

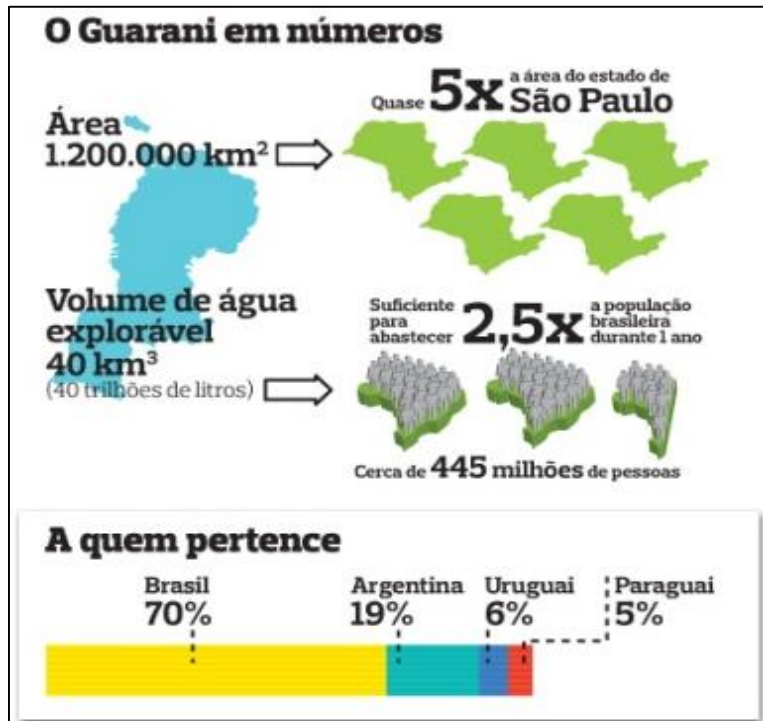
# O que são e qual é a importância das áreas de recarga do Aquífero Guarani?



**Geol<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Justo**  
**Pesquisadora em Geociências**  
**Serviço Geológico do Brasil**

# O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG)

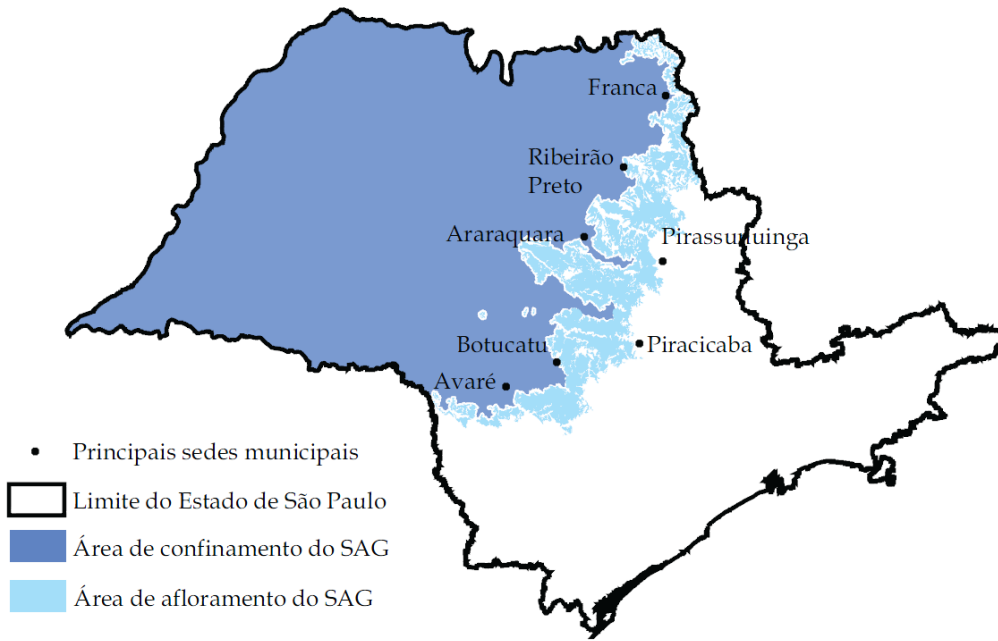
- Importante manancial de abastecimento público de água doce;
- Hospeda-se em rochas sedimentares continentais (~130 Ma), siliciclásticas;
- Alta capacidade de armazenar e transmitir água em continuidade física (ou continuidade aparente);



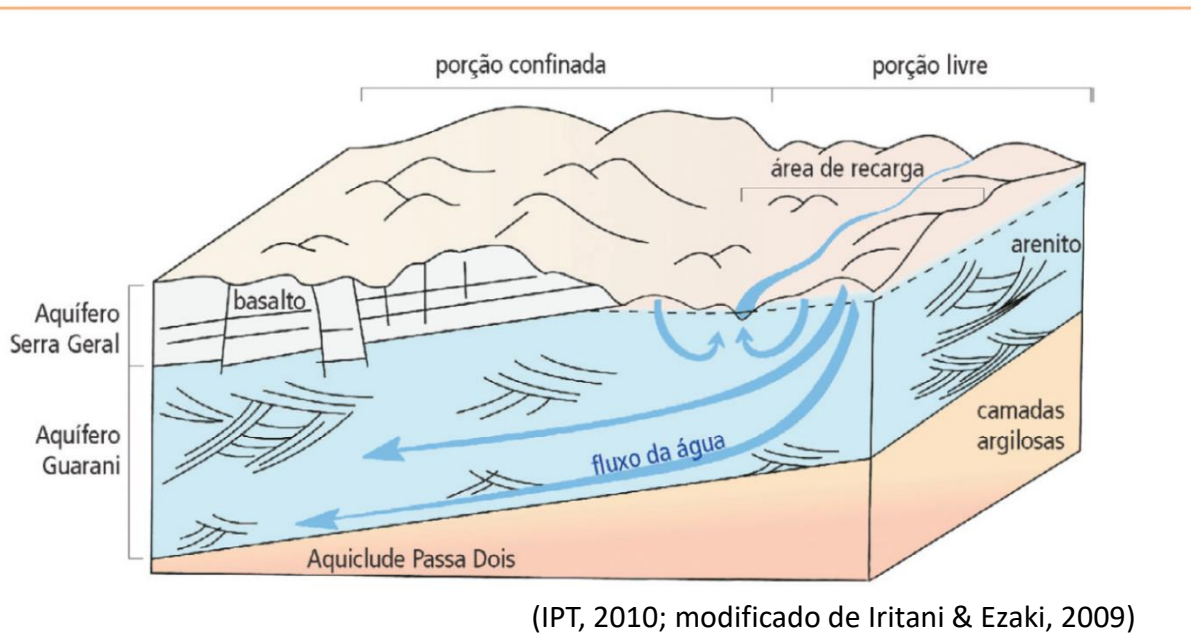
- Recurso transfronteiriço: ocorre em superfície e no subsolo das bacias do *Paraná* (Brasil e Paraguai), *Norte* (Uruguai) e *Chacoparanense* (Argentina);
- No Brasil, o SAG ocorre em oito estados (RS, SC, SP, MS, MG, GO, MT).



# O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DE SÃO PAULO

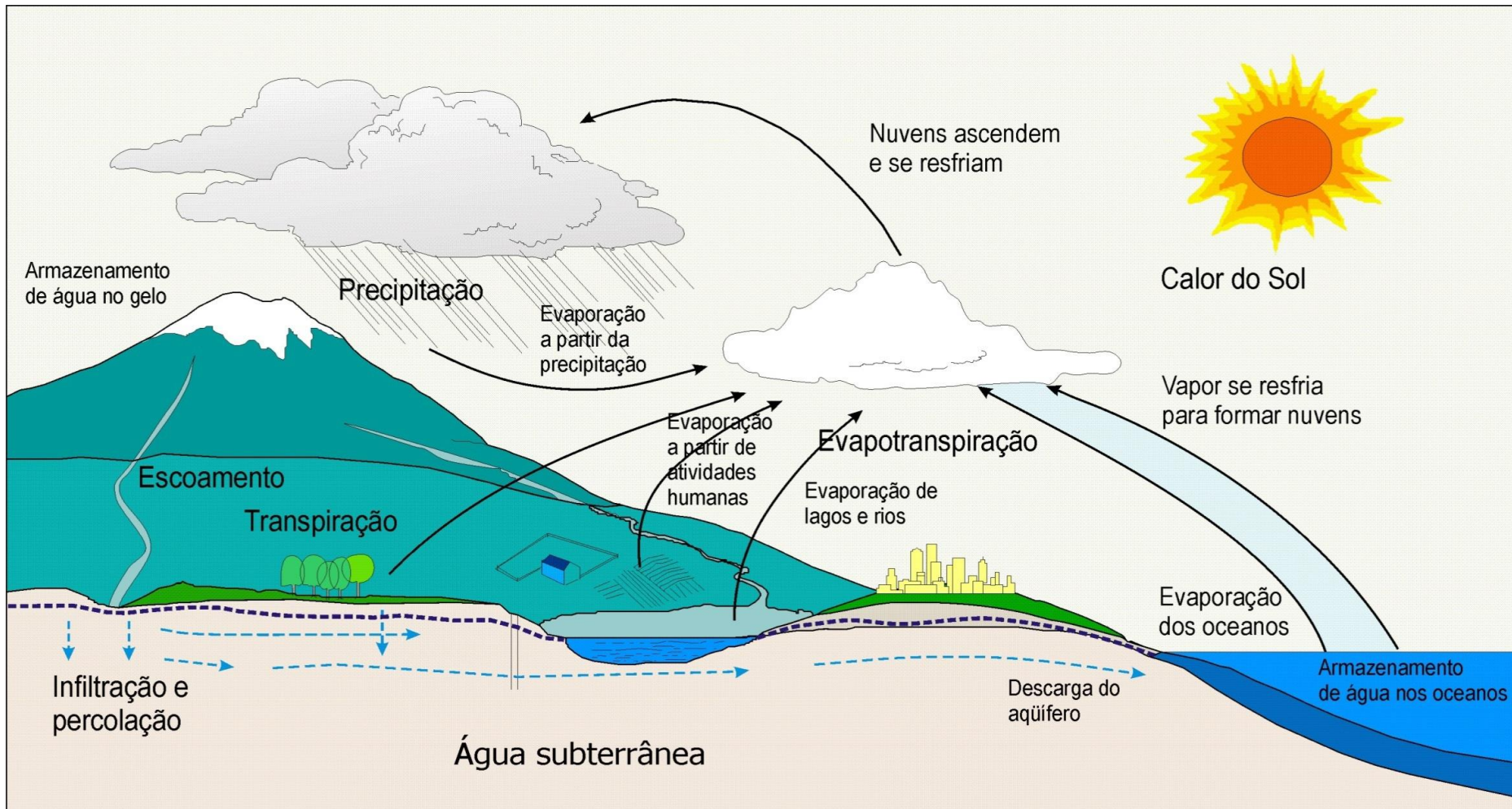


- Divide-se em **confinado** e **aflorante**;
- O confinamento do SAG se dá devido à posição intermediária que ocupa (*formações Piramboia e Botucatu*); entre as **rochas basálticas**, da *Formação Serra Geral (topo)*, e as **rochas sedimentares de baixa permeabilidade**; ex. *Formação Passa Dois (base)*.



# O CICLO DA ÁGUA

Ao longo do ciclo da água, há diversas situações geológicas que permitem a acumulação de água no subsolo.

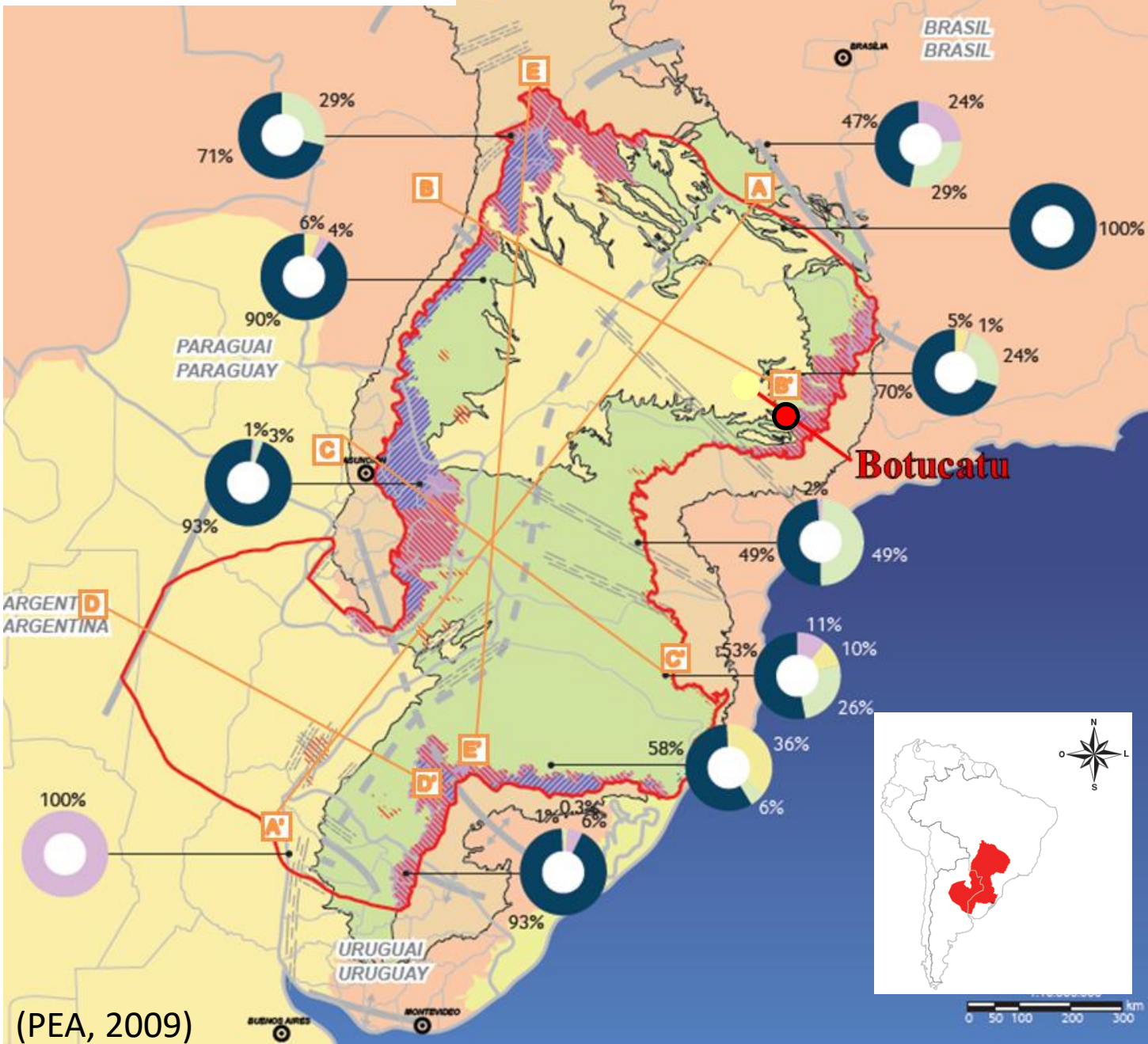




## **PORQUE PROTEGER A ÁREA DE AFLORAMENTO DO SAG?**

- Área de recarga direta do aquífero;
- Solos arenosos, friáveis, permeáveis, com baixa capacidade de reter poluentes;
- Porção livre do SAG apresenta maior vulnerabilidade à contaminação;
- Porção confinada do SAG é mais protegida de possíveis atividades poluidoras devido à presença de rochas basálticas
- O uso e a ocupação inadequada do solo podem comprometer no médio e longo prazo, a qualidade da água subterrânea.

# GEOLOGIA REGIONAL



### Convenções Geológicas

- Arco
- Arco Sugerido
- Falha
- Alinhamento
- Sinclinal
- Capital Nacional

### Uso Total\*

- Público
- Industrial
- Rural
- Recreação

### Unidades

- Sedimentos POS-SAG
- Basaltos
- Sedimentos do SAG
- Sedimentos PRE-SAG
- Embasamento
- Área de recarga
- Área de descarga

Limites Estaduais e Federais

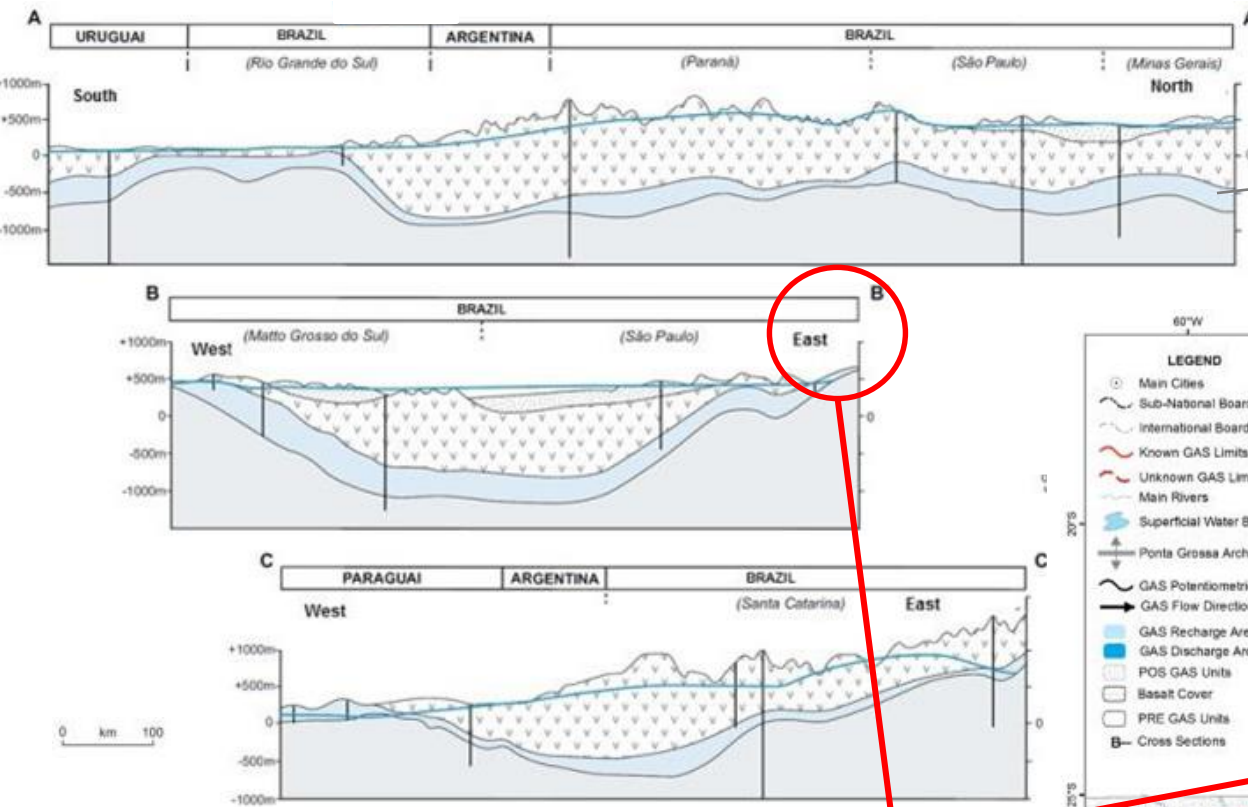
Limites do SAG

0 50 100 200 300 km

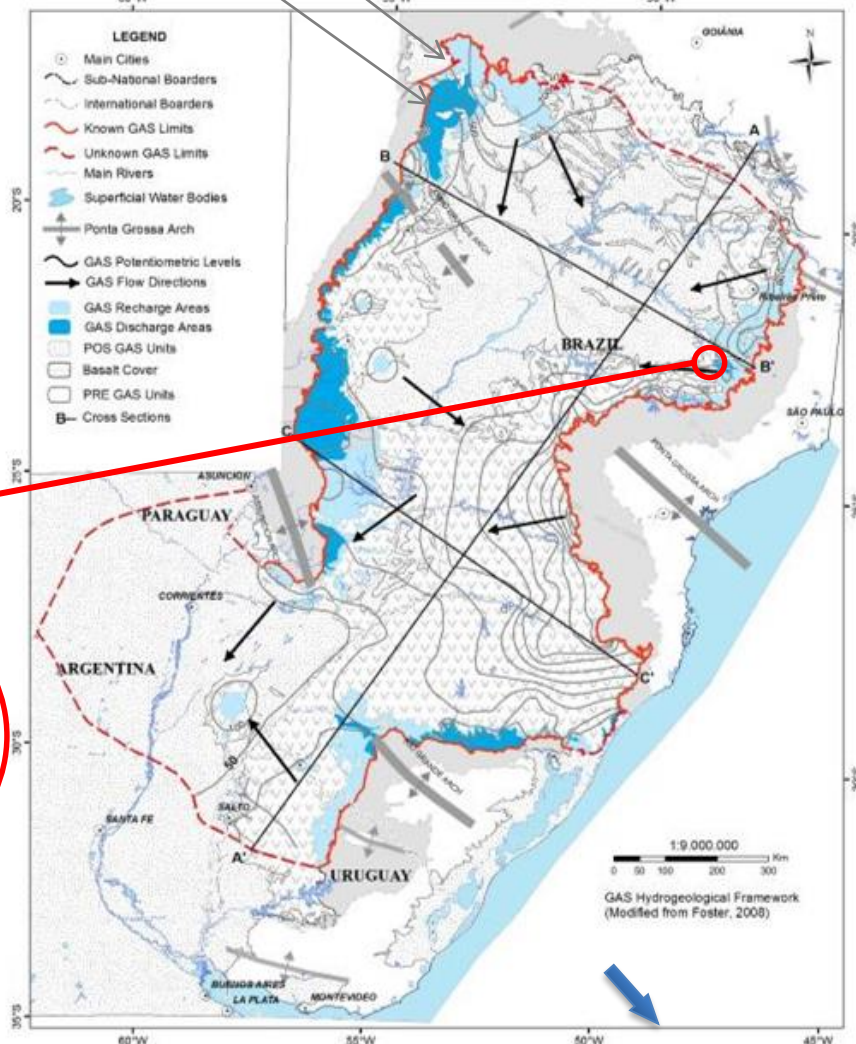
(PEA, 2009)



# SEÇÕES GEOLÓGICAS ESQUEMÁTICAS



- Cota do nível d'água
- Unidades POS-SAG
- Cobertura Basáltica
- Unidades PRE-SAG
- SAG
- Área de recarga
- Área de descarga



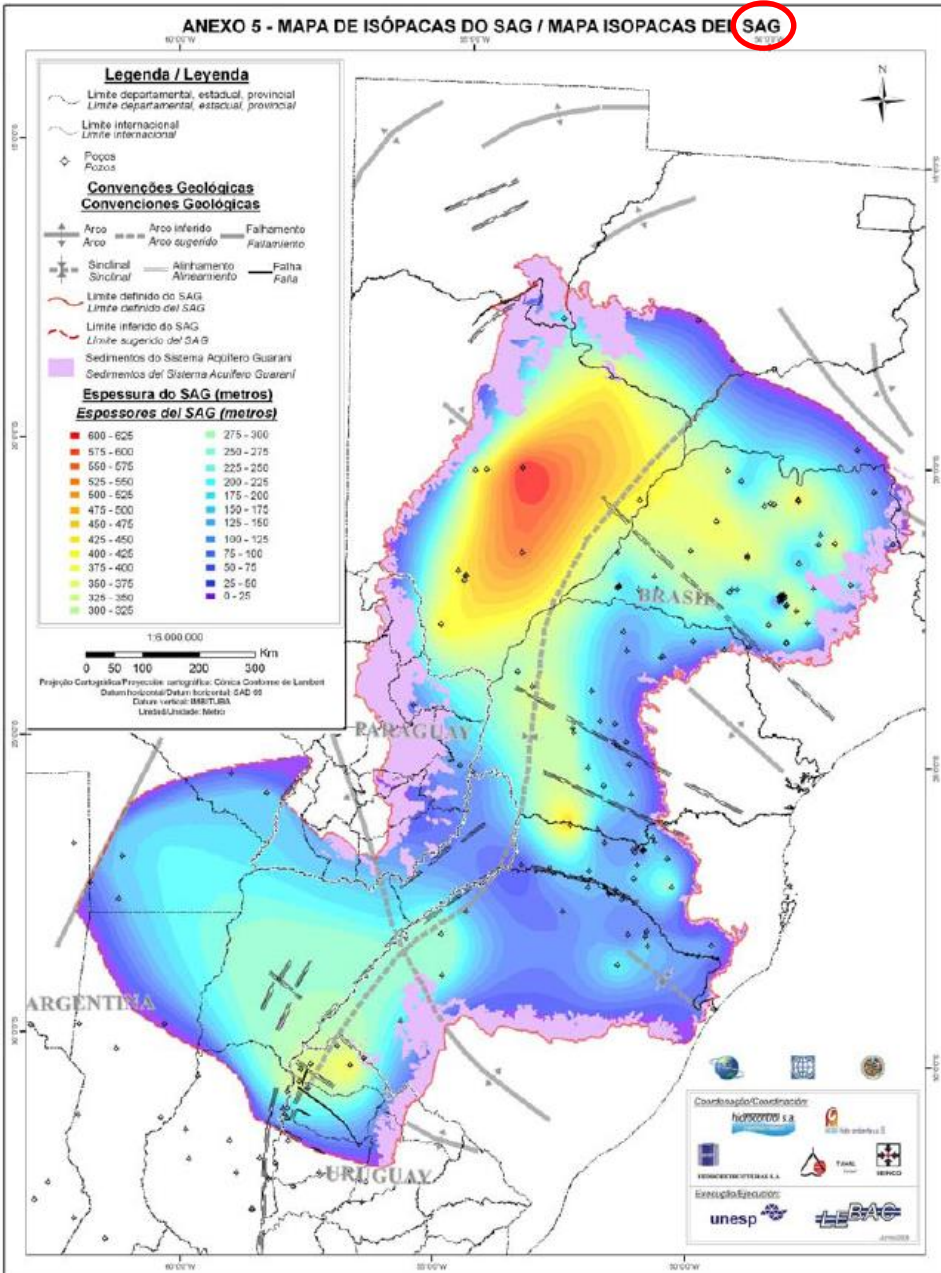
**Botucatu**

## ESTRATIGRAFIA

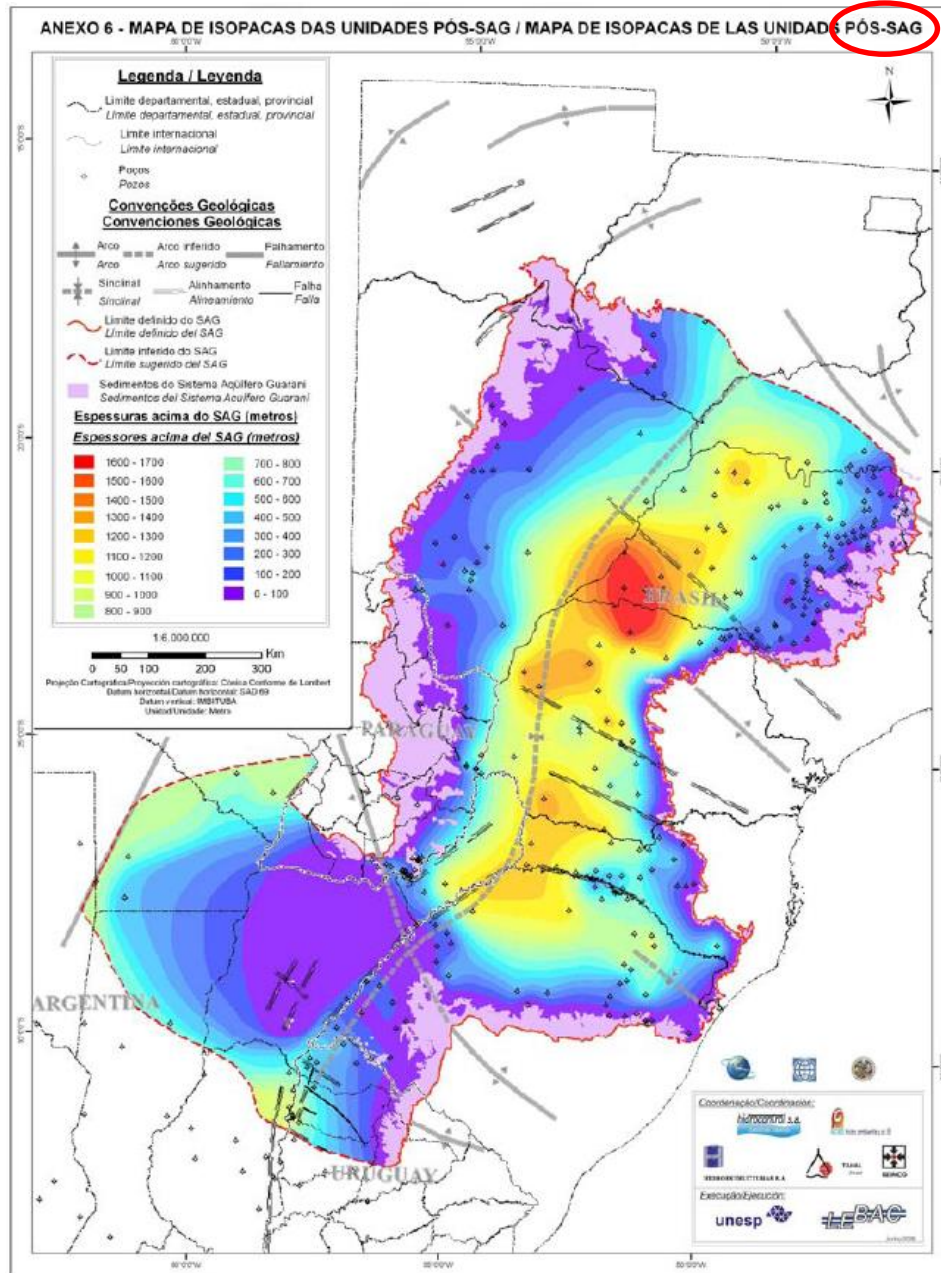
Sedimentary Basin/ Aquifer Units	Uruguay	Argentina	Paraguay	Brazil	
	North	Chaco-Paraná	Paraná	South	North
POST-GAS	Arapey	Serra Geral Posadas/Solari	Alto Paraná	Serra Geral	
~130 Ma	Superior Member Tacuarembó Itacumbú	Misiones Tacuarembó	Misiones	Guara	Pirambóia
GAS	Jurassic regional discordance				
	Permo-Triassic discordance			Caturrita Santa Maria Sanga do Cabral	
~240 Ma					
PRE-GAS	Buena Vista Yaguari	Buena Vista	Tacuary Independencia	Rio do Rasto	Corumbataí

# MAPAS DE ISÓPACAS – ESPESSURA DAS UNIDADES GEOLÓGICAS

ANEXO 5 - MAPA DE ISÓPACAS DO SAG / MAPA ISOPACAS DE LAS UNIDADES **SAG**



ANEXO 6 - MAPA DE ISOPACAS DAS UNIDADES PÓS-SAG / MAPA DE ISOPACAS DE LAS UNIDADES **PÓS-SAG**

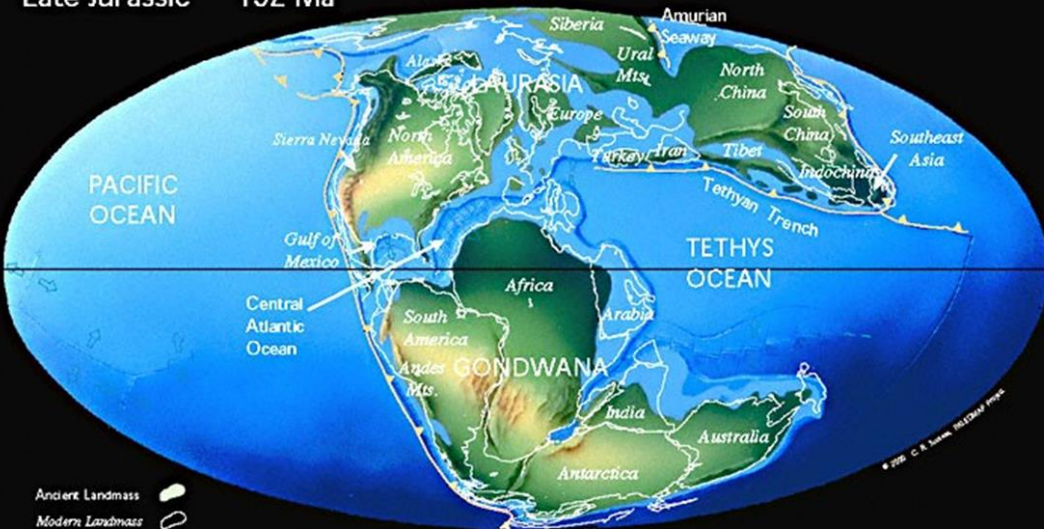




# ○ PALEODESERTO BOTUCATU

- A Fm. Botucatu é considerada a maior deposição árida contínua do mundo, o maior deserto que já existiu no planeta (Micheletti, 2017);
- Abrange os Estados de SP, MT, MS, GO, MG, RS, além das unidades correlacionadas no Uruguai, Paraguai (Formación Misiones) e Namíbia (África).
- As dunas eram periodicamente cobertas por lavas, de idades de ~130 Ma;
- Evolução do paleodeserto: continentalização da Bacia do Paraná, e atividade vulcânica fissural precedendo a fragmentação do Supercontinente Gondwana.

Late Jurassic 152 Ma



Paleomap Project by Christopher R. Scotese, ([www.scotese.com](http://www.scotese.com))





# DISCORDÂNCIA DO PERMIANO



***Santa Catarina, Brasil***



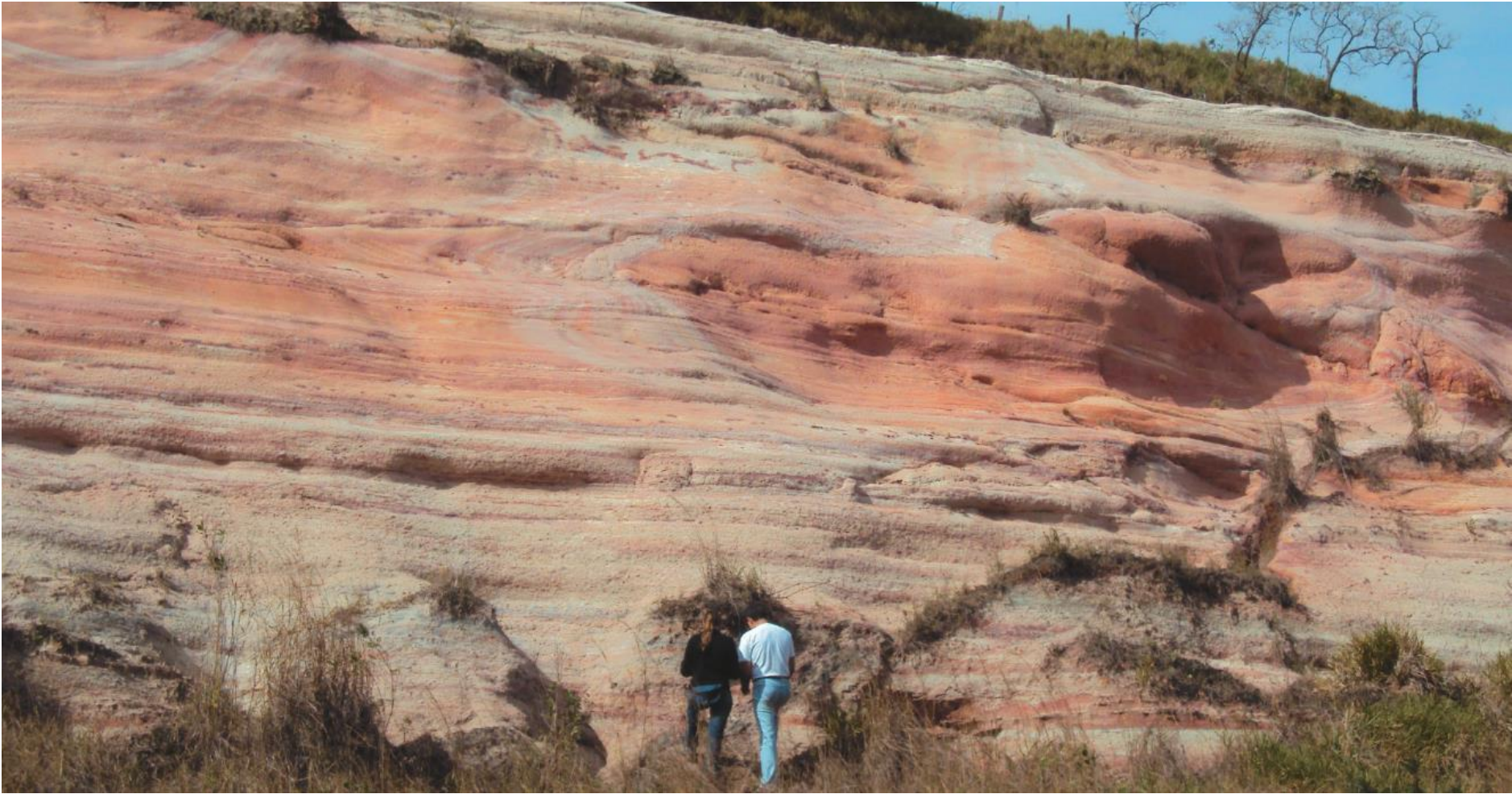
***Namíbia, África***



*Cortesia Roberto Kirchheim*



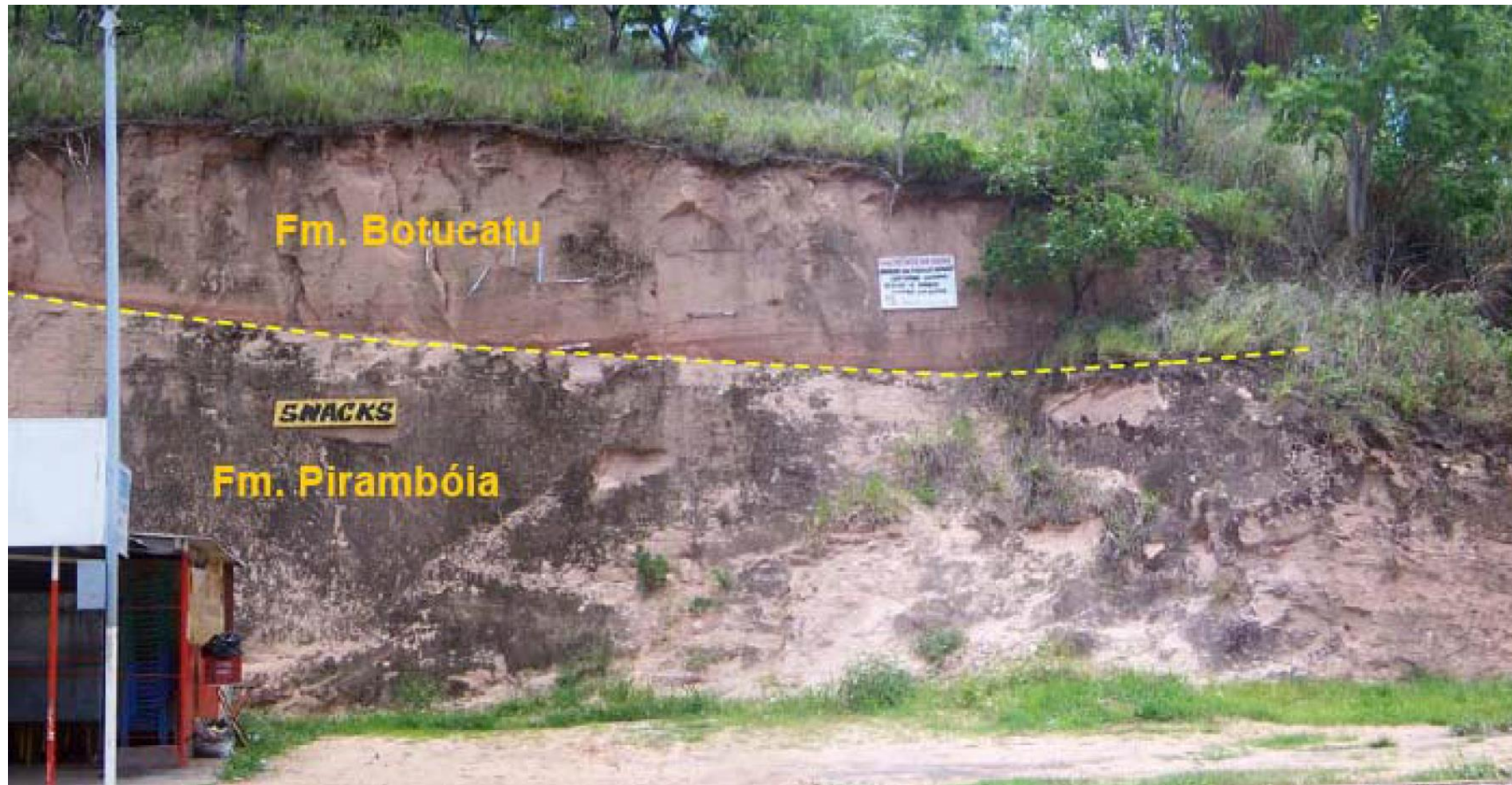
# FORMAÇÃO PIRAMBOIA



- arenitos médios a finos, localmente grossos a conglomeráticos,
- cores esbranquiçadas e avermelhadas a alaranjadas
- estratificação lenticular bem desenvolvida,
- depositados em ambiente continental flúvio-lacustrino e eólico (Takahashi, 2005).



# DISCORDÂNCIA ENTRE AS FORMAÇÕES BOTUCATU E PIRAMBOIA

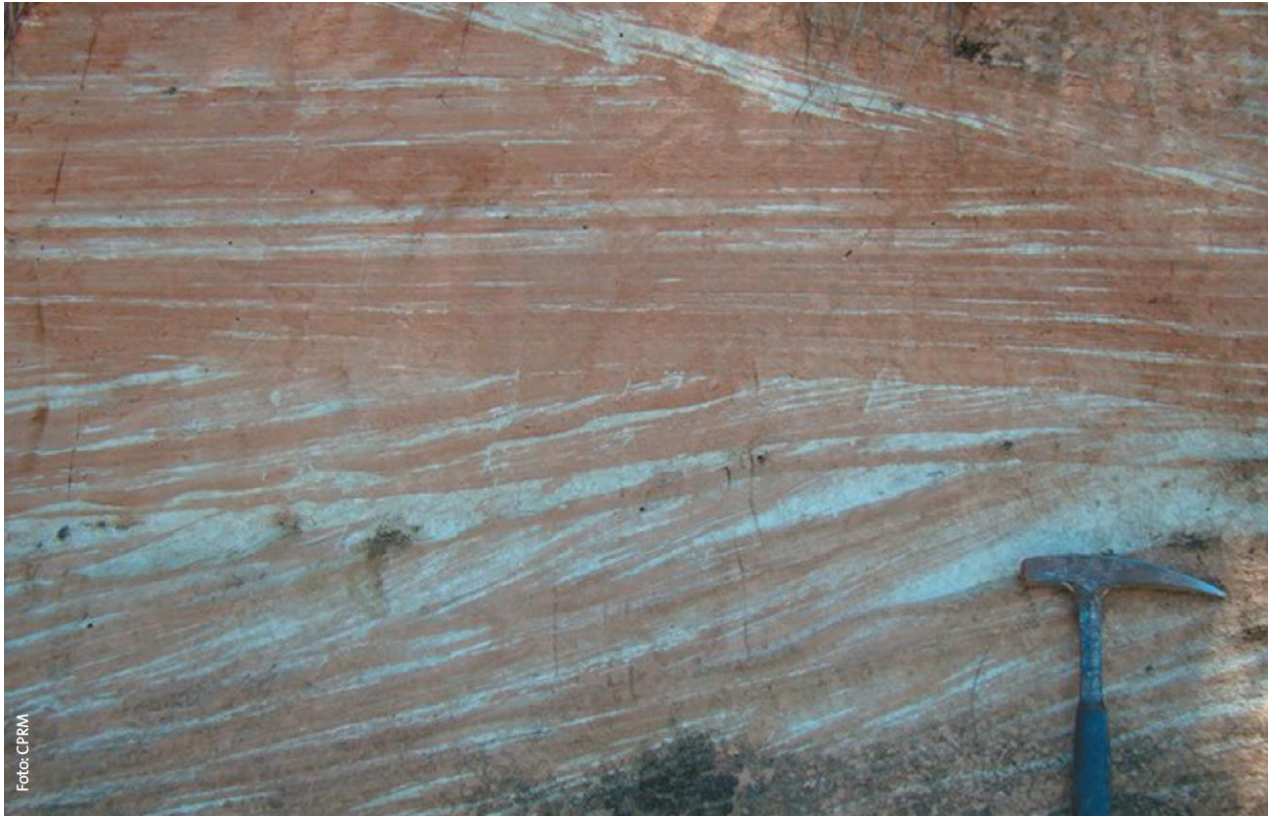


Camapuã, Mato Grosso do Sul, Brasil (Foto: PyT Consultora 2008).

Estimam-se espessuras para a parte aflorante da Formação Botucatu entre 50 a 100 m, e, para a Formação Piramboia, de até 270 metros, na região de Anhembi-São Pedro (Almeida e Melo, 1981).



# FORMAÇÃO BOTUCATU



Vila Velha, PR



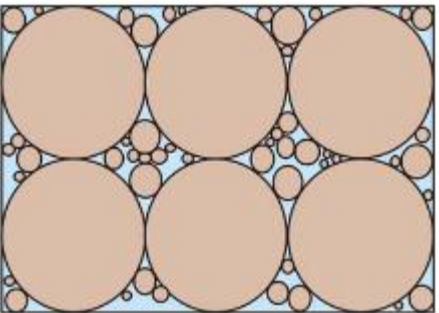
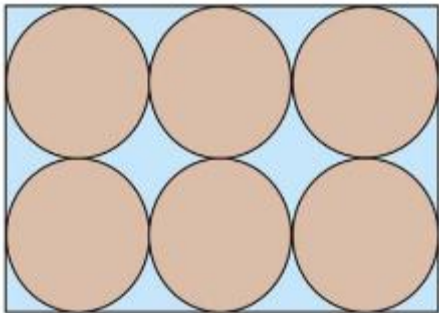
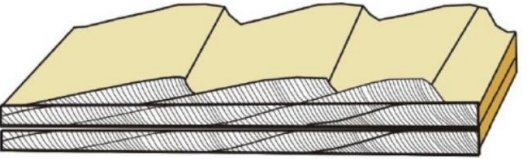
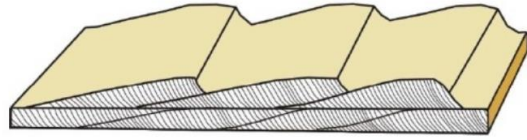
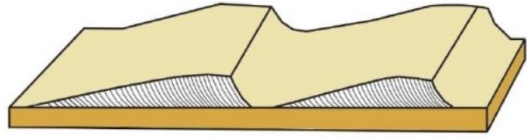
Formação Misiones no Cerro Memby, Paraguai (Foto PyT Consultora, 2008).

- predomínio de arenitos de granulação média a fina,
- cor avermelhada,
- grãos bem selecionados, arredondados e de alta esfericidade,
- estratificações cruzadas de grande porte,
- depositados em dunas eólicas de ambiente desértico.



# CARACTERÍSTICAS DO PALEODESERTO BOTUCATU

Direção do Vento →



## Transporte Eólico (atrito)

alto grau de seleção,  
arredondamento e esfericidade  
dos grãos de areia.

Aracoaraichnium leonardii





## VULCANISMO FISSURAL

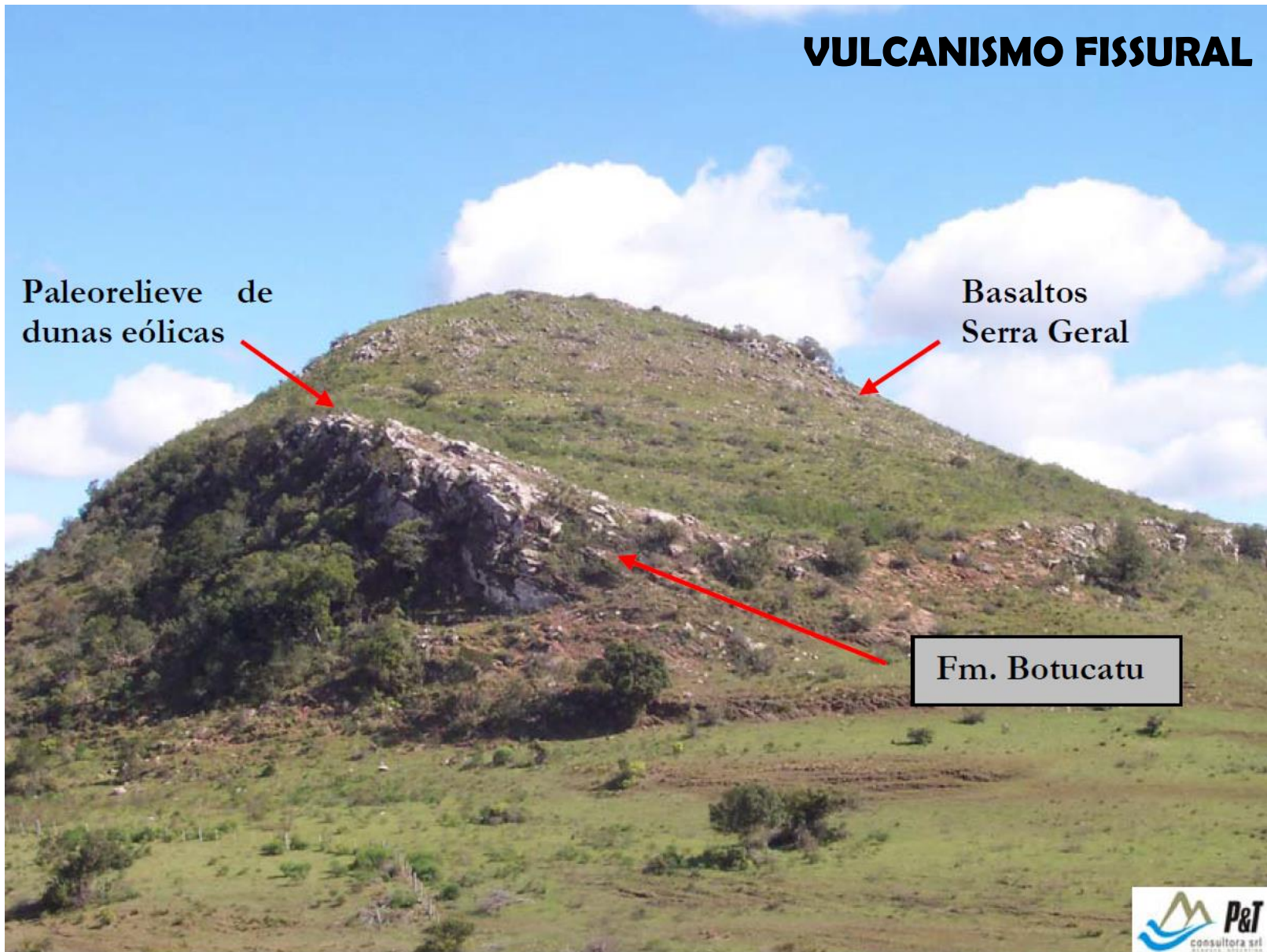


Rio Grande do Sul

Contato entre as dunas eólicas de Formação Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral.

Praia das Guaritas, Torres (RS).

## VULCANISMO FISSURAL



Paleorelevo ondulado de dunas eólicas preservadas por fluxos de lava basáltica. Área Piloto Rivera - Santana do Livramento (RS, fronteira Brasil x Uruguai).



# VULCANISMO FISSURAL

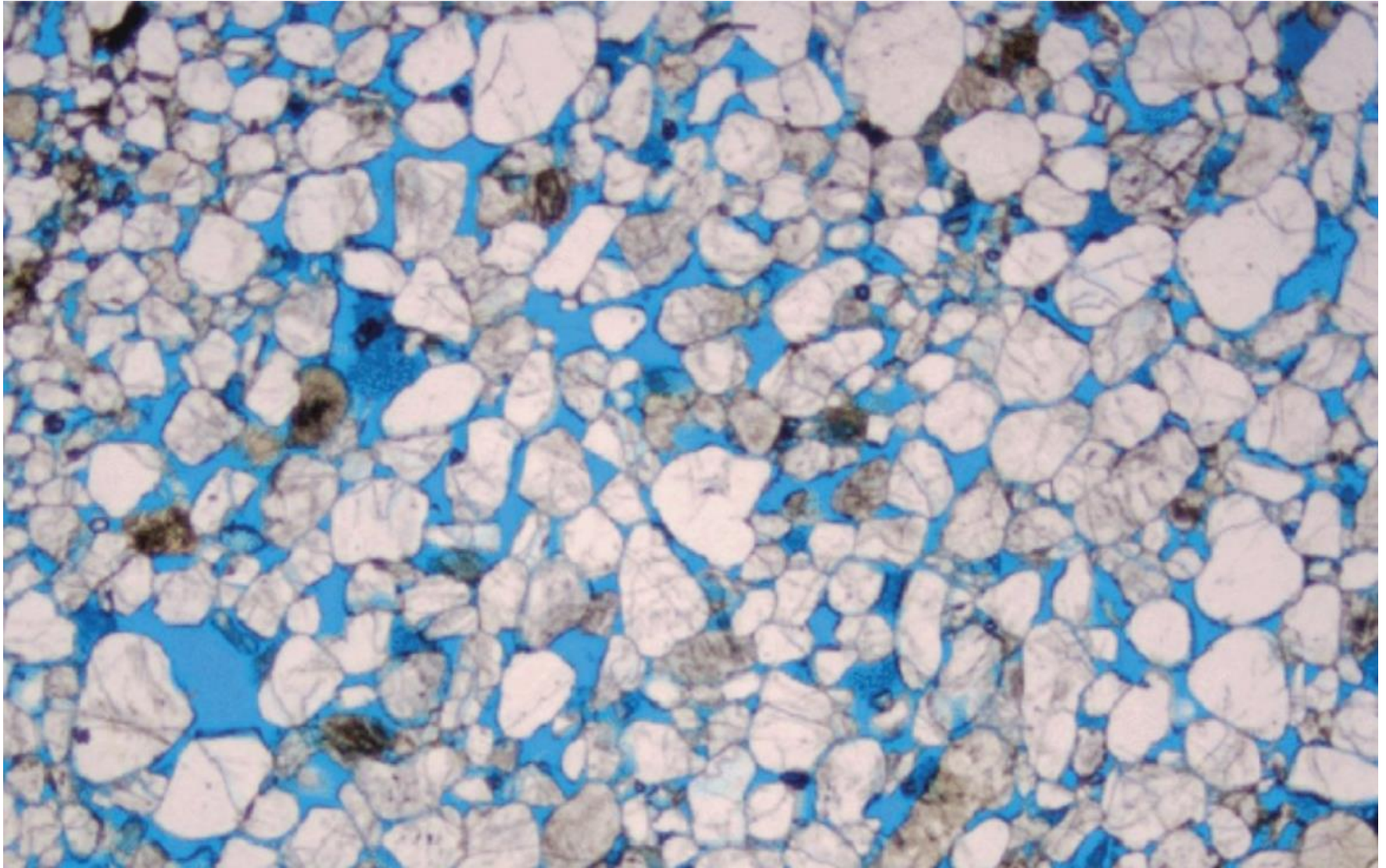
Contato com geometria ondulada entre as dunas eólicas de Fm Botucatu e os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Araraquara (SP).



Com o tempo geológico, as condições geológicas mudaram, a pressão litostática da crescente pilha vulcano-sedimentar transformou a areia do deserto em rocha, o Arenito Botucatu.



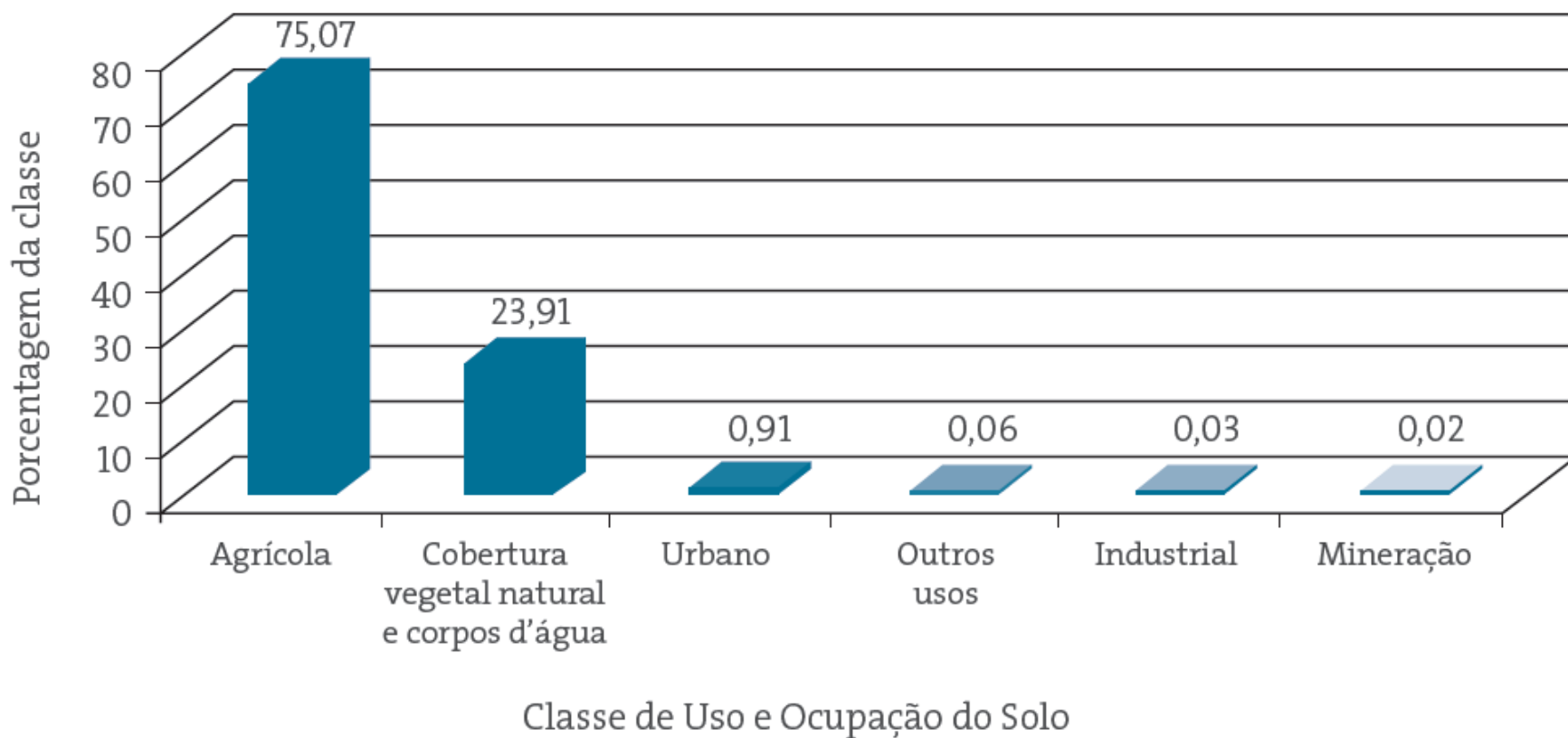
No caso do Aquífero Guarani, a água se acumula preferencialmente nos espaços intergranulares (poros) dos arenitos Piramboia e Botucatu.



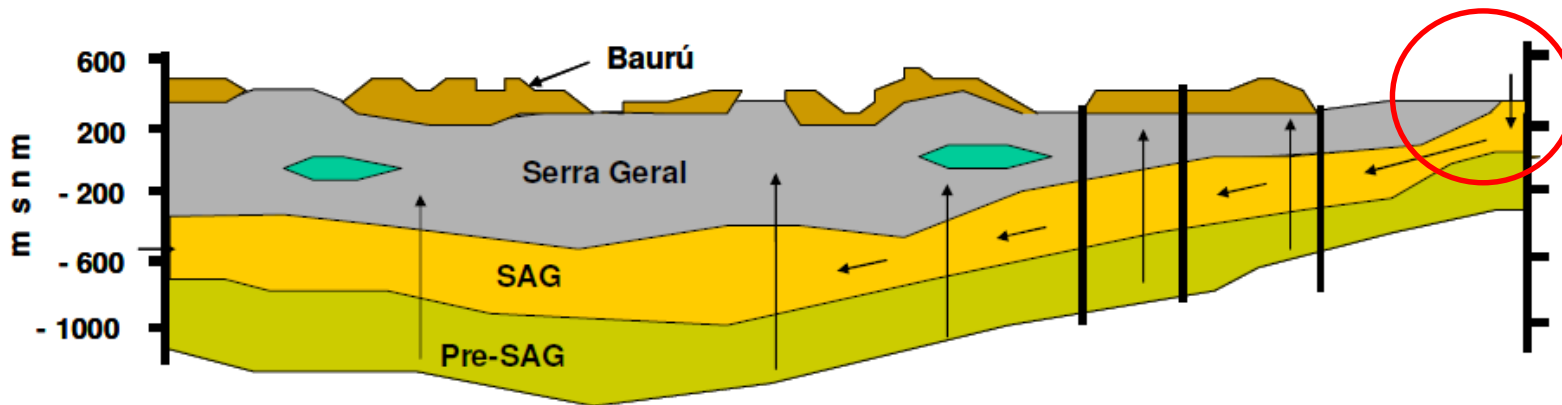
Microfotografia do arenito Botucatu (lâmina impregnada, com destaque para poros em azul)  
**alto grau de seleção, arredondamento e esfericidade =  
alta porosidade e permeabilidade no Aquífero**



# USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE AFLORAMENTO DO SAG

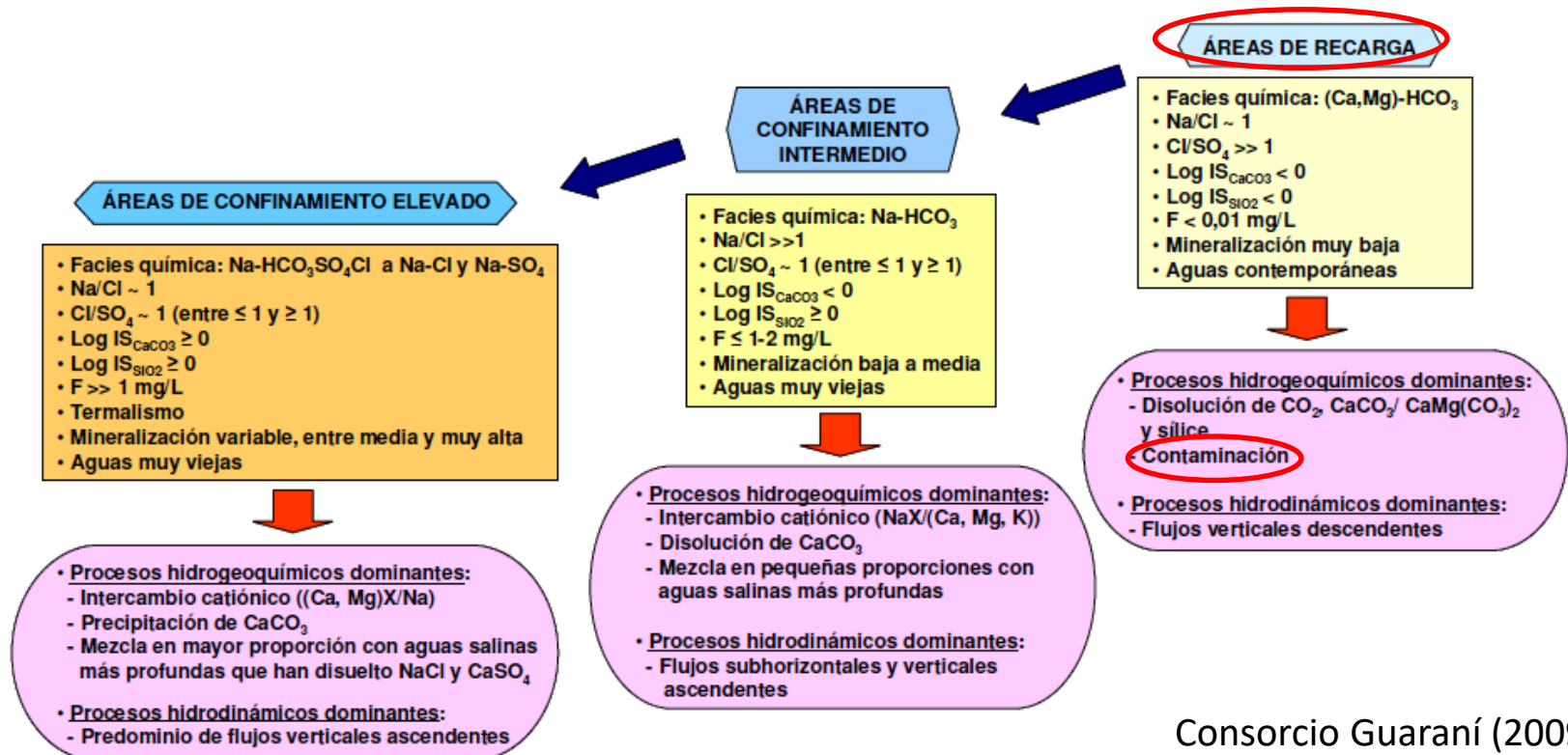


# MODELO HIDROGEOQUÍMICO CONCEITUAL



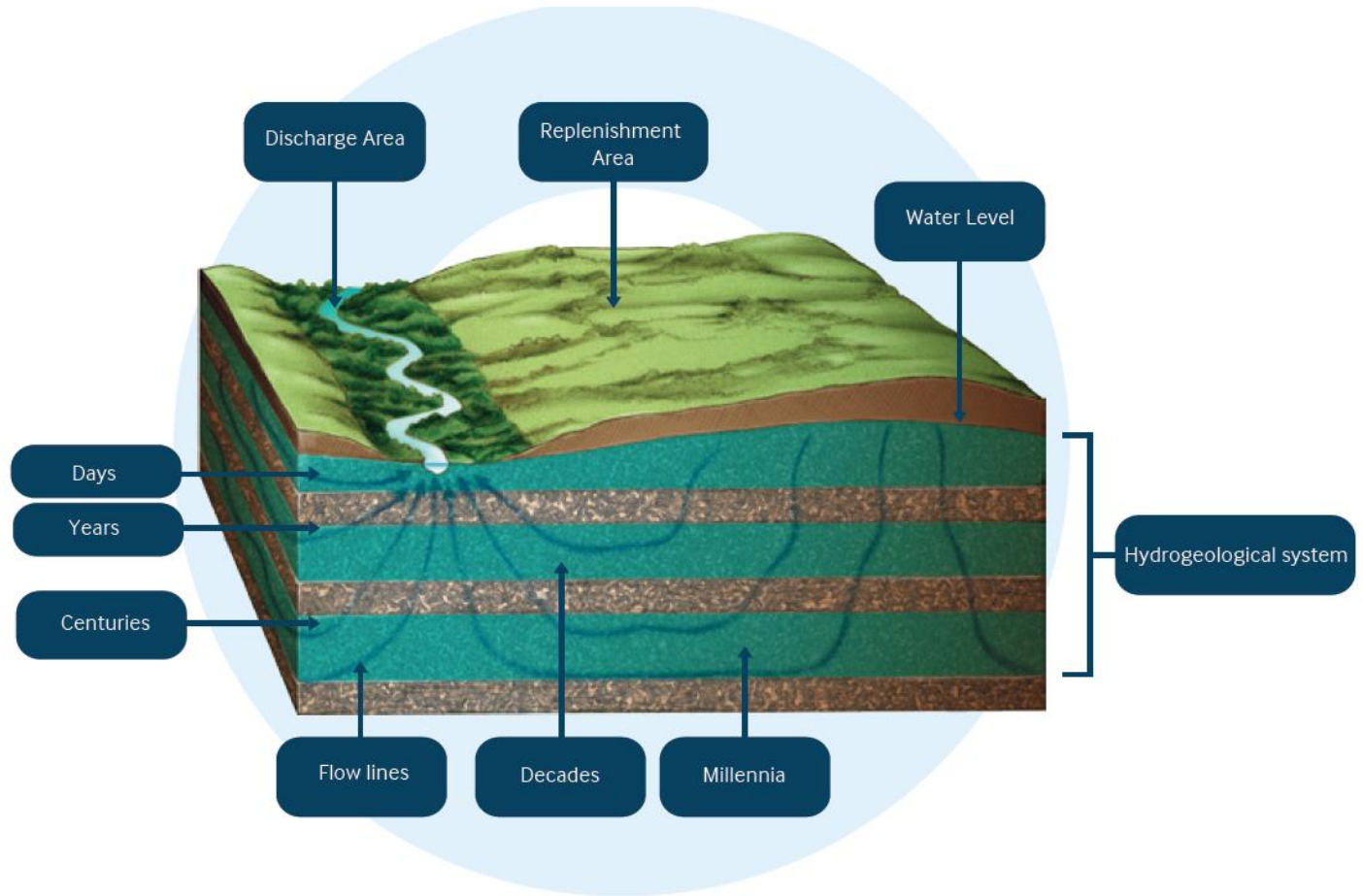
← Dominio de flujos subhorizontales y de reacciones hidrogeoquímicas derivadas del contacto agua-roca

↑ Dominio de flujos ascendentes, de mezclas entre aguas distintas y de reacciones hidrogeoquímicas inducidas por éstas





# TEMPO DE RESIDENCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA X GESTÃO DOS RECURSOS HIDRÍCOS

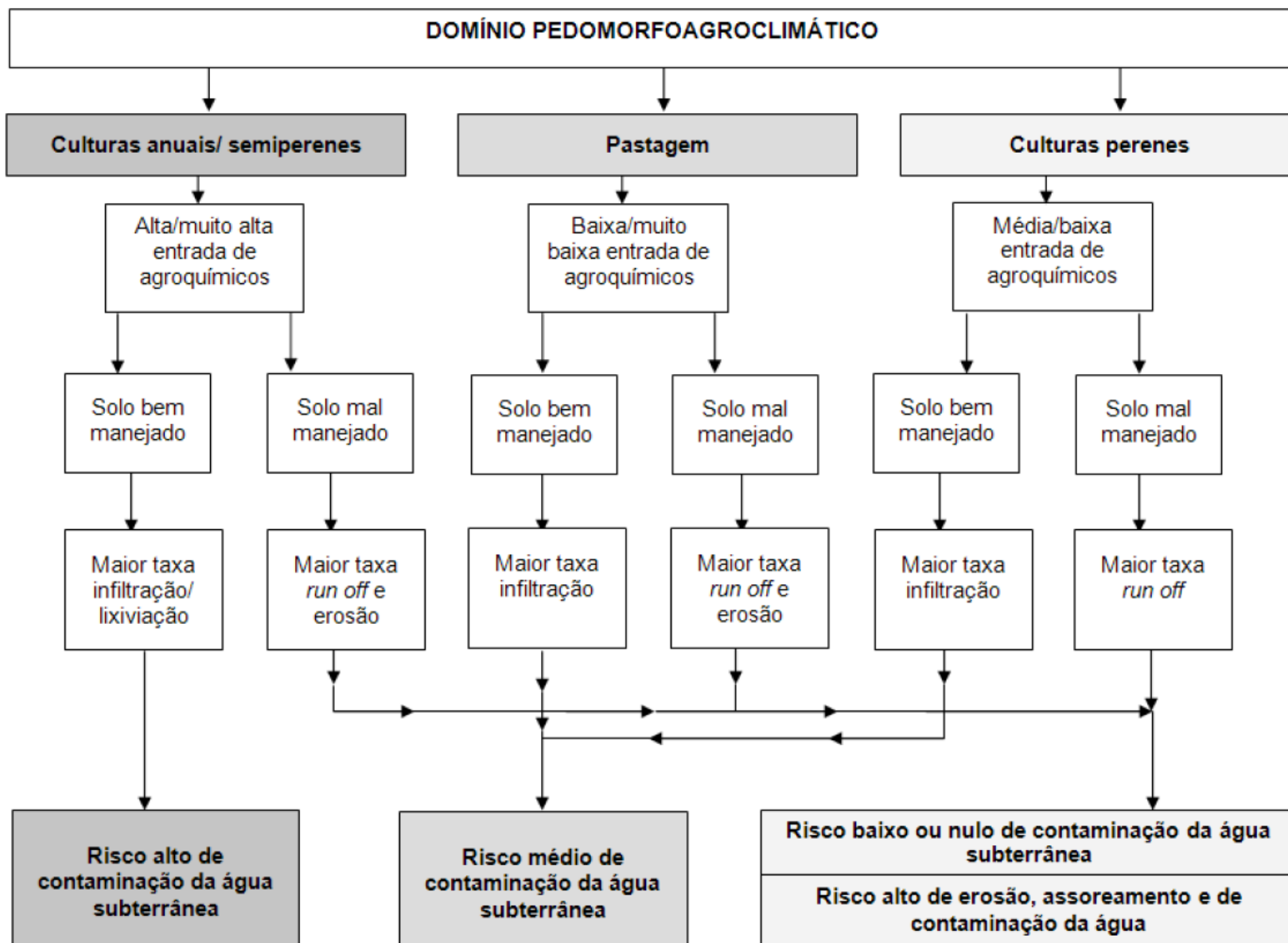


Source: Adapted from I

Time of residence of groundwater

Linhas de Fluxo Curtas: recarga rápida – gestão agilizada (~10 anos) \*APRM - SAG  
Linhas de Fluxo Longas: recarga lenta – recurso não-renovável / reserva estratégica

# CENÁRIOS DE RISCOS DE CONTAMINAÇÃO EM 3 SISTEMAS DE USO AGRÍCOLA PRINCIPAIS

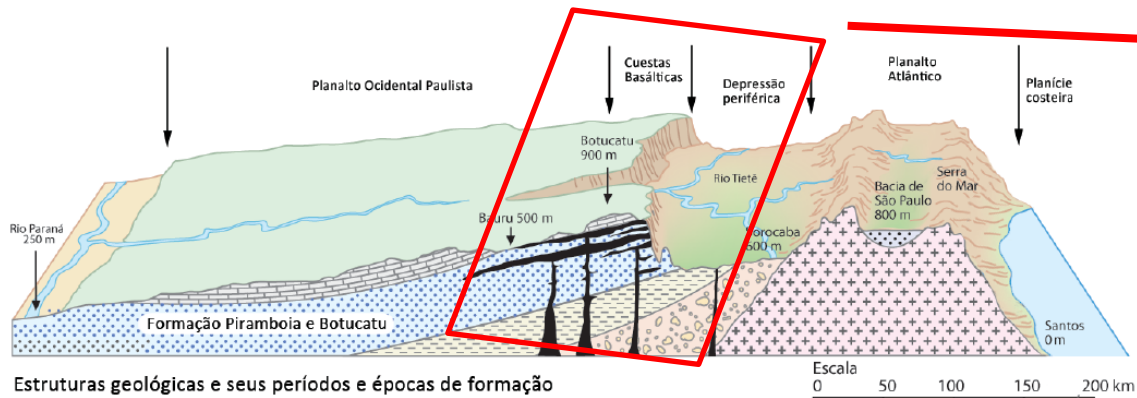




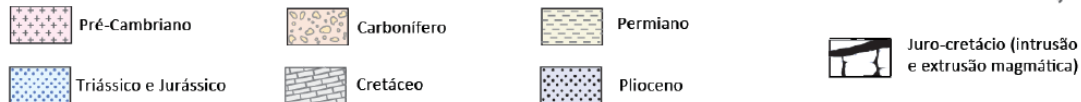
# ASPECTOS GEOMOFOLÓGICOS – AS CUESTAS BASÁLTICAS



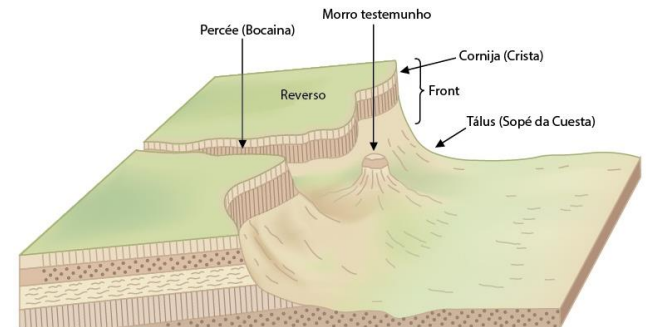
PERFIL DO RELEVO DO ESTADO DE SÃO PAULO



Estruturas geológicas e seus períodos e épocas de formação



ELEMENTOS QUE FORMAM AS CUESTAS BASÁLTICAS



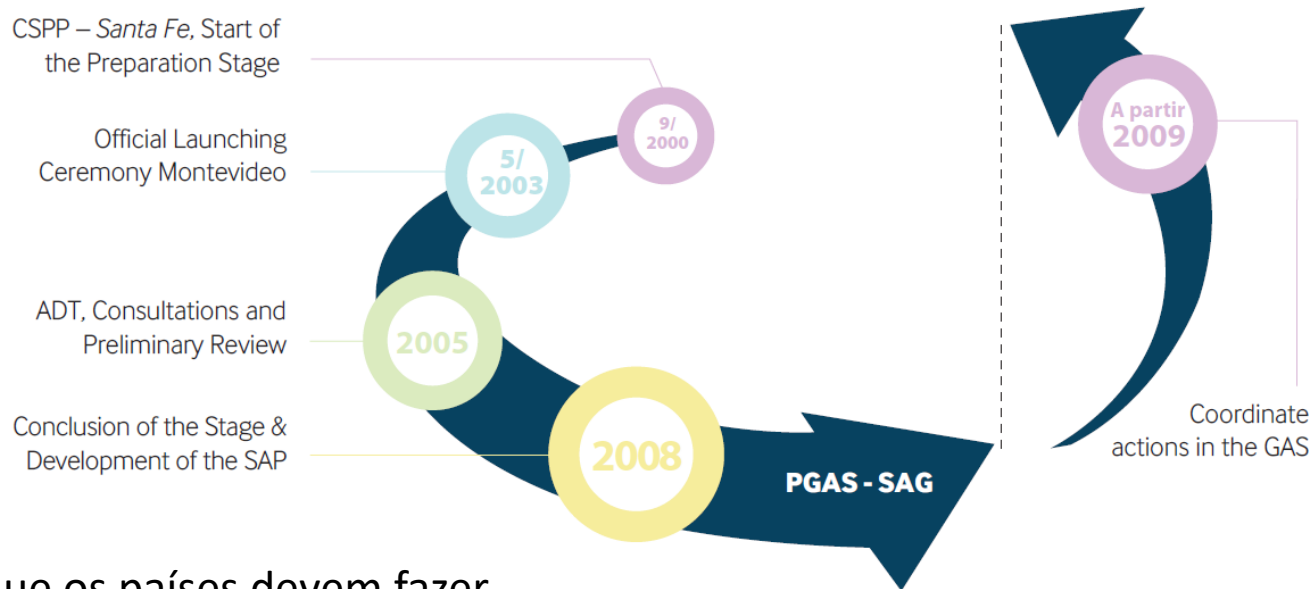
# **CONTROLE DOS PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS DE AFLORAMENTO DO SAG**

- **Controle da erosão linear** /reco de escharpa / voçorocas em área rural (principalmente em cabeceiras de cursos d'água de primeira ordem)
- Cercar área ao redor da voçoroca, impedir acesso ao gado ao trânsito do maquinário agrícola.
- Drenar a água subterrânea que aflora no fundo e nas laterais da voçoroca, uma das principais causas da evolução lateral e remontante das voçorocas (rebaixamento do lençol aflorante por meio de drenos seco, de bambu ou com material sintético geotêxtil)
- **Medidas de ordem vegetativa**, formas de cultivo mais adequadas para controle da erosão na bacia de captação (plantio em nível, plantio direto, culturas em faixas ou consorciamento de culturas, adubação verde, alternância de capinas, faixa de vegetação permanente, revegetação das áreas com movimento de terra, **preservação das matas ciliares**)
- Controle da erosão associada a estradas
- Diques ou barragens de terra
- Conservação das obras

(Filizola et al., 2008)



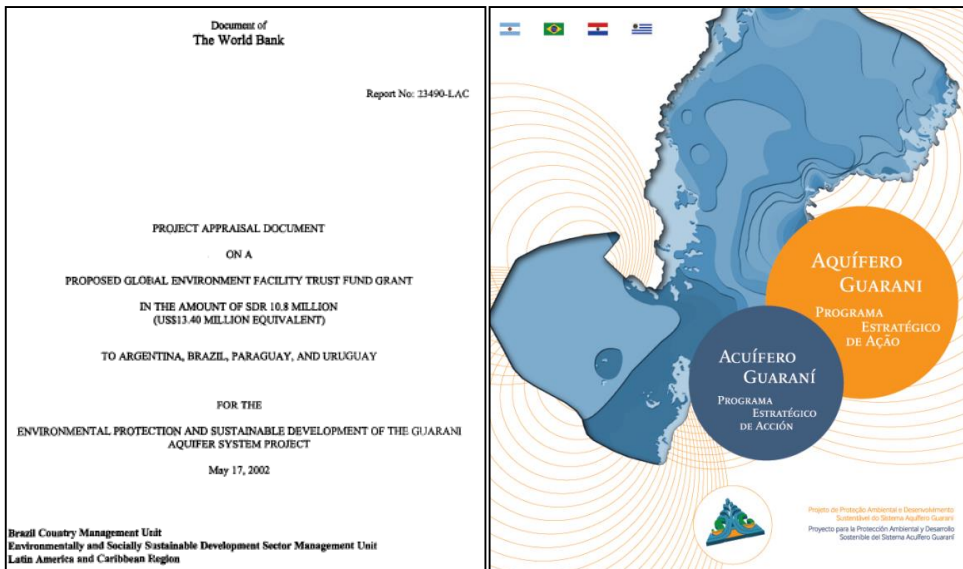
# PLANO ESTRATÉGICO DE AÇÕES – PEA (OEA, 2009)



Estabelece o que os países devem fazer

NB: CSPP (Project Steering Committee); TDA (Transboundary Diagnostic Analysis).

Fonte: Desenvolvido pela SG/SAG, 2008.



## Âmbito internacional

- Banco Mundial
- Organização dos Estados Americanos (OEA)
- Global Environmental Facility (GEF),

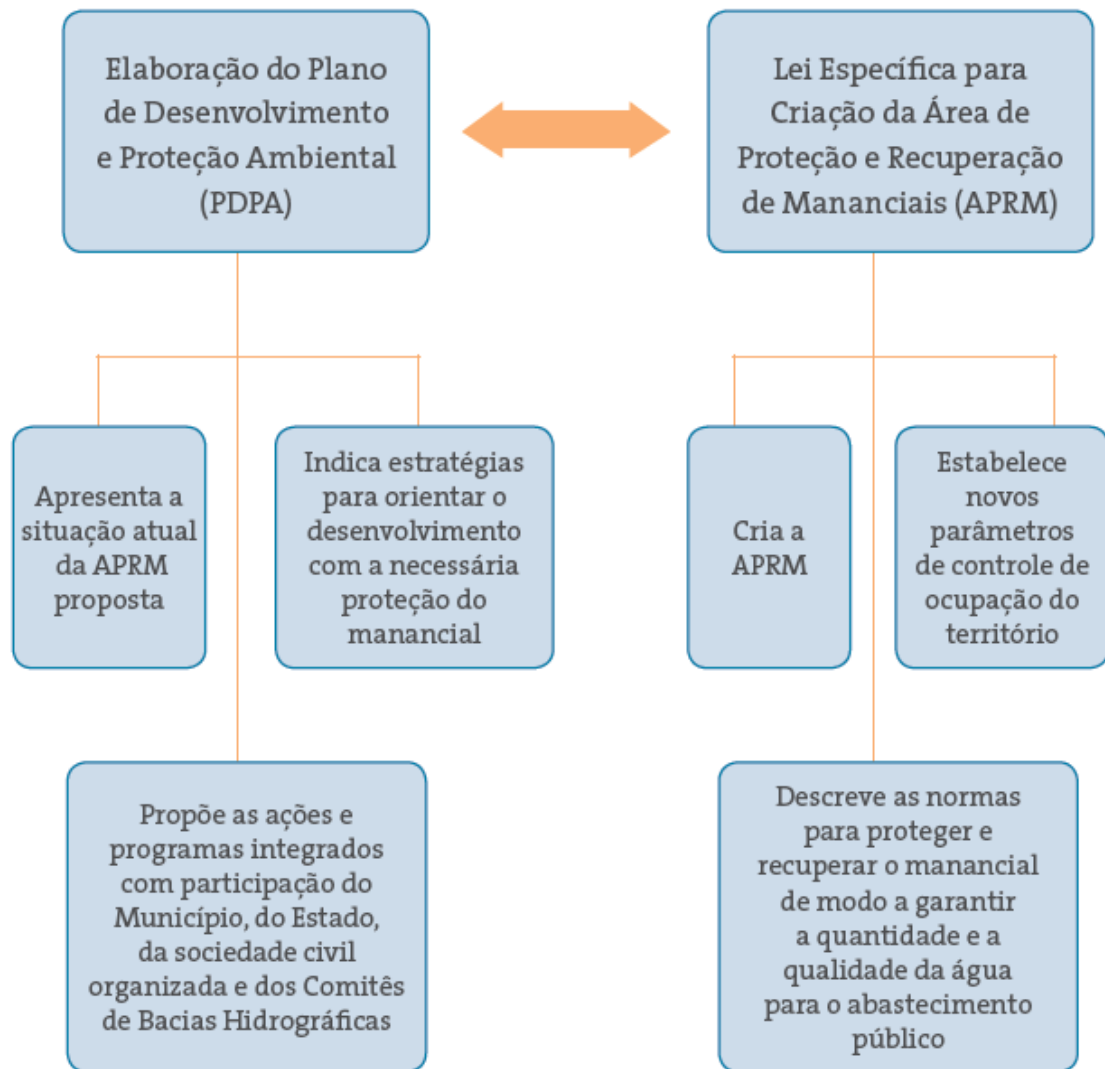
## **O ACORDO DO AQUÍFERO GUARANI (2010 – 2019?)**

- Argentina, do Paraguai, do Uruguai e do Brasil passam a compartilhar estudos técnicos e científicos para embasar a gestão deste **recurso transfronteiriço**;
- Descobriu-se que o **Aquífero Guarani** era de uma **reserva de grandes proporções**, passando a ser denominado **Sistema Aquífero Guarani (SAG)**, (geógrafo uruguaio Danilo Anton).
- Pressupõe a criação de uma institucionalidade regional própria e que extrapola os limites que caracterizam o MERCOSUL do modo como foi concebido, enquanto projeto comercial.

***Dilema: De que maneira o acordo pode nos ajudar?***

***É um guarda-chuva” para diversas iniciativas locais e regionais!***





# Estado de São Paulo

Núcleos de pesquisa e de gestão em águas subterrâneas do Estado de São Paulo tem trabalhado em conjunto há mais de duas décadas:

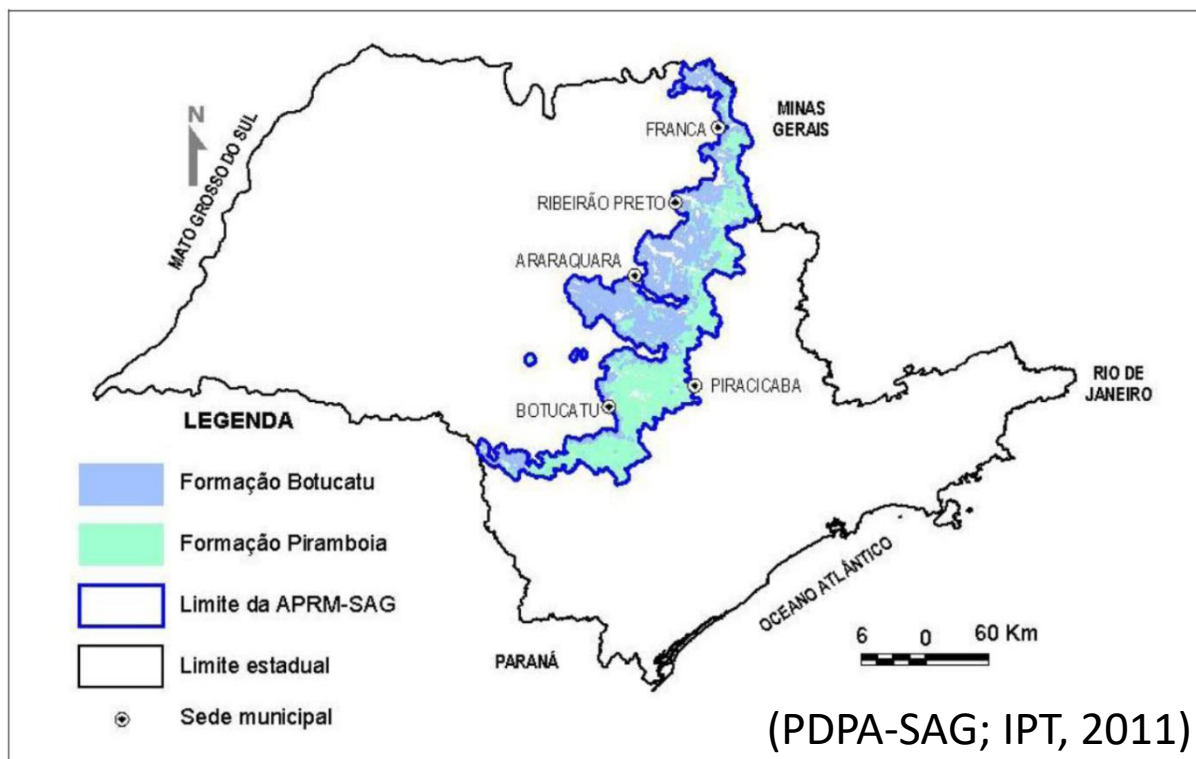
**DAEE / IPT / CETESB / IG / CPRM  
Universidades**

Iniciativas recentes:

- **Programa Ambiental Estratégico Aquíferos** – estudos de casos inter-institucionais (2007 a 2015);
- **Ação programada de desenvolvimento e proteção de águas subterrâneas no Estado de São Paulo** propõe projetos e ações consideradas prioritárias (2017-2020).

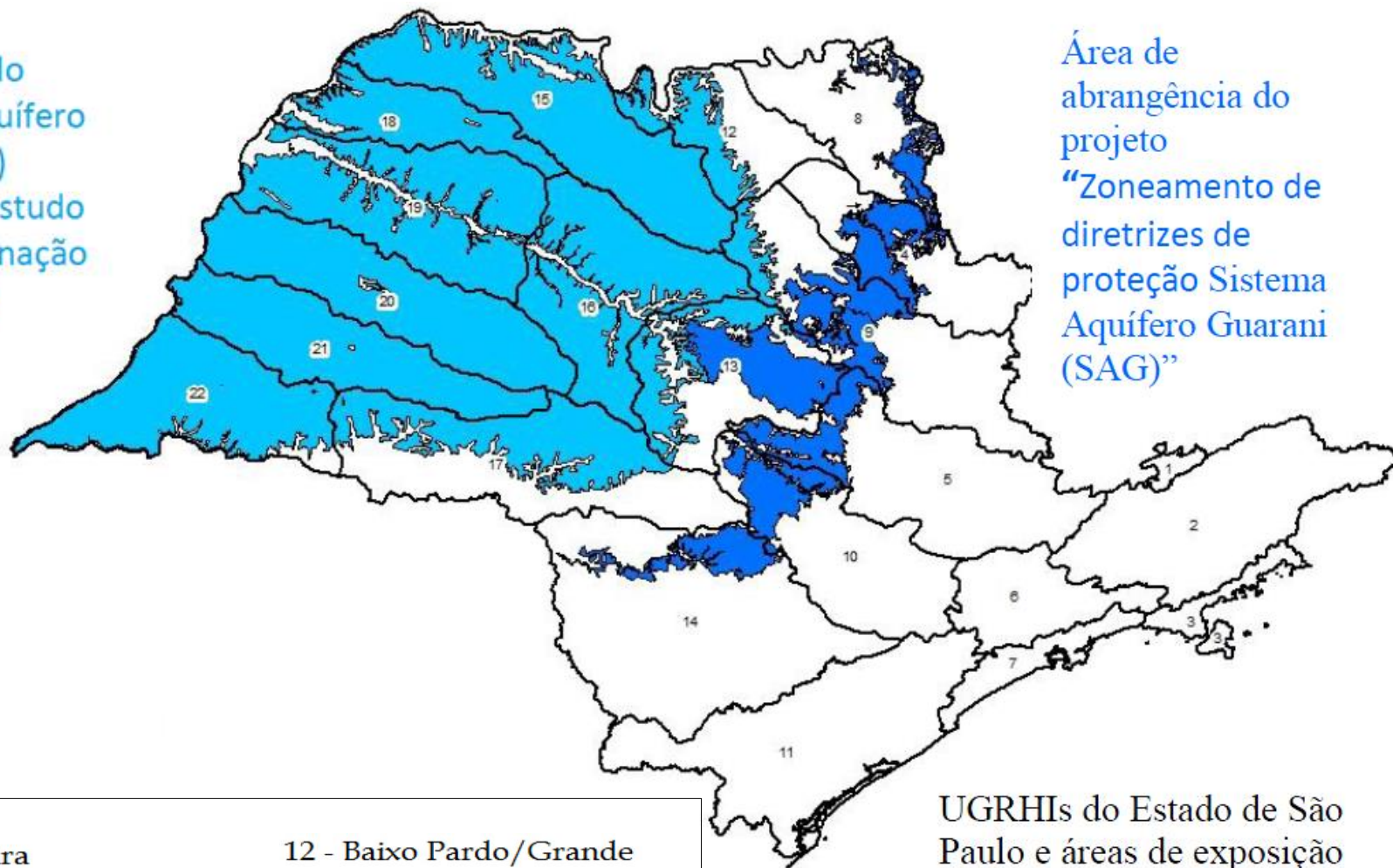
## Área de Proteção e Recuperação de Manancial da Zona de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani (APRM-SAG).

- Criação da **APRM-SAG**;
- Área de afloramento das formações Botucatu e Piramboia no Estado de São Paulo, (*buffer* de 2,0 km), ~26.000 km<sup>2</sup>.; considerando o meio físico e socioeconômico das unidades de conservação e áreas correlatas na região;
- Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH): **9 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHs)**;
- **107 municípios** do Estado de São Paulo inseridos, total ou parcialmente, na APRM-SAG.





Área de  
exposição do  
Sistema Aquífero  
Bauru (SAB)  
objeto de estudo  
de contaminação  
por nitrato

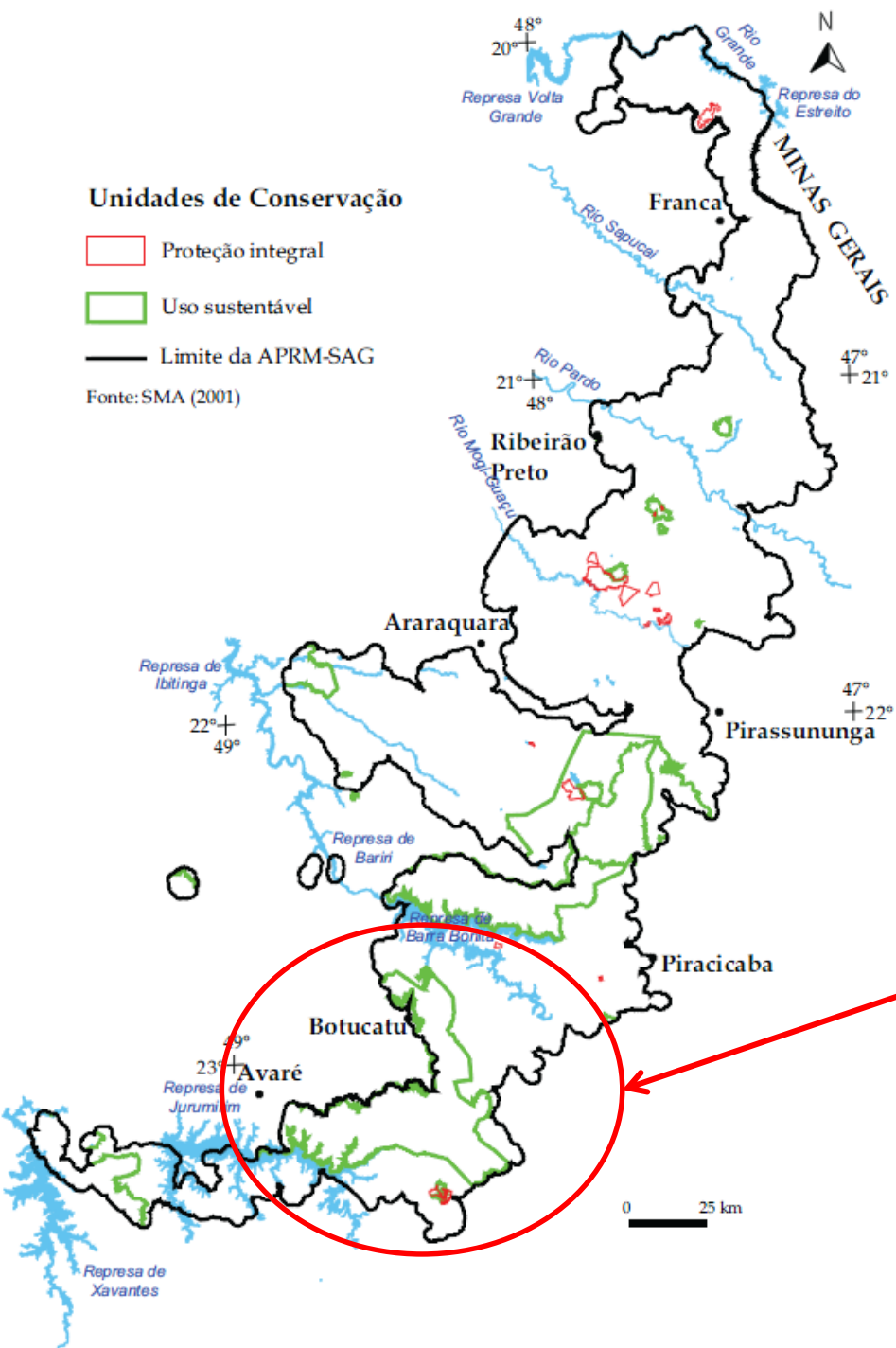


Área de  
abrangência do  
projeto  
“Zoneamento de  
diretrizes de  
proteção Sistema  
Aquífero Guarani  
(SAG)”

UGRHIs:

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 - Mantiqueira                    | 12 - Baixo Pardo/Grande     |
| 2 - Paraíba do Sul                 | 13 - Tietê/Jacaré           |
| 3 - Litoral Norte                  | 14 - Alto Paranapanema      |
| 4 - Pardo                          | 15 - Turvo/Grande           |
| 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí    | 16 - Tietê/Batalha          |
| 6 - Alto Tietê                     | 17 - Médio/Paranapanema     |
| 7 - Baixada Santista               | 18 - São José dos Dourados  |
| 8 - Sapucaí/Grande                 | 19 - Baixo Tietê            |
| 9 - Mogi-Guaçu                     | 20 - Aguapeí                |
| 10 - Tietê/Sorocaba                | 21 - Peixe                  |
| 11 - Ribeira de Iguape/Litoral Sul | 22 - Pontal do Paranapanema |

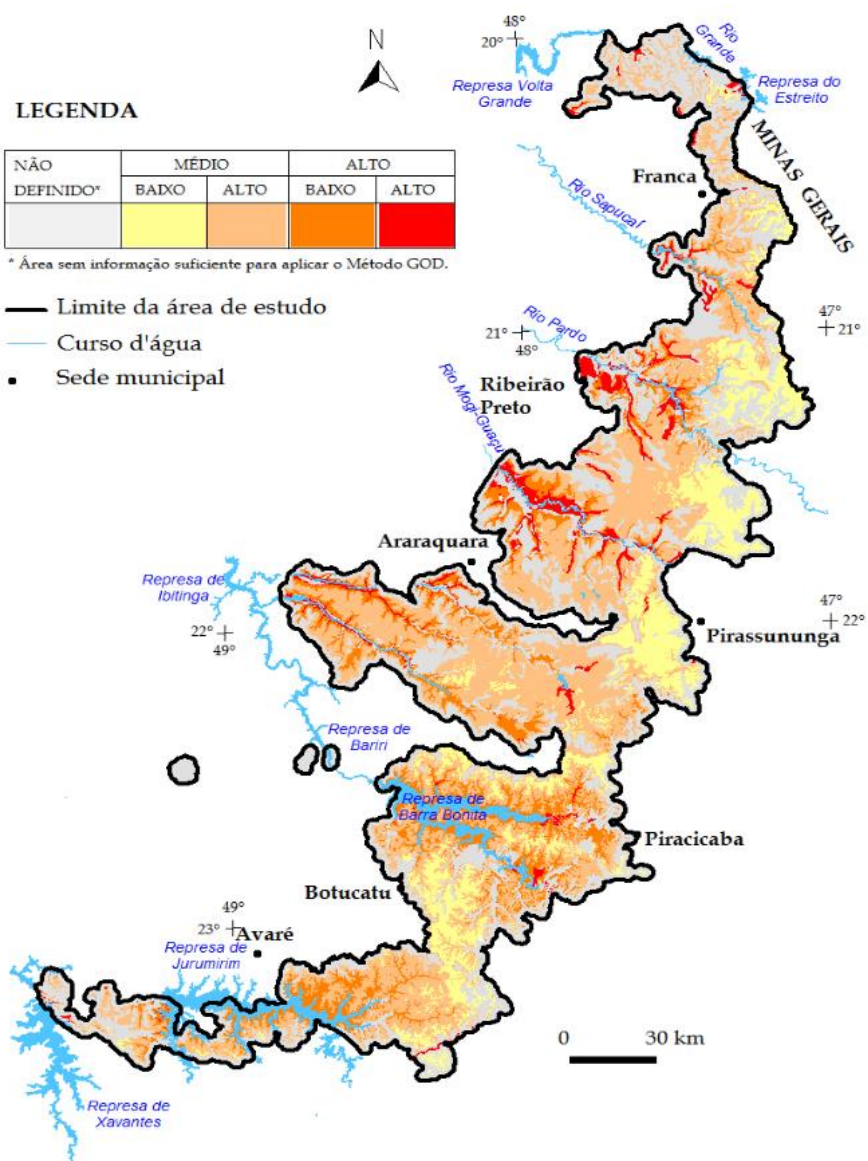
UGRHIs do Estado de São Paulo e áreas de exposição do SAB (azul claro) e do SAG.



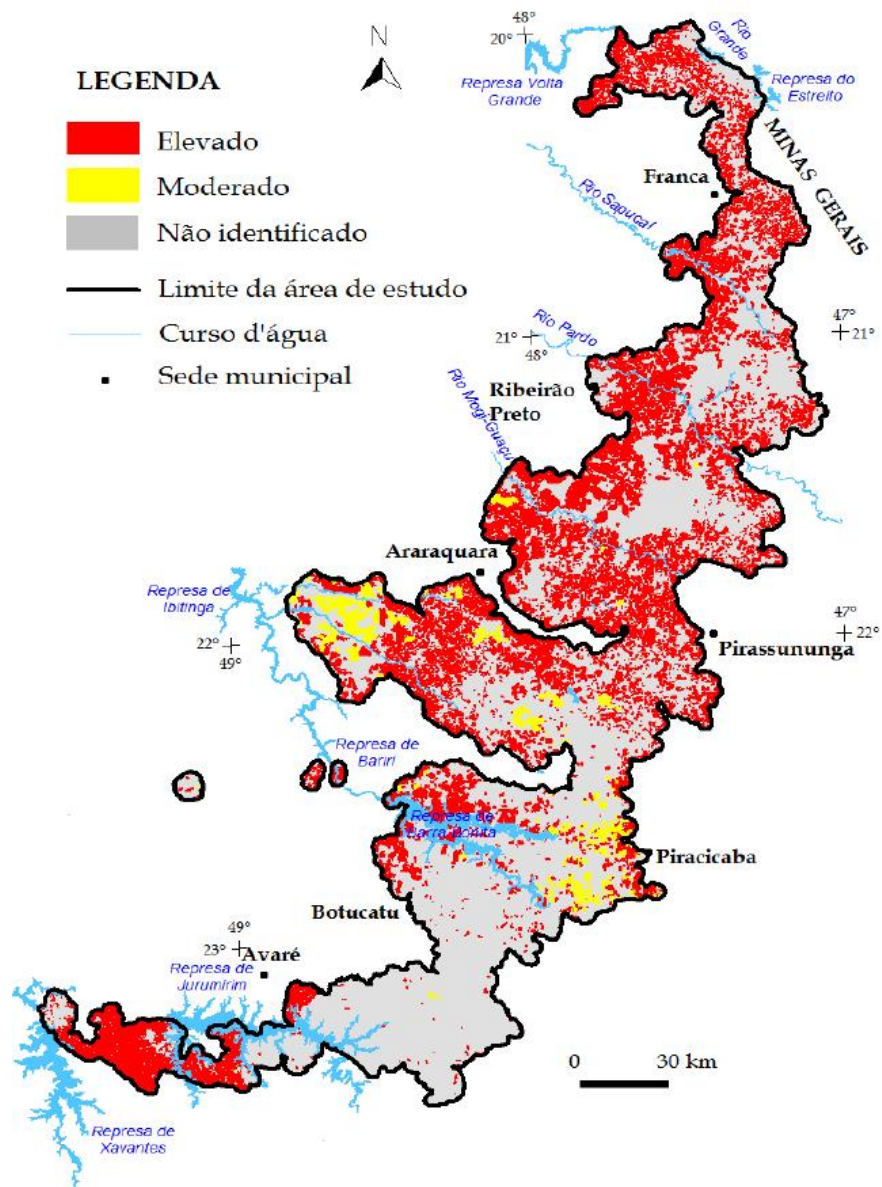
- Lei Federal nº 9.985/00 institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC);
- Na APARM-SAG estão inseridas 9 Unidades de Conservação de Proteção Integral e 16 de Uso Sustentável;
- Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, Botucatu e Tejuπά - (APA das Cuestas), criada em 1983;
- Perímetro da APA Botucatu.



# Vulnerabilidade natural do SAG à contaminação (natural)



# Fontes difusas potenciais de contaminação (antrópico)




O cruzamento dos mapas = Mapa de Risco ~ à probabilidade de contaminação.


# Áreas de Intervenção


48°  
20°+


## Áreas de Intervenção


 Área de Restrição à Ocupação - ARO

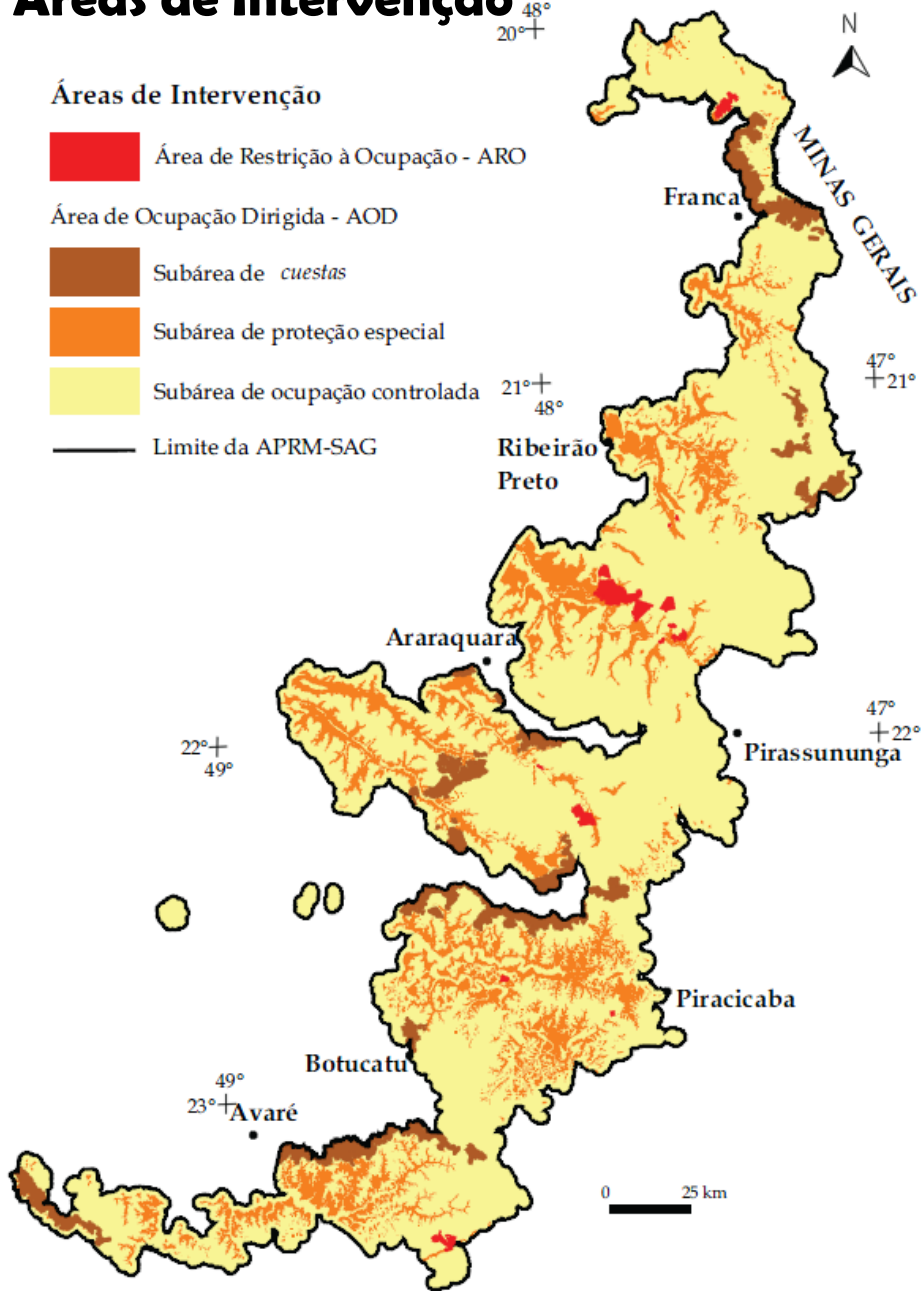
Área de Ocupação Dirigida - AOD

 Subárea de *cuestas*

 Subárea de proteção especial

 Subárea de ocupação controlada

 Limite da APRM-SAG



ÁREAS DE INTERVENÇÃO	SUBÁREAS	COMPREENDE	
ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO (ARO)	Não foram definidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• áreas de preservação permanente e de reserva legal*</li> <li>• Unidades de Conservação</li> <li>• outras áreas declaradas pelo Poder Público como de especial interesse para a preservação ambiental e dos recursos hídricos</li> </ul>	
ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA (AOD)	Subárea de <i>cuestas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• faixa de escarpas das <i>cuestas</i> basálticas</li> </ul>	
	Subárea de proteção especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• áreas consideradas altamente vulneráveis à contaminação e destinadas à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos</li> </ul>	
	Subárea de ocupação controlada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• demais áreas da categoria AOD</li> </ul>	
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA)*	Não foram definidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• áreas-fonte de sedimento;</li> <li>• aglomerações suburbanas (favelas);</li> <li>• lixões;</li> <li>• áreas degradadas por processos do meio físico (erosão, escorregamento, assoreamento, inundações), entre outras</li> </ul>	

(Albuquerque Filho, 2011)



# REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS) - CPRM

## Principais características



### Parâmetros Monitorados:

Nível d'água,  
Físico-químicos (pH,  
CE, OD, T, Turb. Alcalin.)

Químicos (36  
Parâmetros base Conama  
396/08)

### Frequência:

- Nível d'água - medidas horárias
- Parâmetros fis-qui. - Anual
- Análises químicas completas
  - Inorgânicos - Anual
  - Orgânicos - Quinquenal ou em casos de variações significativas nos parâmetros anuais

### Incorporação das demais componentes do ciclo hidrológico:

Integração com as  
estações de  
monitoramento  
hidroclimatológico

# REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS) - CPRM

## Principais características



Situação Atual

**394**  
estações de  
monitoramento

**30** aquíferos

**76** PCDs  
instaladas

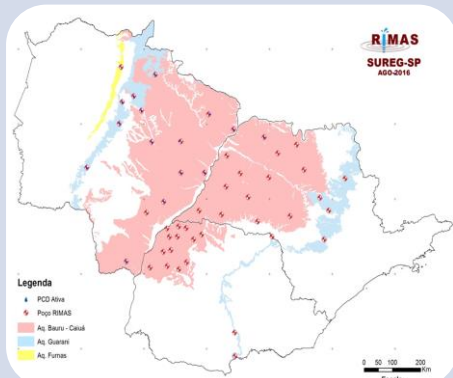
**2** GNIPs  
instaladas

**19** estados



# REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS) - CPRM

## REDE RIMAS SUREG-SP



### 3 Aquíferos Monitorados:

SAB  
SAG  
Furnas

### Distribuição dos poços:

49 poços em operação  
34 SAB  
14 SAG  
1 Furnas

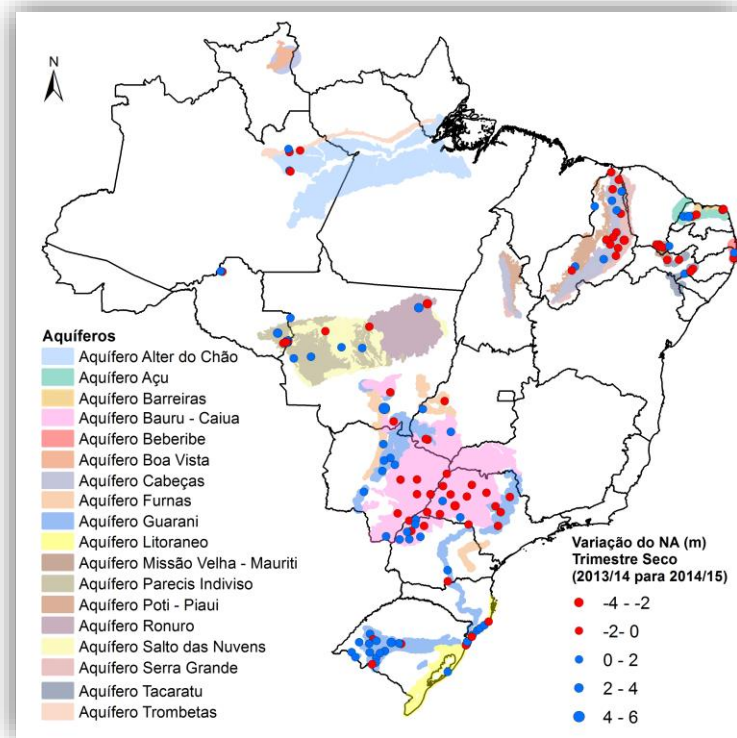
### Estações Pluviométricas:

15 Estações automáticas em operação  
1 Coletor isotópico (GNIP)

# REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RIMAS) - CPRM

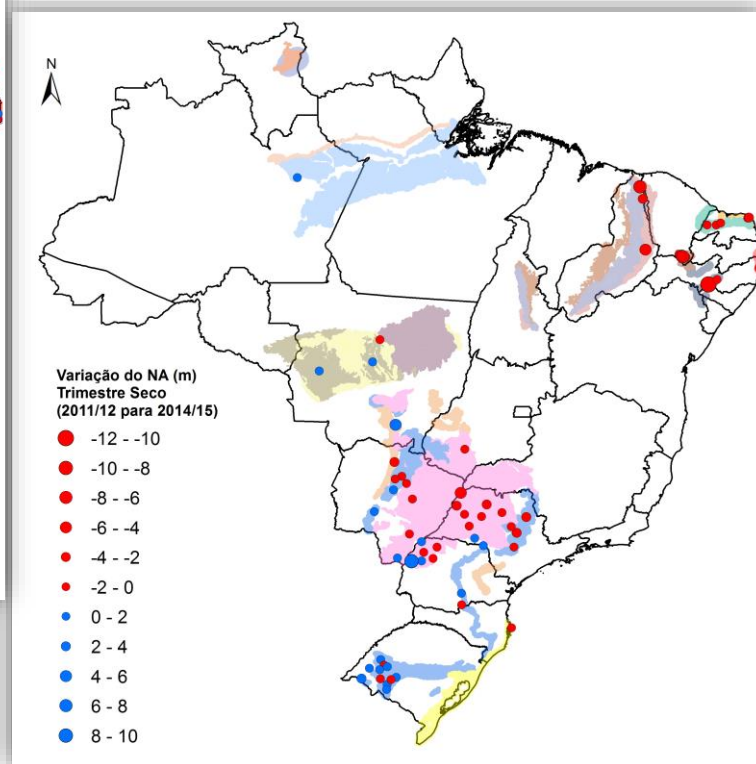
## A importância dos dados de monitoramento da RIMAS

Mapas de variação de NA - Identificação da tendência de rebaixamento do nível d'água nos aquíferos monitorados no período de 2011 a 2015.



Trimestre Seco 2013/2014 –  
2014/2015

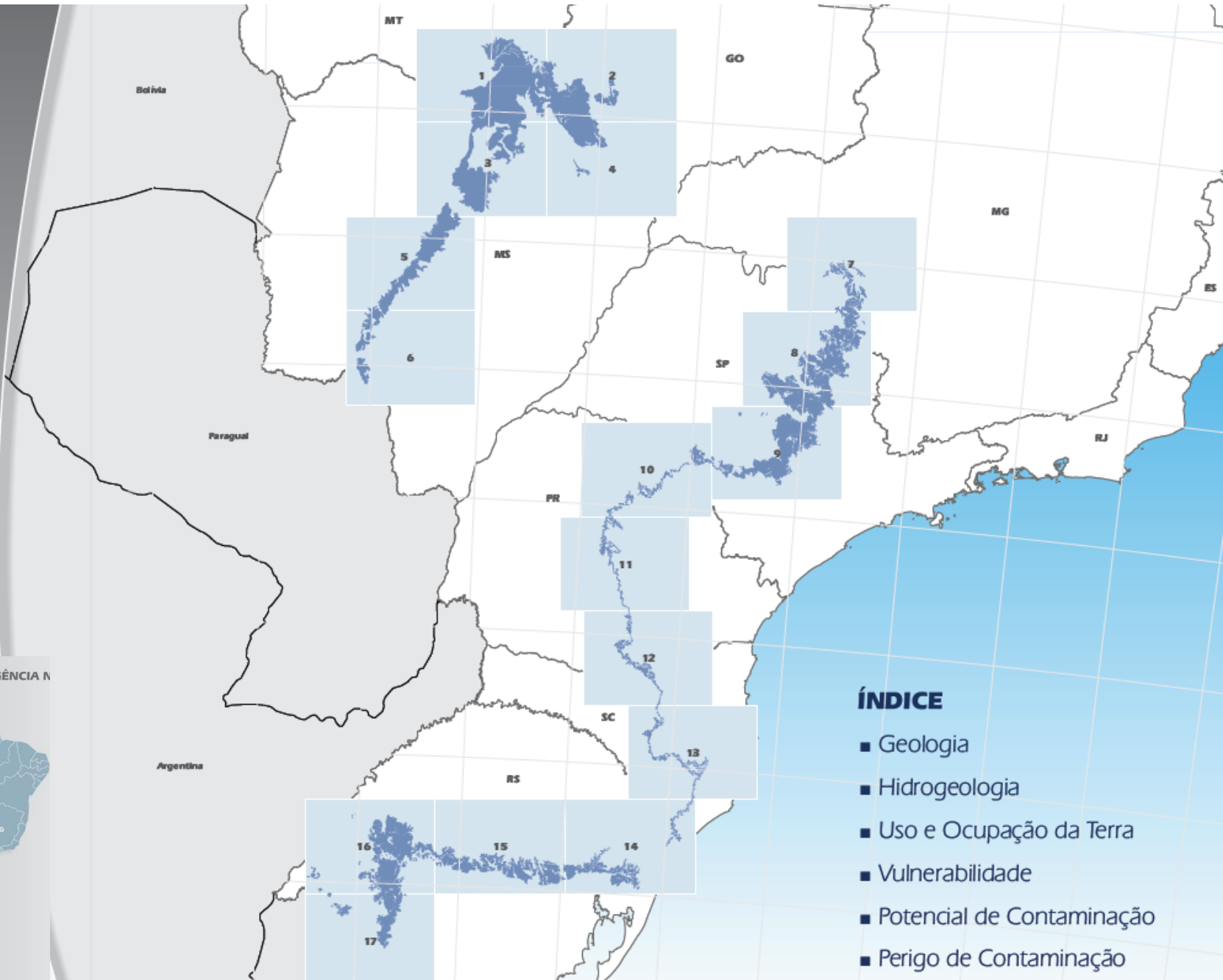
Trimestre Seco 2011/2012 –  
2014/2015



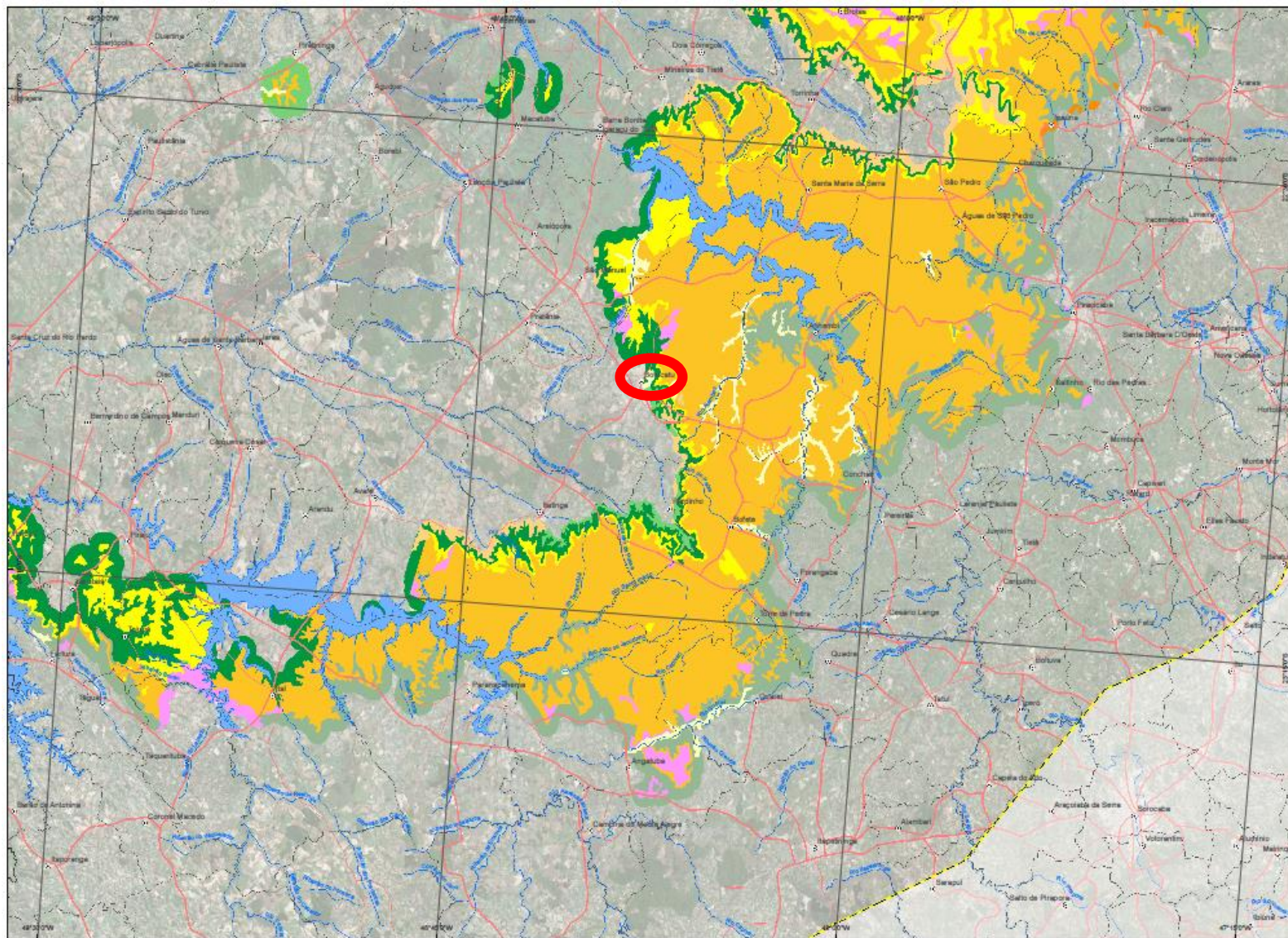


# RESULTADOS PÓS - PEA, 2009 (ANA, 2014)

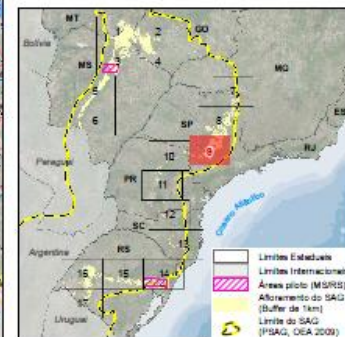
ENGE CORPS







Localização do Aquífero Guarani



Articulação das Folhas - 1:500.000

ANA <small>AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS</small>		ENGECORPS	
ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO			
<b>GEOLOGIA</b>			
TÍTULO			
NUMERO DA FOLHA	9/17	DATA	Outubro / 2014
ESCALANUMÉRICA	1:500.000		
ESCALA GRÁFICA			

**Convenções Cartográficas**

- Rios Permanentes
- Rios Intermitentes
- Massas d'água
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Limites Estaduais
- Limites Internacionais

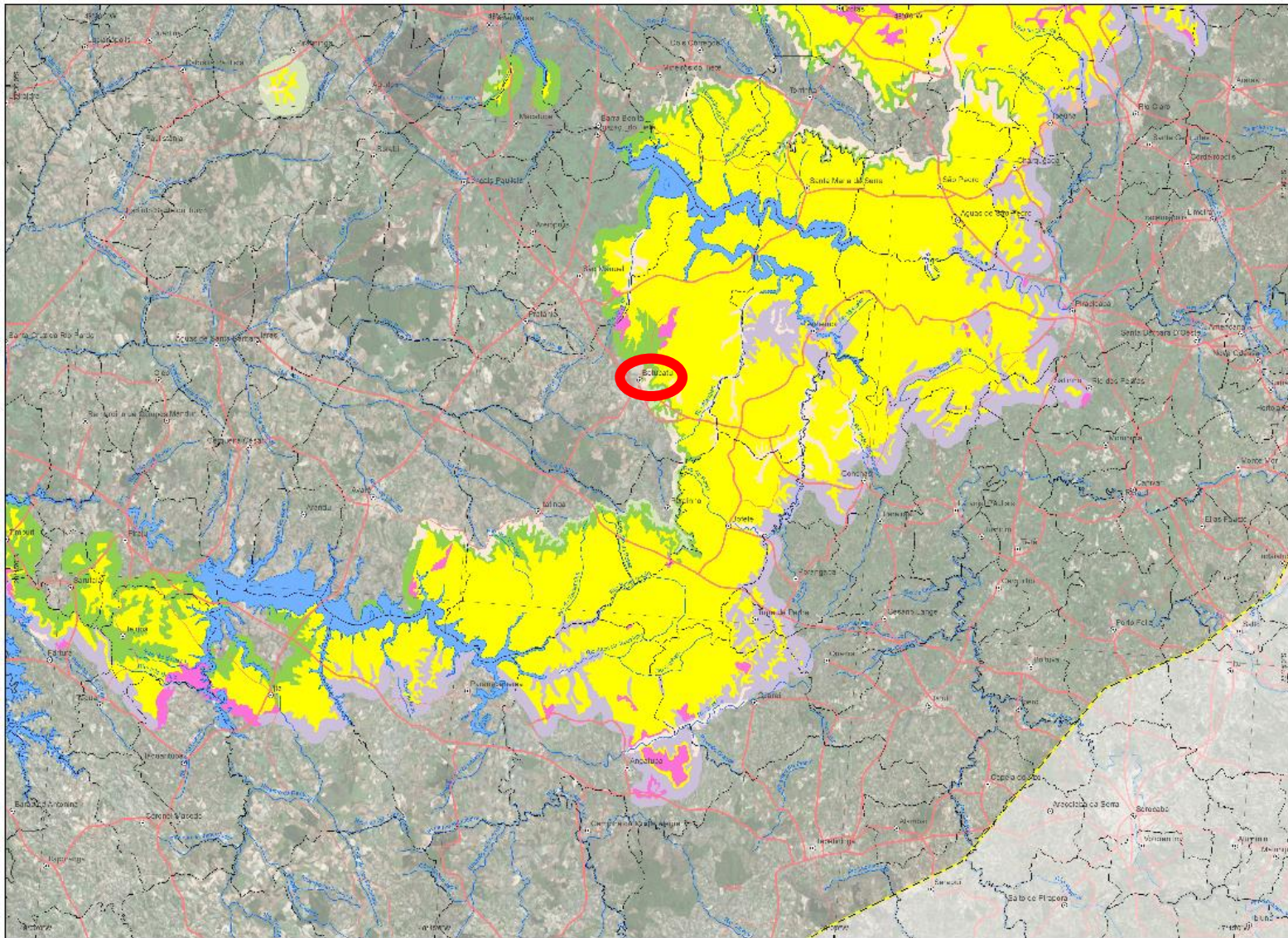
**Geologia**

- Estruturas Geológicas

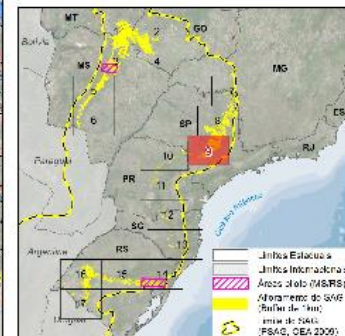
**Unidades Geológicas**

- |                            |                                   |                  |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Depósitos Aluvionares      | Formação Guarã                    | Formação Irati   |
| Coberturas Indiferenciadas | Formação Caturrita                | Formação Tatui   |
| Grupo Bauru                | Formação Santa Maria              | Formação Palermo |
| Formação Serra Geral       | Formação Sanga do Cabral          | Grupo Aquidauana |
| Formação Botucatu          | Formação Rio do Rasto             | Pré-Cambriano    |
| Formação Pirambóia         | Formação Estrada Nova /Corumbataí |                  |





Localização do Aquífero Guarani



Articulação das Folhas - 1:500.000



ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO

**HIDROGEOLOGIA**

TÍTULO		
NÚMERO DA FOLHA	9/17	DATA
ESCALA NUMÉRICA	1:500.000	Outubro / 2014
ESCALA GRÁFICA		

**Convenções Cartográficas**

- Rios Permanentes
- Rios Intermitentes
- Massas d'água
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Limites Estaduais
- Limites Internacionais
- Limite do SAG (PSAG, OEA 2009)

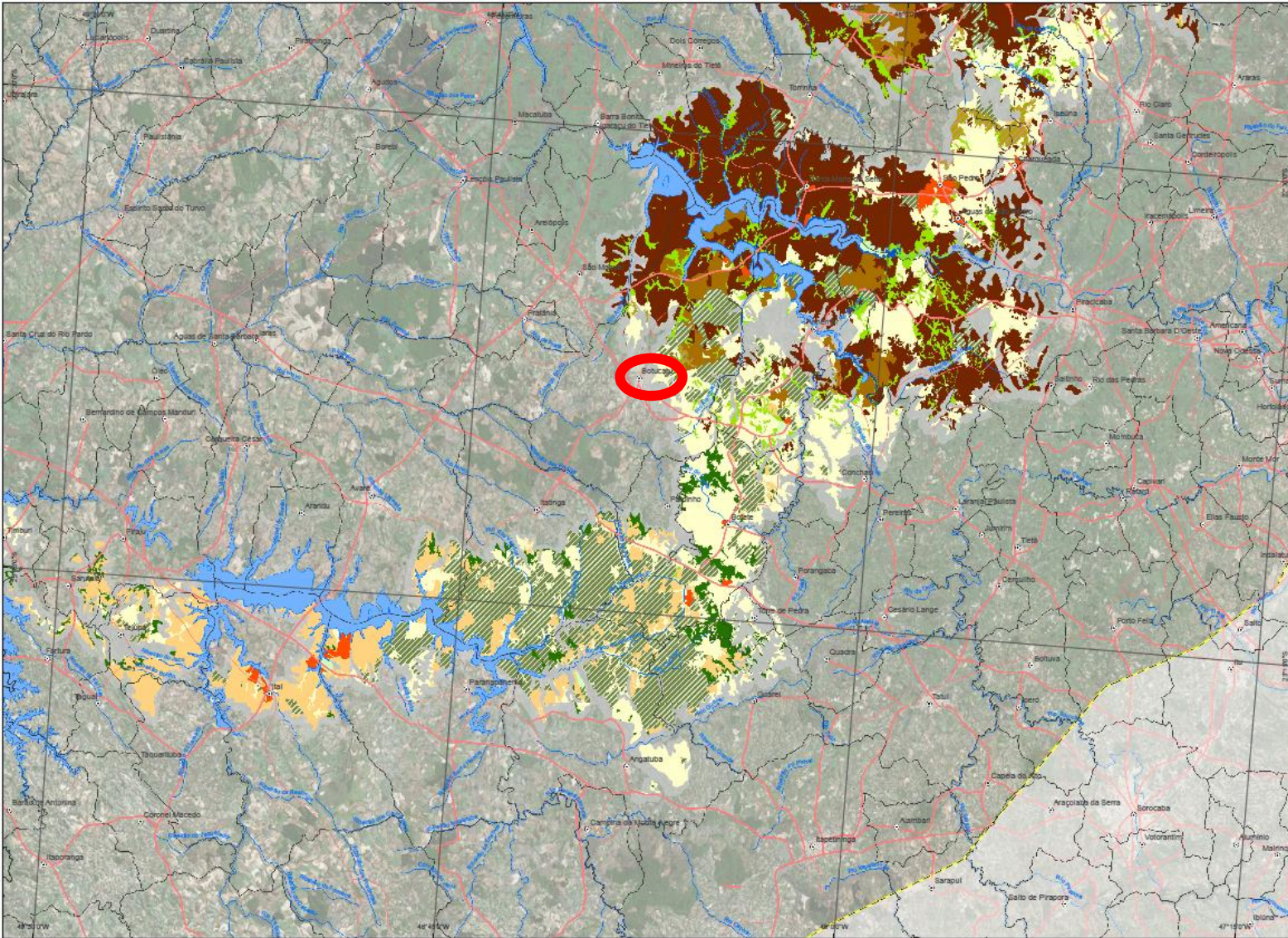
**Hidrogeologia**

- Potenciometria
- Direção de Fluxo
- Poços Tubulares Profundos
- Poços Rasos

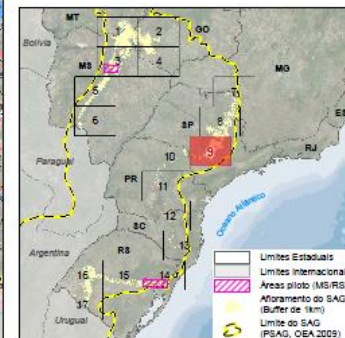
**Unidades Hidrogeológicas**

- Sistema Aquífero Colúvio-Aluvionar
- Sistema Aquífero Cenozoico
- Sistema Aquífero Bauru / Caiuá
- Sistema Aquífero Serra Geral
- Sistema Aquífero Guarani
- Aquífero Sanga do Cabral
- Sistema Aquífero Passa Dois
- Sistema Aquífero Tubarão
- Sistema Aquífero Cristalino





Localização do Aquífero Guarani



Articulação das Folhas - 1:500.000

<b>ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO</b>	
<b>TÍTULO</b> <b>USO E OCUPAÇÃO DA TERRA</b>	
NÚMERO DA FOLHA 9/17	DATA Outubro / 2014
ESCALA NUMÉRICA 1:500.000	
ESCALA GRÁFICA 	

**Convenções Cartográficas**

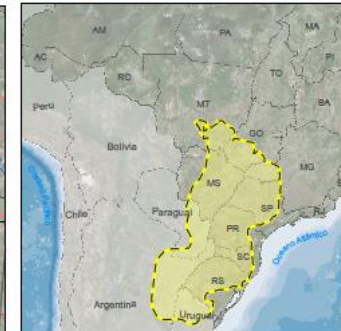
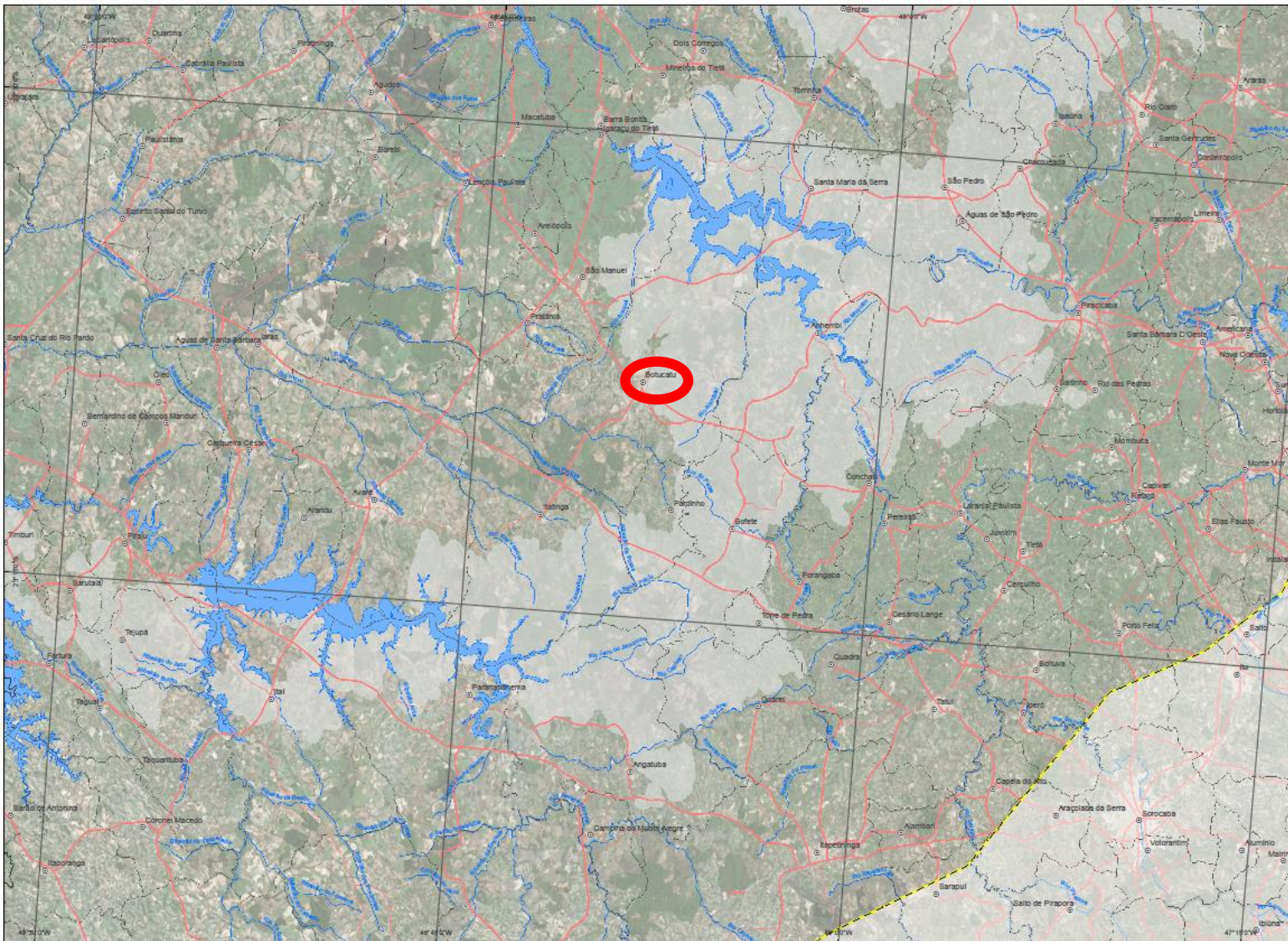
- Rios Permanentes
- Rios Intermitentes
- Massas d'água
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Limites Estaduais
- Limites Internacionais

**Uso e Ocupação da Terra**

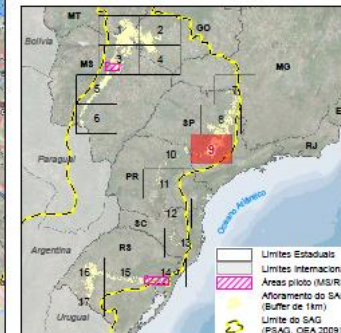
- Áreas Urbanas
- Cultura Semi-perene (Cana)
- Silvicultura
- Cultura Anual
- Cultura Perene
- Mata
- Arroz
- Campo/ Pastagem
- Mata Ciliar ou de Galeria
- Solo Exposto
- Várzea ou Campos Úmidos
- Soja
- Cerrado




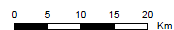
- Limite do SAG (PSAG, OEA 2009)
- Afloramento do SAG (Buffer de 1 km)
















Localização do Aquífero Guarani



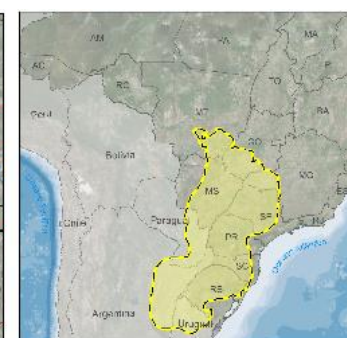
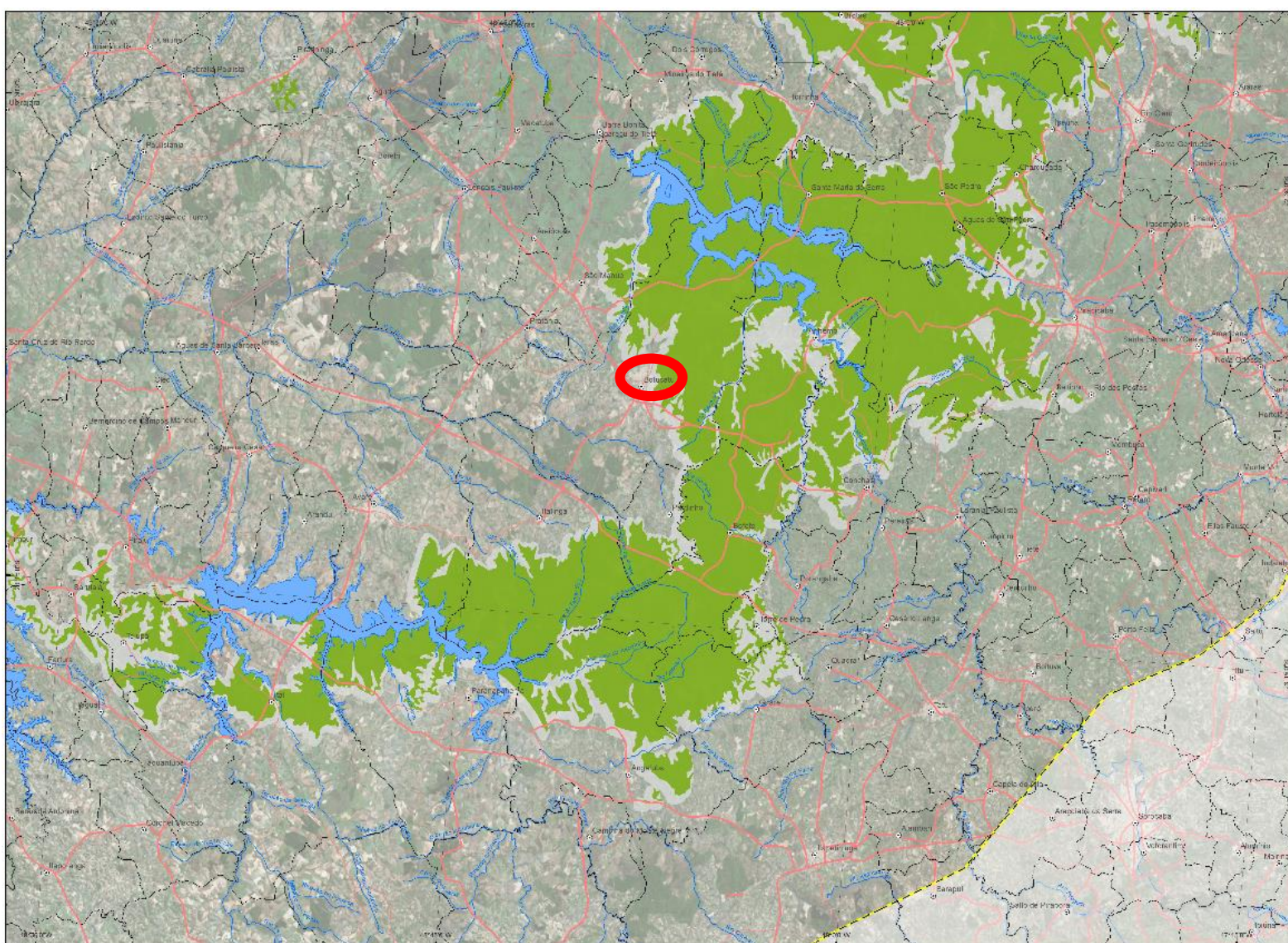
 ANA <small>PARANÁ - GUARANI - SUL 16, 19</small>		 ENGECORPS	
<b>ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO</b>			
<b>TÍTULO</b> <b>VULNERABILIDADE GOD</b>			
<b>NÚMERO DA FOLHA</b> 9/17		<b>DATA</b> Outubro / 2014	
<b>ESCALA NUMÉRICA</b> 1:500.000			
<b>ESCALA GRÁFICA</b> 			

**Convenções Cartográficas**

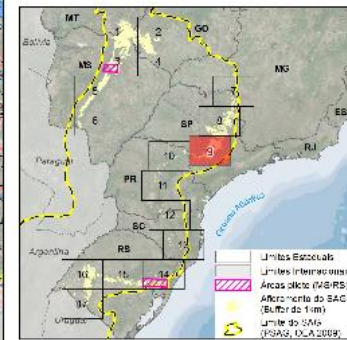
- |  |                         |   |                        |   |                                     |
|--|-------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Rios Permanentes        |  | Sedes Municipais       |  | Limite do SAG (PSAG, OEA 2009)      |
|  | Rios Intermitentes      |  | Limites Municipais     |  | Afloramento do SAG (Buffer de 1 km) |
|  | Massas d'água           |  | Limites Estaduais      |   |                                     |
|  | Rodovia pavimentada     |  | Limites Internacionais |   |                                     |
|  | Rodovia não pavimentada |   |                        |   |                                     |

**Índice de Vulnerabilidade Natural (Método GOD)**





**Localização do Aquífero Guarani**



**Articulação das Folhas - 1:500.000**



**ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO**

TÍTULO  
**POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO**

NUMERO DA FOLHA <b>9/17</b>	DATA <b>Outubro / 2014</b>
ESCALA NUMÉRICA <b>1:500.000</b>	
ESCALA GRÁFICA 	

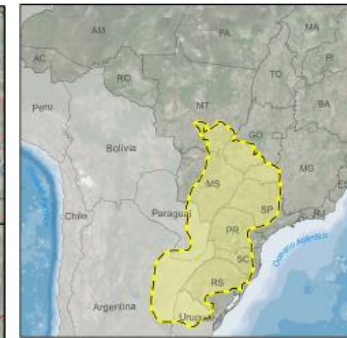
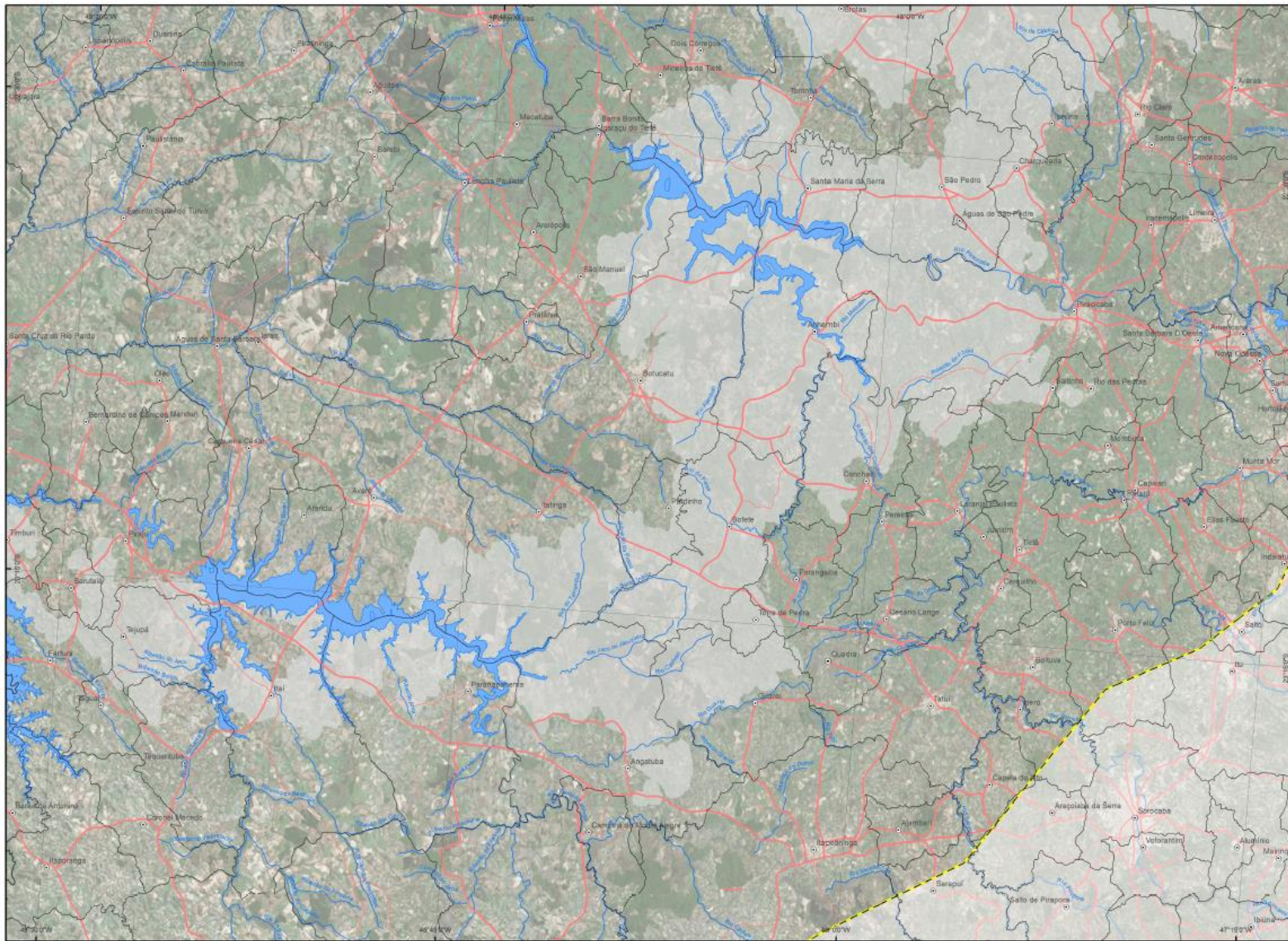
**Convenções Cartográficas**

- Rios Permanentes
- Rios Intermitentes
- Massas d'água
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Limites Estaduais
- Limites Internacionais

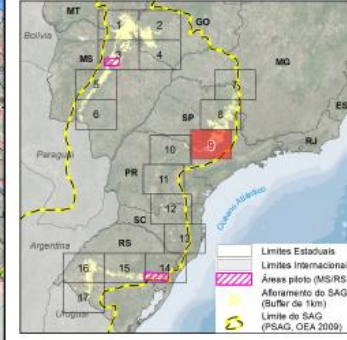
**Classificação do Potencial de Contaminação**

- Reduzido
- Moderado
- Elevado
- Limite do SAG (PSAG, OEA 2009)
- Afloramento do SAG (Buffer de 1 km)





**Localização do Aquífero Guarani**



**Articulação das Folhas - 1:500.000**

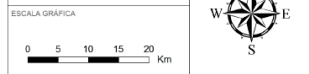


**ESTUDOS DE VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NAS ÁREAS DE AFLORAMENTO**

**TÍTULO**  
**PERIGO DE CONTAMINAÇÃO**

**NUMERO DA FOLHA** 9/17      **DATA** Outubro / 2014

**ESCALA NUMÉRICA**  
1:500.000



**Convenções Cartográficas**

- Rios Permanentes
- Rios Intermitentes
- Massas d'água
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Limites Estaduais
- Limites Internacionais
- Limite do SAG (PSAG, OEA 2009)
- Afloramento do SAG (Buffer de 1 km)

**Classificação do Perigo de Contaminação**

- Baixo
- Moderado
- Alto
- Extremo
- Sem classificação

# **PROGRAMA EDUCATIVO DE DIVULGAÇÃO, VALORIZAÇÃO E GEOCONSERVAÇÃO DO SAG (ProSAG)**

*Programa Sistema Aquífero Guarani: Divulgação e conscientização sobre o mais importante reservatório natural de água subterrânea da América do Sul*

*(Galdiano et al., 2014ab, 2016)*

**Museu de Mineralogia Aitiara** : pessoa jurídica, entidade gestora do ProSAG, que promove:

- Palestras avulsas sobre a formação geológica do SAG, sua proteção e seu uso adequado
- Participação em eventos técnicos (congressos, simpósios, etc.)
- Prepara e distribuição estratégica de informes em linguagem adequada para o público leigo
- Trailer que percorre praças públicas e escolas, com peças de teatro (*ex. “Proteção das Águas, Opção pela Vida: Aquífero Guarani, Patrimônio Geológico”*; Balsabore, 2015), exposição e oficina, em cidades variadas

*Só quem reconhece o valor de um bem participa da sua conservação.*

*Só quem CONHECE um bem pode reconhecer o seu valor.*

*Virgínio Mantesso-Neto*





Série: Ensino e História de Ciências da Terra 2

Valter G. Gonçalves - Celso Dal Ré Carneiro - Berenice P. Balsalobre  
Sueli Yoshinaga Pereira - Luciana Cordeiro de Souza-Fernandes  
Didier Gastmans - Andrea Bartorelli - Renatta Christina da Costa Lemos Vilela  
Virginio Mantesso-Neto - Luiz Eduardo Anelli - Joseli Maria Piranha

# Programa Aquífero Guarani

Unindo água subterrânea e história  
da Terra à consciência ambiental







**ProsAG**  
Programa Sistema Aquífero Guarani  
Patrimônio Geológico

**Aqui começa o Aquífero Guarani**

**Conserve!**

**CAMINHOS GEOLÓGICOS SP**



Cortesia de Virgínio Mantesso-Neto



# Já estão conosco ...



Universidade Estadual  
de Campinas



Programa de Pós-Graduação em Ensino  
e História de Ciências da Terra,  
Instituto de Geociências, Unicamp



Cortesia de Virgínio Mantesso-Neto

# PLANO DIRETOR DE TURISMO DE BOTUCATU

LEI COMPLEMENTAR Nº 1.233 de 30 de janeiro de 2018.  
( Projeto de Lei Complementar no. 004/2018)

**“ ... APRESENTAÇÃO: Uso e Ocupação do Solo**

*III. Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPAM): ... proteger o Aquífero Guarani, ... as áreas com alto índice de permeabilidade e existência de nascentes, olhos d'água e similares ... ocupação de baixo impacto ... produção agroecológica...”*

**“ ... CAPÍTULO XV - MEIO AMBIENTE**

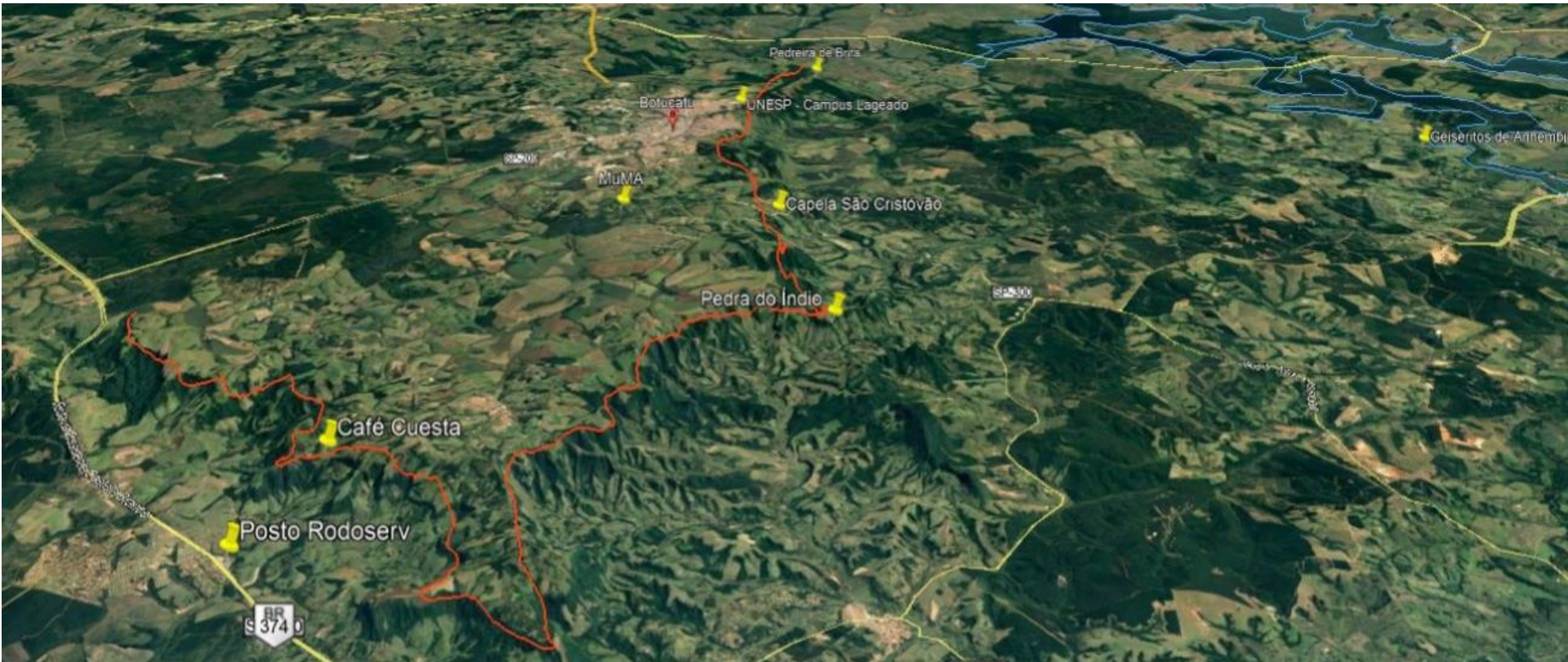
*Art. 59 São objetivos da política municipal de Meio Ambiente:*

*XXVI - Incentivar a criação do Parque Geológico da Cuesta, visando a preservação e conservação das áreas de influência e recarga do Sistema Aquífero Guarani.”*



# PÓLO CUESTA

- Consórcio turístico, sem fins lucrativos 2001
- 12 municípios: Anhembi, Areiópolis, Avaré, Barra Bonita, Bofete, Botucatu, Conchas, Itatinga, Paranapanema, Pardinho, Pratânia e São Manuel;
- Políticas para gestão ecossistêmica do potencial turístico dos municípios, estimular o desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção do meio ambiente.



# RECOMENDAÇÕES TRANSDISCIPLINARES

## Agroecologia + Agrogeologia

Para além da Restauração de Áreas Degradadas...

Adoção de práticas Agroecológicas somadas à Agrogeologia.

A remineralização de solos degradados reflete na diminuição da necessidade do uso de agrotóxicos, o principal fator de vulnerabilidade por fontes difusas de contaminação (lenta liberação de nutrientes).

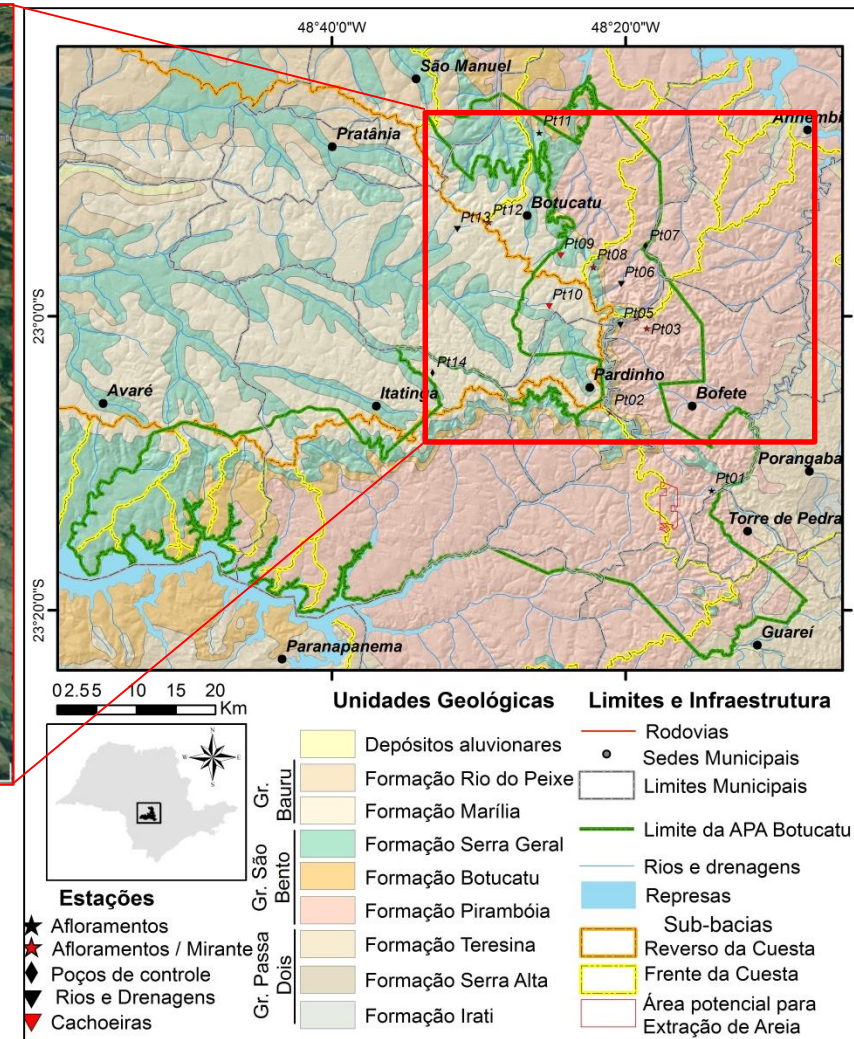
Diminuição de resíduos sólidos: aproveitamento de sobras de atividades de mineração.



# RECOMENDAÇÕES TRANSDISCIPLINARES

## Geoturismo / Educação Sócio-Ambiental-Cultural em campo

Expandir o entendimento de patrimônio geológico (físico-ambiental) a patrimônio social e da humanidade.



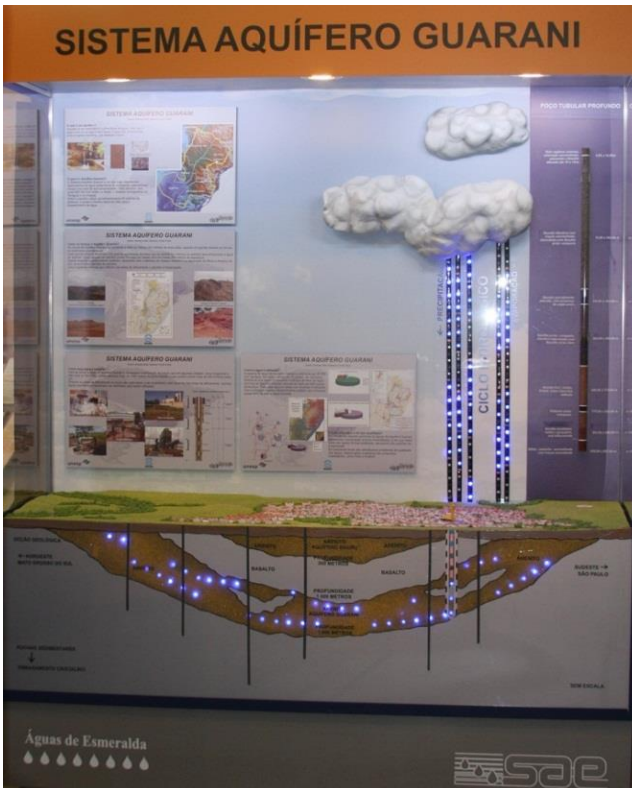
*Por meio da experiência de campo, é esperado não apenas transferir conhecimento, senão criar as possibilidades para sua própria construção e produção.*

(Freire, 1996)

(Justo et al., em preparação)



# O NOVO MuMA → MUSEU DA TERRA ?



**M**ineralogia  
**A**stronomia  
**G**eologia ?  
**M**etais  
**A**rte

...Arqueologia  
Antropologia  
Etnologia  
Agricultura...





# AGRADECIMENTOS

À toda a equipe do ProSAG, pela inspiração e pro-atividade sócio-ambiental-cultural educativa;

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Beatriz Stamato, pelo convite para participar deste evento;

Ao hidrogeólogo Roberto Kirchheim, pesquisador da CPRM, pelos ensinamentos, material disponibilizado e abertura para participar, pessoal e institucionalmente, das ações Pró-SAG;

A todas e todos vocês pela atenção!

**Muito grata!**

*Geol.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Paula Justo  
Pesquisadora em Geociências  
Superintendência Regional de São Paulo  
Rua Costa, 55, Cerqueira César – São Paulo-SP  
Serviço Geológico do Brasil  
(11) 3775-5129  
[ana.justo@cprm.gov.br](mailto:ana.justo@cprm.gov.br)*