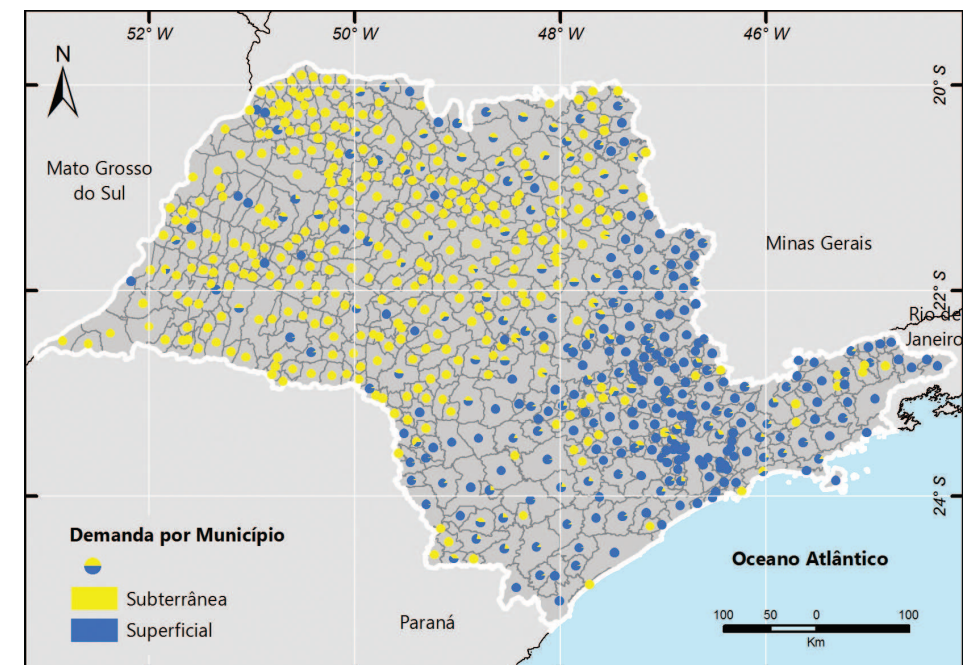
Essa constatação visual pode ser comprovada nos valores demonstrados abaixo:

- Dos 646 municípios do Estado, 52% utilizam exclusivamente água subterrânea em seu abastecimento público, 19% utilizam sistema misto, ou seja, parte água subterrânea e parte superficial, e o restante, 29%, utilizam exclusivamente água superficial;
- Nos municípios assentados sobre aquíferos sedimentares, 64% deles utilizam exclusivamente água subterrânea em seu abastecimento público, enquanto que 65% dos municípios localizados sobre rochas do embasamento cristalino utilizam águas superficiais para seu abastecimento.

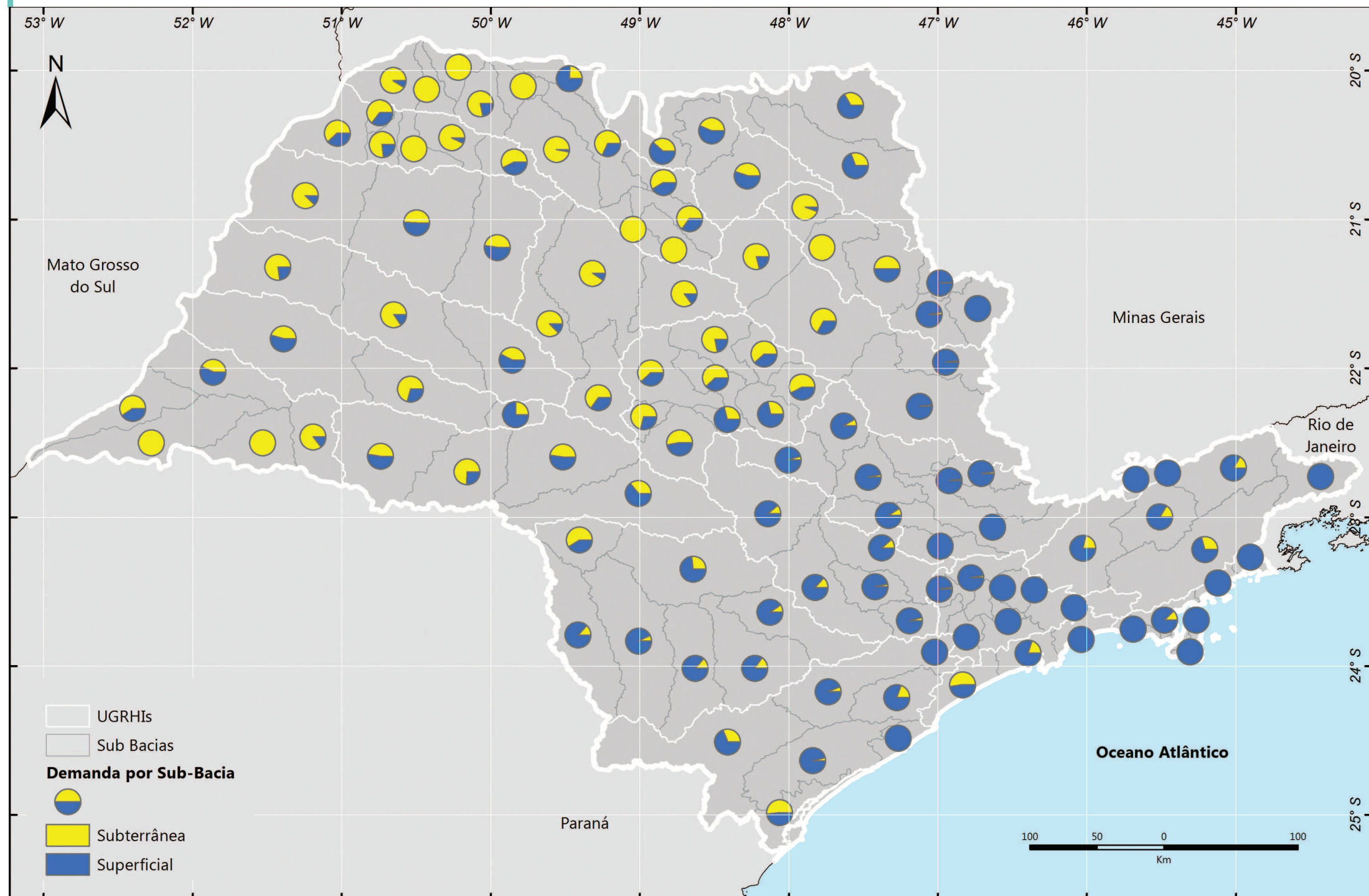
Embora a heterogeneidade geológica do Estado condicione o modelo observado no abastecimento público (Leste – água superficial e Oeste – água subterrânea), existem alguns casos que fogem ao padrão observado na figura e explicado acima. Isto ocorre com algumas cidades do Oeste Paulista que, mesmo situadas sobre as rochas sedimentares, utilizam em seu abastecimento, predominantemente água superficial. Este fato se dá pela presença de grandes cursos d'água adjacentes a seus territórios, ou por estarem assentados sobre unidades aquíferas sedimentares de baixo potencial, como Tubarão e Passa Dois. Dentre outros municípios, podem ser citados: Presidente Prudente, Araçatuba, Marília, Americana, Boituva, Itapetininga, Santa Bárbara d'Oeste e etc.

Por outro lado, o inverso ocorre na região Leste Paulista onde, por motivos de ausência ou poluição dos mananciais superficiais e pela demanda não ser muito elevada, tornou-se viável o uso da água subterrânea dos aquíferos cristalinos como abastecimento. É o caso dos municípios: Itaóca, Ribeirão Grande, Barra do Chapéu, Pirapora do Bom Jesus, Pedra Bela, Tuiuti etc.

Demandas Hídricas por Município



Demandas Hídricas por Sub-bacia



Regionalização de Diretrizes de Utilização e Proteção das Águas Subterrâneas

Este mapa identifica as áreas do Estado de São Paulo que, a partir da avaliação da intensidade de uso e qualidade das águas subterrâneas, devem ter orientações específicas de gestão e uso racional.

A delimitação dessas áreas embasou-se em critérios específicos, como a densidade de poços, quantidade de empreendimentos potencialmente poluidores, criticidade em relação à disponibilidade hídrica subterrânea, ocorrência de poços com alteração da qualidade natural e quantidade de áreas contaminadas.

Para as áreas com restrição foram propostas diretrizes específicas para utilização e proteção, enquanto nas demais áreas, sem restrição, foram propostas diretrizes gerais. Os critérios adotados permitiram identificar 23 áreas de restrição, englobando 82 municípios abaixo apresentados.

Municípios instalados em áreas com restrição

Álvares Machado	Cotia	Jaú	Pindorama	Severínia
Américo Brasiliense	Diadema	Jundiaí	Pirangi	Sorocaba
Agudos	Dobrada	Limeira	Pirapozinho	Sumaré
Americana	Eulides da Cunha Pta.	Monte Alto	Piratininga	Teodoro Sampaio
Anhumas	Elisiário	Marília	Rafard	Tabapuã
Araraquara	Embu	Matão	Regente Feijó	Taboão da Serra
Bady Bassit	Fernando Prestes	Mauá	Ribeirão Preto	Taiacu
Bálsamo	Guapiaçu	Mirassol	Rosana	Valentim Gentil
Barueri	Guarulhos	Neves Paulista	S. José do Rio Preto	Vista Alegre do Alto
Bauru	Hortolândia	Nova Odessa	Sta. Bárbara d'Oeste	Valinhos
Brotas	Ibaté	Novais	Santana do Parnaíba	Várzea Paulista
Campinas	Indiana	Olímpia	Santo André	Vera Cruz
Capivari	Ipiguá	Osasco	S. Bernardo do Campo	Vinhedo
Carapicuíba	Itirapina	Palmares Paulista	S. Caetano do Sul	Votuporanga
Catanduva	Itu	Presidente Prudente	São Carlos	-
Catiguá	Jacareí	Paulínia	S. José dos Campos	-
Cedral	Jaci	Pederneiras	São Paulo	-

Áreas sem restrição

- Implantar programa de capacitação técnica dos órgãos municipais e estaduais relacionados à produção e distribuição de água, gestão ambiental e planejamento;
- Promover campanhas de educação ambiental;
- Cadastrar, controlar e fiscalizar as captações e outorgas de uso da água subterrânea;
- Consolidar a participação dos municípios na gestão dos recursos hídricos e promover articulação com os órgãos gestores estaduais e os comitês de bacias;
- Implantar rede de monitoramento de nível de água e de parâmetros indicadores de qualidade;
- Elaborar planejamento do uso da água subterrânea a curto e longo prazos.

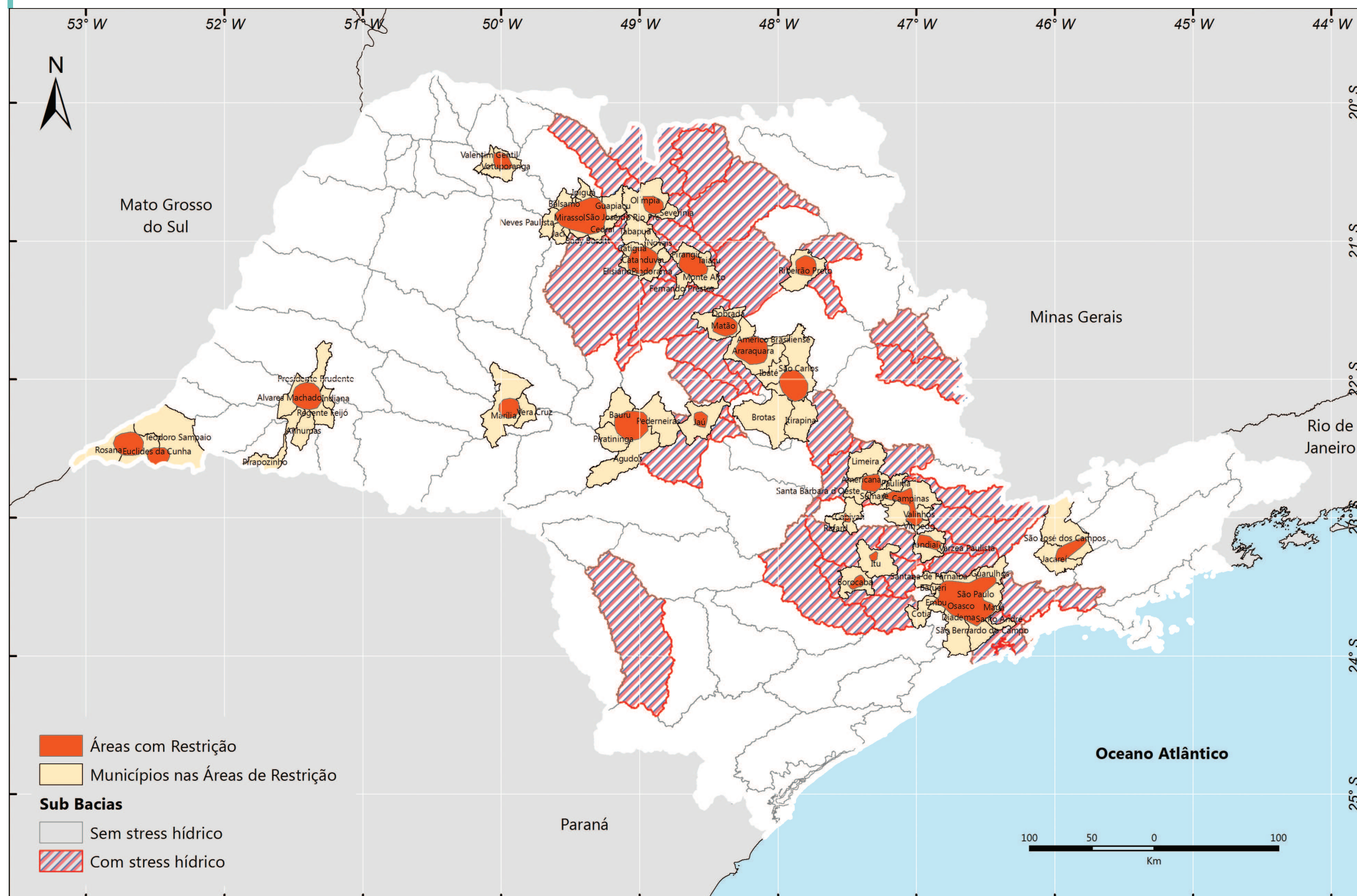
Áreas com restrição

- Proteger as captações de água subterrânea;
- Adequar o zoneamento municipal e o Plano Diretor, visando à proteção dos poços e aquíferos importantes ao abastecimento público;
- Implantar programa de capacitação técnica dos órgãos municipais e estaduais relacionados à produção e distribuição de água, gestão ambiental e planejamento;
- Promover campanhas de educação ambiental;
- Cadastrar, controlar e fiscalizar as captações e outorgas de uso da água subterrânea;
- Consolidar a participação dos municípios na gestão dos recursos hídricos e promover sua articulação com os órgãos gestores estaduais e os comitês de bacias;
- Implantar rede de monitoramento de nível de água e de parâmetros indicadores de qualidade;
- Elaborar planejamento do uso da água subterrânea a curto e longo prazos.

Medida importante a aplicar nas áreas com restrição consiste na proteção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. Primeiro, estabelece-se um Perímetro Imediato de proteção sanitária, abrangendo raio de 10 (dez) metros, a partir do ponto de captação, cercado e protegido com telas e, além disso, deve-se instituir um Perímetro de Alerta contra poluição, tomando-se por base uma distância coaxial ao sentido do fluxo, a partir do ponto de captação, equivalente ao tempo de trânsito de cinquenta dias de água no aquífero.

A proteção das captações de água subterrânea é prevista na Lei Estadual nº 6.134/88 e no Decreto nº 32.955/91 que a regulamentou. Objetiva garantir a qualidade das águas subterrâneas ao estabelecer os limites dentro dos quais deverá haver restrições de ocupação e de determinados usos que possam vir a comprometer o seu aproveitamento. Instruções técnicas destinadas à proteção de poços de abastecimento encontram-se no “Roteiro Orientativo para Delimitação de Área de Proteção de Poços” publicado pelo Instituto Geológico (Iritani & Ezaki, 2010).

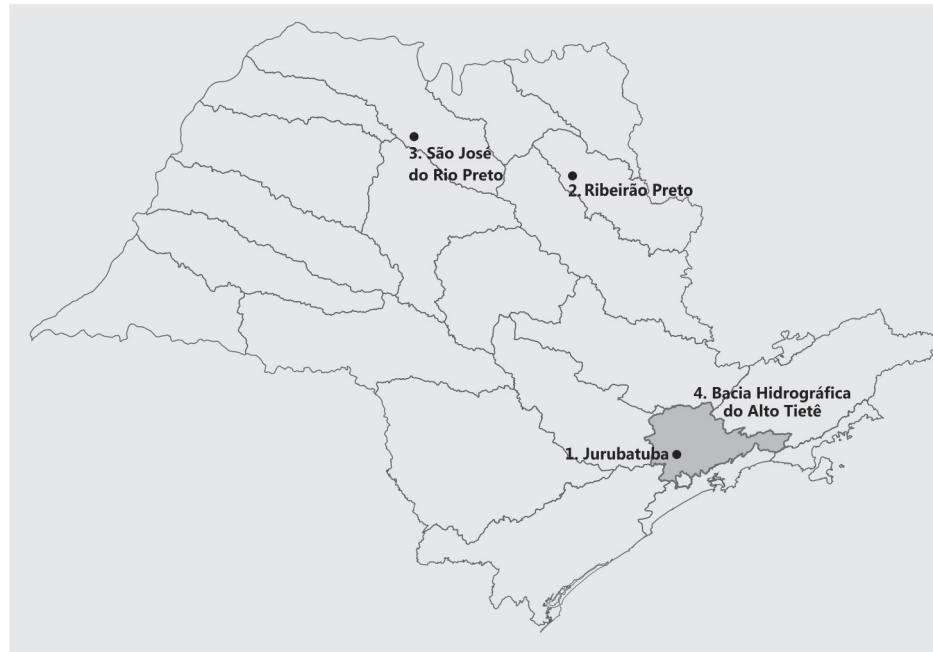
Regionalização de Diretrizes de Utilização e Proteção das Águas Subterrâneas



Áreas com Restrição. Estudos Realizados

Nas regiões assinaladas na figura abaixo foram realizados estudos de semi-detalhe com o objetivo de implantar medidas práticas de gestão da quantidade e da qualidade das águas subterrâneas, contemplando os preceitos da Deliberação CRH Nº 52/2005 que trata de “diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas”.

Áreas com Estudos Realizados



Uma síntese desses estudos é apresentada a seguir.

1 - Bacia do rio Jurubatuba, município de São Paulo

Na Zona Sul da cidade de São Paulo, Bacia do Alto Tietê, o canal do rio Jurubatuba situa-se sobre rochas sedimentares e rochas ígneas. Predominam problemas de contaminação das águas subterrâneas por compostos provenientes de solventes clorados. O aquífero mais explorado é do tipo cristalino, fraturado. Com base nos resultados do projeto executado pelo DAEE, o CBH-AT aprovou a Deliberação nº 01

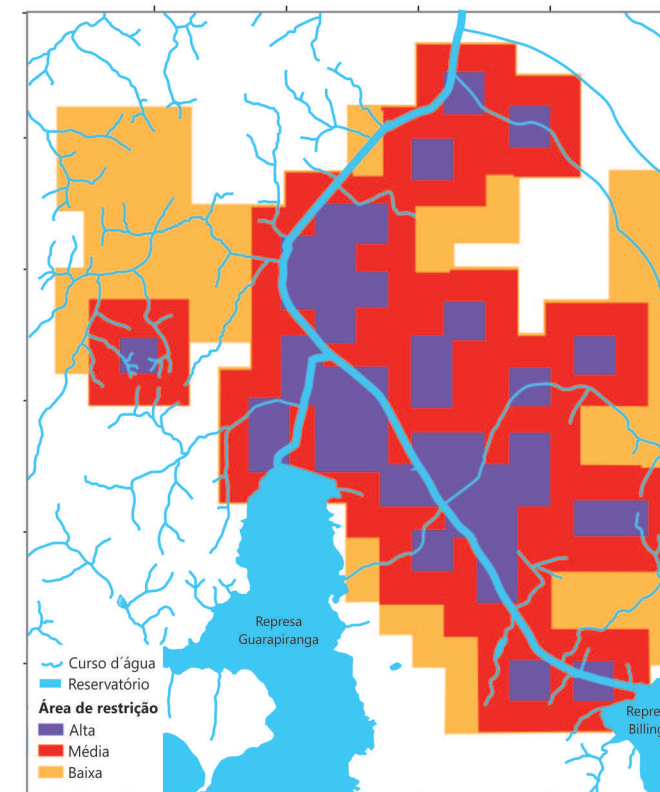
de 16/02/2011, estabelecendo zoneamentos onde são adotadas medidas de proteção, restrição e controle (artigos 3º, 4º e 5º).

Artigo 3º - Nas áreas de alta restrição, somente serão regularizados os poços que explorem água exclusivamente do Aquífero Cristalino, estritamente para uso no processo industrial, não sendo permitidas novas perfurações.

Artigo 4º - Nas áreas de média restrição serão regularizados os poços que explorem água exclusivamente do Aquífero Cristalino, com quaisquer finalidades de uso e não será permitida a construção de novos poços.

Artigo 5º - Nas áreas de baixa restrição serão regularizados os poços que explorem água exclusivamente do Aquífero Cristalino, com quaisquer finalidades de uso, permitindo-se a construção de novos poços, também para quaisquer finalidades de uso.

Área de restrição e controle para captação e uso das águas subterrâneas na região de Jurubatuba no município de São Paulo.

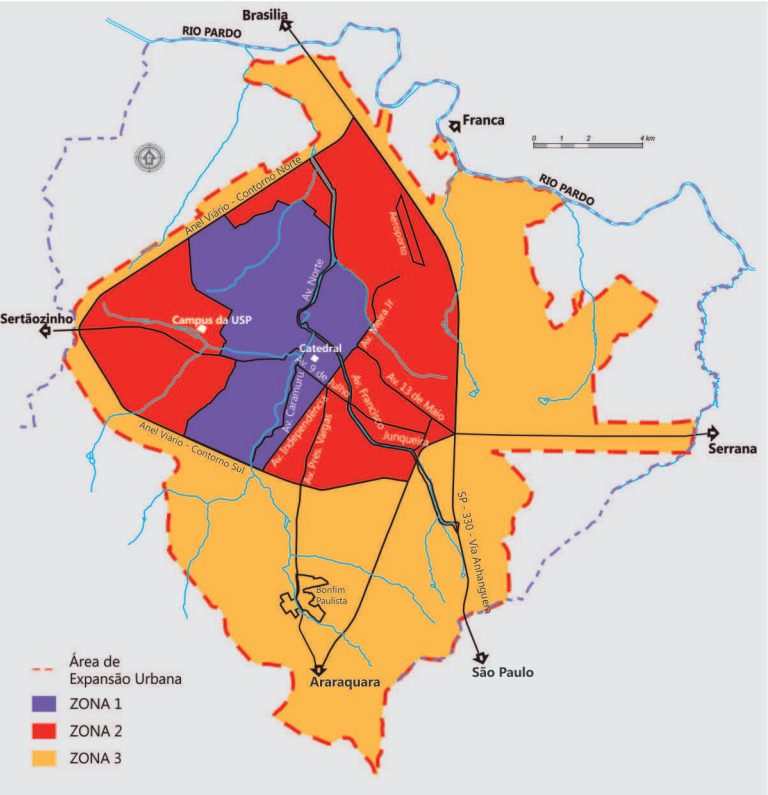


Fonte: SÃO PAULO. 2012(a).

2 – Município de Ribeirão Preto

No ano de 2005, o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo instituiu um grupo técnico de águas subterrâneas. Com base nos trabalhos do GT, que demonstravam fortes sintomas de superexploração do Sistema Aquífero Guarani no perímetro urbano de Ribeirão Preto, o CBH Pardo instituiu Área de Restrição e Controle Temporários, por meio da Deliberação nº 004/2006, homologada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Deliberação CRH nº 64 de 04/09/2006). A medida estabelece critérios que disciplinam a perfuração de poços, para cada Zona definida, conforme abaixo.

Área de Restrição e Controle Temporários para Captação e Uso das Águas Subterrâneas no Município de Ribeirão Preto



Art. 3º - Para a construção de novos poços, deverão ser observadas as seguintes condições:
Zona 1 - somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos quando em substituição de poços existentes destinados ao abastecimento público do município;

Zona 2 - somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos destinados ao sistema de abastecimento público município, locados em áreas com distanciamento mínimo de 1000 (mil) metros de poços existentes;

Zona 3 - serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos, destinados ao abastecimento público e particular, respeitando-se o distanciamento mínimo de 1000 (mil) metros de poços existentes.

3 – Município de São José do Rio Preto

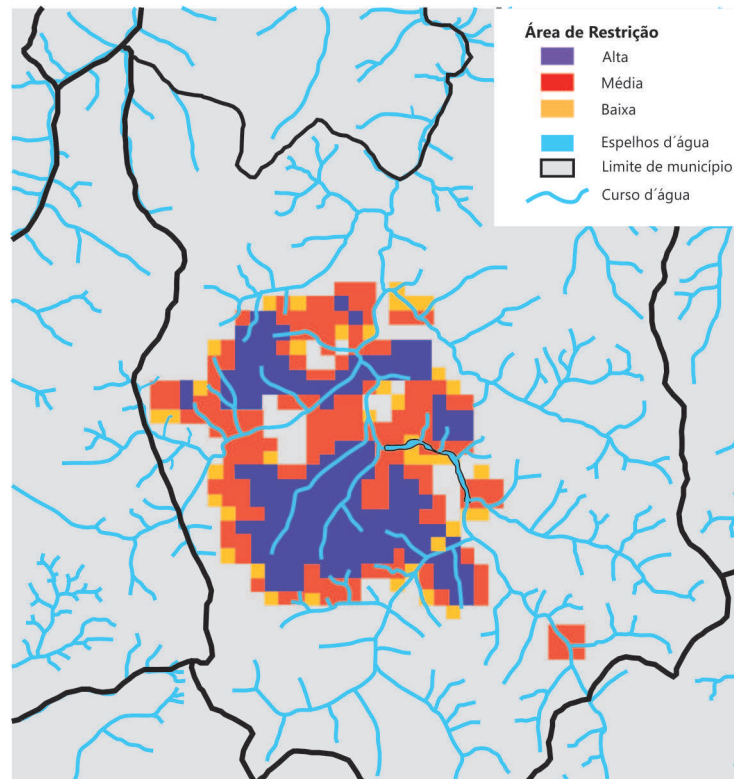
Na área urbana de São José do Rio Preto, Bacia do Turvo Grande, o Sistema Aquífero Bauru é do tipo granular. Nessa área verifica-se elevada densidade de poços e, por esse motivo, ocorre abatimento dos níveis d'água; secundariamente, apresenta cenários de contaminação das águas subterrâneas, principalmente por nitrato. O CBH-TG está analisando os resultados para decidir sobre a viabilidade de implantação do zoneamento e das medidas propostas, conforme quadro a seguir.

Situação dos Poços	Medidas de Restrição		
	Alta - ZAP1	Média - ZAP2	Baixa - ZAP3
Novos Poços	Não permitido	Não permitido, exceto substituição de PP	Permitido fora da APAP*
Poço Desativado	Tamponar	Tamponar	Tamponar
Poço público	AC e AM6	AC e AM6	AC e AM12
Poço particular fora da APAP	AC e AM6	AC e AM6	AC e AM12
Poço particular dentro da APAP	AC, AM6 e AEI	AC, AM6 e AEI	AC, AM12 e AEI
Poço contaminado (Portaria 518)	Paralisação 2 x AM3**	Paralisação 2 x AM3**	Paralisação 2 x AM3**

- APAP: Área Prioritária para Abastecimento Público.
- PP: Poço de Abastecimento Público, operado pela concessionária.
- AC: Atividades Condicionantes (descritas a seguir).
- AM: Amostragem e análise química dos parâmetros da Portaria MS No 518 de 25/03/2004, com monitoramento trimestral, semestral ou anual.
- AEI: Avaliação específica de interferência.

- (*) – Permitida a instalação de novos poços particulares ou para abastecimento público, desde que a vazão total de exploração fique limitada ao valor da disponibilidade.
- (**) – Poços contendo substâncias acima dos valores de referência de qualidade (VRQ), durante duas campanhas trimestrais, devem ser lacrados ou tamponados.

Proposta de área de restrição e controle para captação e uso das águas subterrâneas no município de São José do Rio Preto.



Fonte: SÃO PAULO. 2012(b)

4 – Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

Na bacia do Alto Tietê (BAT), a Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – FABHAT – promoveu estudos utilizando critérios semelhantes aos do presente projeto, o que permitiu um olhar mais seletivo da macroregião, discretizando-a em polígonos de 2 km x 2 km, em que medidas de restrição específicas foram propostas.

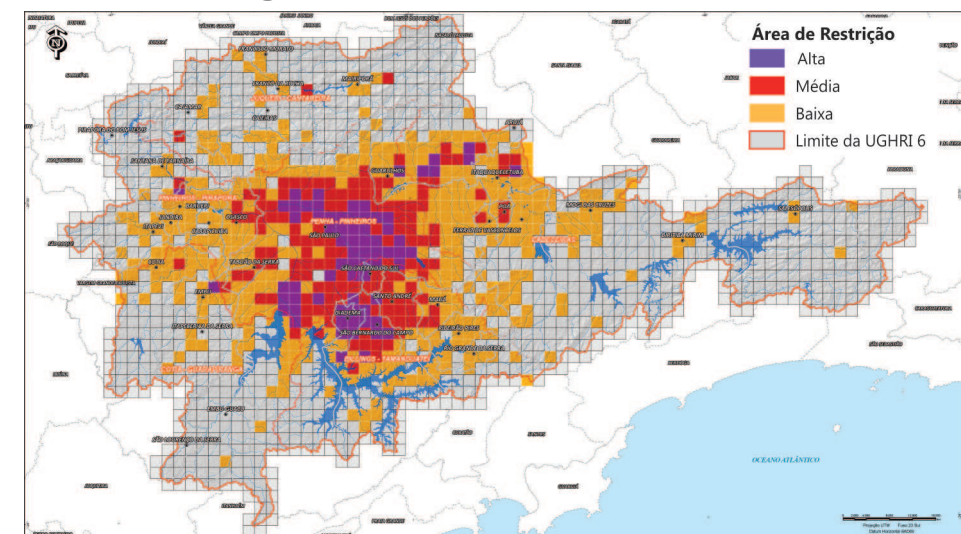
Premissa fundamental norteadora do projeto da FABHAT, a água subterrânea constitui fator vital da segurança hídrica da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, pois amplia a oferta de

água, possibilitando o equilíbrio entre oferta e demanda. O sistema público operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP – não comporta um incremento equivalente aos 10 m³/s extraídos dos mais de 12 mil poços tubulares privados. A complexa ocupação do território da BAT fez necessária a identificação de áreas onde esses problemas de contaminação e superexploração podem estar ocorrendo e nelas definir ações preventivas ou corretivas. O Projeto teve como objetivo principal identificar locais de maior concentração de atividades potencialmente contaminantes e com sintomas de superexploração. As de maior criticidade superam 120 atividades/km², de um universo com mais de 85 mil em funcionamento ou abandonadas. Da mesma forma, de um universo de mais de 8 mil poços tubulares profundos, foram identificadas áreas críticas de quantidade aquelas onde se extraem as maiores vazões. A integração de ambas as áreas permitiu identificar aquelas onde a água subterrânea é muito requisitada e/ou apresenta grande risco de contaminação. Essas áreas estão localizadas nos municípios das regiões de Guarulhos, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Cajamar e Embu, Diadema e São Paulo.

A título de comparação, há aproximadamente 130 locais (Figura abaixo) em que a densidade de atividades potencialmente contaminantes, do tipo elevado, é igual ou superior às áreas mais críticas que aquelas identificadas em Jurubatuba. Em algumas dessas áreas, a densidade pode superar em até 3,5 vezes o pior caso encontrado no Jurubatuba.

Os critérios das medidas práticas de gestão dos aquíferos da BAT se assemelham aos aplicados em Jurubatuba, e se destinam ao controle do uso dos poços existentes, ativos e inativos, bem como as condições exigíveis para a outorga de perfuração de novos de poços, de acordo com a classe de criticidade estabelecida.

Áreas críticas integradas.



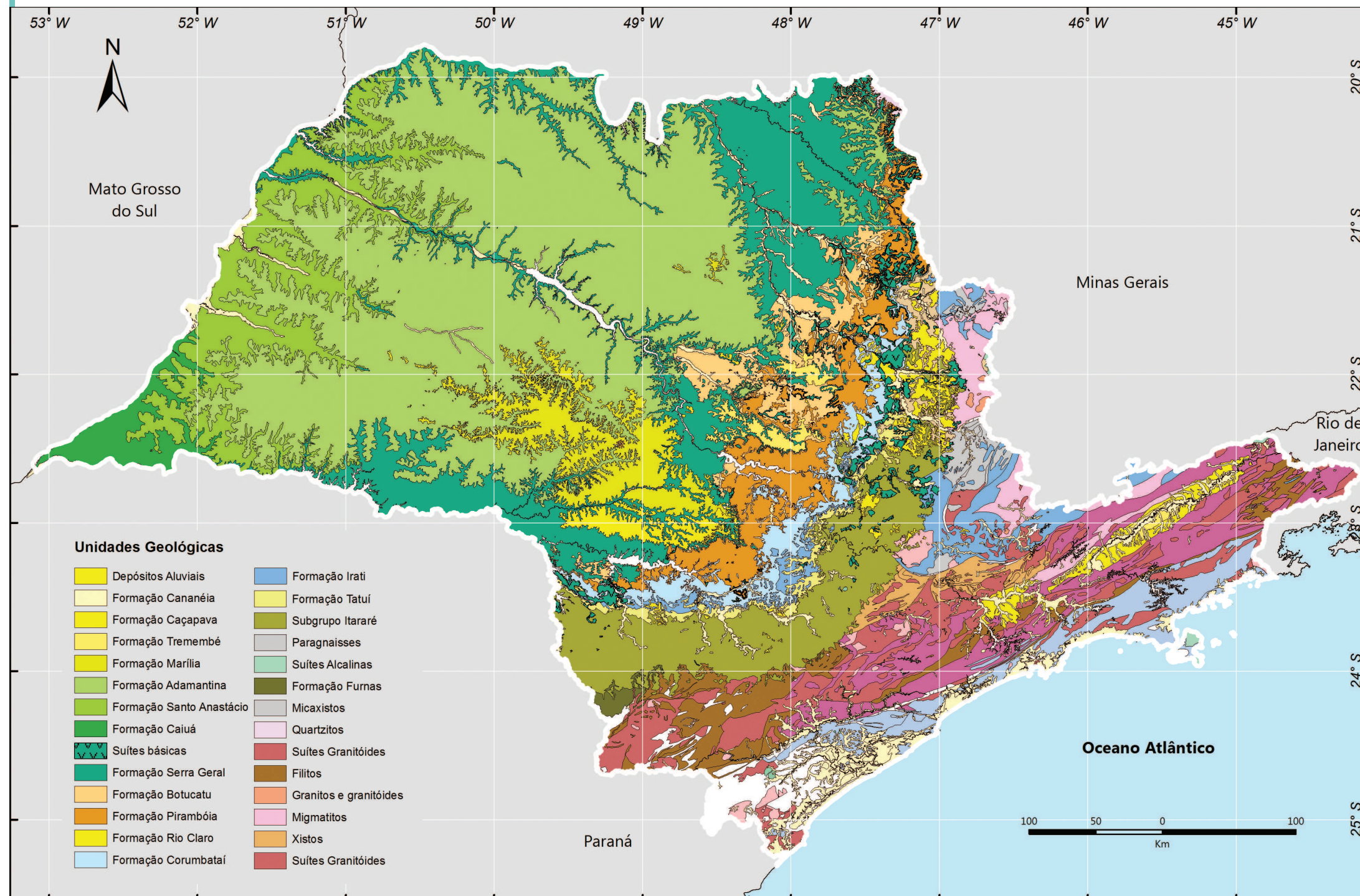
Fonte: FABHAT.2012

Mapas Temáticos de Apoio



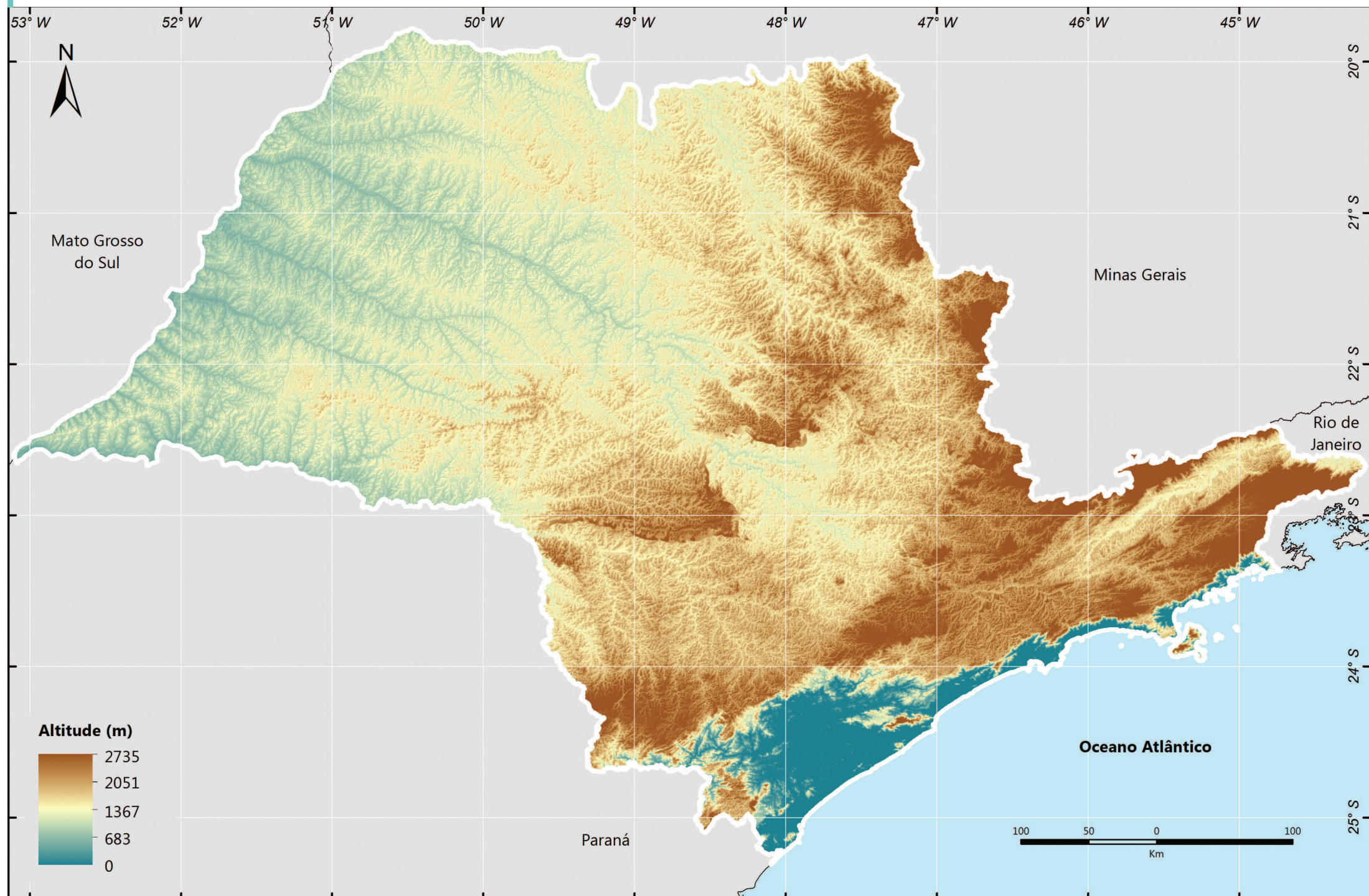
Mapa Geológico do Estado de São Paulo

Fonte: Convênio DAEE/UNESP, 1980



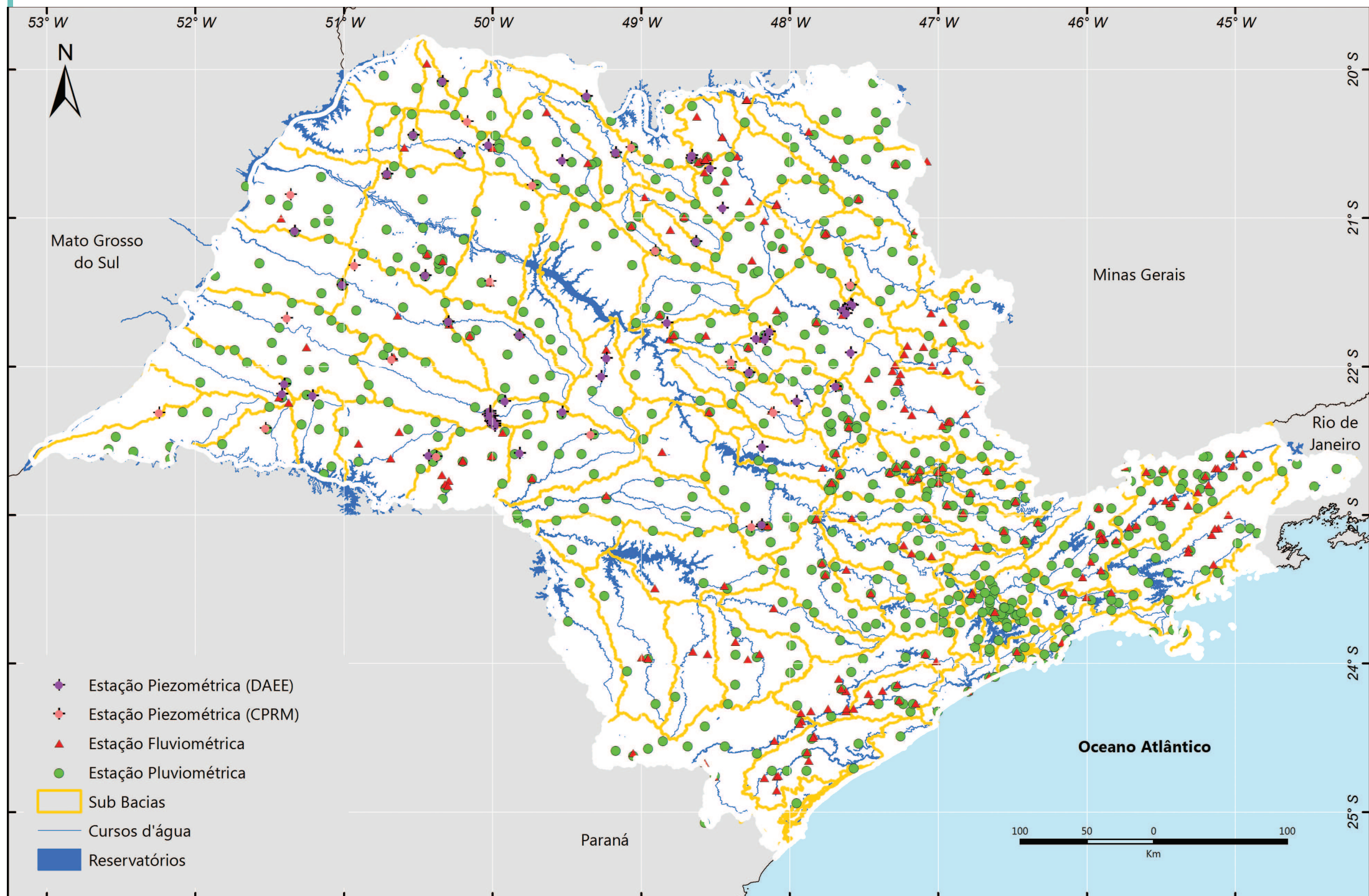
Modelo Digital de Terreno MDT

Fonte: Próprio projeto



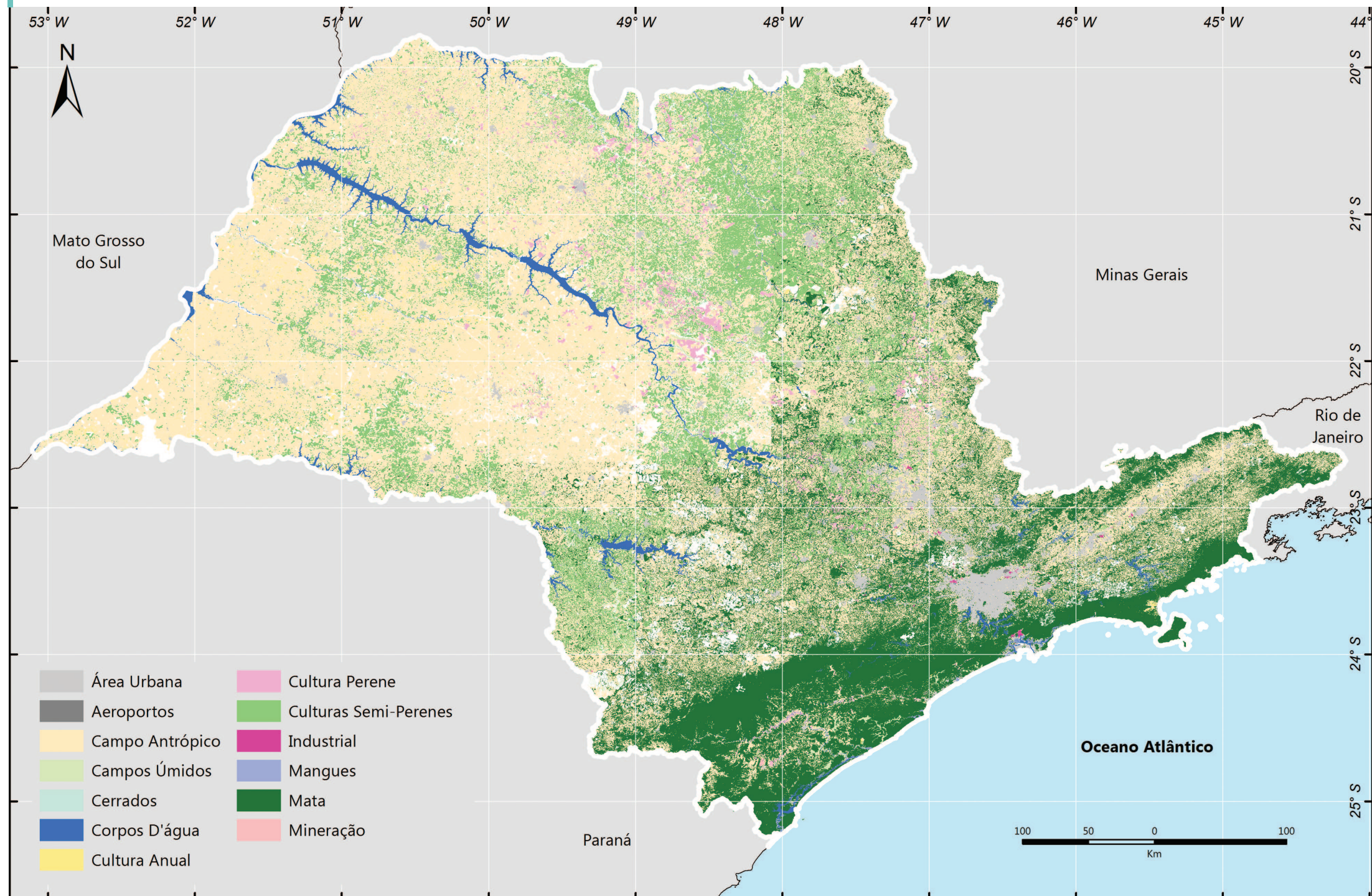
Rede Hidrométrica Básica

Fonte: DAEE



Uso e Ocupação do Solo

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009



Referências Bibliográficas

CETESB (São Paulo). Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2010-2012. São Paulo, 2013. 242p. (Série Relatórios).

CETESB. UNESP/LEBAC. (São Paulo). Avaliação das concentrações de nitrato no Aquífero Bauru em áreas rurais. Relatório final do Contrato Fehidro 128/2011 (2010-CORHI-115). SÃO PAULO, 2013

FOSTER, S. & HIRATA, R. – 1988 – Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. 2. ed. LIMA: Pan American Sanitary Engineering and Environmental Science Center (CEPIS/PAHO/WHO), 91 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; M.;PARIS, M. 2002. Proteção da Qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial. Tradução: Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda.114 p.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ- FABHAT. Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterrâneas da UGRHI – 06 e suas regiões de recarga. Relat. Síntese. 2012. 58p.

IRITANI, M. & EZAKI, S. 2010. Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poço. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos; nº 2. Instituto Geológico. 60 p.

SÃO PAULO. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000. DAEE , IG, IPT e CPRM. 2005 3 V. 119 p.

SÃO PAULO. Mapeamento de vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. IG; CETESB; DAEE. 1997. V. 1. 129 p.

SÃO PAULO. 2012(a). Secretaria do Meio Ambiente. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Projeto Jurubatuba: Restrição e controle de uso da água subterrânea. DAEE/IG, 2012.109p.: II.Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos, nº 1.

SÃO PAULO. 2012(b). Secretaria do Meio Ambiente. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Projeto São José do Rio Preto: Restrição e controle de uso da água subterrânea. DAEE/IG, 2012. 140p.: II. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos, nº 4.

VARNIER et al. Padrões de ocupação urbana e contaminação por nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Instituto Geológico. Processo FAPESP 09/05840-1. 38p.Castrit, convehena, virit. Nos fure fue pror hoste con andaceps, faudem audem. Confirmaio aper internorum di, movivirtum utea que ius, unu etrum conclm ne defaude riorbi publicivit ac tuit, senihil iculica trudem omnihina,

Equipe Técnica

PROJETO BACIAS DO LESTE

COORDENAÇÃO GERAL

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE

Geólogo Gerônimo Albuquerque Rocha (7)

Geólogo José Eduardo Campos (8)

Engenheiro Blas Marçal Sanchez

EXECUÇÃO

Laboratório de Estudo de Bacias – LEBAC

Coordenação

Geólogo Prof. Dr. Chang Hung Kiang (6)

Pesquisadores

Geólogo Dr. Flavio de Paula e Silva (9)

Geólogo Dr. Didier Gastmans (5)

Msc. Sergio Barbosa (4)

Geóloga Msc. Márcia Regina Stradioto

Geóloga Dra. Andresa Oliva

Geólogo Felipe Rodrigues Ferroni (3)

COLABORADORES

Instituto Geológico - IG

Geóloga Dra. Mara Akie Iritani (1)

Geóloga Msc. Sibele Ezaki (10)

Geógrafa Dra. Luciana Martin Rodrigues Ferreira (2)

COLABORADORES

Instituto Geológico - IG

Geóloga Dra. Mara Akie Iritani

Geógrafa Dra. Luciana Martin Rodrigues Ferreira (13)

Agente Técnico do FEHIDRO - CETESB

Geógrafa Msc. Rosangela Pacini Modesto (16)

Geólogo Geraldo Gilson de Camargo (11)

Engenheira Elaine Cristina Ruby (19)

REVISÃO DO TEXTO

Maria Rita Caetano-Chang

COLABORAÇÃO

Armando Narumiya

Bruno Pirilo Conicelli

Carolina Silva

PROGRAMAÇÃO VISUAL

DUO DESIGN

Antonio Carlos dos Santos Felix

Deodato de Mello Freire Jr.



PROJETO BACIAS DO OESTE

COORDENAÇÃO GERAL

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE

Geólogo Gerônimo Albuquerque Rocha (12)

Geólogo José Eduardo Campos (15)

Engenheiro Blas Marçal Sanchez (18)

EXECUÇÃO

Laboratório de Estudo de Bacias – LEBAC

Coordenação

Geólogo Prof. Dr. Chang Hung Kiang (17)

Pesquisadores

Geólogo Dr. Flavio de Paula e Silva (14)

Geólogo Dr. Didier Gastmans (22)

Msc. Sergio Barbosa (21)

Geóloga Msc. Márcia Regina Stradioto

Geólogo Filipe Montanheiro (20)

