

Nº 178898

Aquífero Guarani e águas subterrâneas no Estado de São Paulo

José Luiz Albuquerque Filho

*Palestra apresentada no SEMINÁRIO
“ÁGUA: NOSSO BEM MAIS PRECIOSO”,
2024, on-line. 25 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

Aprofundando conhecimentos e promovendo a preservação das águas

Aquífero Guarani e águas subterrâneas no Estado de São Paulo

“Conheça a importância e os desafios na preservação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo”

Data: 15/03/2024 (sexta-feira)

Horário: 11:00 as 12:30

Trasmissão *online*

JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO (albuzelu@ipt.br)

Hidrogeólogo, Pesquisador da Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas (SPRSF) da Área de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Base das informações desta apresentação:
Projeto desenvolvido no Sistema Aquífero
Guarani – SAG

Titulo: “*Diagnóstico ambiental para subsídio ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da área 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

SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil

IG – Instituto Geológico (SMA/SP : atual *IPA – Instituto de Pesquisas Ambientais da SEMIL/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

PRESSUPOSTOS 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

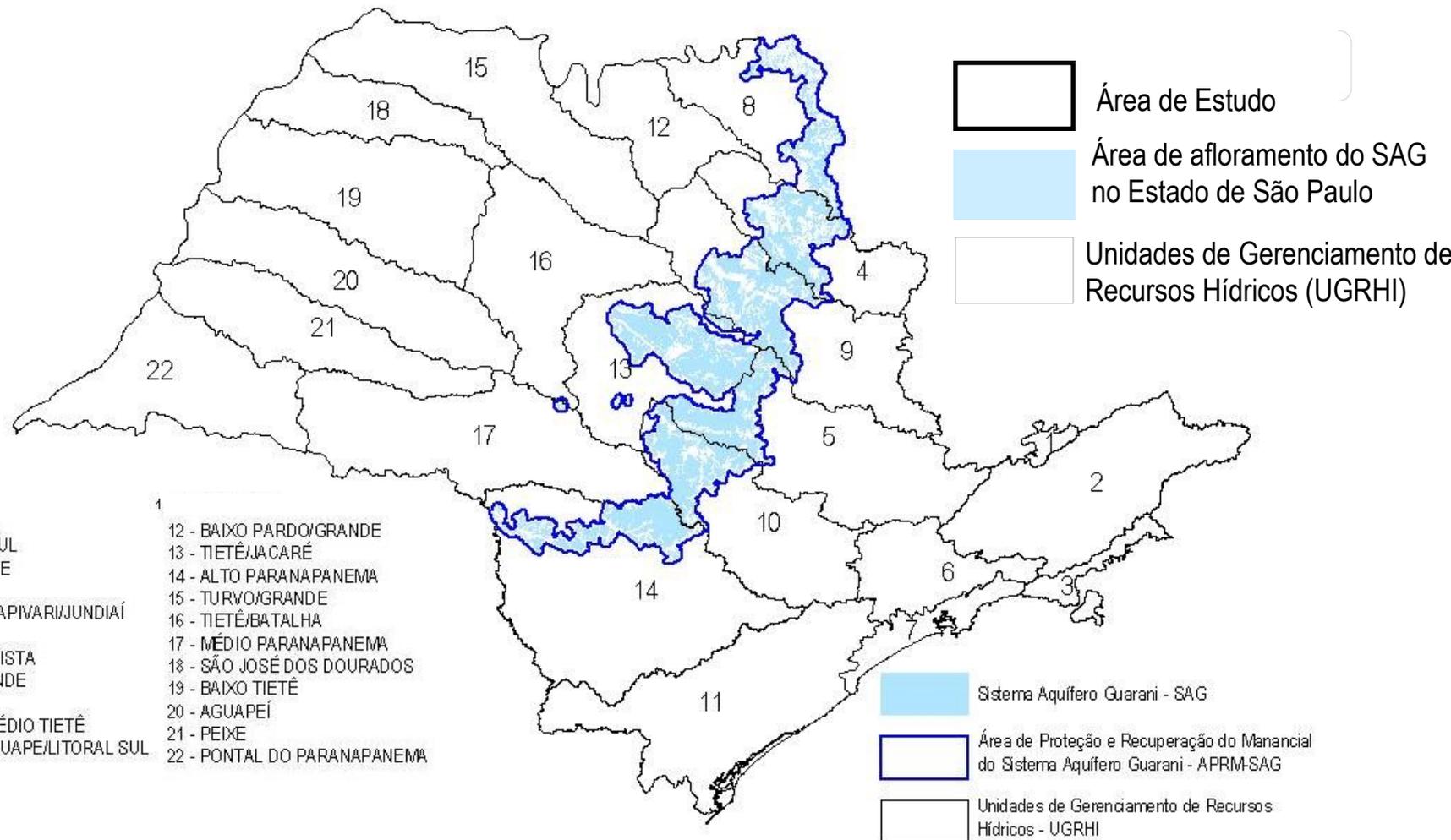
Título do Projeto

Diagnóstico ambiental para subsídio ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do sistema aquífero guarani no estado de São Paulo – PDPA-SAG

Objetivos do Projeto

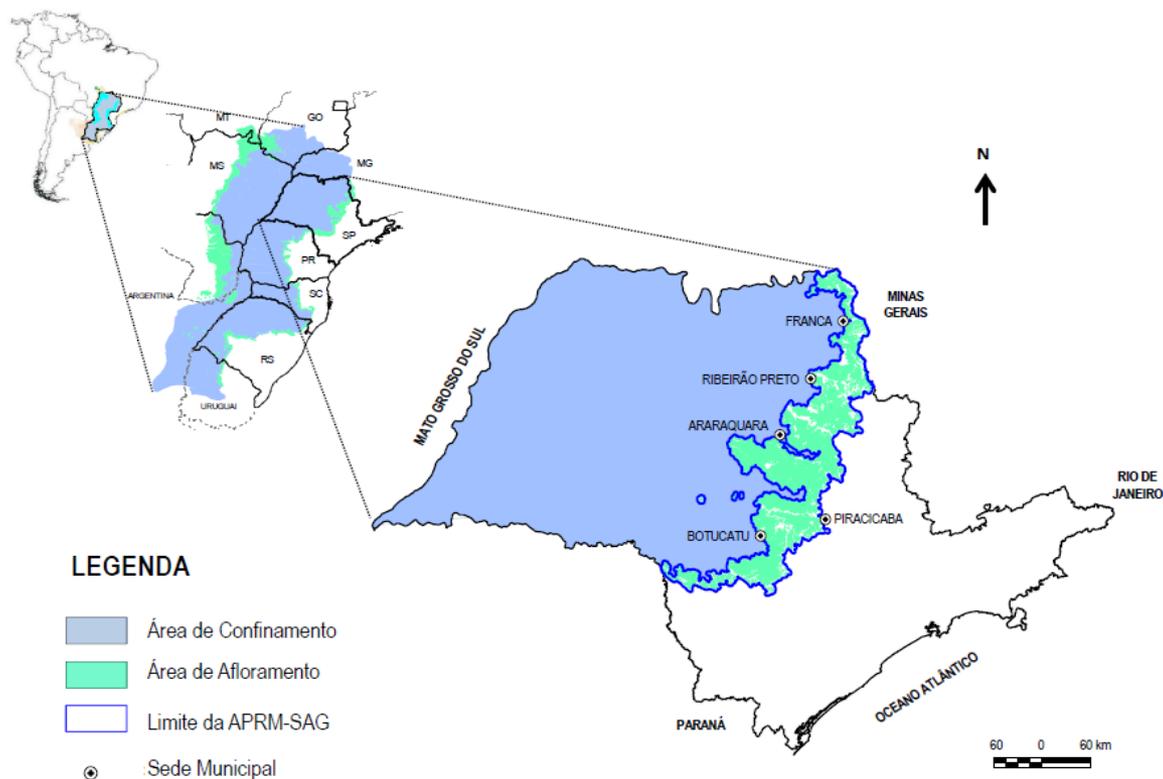
1. Preservar, conservar e recuperar o SAG
2. Promover a gestão participativa
3. Ações de preservação e proteção com o uso e ocupação do solo
4. Ações de preservação e proteção com o desenvolvimento socioeconômico
4. Descentralizar o planejamento e a gestão do SAG
5. Integrar os programas e políticas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

ABRANGÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO NAS UGRHIS DO SISTEMA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PAULISTA



Área de estudo: *buffer* de 2,0 km no entorno da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo.

ÁREA DE ESTUDO



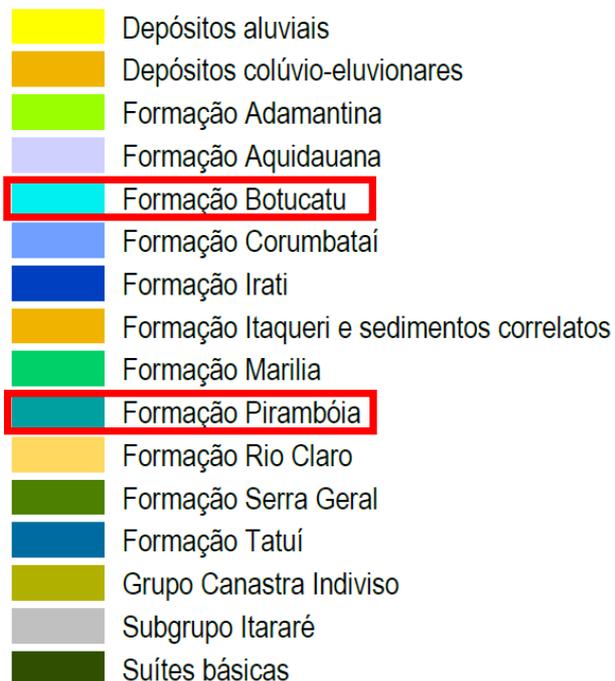
Breve “Ficha Técnica” do SAG

(destacando alguns aspectos):

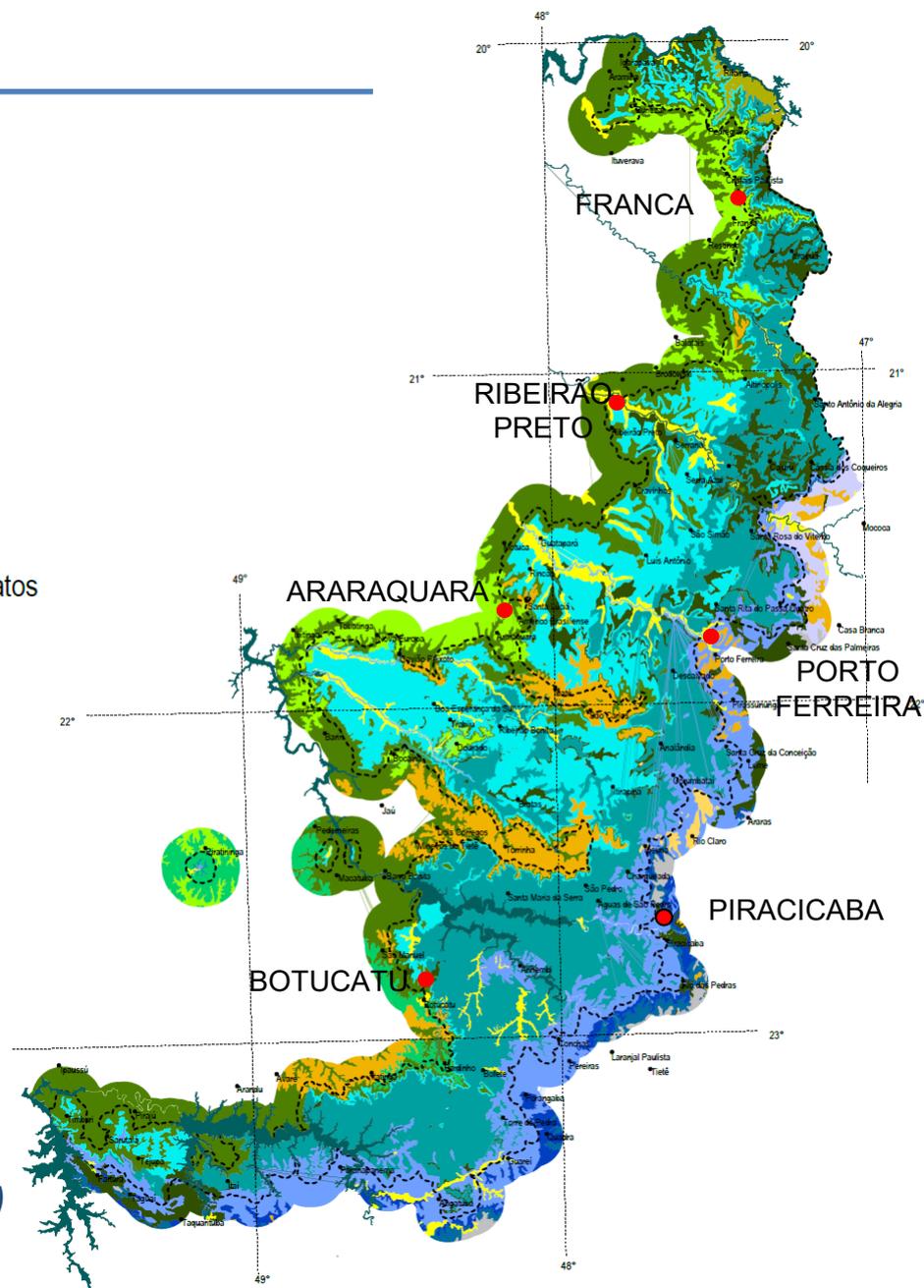
- ✓ Um dos maiores do mundo (4 países; 1.087.879 km²)
- ✓ No Brasil: oito estados (839.800 km²)
- ✓ É o maior do Estado de São Paulo (143.000 km²)
- ✓ Em SP maior porção é confinada e 15.000 km² é livre
- ✓ Crescente utilização para usos urbanos e agrícolas
- ✓ Mais de 100 mun. usam água (Rib.Preto, S.J.R.Preto, etc)
- ✓ Mais de 100 municípios paulistas utilizam SAG, entre outros: Ribeirão Preto (100%); Araraquara (50%); São Carlos (50%); e São José do Rio Preto (40%)
- ✓ Área de Estudo (Proposta de APRM): 26.100 km²
- ✓ Inclui área de 105 municípios (total ou parcial de cada)
- ✓ 7 UGRHs (unidades de gestão paulistas - rec. hídricos)

A ÁREA COM ENTORNO CONSIDERADO

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS (UNESP - 1:250 000)



- *Mapa Geológico*
- *Escala 1:250.000*
- *Fonte: Modificado de DAAE/Unesp (1980) (convenio)*



TERRITÓRIO

ÁREA DE ESTUDO



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

MEIO FÍSICO	MEIO SOCIOECONÔMICO	ÁREAS PROTEGIDAS
-------------	---------------------	------------------



BANCO DE POÇOS TUBULARES

CONSULTA	CADASTRO EM CAMPO	ACCESS / SIG
----------	-------------------	--------------



AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E QUALIDADE

DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
-----------------	-----------



AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTA MINAÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI

ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO	AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO
--	---



IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FRÁGEIS E VULNERÁVEIS

DIRETRIZES GERAIS PARA A PROTEÇÃO DA ÁREA	PROGRAMAS INTEGRADOS
---	----------------------

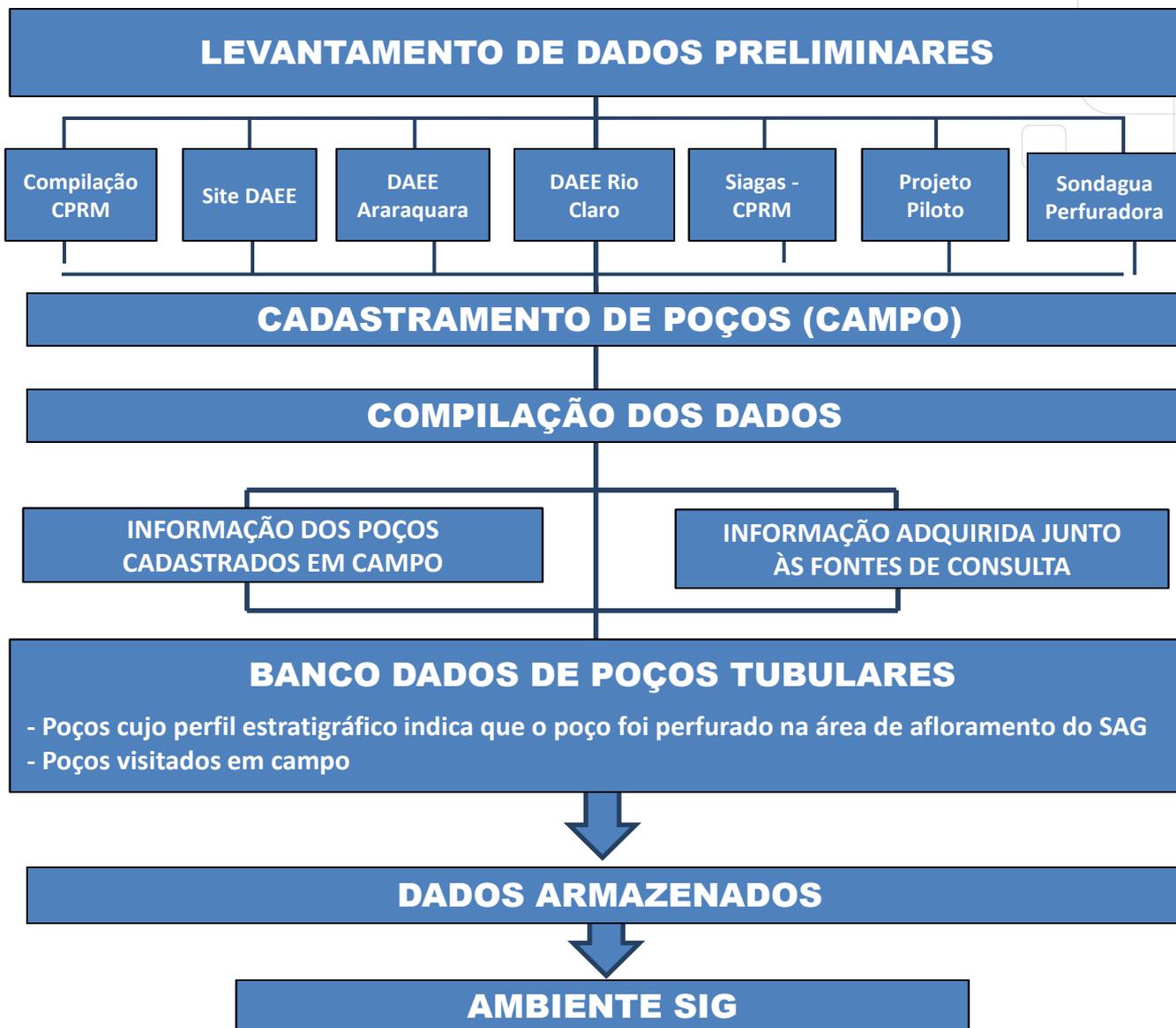
ANÁLISE

RESULTADOS

P
D
P
A
S
A
G



BANCO DE DADOS DE POÇOS TUBULARES

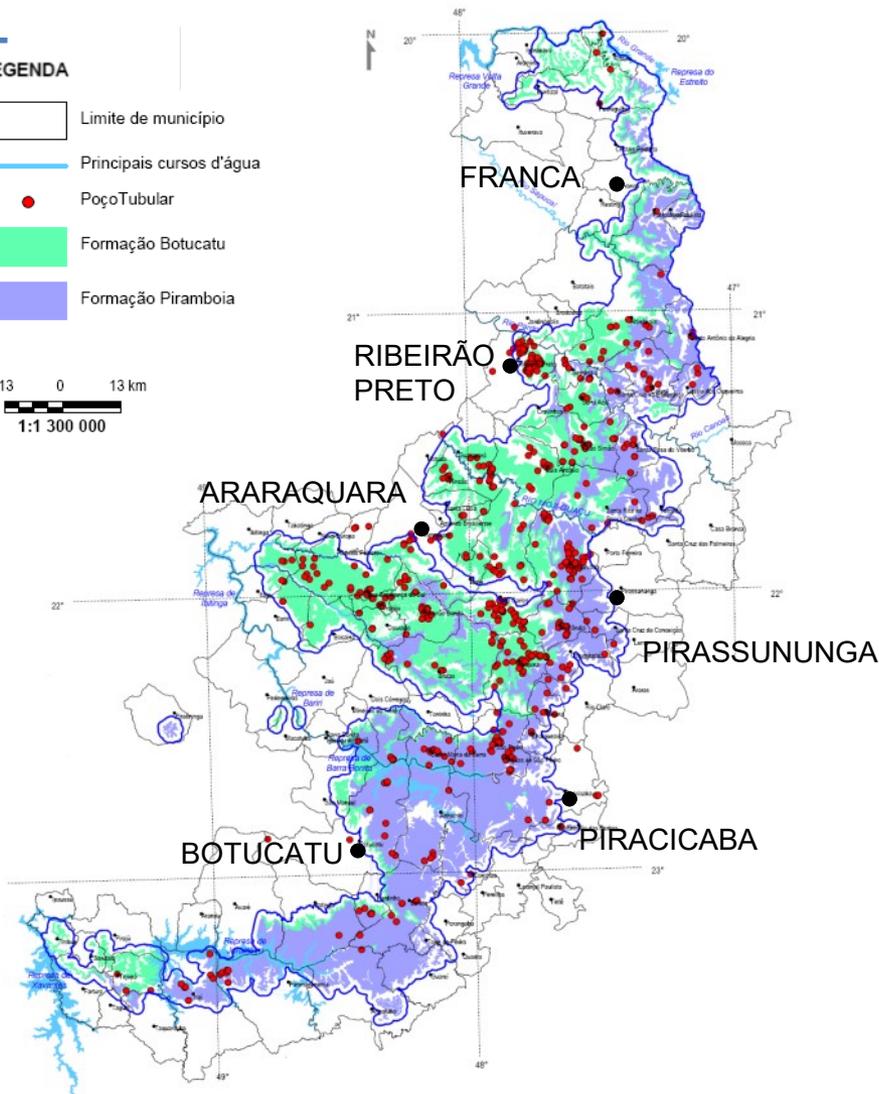


POÇOS TUBULARES

LEGENDA

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

13 0 13 km
1:1 300 000



610 poços tubulares

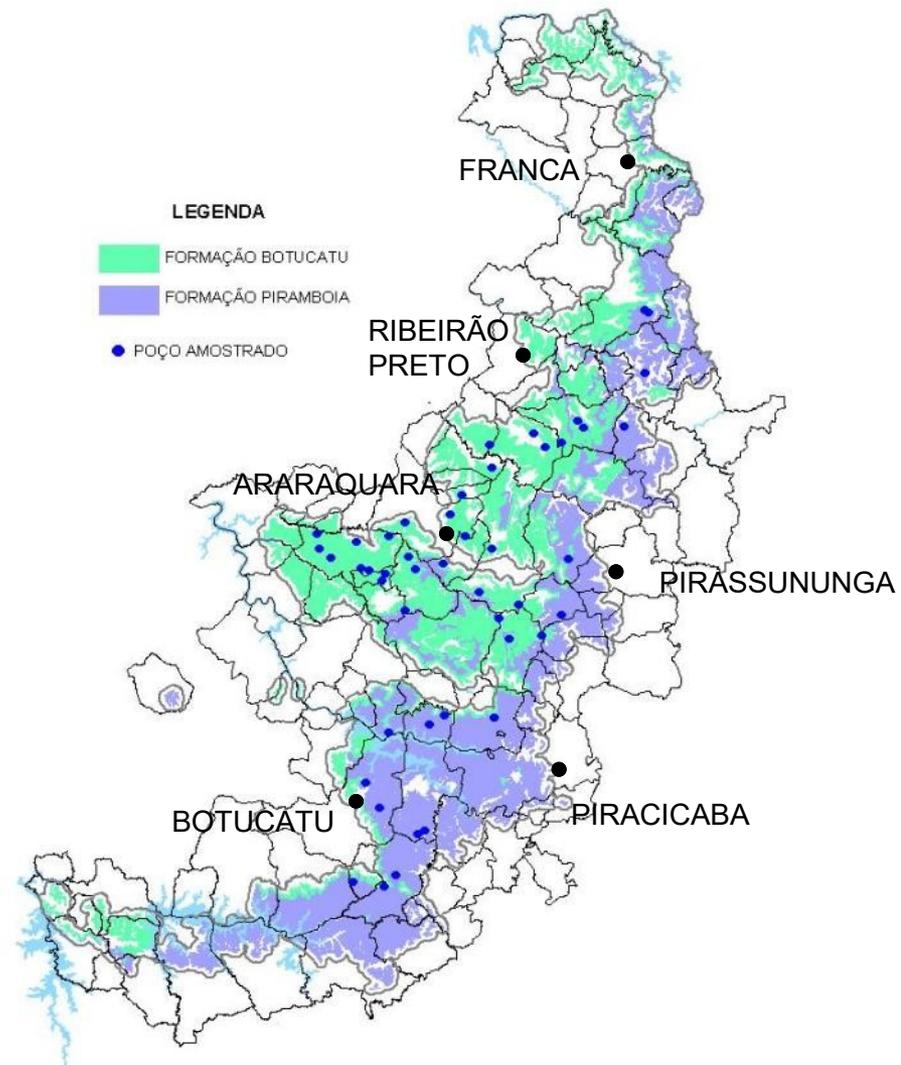
344 poços visitados

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

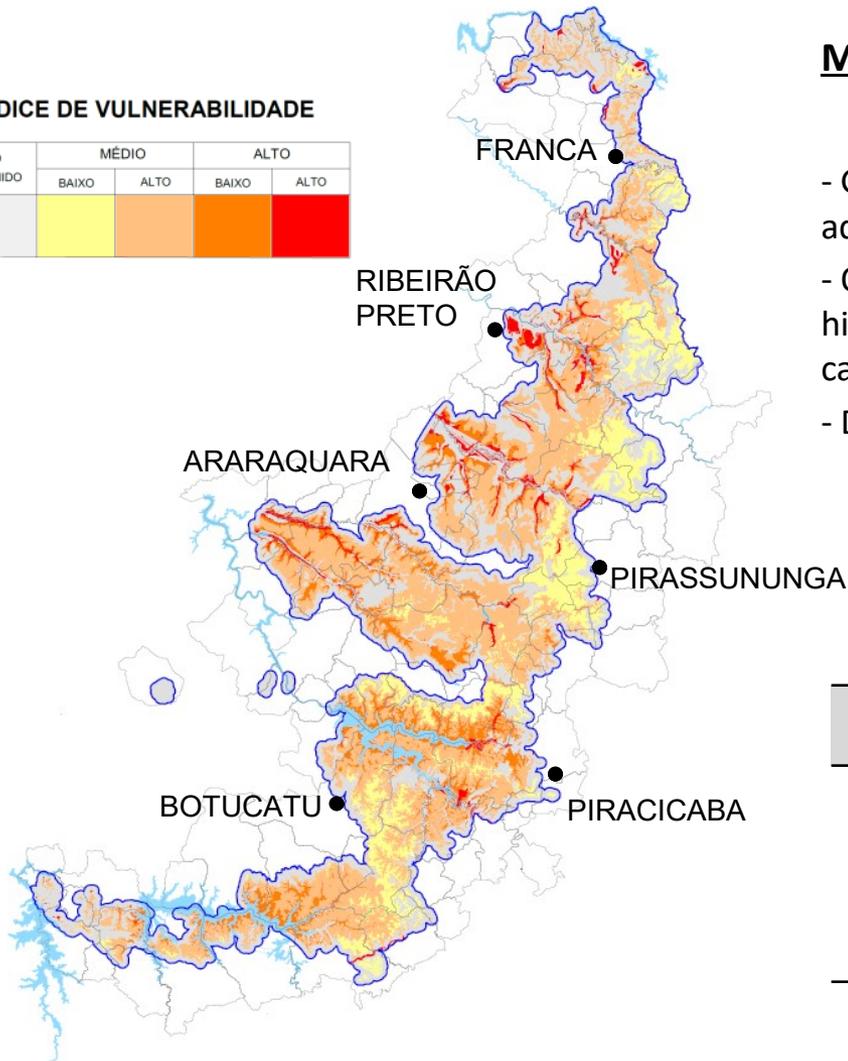
Alguns parâmetros anômalos: coliformes, ferro

Nova campanha de amostragem de nitrato

ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO SAG

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%

UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO

AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO SAG

Probabilidade de que a água subterrânea atinja níveis inaceitáveis de contaminação.

MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE NATURAL

+

CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO

=

MAPEAMENTO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO SAG

OBSERVAÇÃO:

O termo “perigo de contaminação da água subterrânea” tem o mesmo significado que “risco de contaminação da água subterrânea” comumente utilizado por vários outros autores. Foi proposta por Foster *et. al.* (2006) a mudança de terminologia para adequar-se àquela utilizada por outras áreas de avaliação de riscos a ecossistemas e à saúde humana e animal, onde “risco” é definido como o produto de “perigo vezes escala do impacto”

CLASSIFICAÇÃO DE FONTES PONTUAIS

Cada atividade é associada a tipos específicos de contaminantes, representando, portanto, uma maior ou menor ameaça às águas subterrâneas.

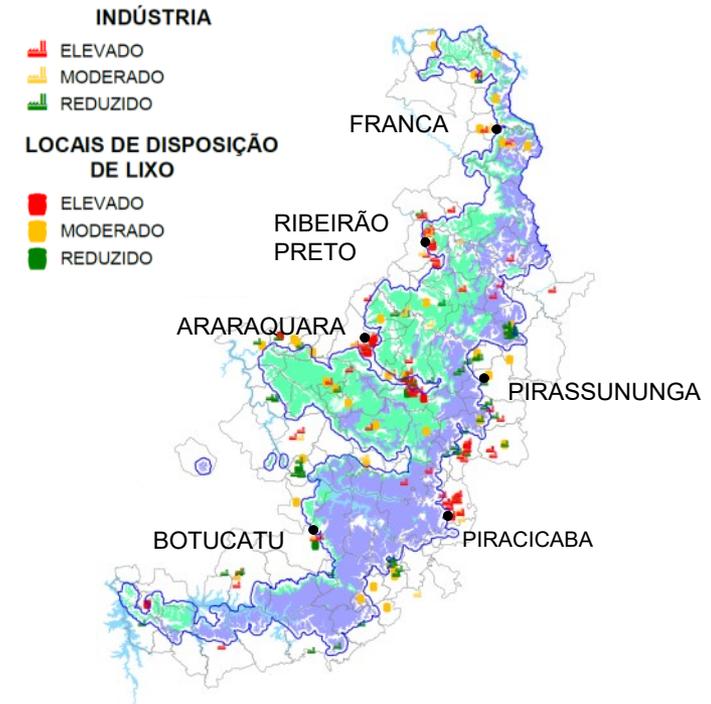
Potencial de carga contaminante	Fonte Pontual de Contaminação		
	Deposição de resíduos sólidos*	Outras (urbanas)	Áreas Industriais**
Elevado	Lixões, aterros controlados e locais de disposição de resíduos sólidos de origem desconhecida	-	Processamento de metais; engenharia mecânica; refinarias de gás e petróleo; produtos plásticos; produtos químicos orgânicos e inorgânicos; farmacêuticos; curtume; pesticidas e elétricos e eletrônicos.
Moderado	Aterro Sanitário e aterros em vala	Postos de gasolina	Ferro e aço; metais não-ferrosos; artefatos de borracha; papel e celulose; sabão e detergente; têxteis; fertilizantes; açúcar e álcool e usina termoeletrica.
Reduzido	Aterro de resíduos inertes	-	Minerais não metálicos; madeira e alimentos e bebidas.

* Critérios definidos pelo IPT e pelo GAT

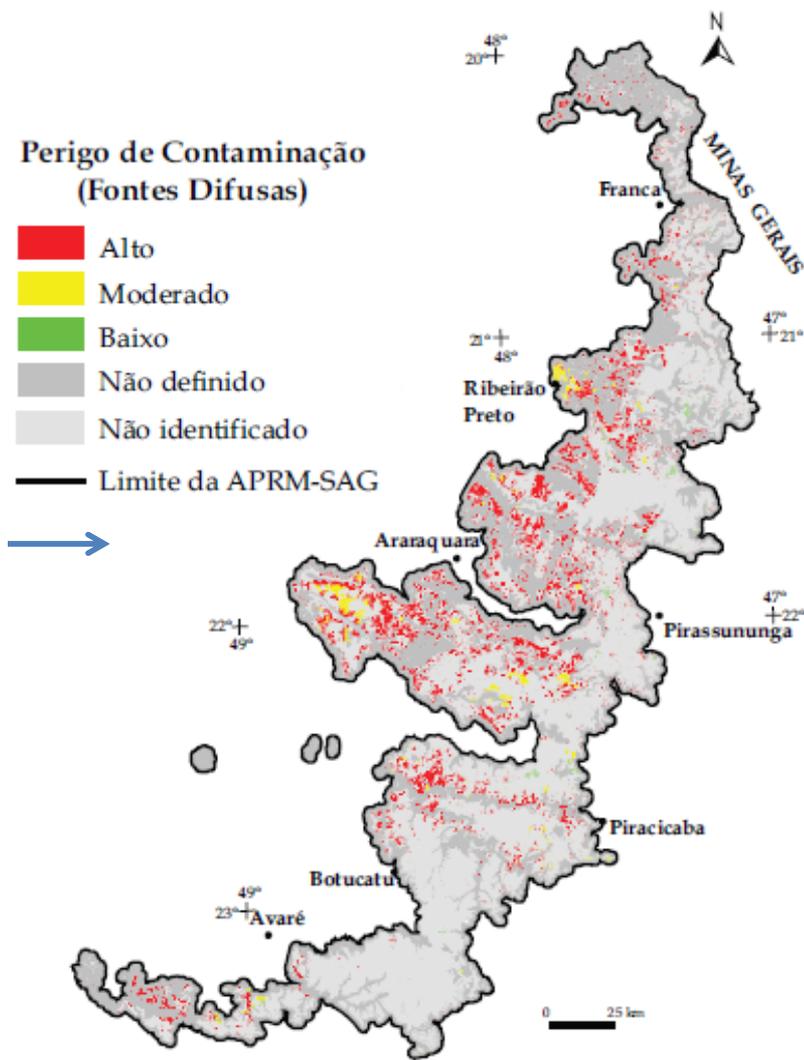
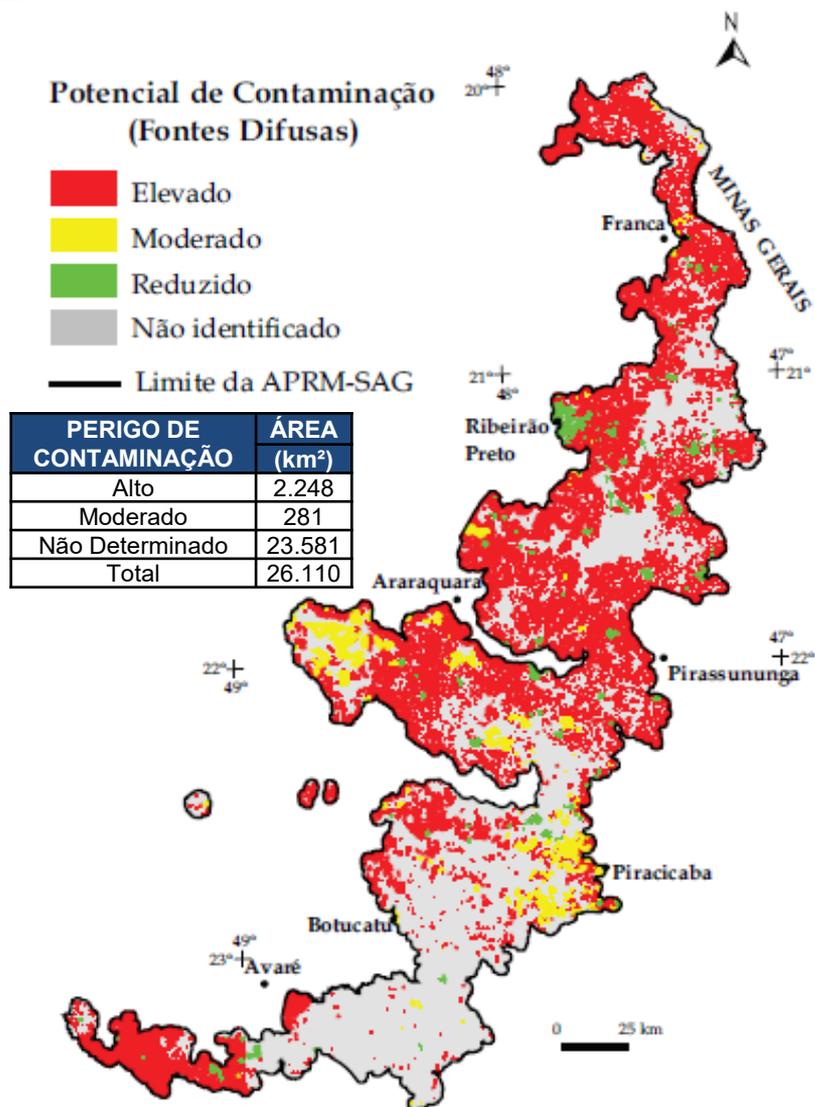
** Método POSH (Fonte: FOSTER *et al.*, 2006)

Método para a classificação das fontes pontuais de contaminação na APRM-SAG.

FONTES POTENCIAIS PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO



PERIGO DE CONTAMINAÇÃO POR FONTES DIFUSAS



CARTA DE ÁREAS DE INTERVENÇÃO

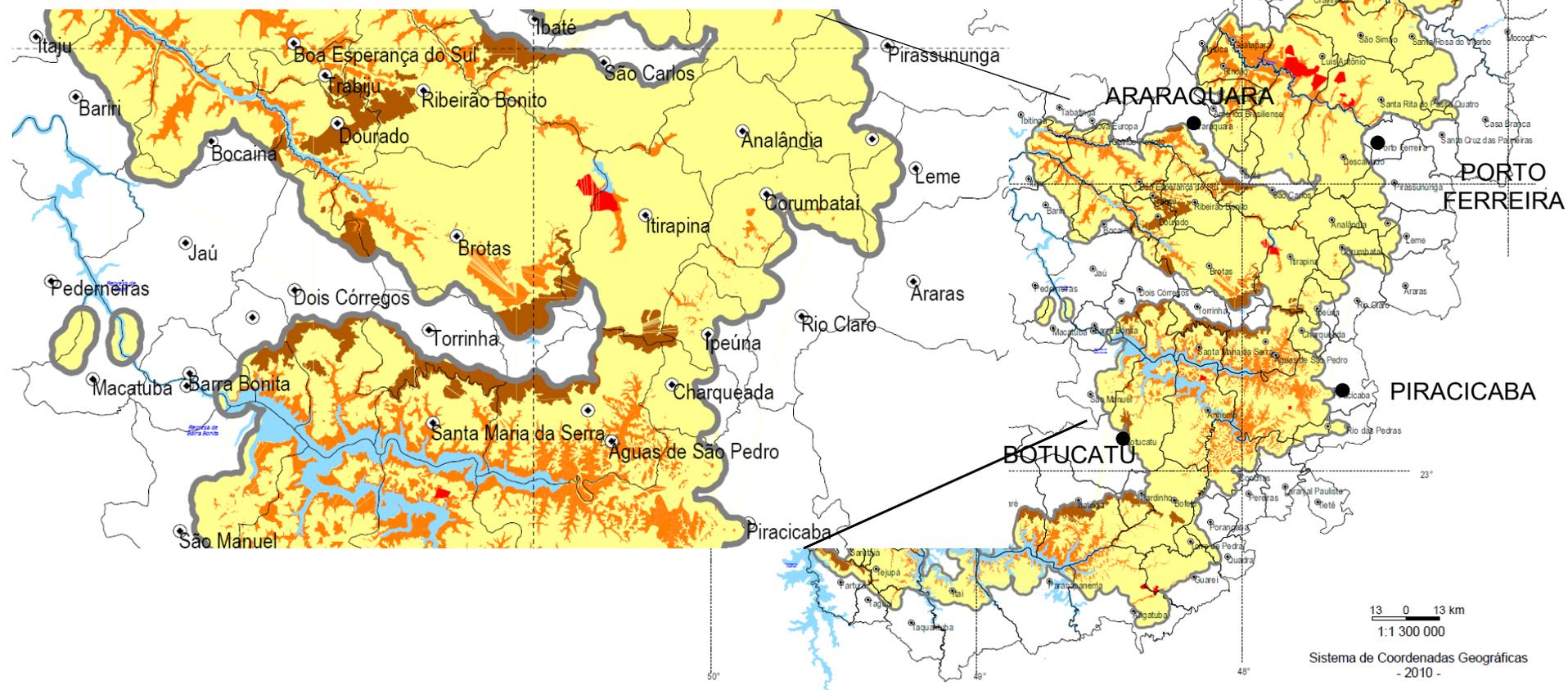
 ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO - ARO

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)	São aquelas consideradas como de 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)	São aquelas 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>cuestras</i>
		Subárea de proteção especial
		Subárea de ocupação controlada
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA) *	São aquelas cujos usos e ocupações sejam incompatíveis com a proteção da área de afloramento do SAG e comprometam a quantidade ou a qualidade hídrica, exigindo intervenções de caráter corretivo	Não foram definidas

* áreas não representadas na escala do mapeamento realizado.

DIRETRIZES PARA AS ÁREAS DE INTERVENÇÃO

Diretrizes para as Áreas de Intervenção

ARO	São admitidos nas AROs somente: <ul style="list-style-type: none">- 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 PARA A PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI

Proteção das Águas Subterrâneas / Garantia da disponibilidade hídrica

Saneamento ambiental nas áreas urbanas e rurais

Manutenção e preservação dos remanescentes de vegetação

Garantia da disponibilidade hídrica

Prevenção dos processos de dinâmica superficial

Disciplinamento das atividades com potencial de contaminação

Orientação para boas práticas agrícolas

Diretrizes Gerais PDPA-SAG	Programas de Duração Continuada - PDCs
	Subprograma
Diretrizes voltadas ao saneamento ambiental nas áreas rurais e urbanas	PDC 3 - Tratamento dos Efluentes dos Sistemas Urbanos de Água e Esgoto
	PDC 3 - Sistemas de Saneamento, em Caráter Supletivo, nos Municípios com Áreas Protegidas
	PDC 4 - Parceria com Municípios para Proteção de Mananciais Locais de Abastecimento Urbano
Diretrizes voltadas à orientação das práticas agrícolas	PDC 1 - Estudos e levantamentos visando a Proteção da Qualidade das Águas Subterrâneas
	PDC 3 - Apoio ao Controle das Fontes de Poluição, inclusive as difusas
	PDC 5 - Disciplinamento do Uso da Água na Agricultura Irrigada e Promoção do seu Uso Racional
Diretrizes visando à garantia da disponibilidade hídrica	PDC 1 - Monitoramento dos Usos da Água
	PDC 1 - Monitoramento da Quantidade e da Qualidade dos Recursos Hídricos
	PDC 1 - Estudos e levantamentos visando a Proteção da Qualidade das Águas Subterrâneas
	PDC 2 - Gerenciamento dos Recursos Hídricos
Diretrizes voltadas à prevenção dos processos de dinâmica superficial	PDC 3 - Estudos, Projetos e Obras para a Prevenção e/ou Contenção da Erosão e os Efeitos da Extração Mineral
Diretrizes visando o disciplinamento das atividades com potencial de contaminação do SAG	PDC 3 - Apoio ao Controle das Fontes de Poluição, inclusive as difusas
	PDC 3 - Racionalização do Uso da e Água na Indústria e Orientação à Localização Industrial
Diretrizes para a manutenção e preservação dos remanescentes vegetais	PDC 3 - Sistemas de Saneamento, em Caráter Supletivo, nos Municípios com Áreas Protegidas

PDC1 - BASE DE DADOS, CADASTROS, ESTUDOS E LEVANTAMENTOS

PDC 02 - GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

PDC 03 - CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DOS CORPOS D' ÁGUA

PDC 04 - CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DOS CORPOS D' ÁGUA

PDC 05 - PROMOÇÃO DO USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

PDC 06 - APROVEITAMENTO MÚLTIPLO DOS RECURSOS HÍDRICOS

PDC 07 - PREVENÇÃO E DEFESA CONTRA EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS

PDC 08 - CAPACITAÇÃO TÉCNICA, EDUCAÇÃO AMBIENTAL E COMUNICAÇÃO SOCIAL

CONSIDERAÇÕES FINAIS: *ALGUMAS 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, que compreendem os colegiados gestores regionalizados na área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo, bem como o órgão central de coordenação, que é o CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
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. 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: *ALGUMAS 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.

Transferência de conhecimento visando a
gestão das **águas subterrâneas**
na Bacia Sorocaba e Médio Tietê



CURSO CONDENSADO
AULA 3 – 31/05/2023

*Proteção do Aquífero Guarani :
Mapa de Áreas de Intervenção*

Projeto Fapesp Coordenado pela Profa. Dra. Amélia João Fernandes (Projeto FAPESP #2018/16708-6) –
Entidades participantes: IPA/SEMIL; SGB/CPRM; Igc/USP; IPT ; CEPAS/USP; e Bolsistas. Parceria: Comitê da Bacia
Hidrográfica do Sorocaba/Médio Tietê – CBH-SMT



Síntese do Relatório Técnico

Contratação de serviço técnico, especializado para proposição de instrumentos legais e infralegais, para proteção e conservação da área de afloramento do sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo

Slide gentilmente cedido pela Profa. Dra. Pilar Carolina Vilar da Unifesp (Universidade Federal de São Paulo), relativo à apresentação efetuada na SEMIL em 27/04/2023



Considerações Finais

- 1) abordagem superficial dos planos de bacia hidrográfica em relação às áreas de afloramento. Em alguns casos inexistem instrumentos básicos para a gestão das áreas de afloramento, tais como mapas de vulnerabilidade ou diagnósticos de fontes contaminantes. Além disso, esses planos não incluíram diretrizes para os municípios em relação ao uso e ocupação das áreas de afloramento;
- 2) ausência de menção ou abordagem superficial das áreas de afloramento do SAG-SP nos planos diretores municipais.
- 3) a paralisação da discussão sobre a APRM-SAG. Embora essa proposta seja mencionada no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacia Hidrográfica, a grande maioria dos membros dos CBHs não conhecem o seu teor.
- 4) falta de conhecimento sobre como se dá a gestão das águas subterrâneas nos Comitês de Bacia Hidrográfica.
- 5) ausência de implementação de importantes instrumentos de gestão que poderiam influenciar a gestão das águas subterrâneas, como é o caso do plano estadual de saneamento básico (em elaboração) e plano estadual de irrigação.

Slide gentilmente cedido pela Profa. Dra. Pilar Carolina Vilar da Unifesp (Universidade Federal de São Paulo), relativo à apresentação efetuada na SEMIL em 27/04/2023



Obrigado!

- José Luiz Albuquerque Filho
- E-mail de contato: albuzelu@ipt.br

 [linkedin.com/school/ip
tsp/](https://www.linkedin.com/school/ip-tsp/)

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

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

www.ipt.br

 **ipt**
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

 **SÃO
PAULO**
GOVERNO
DO ESTADO