

Nº 179032

O Sistema Aquífero Guarani na Bacia do Pardo: uso atual e medidas recomendadas para a gestão integrada

José Luiz Albuquerque Filho

*Palestra apresentada no Seminário
Aquífero Guarani e Rio Pardo: Demadas e
Ações, 1, 2024, Ribeirão Preto 40 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



1º SAGUas – Seminário Aquífero Guarani e Rio Pardo: demandas e ações

Mesa Redonda 1

“O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA BACIA DO PARDO: USO ATUAL E MEDIDAS RECOMENDADAS PARA A GESTÃO INTEGRADA”

Centro de Convenções do Hotel Araucária – Ribeirão Preto – SP

Data: 21 de junho de 2024 – 8:00 h as 18:00h

JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO (albuzelu@ipt.br)

Hidrogeólogo, Pesquisador

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

CIMA - Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

APG – Associação Paulista de Geólogos

Sigesp – Sindicato dos Geólogos no Estado de São Paulo

APOIO:





BLOCO INICIAL

CONTEXTUALIZAÇÃO/MOTIVAÇÃO

ASPECTOS DA POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS



LEI ESTADUAL 9.866 DE 28 DE NOVEMBRO DE 1997

(Atualizado até a Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016)

“Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências”

Artigo 1º - Parágrafo único - Para efeito desta lei, consideram-se mananciais de interesse regional as águas interiores subterrâneas, superficiais, fluentes, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público.

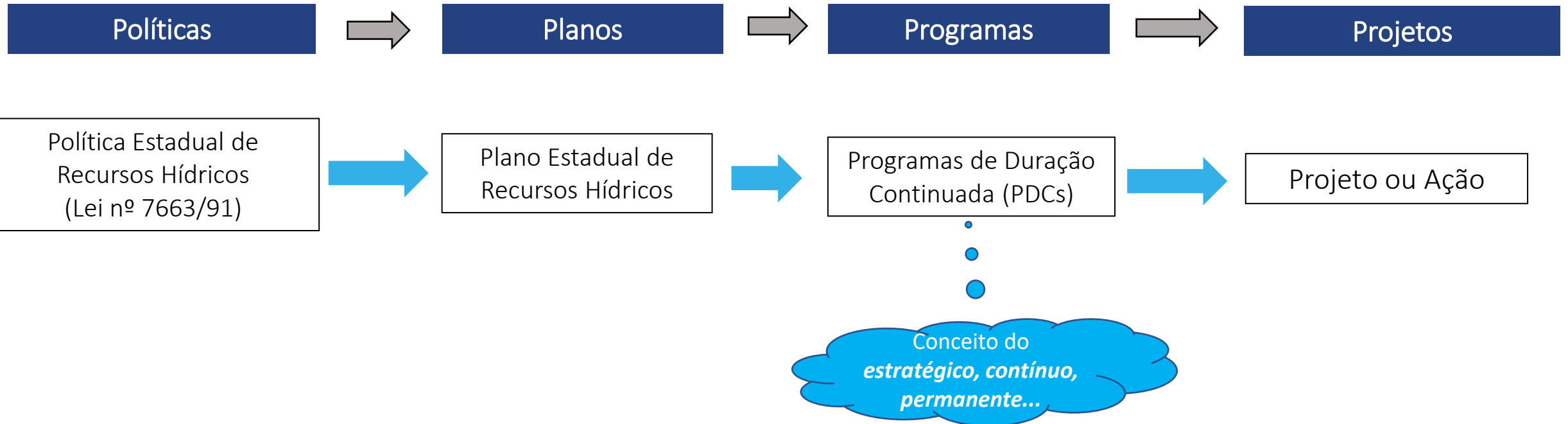
LEI ESTADUAL Nº 16.337, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2016

“Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas”

Artigo 2º - O Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH estabelece diretrizes para o gerenciamento de recursos hídricos, **a recuperação e proteção da qualidade dos recursos hídricos**, a promoção e o incentivo ao uso racional das águas, indicando um conjunto de metas a serem atingidas por meio da implementação de **programas de duração continuada**, que devem incluir previsão de investimentos e indicadores de acompanhamento das ações para avaliação da eficácia de sua implantação.

ROTEIRO ESTRATÉGICO DE POLITICAS PÚBLICAS

EXEMPLO DA POLITICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS



Fonte: Modificado de SILVA (2001).

PROGRAMAS DE DURAÇÃO CONTINUADA - PDC

PDC	Título do PDC	Descritivo do PDC
1	Bases Técnicas em Recursos Hídricos	Compreende a elaboração de diagnósticos, estudos técnicos e jurídicos de apoio ao planejamento, gestão e normatização relacionados aos recursos hídricos
2	Gerenciamento dos Recursos Hídricos	Contempla ações voltadas ao aprimoramento e implementação dos instrumentos da política estadual de recursos hídricos
3	Qualidade das Águas	Abrange ações de controle da poluição das águas
4	Proteção dos Recursos Hídricos	Compreende ações para o controle de processos erosivos, a restauração ecológica, adaptação aos efeitos das mudanças climáticas e proteção de mananciais
5	Gestão da Demanda	Contempla ações de controle de perdas, racionalização de uso e reuso das águas
6	Abastecimento e Segurança Hídrica	Contempla o aproveitamento dos recursos hídricos e a segurança hídrica
7	Drenagem e Eventos Hidrológicos Extremos	Compreende ações estruturais relacionadas à drenagem e prevenção, adaptação e a mitigação de efeitos de estiagens, inundações e mudanças climáticas
8	Capacitação e comunicação social	Contempla capacitação, educação ambiental, comunicação social e difusão de informações, diretamente relacionadas à gestão de recursos hídricos



BLOCO II

O PROJETO PDPA APRM-SAG



INFORMES GERAIS DO PROJETO

Diagnóstico Ambiental para subsídio ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Zona de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo – PDPA-SAG

Execução

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

Colaboração na Execução

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

IG – Instituto Geológico (SMA/SP)

Financiamento

Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO (SP)

Tomador dos Recursos Financeiros

Secretaria de Estado Meio Ambiente – SMA (SP)

Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA

Acompanhamento:

Grupo de Acompanhamento Técnico – GAT

(SMA/CPLA, CRHi/SMA, IG, CETESB, DAEE)

Agente Técnico FEHIDRO - CETESB



AQUÍFERO GUARANI

- 1) Área afloramento/recarga vulnerável
- 2) Maior manancial do Estado
- 3) Crescente uso no abastecimento público



LEI ESTADUAL 9.866/97

Proteção e recuperação das bacias
hidrográficas dos mananciais de
interesse regional do Estado

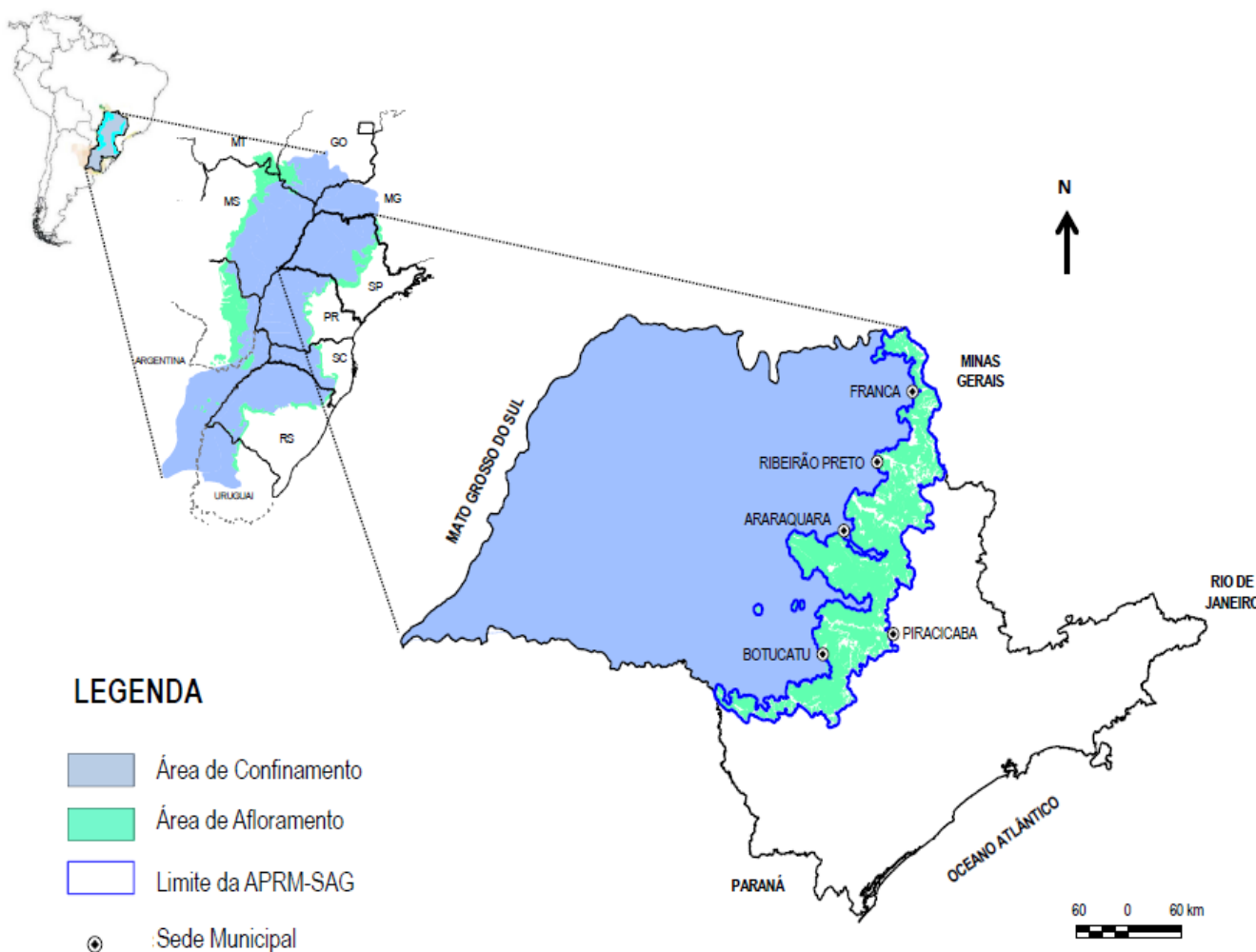


Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental do SAG (PDPA-SAG)

OBJETIVOS

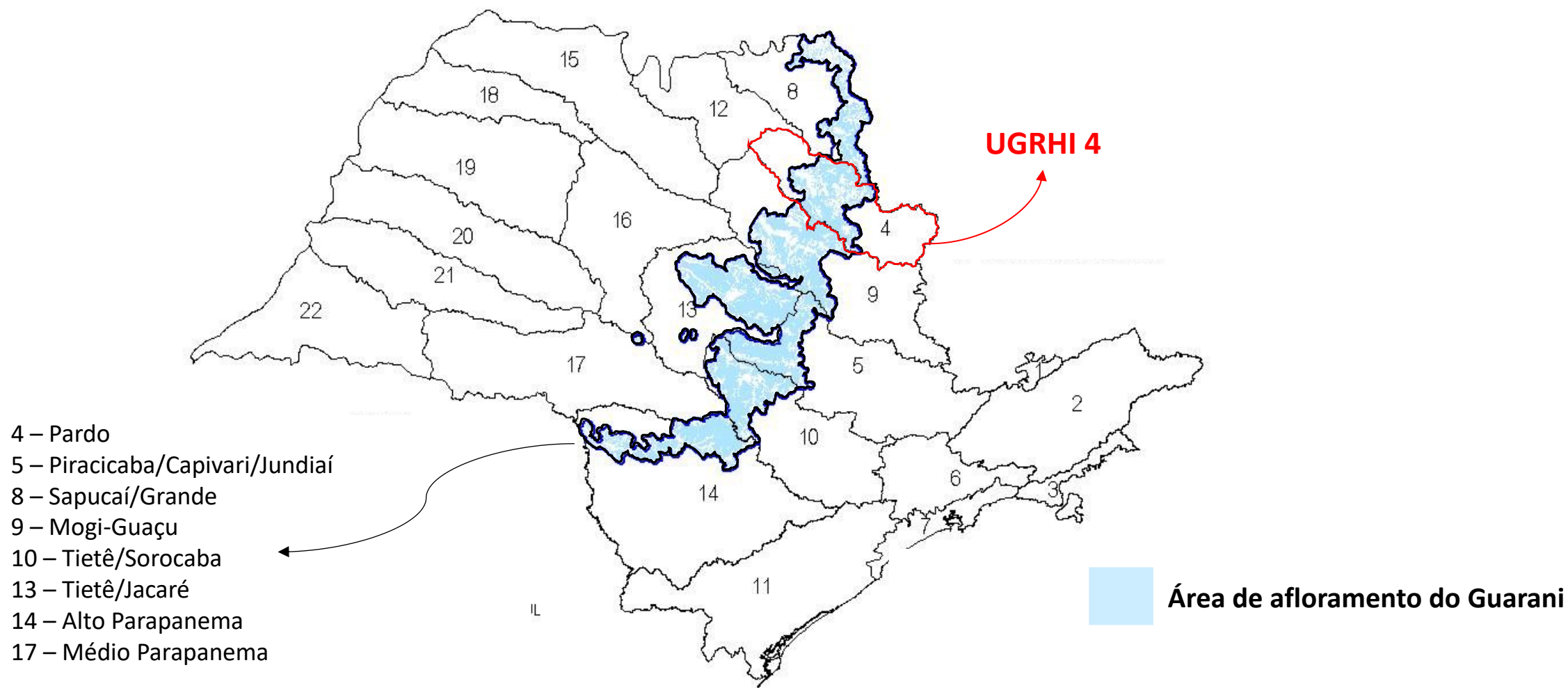
1. Preservar, conservar e recuperar o SAG
2. Promover a gestão participativa
3. Ações de preservação e proteção com o uso e ocupação do solo
4. Ações de preservação e proteção com o desenvolvimento socioeconômico
5. Integrar os programas e políticas habitacionais à preservação do meio ambiente

ÁREA DE ESTUDO



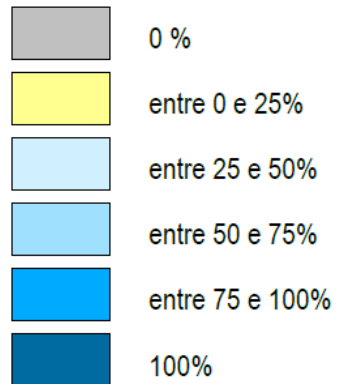
- ✓ Maior aquífero do Estado de São Paulo (143.000 km²)
- ✓ A maior porção é confinada
- ✓ Aquífero livre em 15.000 km²
- ✓ Crescente utilização para usos urbanos e agrícolas
- ✓ Mais de 100 municípios paulistas utilizam SAG (entre outros: Ribeirão Preto (100%))
- ✓ Proposta de APRM: 26.100 km²
- ✓ 7 UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos definidas segundo a Política das Águas Paulista – Lei 7663/91)

ÁREA DE ESTUDO e as UGRHIS (UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS)

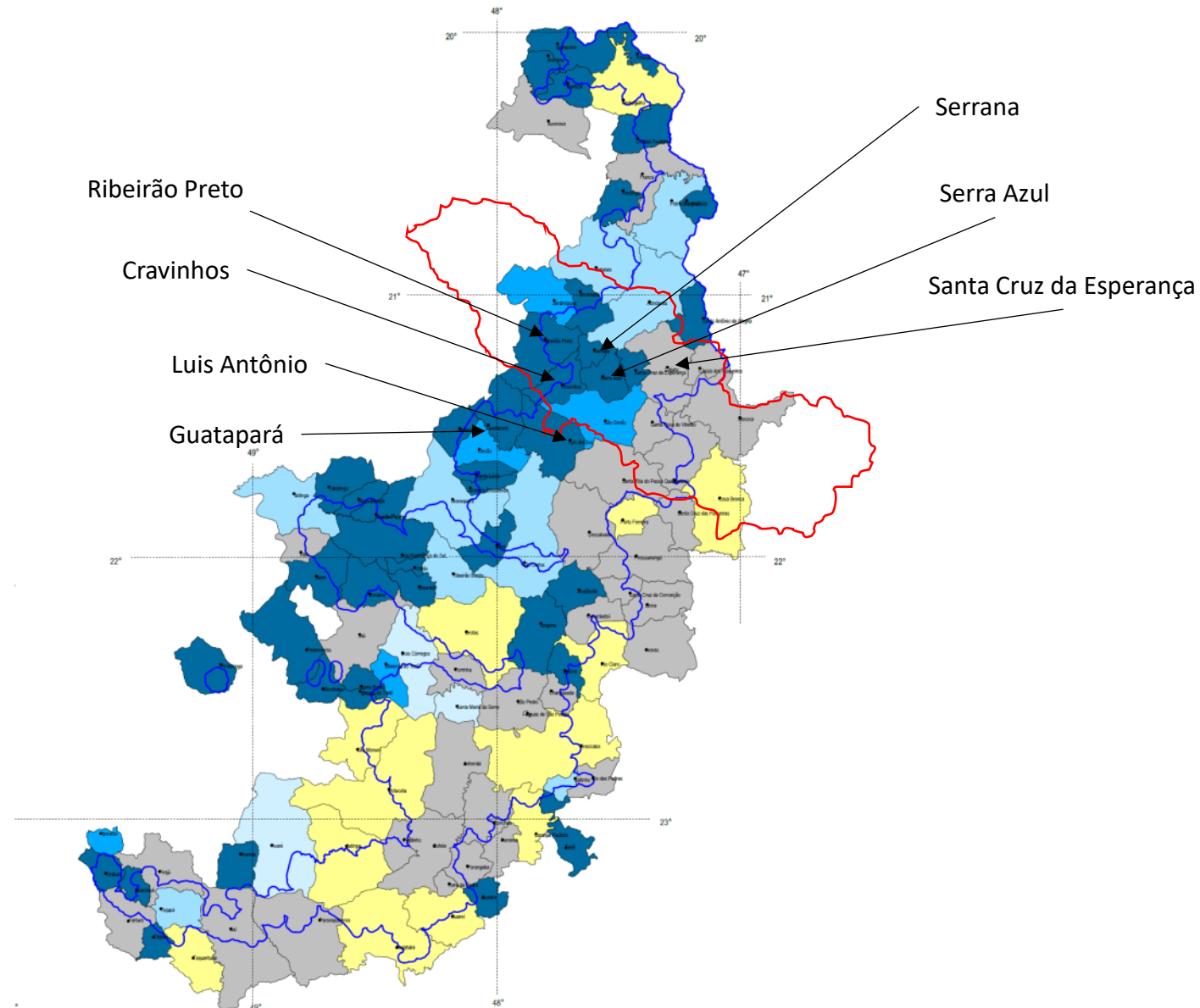


Observação: A área de estudo inclui “buffer” de 2,0 km no entorno da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo.

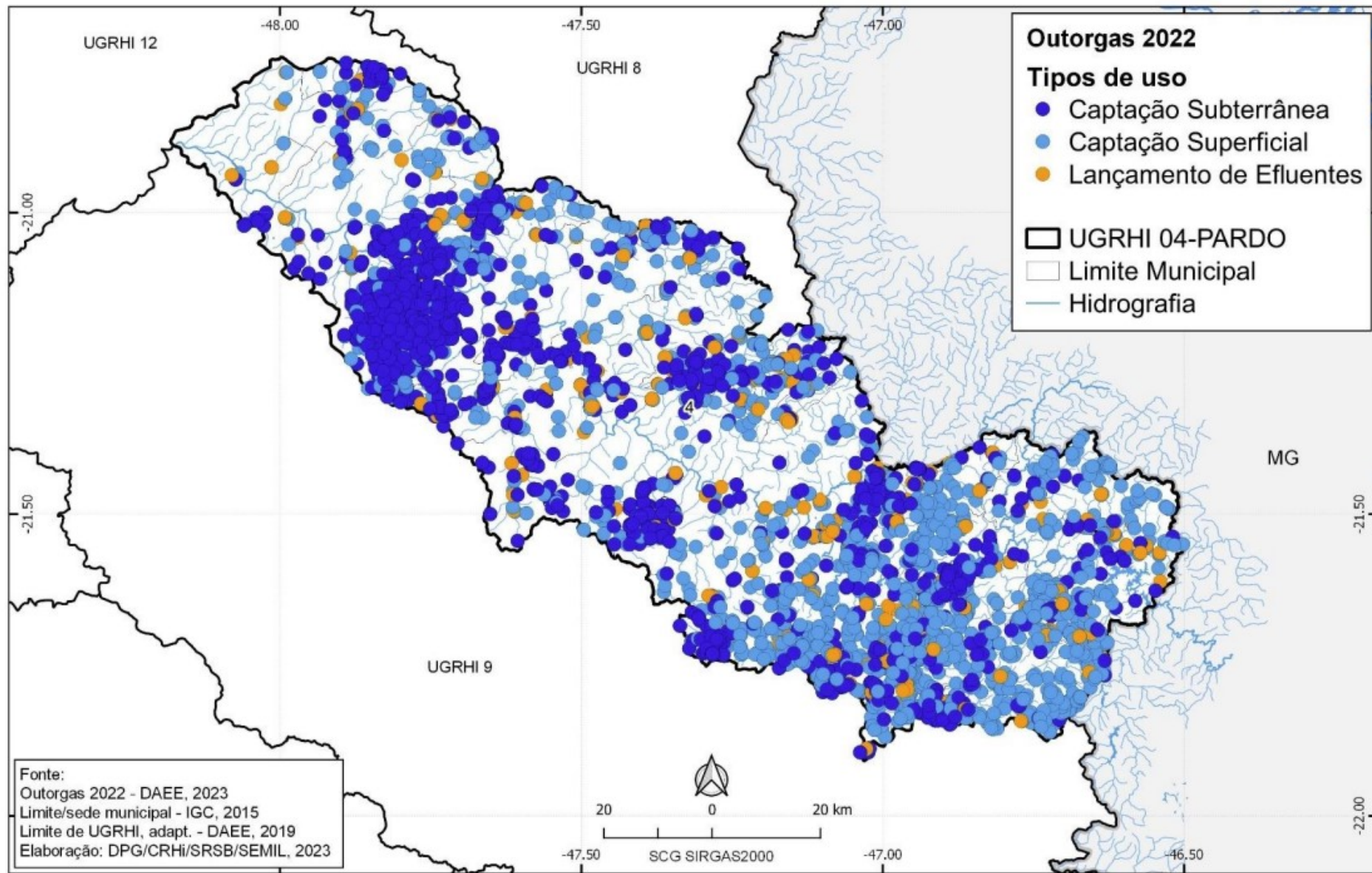
USO DA ÁGUA DO SAG PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO



Fonte: CRH, 2006 (Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004/2007)



CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA UGRHI PARDO



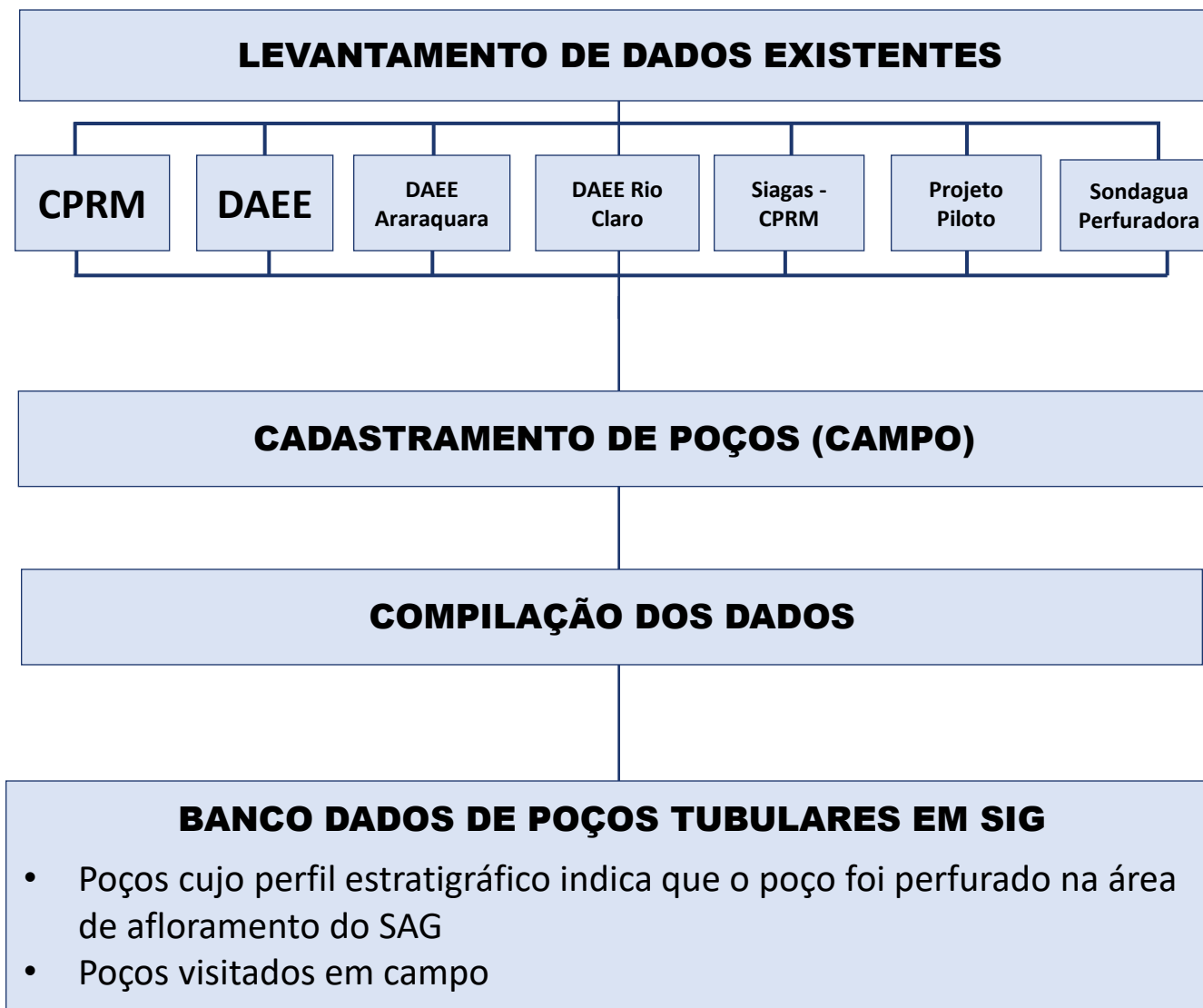
TERRITÓRIO

ANÁLISE

RESULTADOS



BANCO DE DADOS DE POÇOS TUBULARES

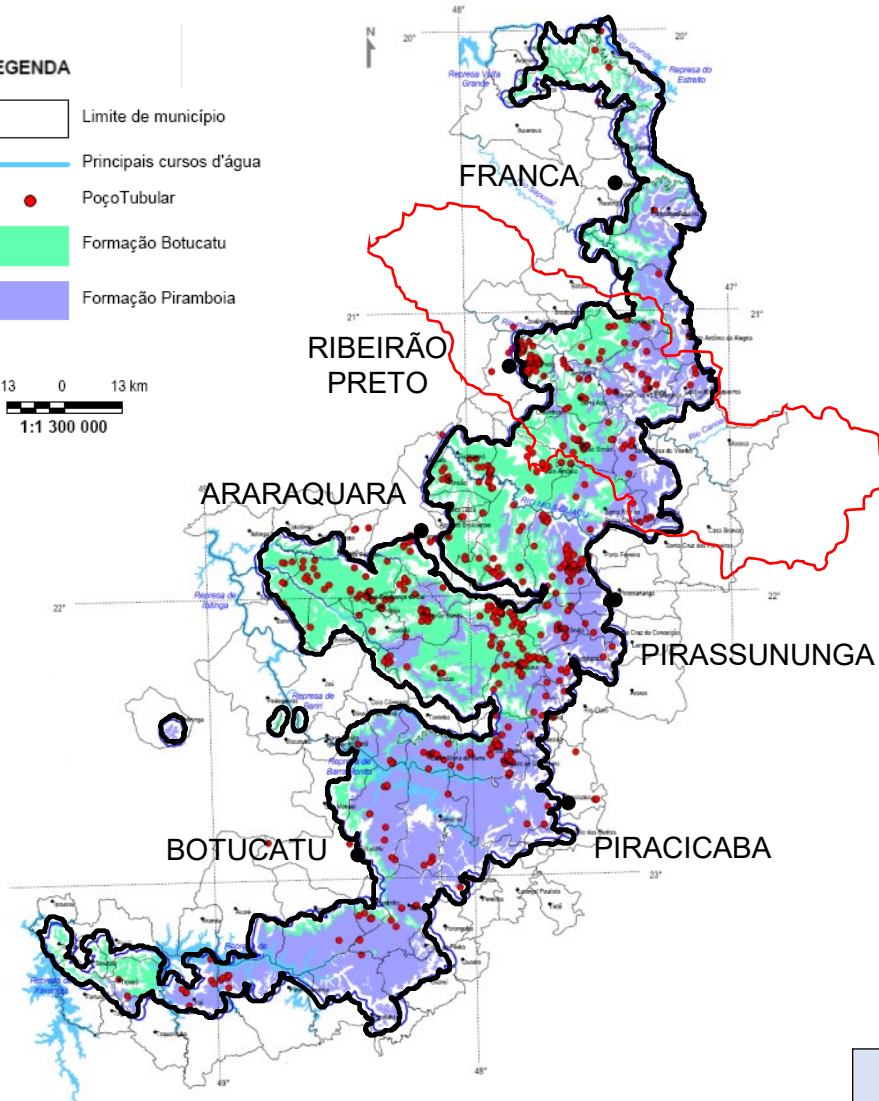


610 POÇOS TUBULARES

LEGENDA

- Limite de município
- Principais cursos d'água
- PoçoTubular
- Formação Botucatu
- Formação Piramboia

13 0 13 km
1:1 300 000

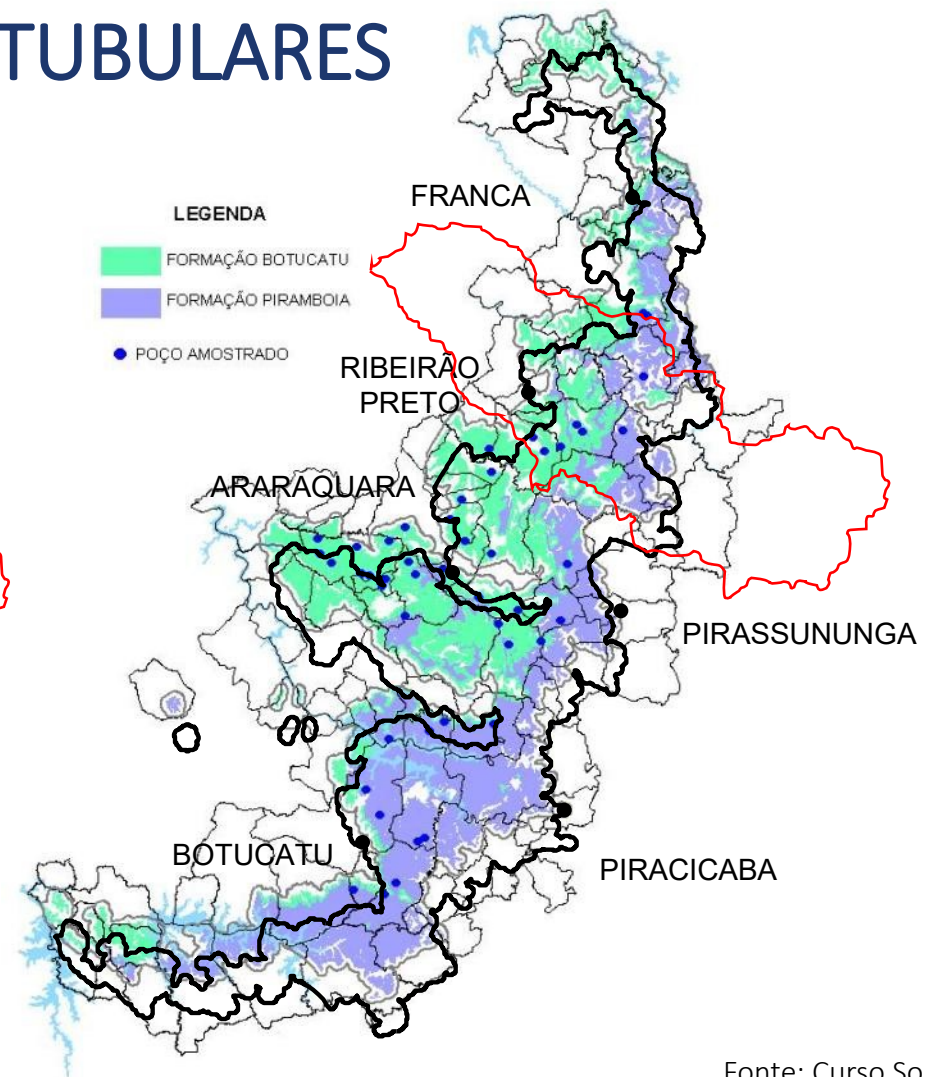


344 poços visitados

Regiões sem registro de poços
Poços antigos, sem informações completas

LEGENDA

- FORMAÇÃO BOTUCATU
- FORMAÇÃO PIRAMBOIA
- POÇO AMOSTRADO



49 poços amostrados

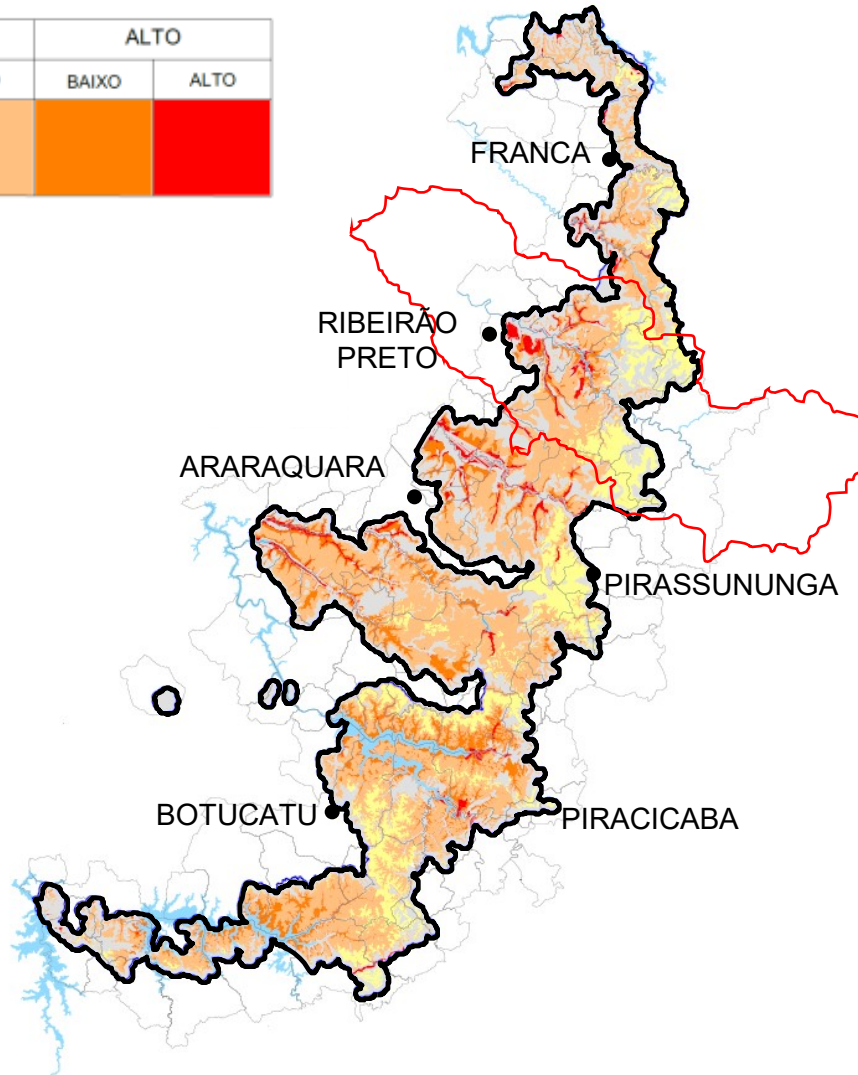
Situação geral: atende aos padrões de potabilidade
Alguns parâmetros anômalos: coliformes, ferro
Nova campanha de amostragem de nitrato

Fonte: Curso Sorocaba Médio Tietê
Albuquerque Filho (2023)

ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO GUARANI

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

NÃO DEFINIDO	MÉDIO		ALTO	
	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO



Método GOD:

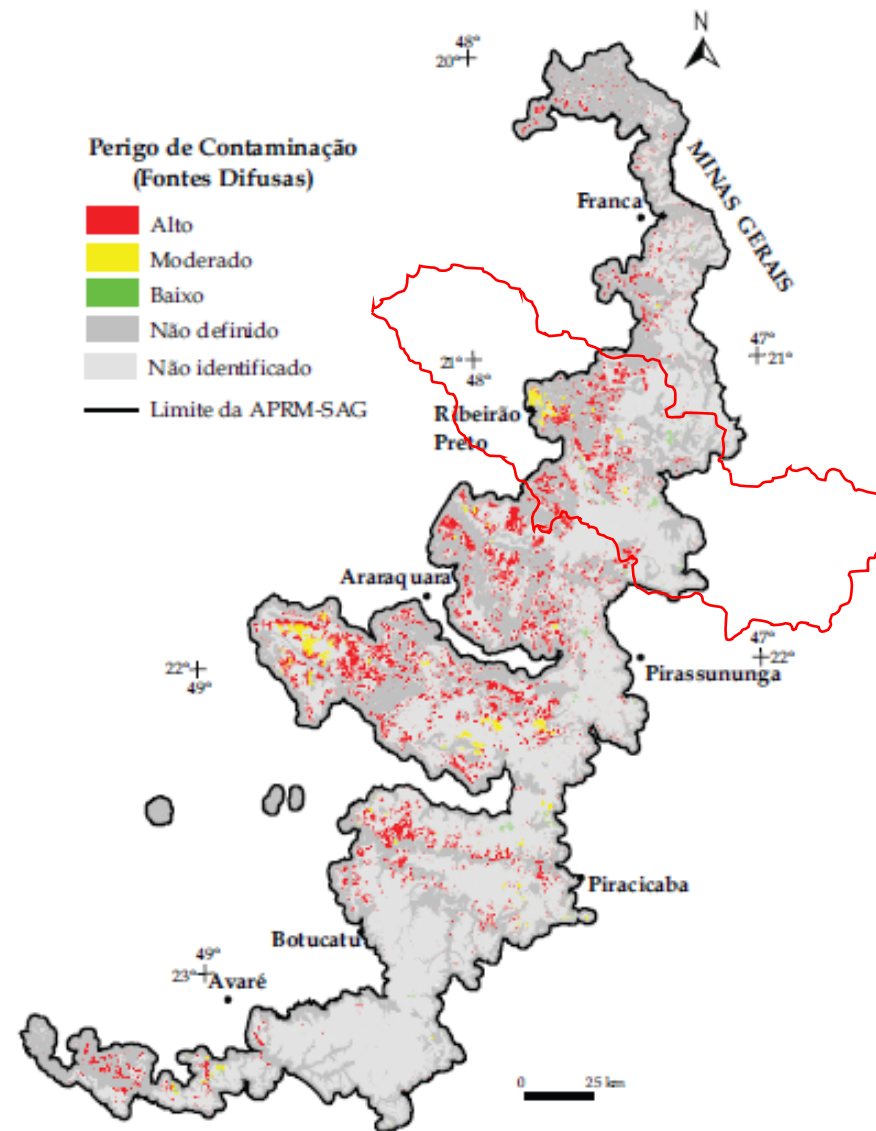
- Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea no aquífero em estudo (**G**);
- Ocorrência de estratos de cobertura, em termos da característica hidrogeológica e do grau de consolidação que determinam sua capacidade de atenuação do contaminante (**O**);
- Distância até o nível freático ou teto do aquífero confinado (**D**).

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade na área mapeada.

Área Mapeada	Classificação	% da área mapeada
SAG + Depósito Aluvionares	Alto-alto	7
	Alto-baixo	18
	Médio-alto	56
	Médio-baixo	19
	TOTAL	100

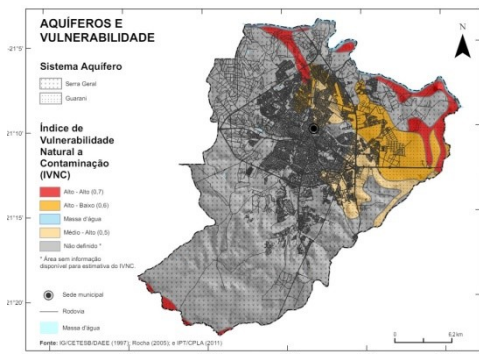
25%

PERIGO DE CONTAMINAÇÃO POR FONTES DIFUSAS

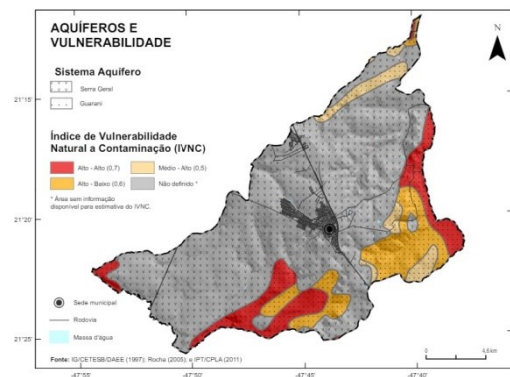


PERIGO DE CONTAMINAÇÃO	ÁREA
	(km²)
Alto	2.248
Moderado	281
Não Determinado	23.581
Total	26.110

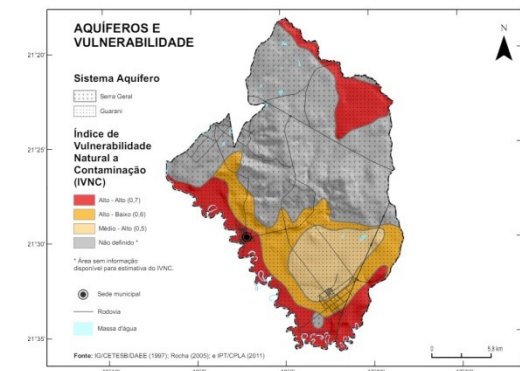
Ribeirão Preto



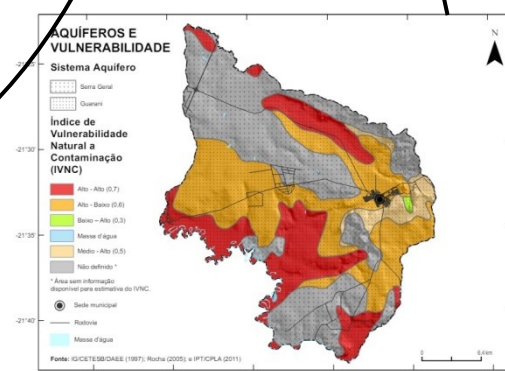
Cravinhos



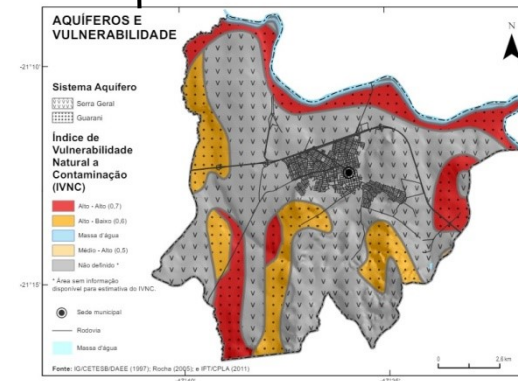
Guataporá



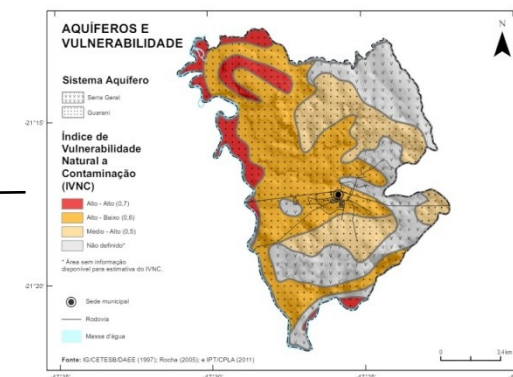
Luis Antônio



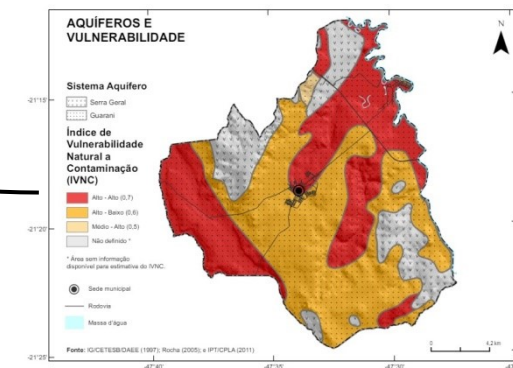
Serrana



Santa Cruz da Esperança

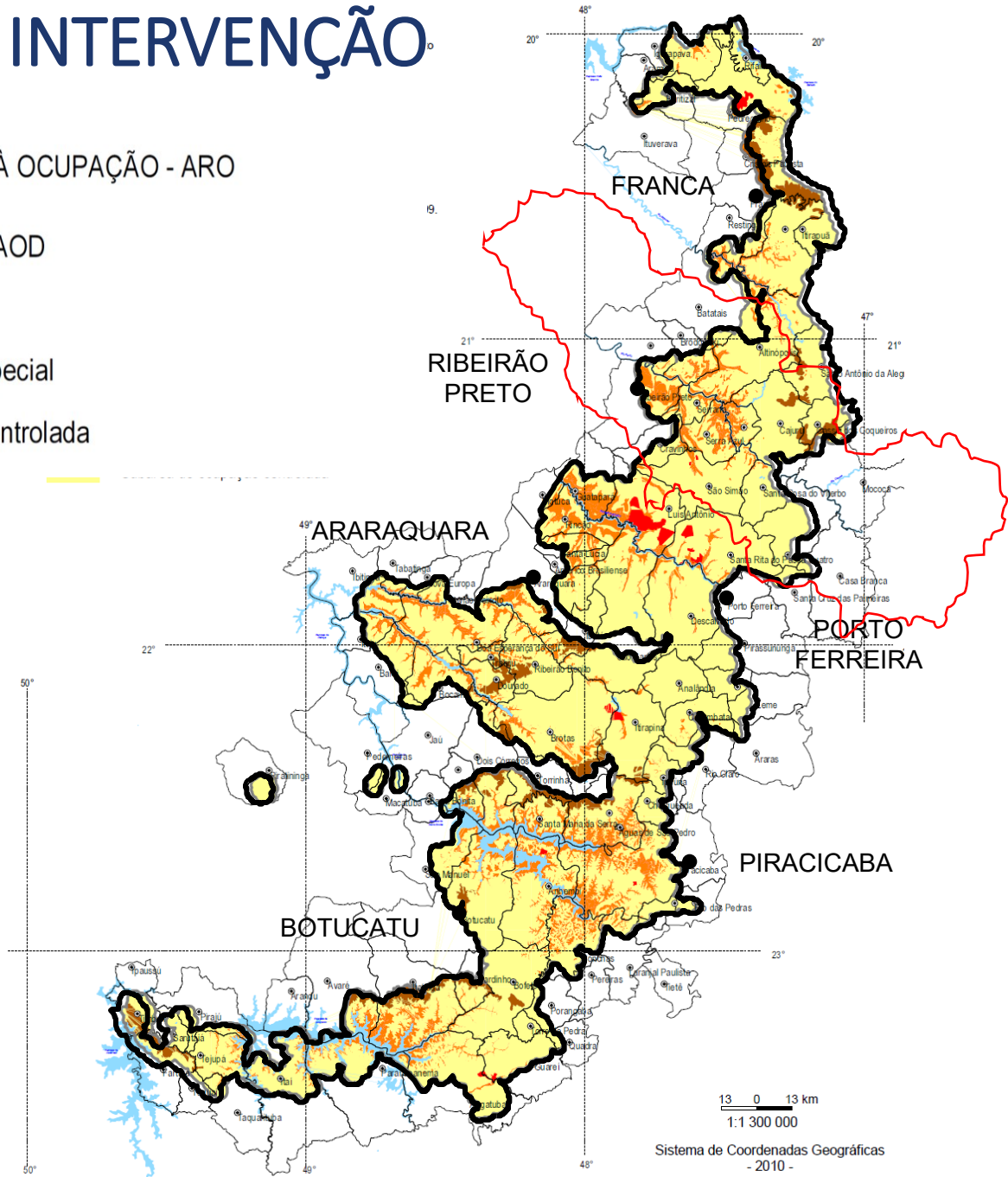


Serra Azul



CARTA DE ÁREAS DE INTERVENÇÃO

- ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO - ARO
- ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA - AOD
- Subárea de cuestras
- Subárea de proteção especial
- Subárea de ocupação controlada

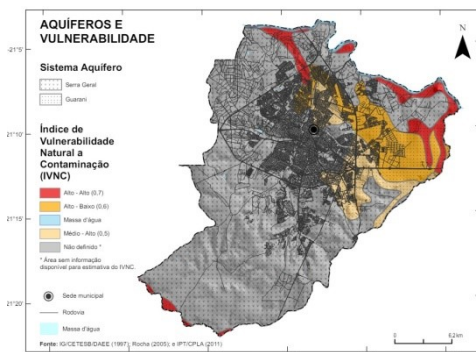


ÁREAS DE INTERVENÇÃO

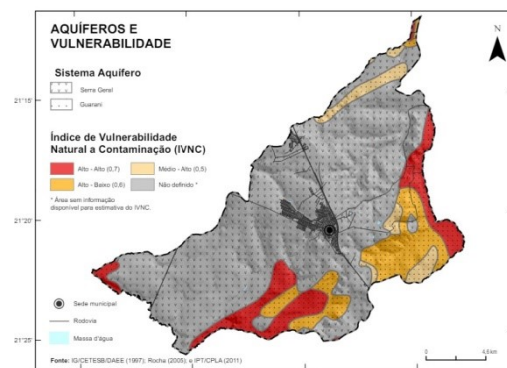
ÁREAS DE INTERVENÇÃO	DEFINIÇÃO	SUBÁREAS
ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO (ARO)	Essencial interesse para a proteção dos recursos hídricos destinados ao abastecimento público e à preservação, conservação, recuperação dos recursos naturais , e valorização das características cênico-paisagísticas	Não foram definidas
ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA (AOD)	De interesse para a consolidação ou implantação de usos urbanos ou rurais , condicionados a critérios que os compatibilizem com a necessária proteção das áreas vulneráveis e com a manutenção da recarga natural direta do Sistema Aquífero Guarani	Subárea de <i>cuestas</i>
		Subárea de proteção especial
		Subárea de ocupação controlada
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA) *	Usos e ocupações são incompatíveis com a proteção da área de afloramento do SAG e comprometem a quantidade ou a qualidade hídrica, exigindo intervenções de caráter corretivo	Não foram definidas

* áreas não representadas na escala do mapeamento realizado.

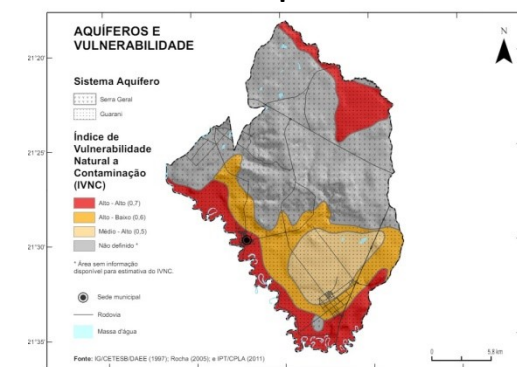
Ribeirão Preto



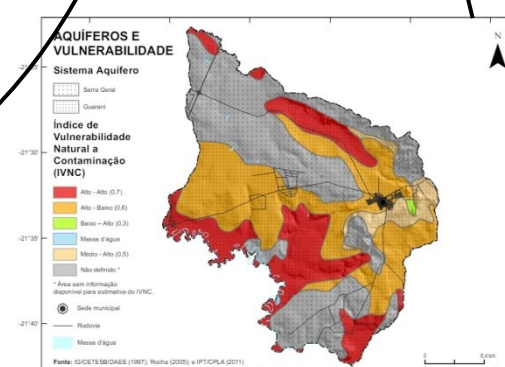
Cravinhos



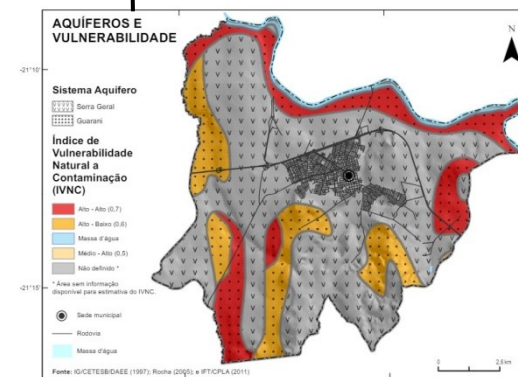
Guataporá



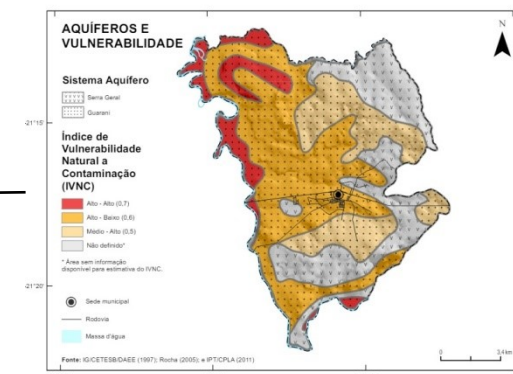
Luis Antônio



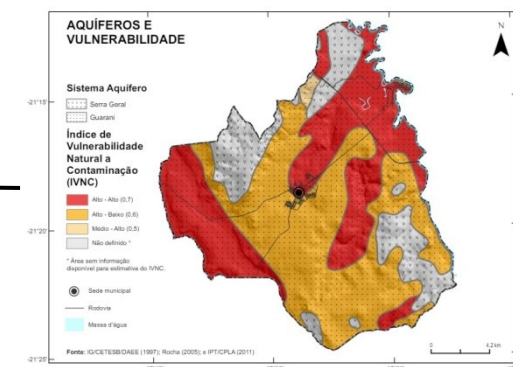
Serrana



Santa Cruz da Esperança

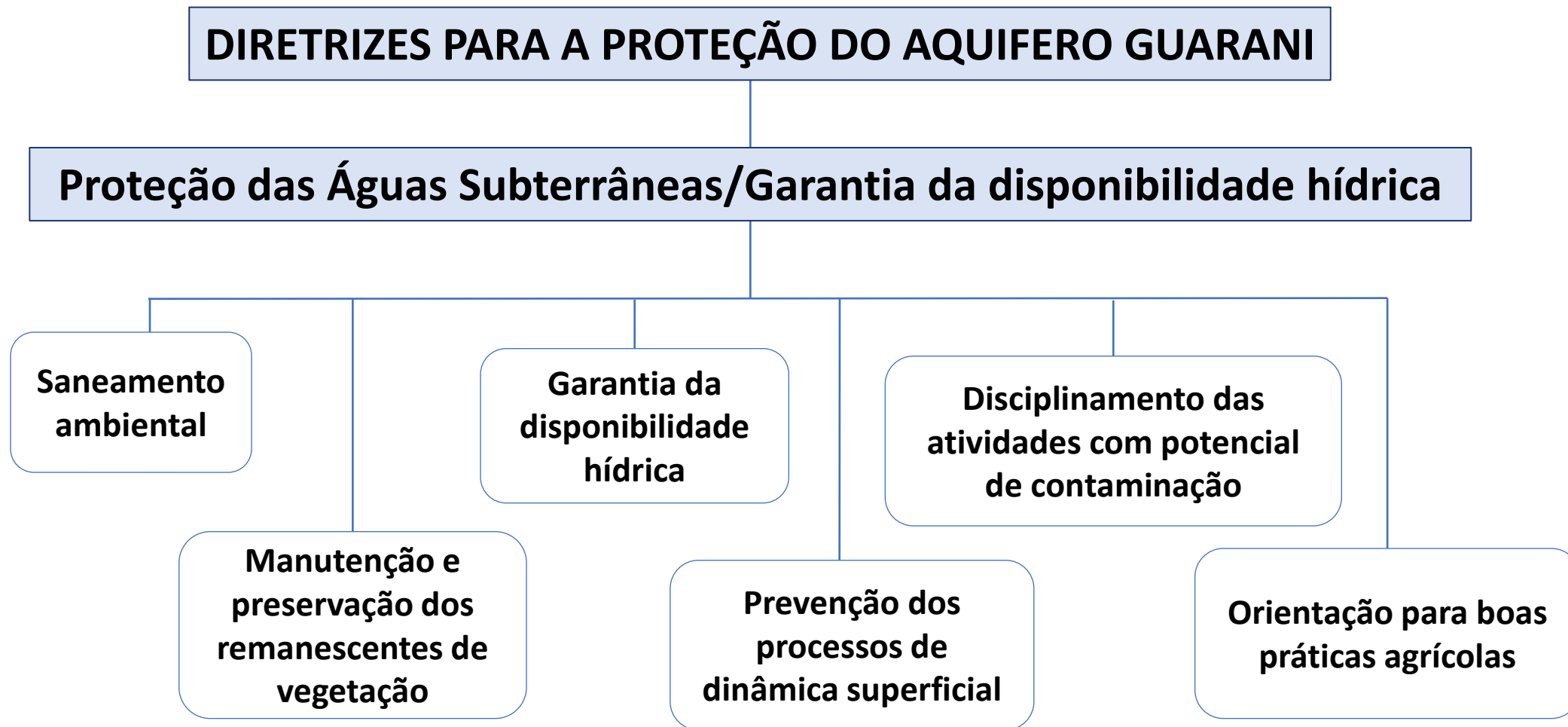


Serra Azul



DIRETRIZES DO PDPA-SAG

DIRETRIZES DO PDPA-SAG



DIRETRIZES PARA AS ÁREAS DE INTERVENÇÃO

Diretrizes para as Áreas de Intervenção		
ARO	São admitidos nas AROs somente: • atividades de recreação e lazer, educação ambiental e pesquisa científica • saneamento ambiental • intervenções de interesse social • manejo sustentável da vegetação	
AOD	SUBÁREA DE CUESTAS	I - impedir a ocupação ou continuidade de práticas que resultem na supressão da vegetação, notadamente nos locais de relevo acentuado II - Impedir ocupações que promovam processos de movimentação de massa
	SUBÁREA DE PROTEÇÃO ESPECIAL	I - proibir a implantação de indústrias de alto risco ambiental e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental ou de extrema periculosidade II - proibir as atividades agrícolas que utilizem produtos tóxicos de grande mobilidade e que possam colocar em risco as águas subterrâneas III - adotar medidas restritivas para garantir a qualidade das águas do SAG
	SUBÁREA DE OCUPAÇÃO CONTROLADA	• Atender as diretrizes gerais e, quando for o caso, atender as diretrizes mais restritivas
ARA	• Deve ser realizada a recuperação urbana e ambiental das áreas com uso incompatível ao estabelecido no PDPA	

DIRETRIZES DO PDPA SAG *VERSUS* PDCs

Diretrizes Gerais PDPA-SAG	Programas de Duração Continuada - PDCs	
	PDC	Subprograma
Diretrizes voltadas ao saneamento ambiental nas áreas rurais e urbanas	PDC 3	3.1 Esgotamento sanitário
	PDC 4	4.3 Proteção de mananciais de abastecimento público
Diretrizes voltadas à orientação das práticas agrícolas	PDC 1	1.2 Planejamento e gestão de recursos hídricos
	PDC 4	4.2 Soluções baseadas na natureza
	PDC 5	5.2 Racionalização de uso
Diretrizes visando à garantia da disponibilidade hídrica	PDC 1	1.2 Planejamento e gestão de recursos hídricos
	PDC 2	2.6 Gestão integrada dos recursos hídricos
Diretrizes voltadas à prevenção dos processos de dinâmica superficial	PDC 4	4.1 Controle de processos erosivos
Diretrizes visando o disciplinamento das atividades com potencial de contaminação do SAG	PDC 3	3.2 Áreas contaminadas e poluição difusa
	PDC 1	1.2 Planejamento e gestão de recursos hídricos
Diretrizes para a manutenção e preservação dos remanescentes vegetais	PDC 4	4.2 Soluções baseadas na natureza



BLOCO FINAL

CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES e DESAFIOS

PRÓXIMOS PASSOS SUGERIDOS



CONSIDERAÇÕES FINAIS: *CONCLUSÕES*

1. O Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (PDPA-SAG) **é o primeiro PDPA** desenvolvido no Estado de São Paulo visando à proteção de um manancial subterrâneo;
2. O PDPA buscará contribuir para um **novo modelo de gestão coordenada**, que se baseia no fortalecimento da articulação entre as ações do Estado, dos Municípios e dos Comitês de Bacia Hidrográfica inseridos na área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo, assim como com o CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos;

CONSIDERAÇÕES FINAIS: *CONCLUSÕES*

3. O mapeamento da **vulnerabilidade** à contaminação do SAG e do **perigo de contaminação** do SAG, assim como o mapa das **áreas de intervenção** são importantes ferramentas de gestão;
4. A experiência do mapeamento da vulnerabilidade na área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo **representa apenas parte da área de afloramento** do SAG no Brasil, devendo auxiliar os mapeamentos nas demais áreas;
5. Os referidos mapeamentos **devem servir de suporte para a tomada de decisão dos gestores** ambientais, dos recursos hídricos e do planejamento territorial e urbano, visando à prevenção da contaminação em áreas vulneráveis do SAG e auxiliando o direcionamento da ocupação territorial;

CONSIDERAÇÕES FINAIS: *RECOMENDAÇÕES*

1. **A caracterização do perigo de contaminação** demanda melhorias e avanços quanto a caracterização/mapeamento das fontes potenciais de contaminação (pontuais e difusas);
2. **Necessidade** de realização de **estudos detalhados** (ex: mapeamento geológico e hidrogeológico, estudos das propriedades e características físicas dos materiais que compõem o SAG, das propriedades hidrodinâmicas do aquífero, monitoramento da qualidade da água subterrânea, etc.);
3. **Necessidade** de se aprimorar os métodos de avaliação dos riscos/perigos de contaminação de fontes agrícolas, considerando-se variáveis pedológicas (classe, fase e textura Horizonte A; CTC; declividades; etc – Projeto Embrapa);
4. **Necessidade** de se discutir e implementar estratégias que possibilitem ampliar a quantidade de informações diretas de poços existentes na área de interesse;

CONSIDERAÇÕES FINAIS: *RECOMENDAÇÕES*

5. **Necessidade** de se aprimorar o mapa de uso e ocupação do solo existente, executando-se controle de campo compatível com a escala adotada;
6. **Integrar** resultados e proposta do PDPA aos PBHs (Planos de Bacia a ser elaborados/revisados/complementados, aqueles das UGRHs que abrigam área de afloramento do SAG, a partir das revisões e atualizações que deverão ser em breve efetuadas;
7. **Apoiar programas** educativos de divulgação, valorização e geoconservação do Aquífero Guarani na Região da Bacia do Pardo (tal como as iniciativas da SODERMA) e em outras regiões que incluem o SAG (tal como o MAGMA, na Região de Botucatu com o ProSAG).

CONSIDERAÇÕES FINAIS: *ALGUNS DESAFIOS À PROPOSIÇÃO*

1. **Primeira APRM** que envolve um aquífero e um grande número de municípios (107 municípios);
2. **Área territorial é extensa** e requer planejamento articulado para contornar conflitos;
3. Um cenário desejável a ser buscado com diretrizes, metas e programas para o uso e ocupação do solo deve ser diferenciado, conforme peculiaridades;
4. Está ocorrendo **aumento gradual na demanda de água do SAG** na região e, também, no potencial de alteração da qualidade das suas águas (fontes difusas);
5. **Complexa integração de variáveis** (recarga; demanda; população; poluição etc) em área extensa, para estabelecimento de cenários;
6. **Difícil seleção e obtenção de parâmetros** objetivos e mensuráveis para o monitoramento e controle dos efeitos dos processos de uso e ocupação;
7. **Dificuldades de padronização e atualização consistentes** de dados de poços, para subsidiar; e
8. **Complexa integração de órgãos** de várias instancias para proteção de aquíferos.

AÇÕES/PROJETOS QUE PODEM SER VINCULADAS ÀS RECOMENDAÇÕES

Nome do Empreendimento	Tomador	Agente Técnico
Estudo: O Sistema Aquífero Guarani: capacidade máxima, resiliência e sustentabilidade para o abastecimento público e privado de Ribeirão Preto - PRIMEIRA ETAPA	SECRETARIA DE AGUA E ESGOTO DE RIBEIRAO PRETO - SAERP	Consórcio
DESCOBRINDO AS ÁGUAS DO GUARANI CONHECER PARA CONSERVAR DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA E LIVRO DIGITAL COM CONTEÚDOS SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARDO	ASSOCIAÇÃO AMIGOS DO MEMORIAL DA CLASSE OPERÁRIO - UGT	CEA
GERENCIAMENTO DA EXPLOTAÇÃO DO AQUÍFERO GUARANI EM RIBEIRÃO PRETO - SP	FUNDAÇÃO PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA ADMINISTRAÇÃO CONTABILIDADE E ECONOMIA - FUNDACE	IPA
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI - ÁREA PILOTO RIBEIRÃO PRETO	FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGRÍCOLA - FUNDAG	DAEE
GEOLOGIA DE SUBSUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO	DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA	Consórcio

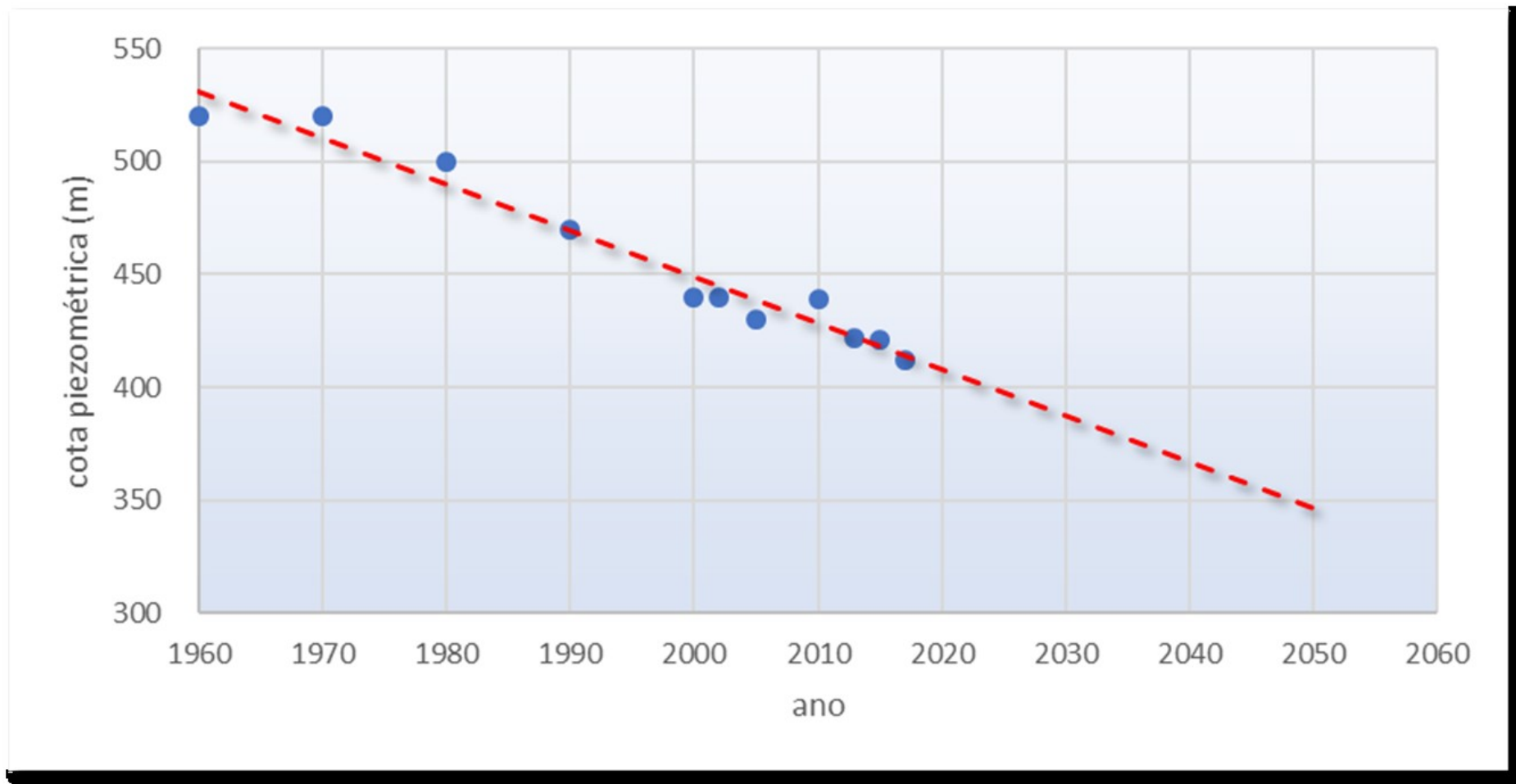
Fonte: CBH Pardo (2023)

AÇÕES PREVISTAS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO PA/PI 2024-2027

CBH Pardo

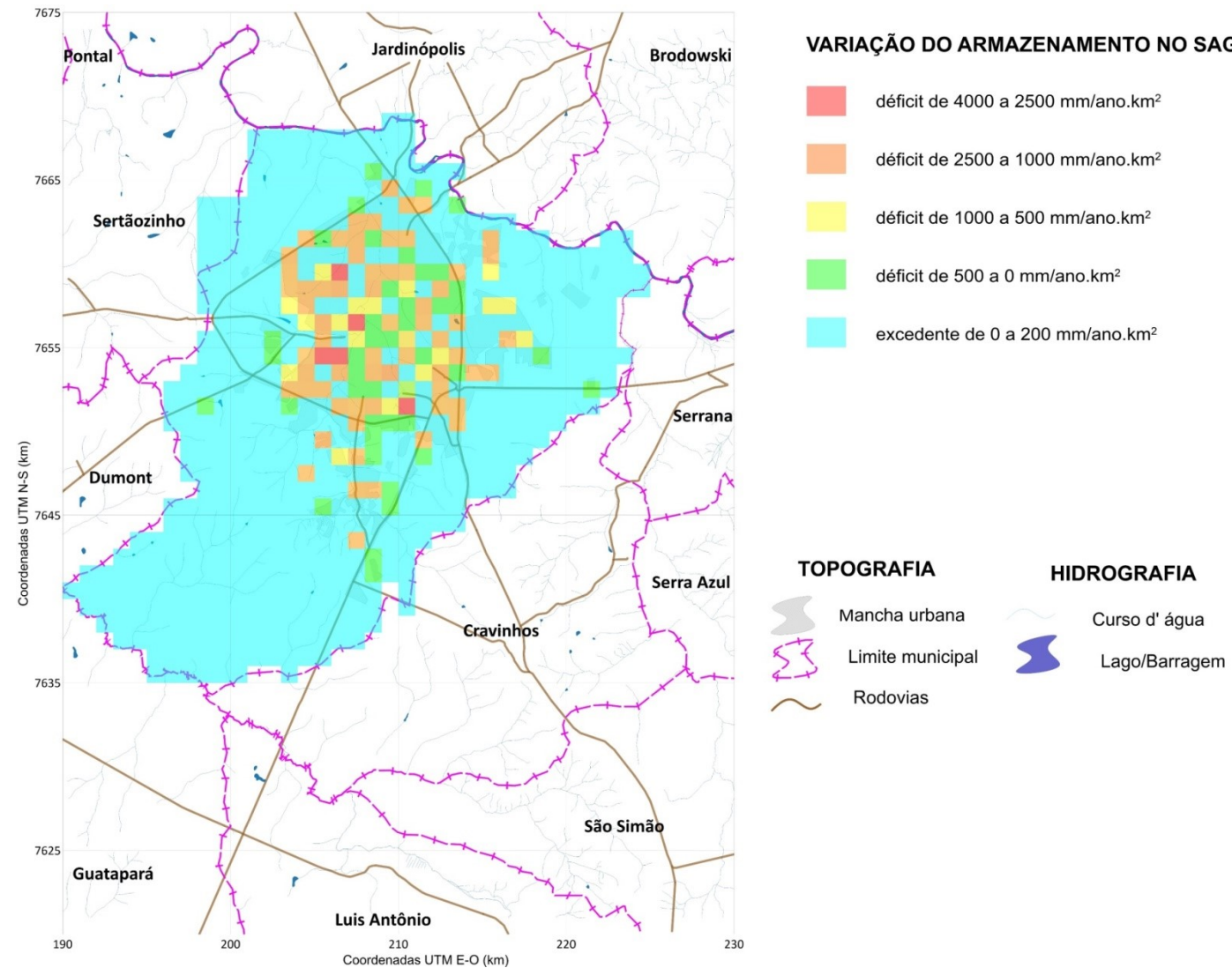
SubPDC	Ação	Área de abrangência	Segmento	TOTAL (R\$)	Fonte
2.5 - Redes de Monitoramento e Sistemas de informação sobre recursos hídricos	Promover a manutenção e a modernização da rede de monitoramento de qualidade das águas	UGRHI 04	Município	832.656,55	Cobrança Estadual
6.1 - Captação de recursos hídricos	Executar projetos, obras e serviços para captação e ou adução de recursos hidrícios subterrâneos do poço até o reservatório e ou superficiais do corpo d'água até o sistema de tratamento	Preferencialmente distritos municipais desprovidos de infraestrutura de abastecimento de água	A definir	325.493,01	Cobrança Estadual

ABATIMENTO PIEZOMÉTRICO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI EM RIBEIRÃO PRETO



Fonte:
Slide gentilmente cedido por Julio Cesar Arantes Perroni (Perroni, 2021)

VARIAÇÃO DO ARMAZENAMENTO NO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG) EM RIBEIRÃO PRETO



Fonte:
Slide gentilmente cedido por Julio Cesar Arantes Perroni (Perroni, 2021)

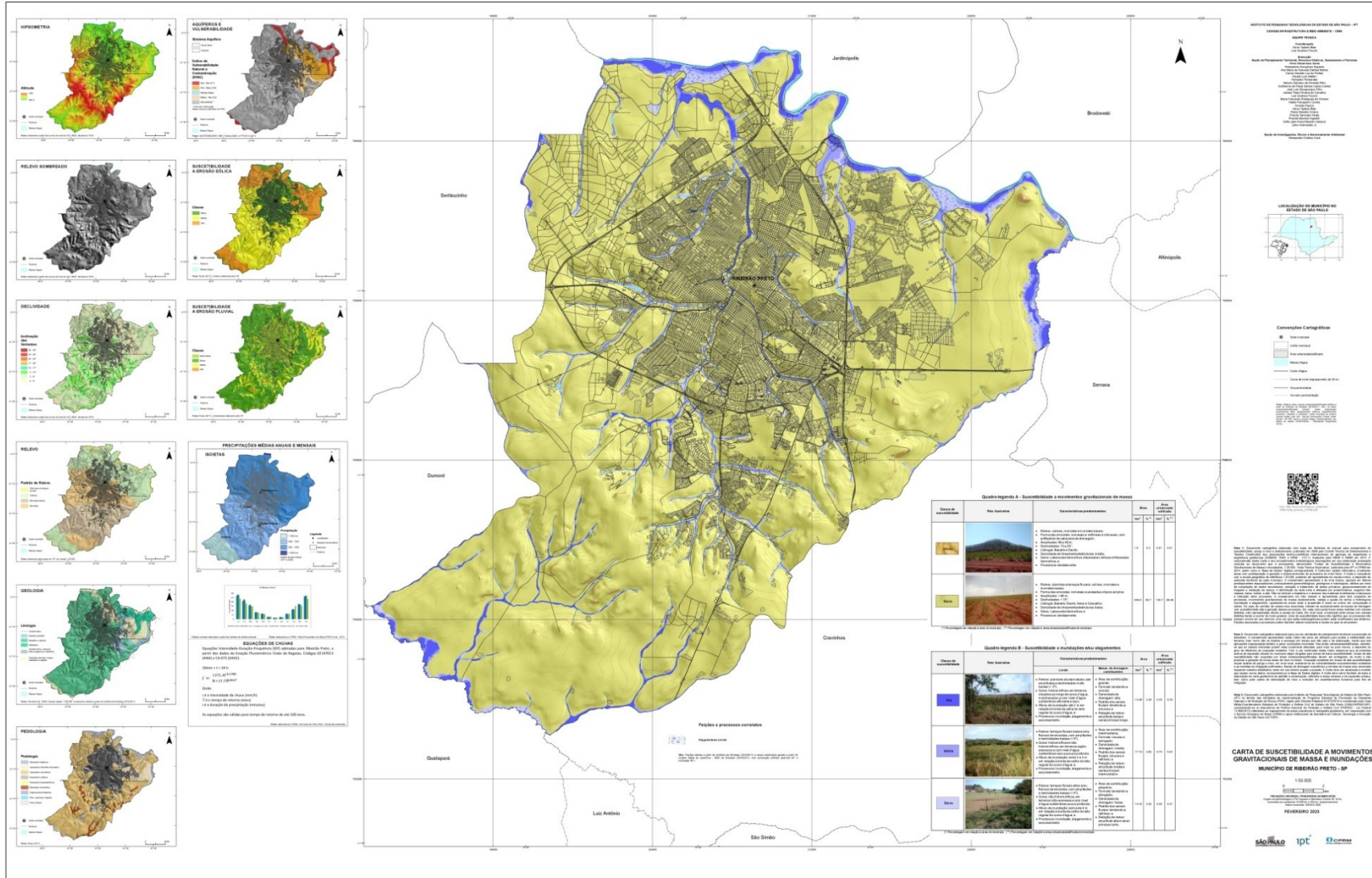
RECOMENDAÇÕES

PERRONI (AGOSTO 2021) E PERRONI et al. (2018)

- Monitoramento hidrogeoquímico na zona central: a preocupação é que o alívio acentuado de pressão poderá causar drenança ascendente de água;
- A avaliação da influência de áreas contaminadas e de corpos hídricos superficiais deverá considerar o perfil geológico e as características construtivas dos poços; e
- estruturação de um sistema municipal permanente de monitoramento piezométrico, de qualidade da água e dos volumes de água extraídos do Aquífero Guarani.

EXEMPLO DE ESTUDO QUE PODERÁ COLABORAR COM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA ÁREA DO SAG

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES EM 26 MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE RIBEIRÃO PRETO (IPT, MARÇO DE 2023)



Obrigado!

José Luiz Albuquerque Filho – Dr - Hidrogeólogo

Hemily Julia Barros Bernardo – Cientista Ambiental



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

www.ipt.br

