

Gestão Integrada de Águas

Secretaria de Meio Ambiente e Recursos
Hídricos – SEMA

Superintendência de Políticas Ambientais -
SPA

Diretoria de Estudos Avançados em Meio
Ambiente - DEAMA

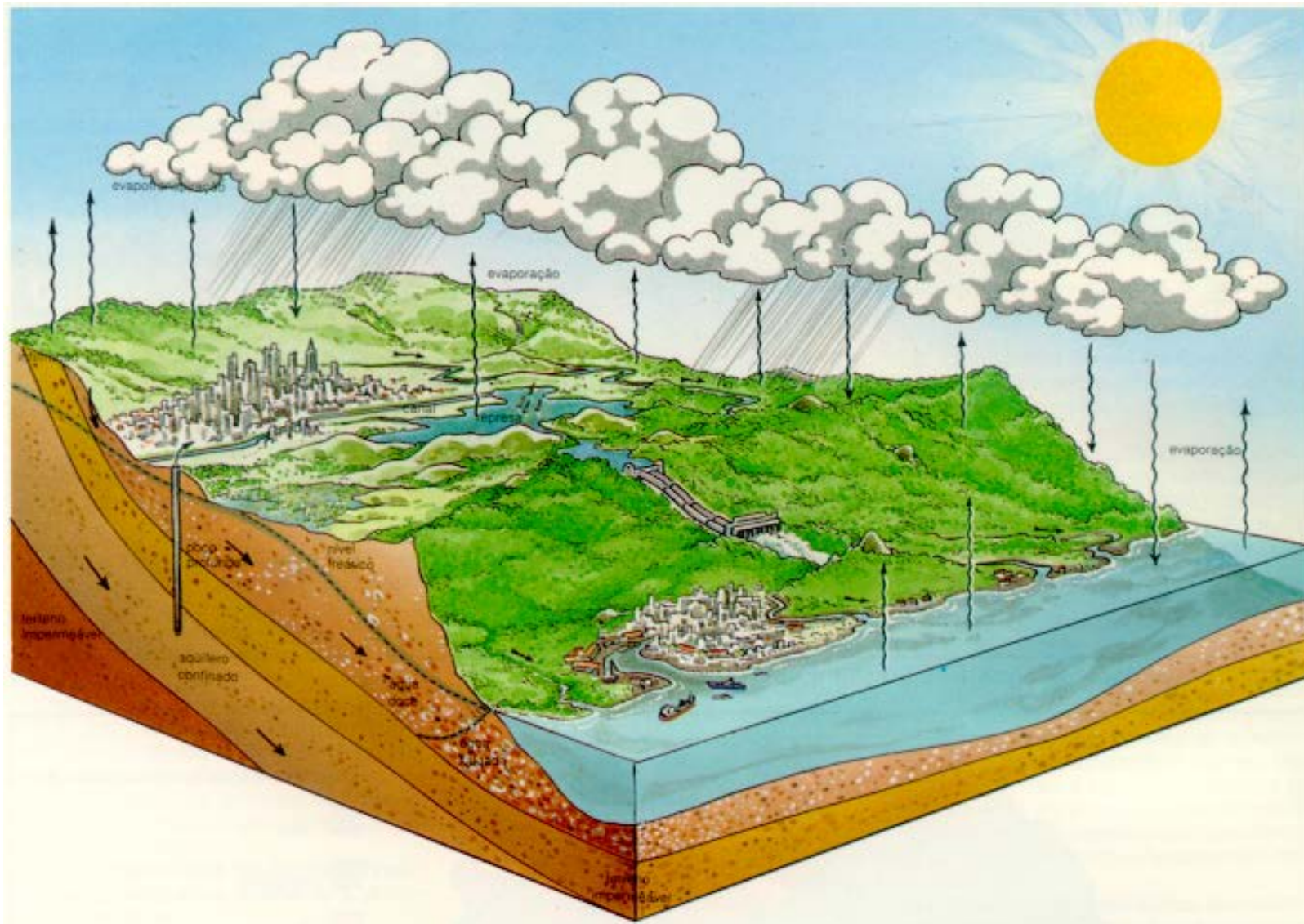
Zoltan Romero C. Rodrigues – Especialista em
Gestão de Recursos Hídricos/Mestre em
Hidrogeologia

zoltan.romero@inema.ba.gov.br (9611-7222)



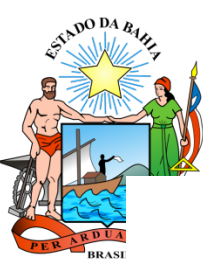


CICLO HIDROLÓGICO Simplificação Errônea

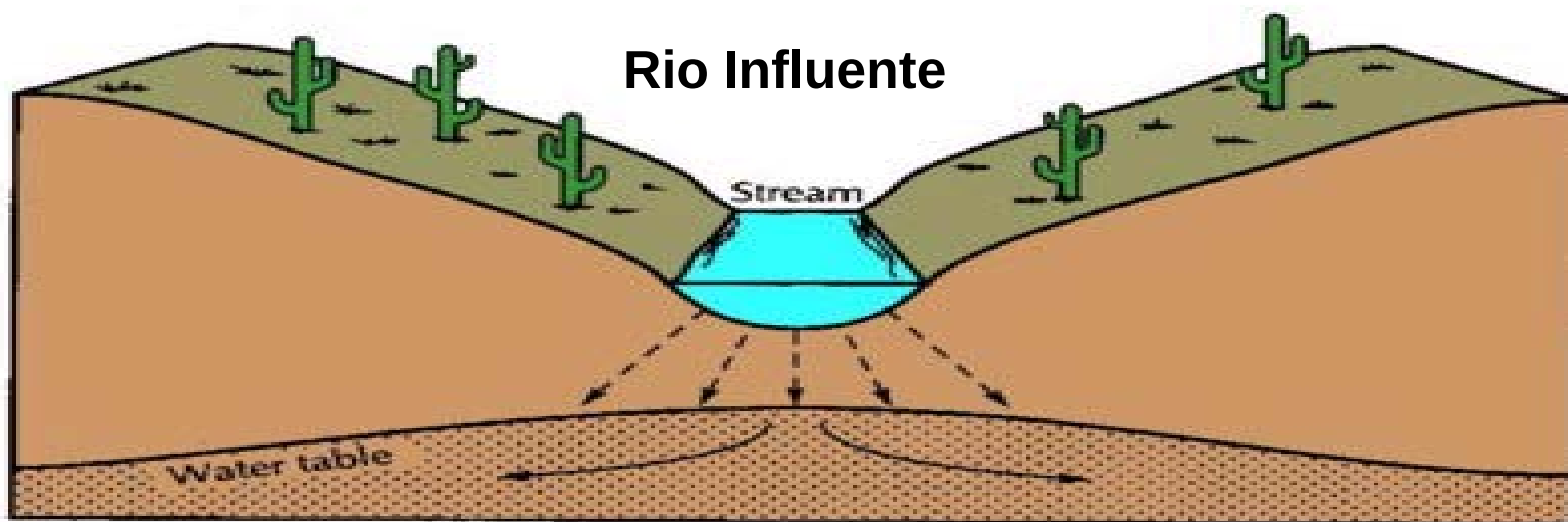
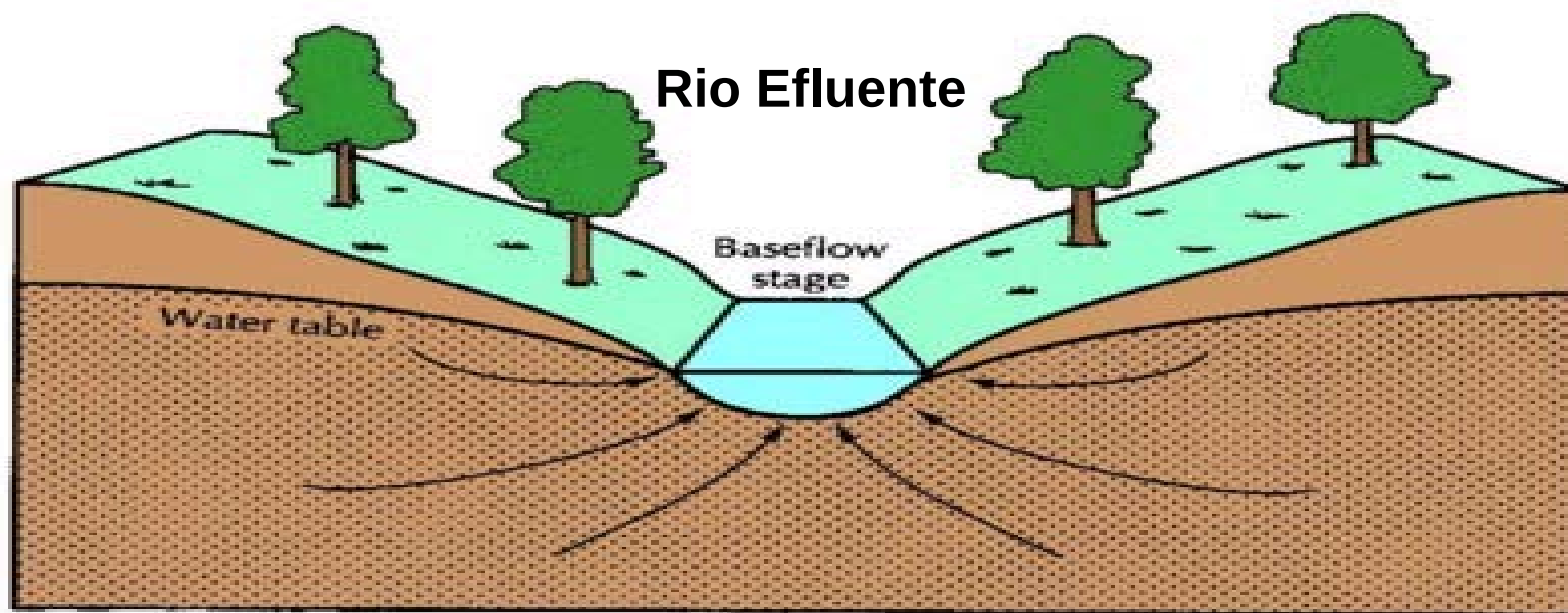


Ciclo Hidrológico





Rio Influyente / Rio Efluente





6 hours
4 cm



1 day



9 hours
6 cm

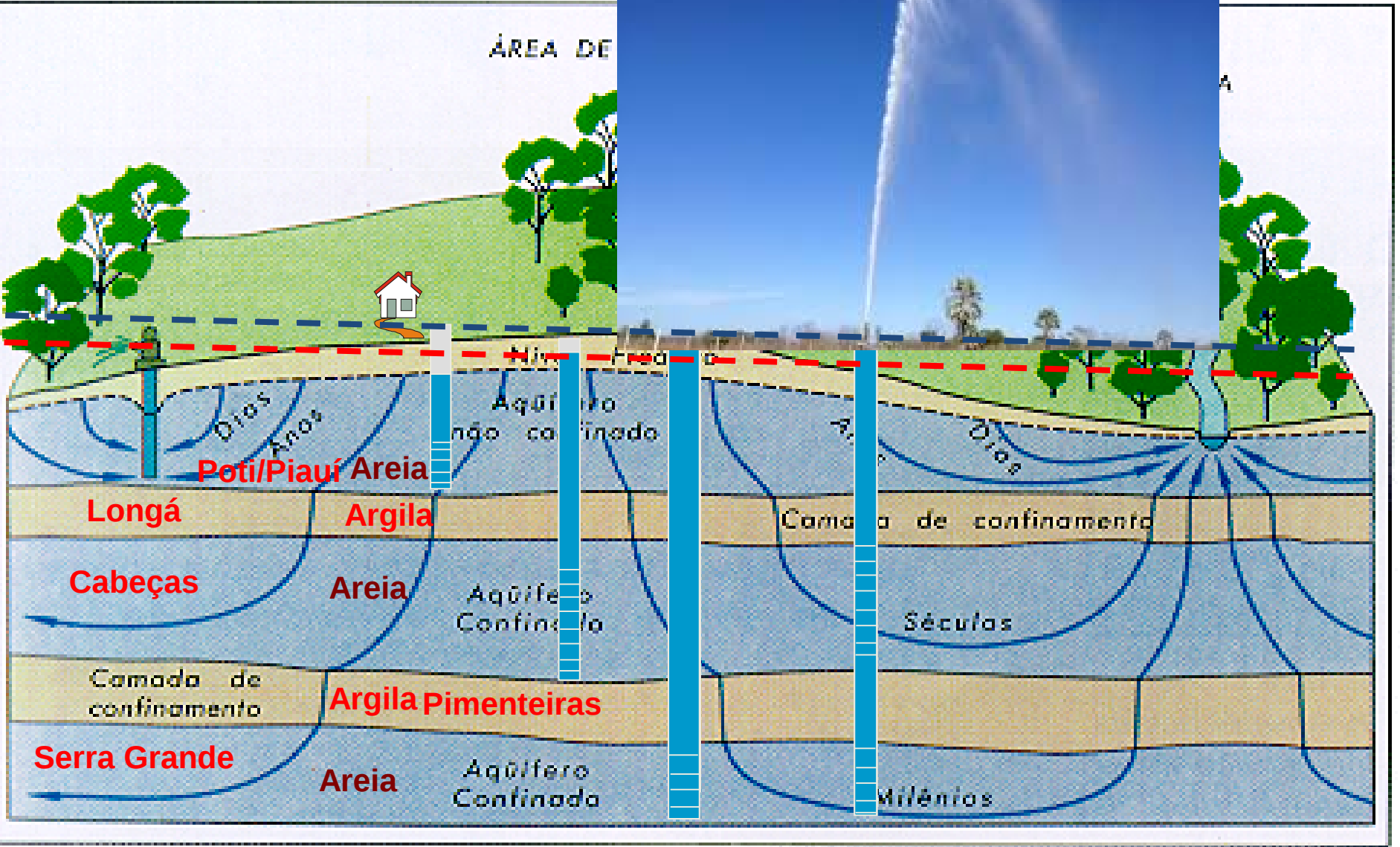


10 days



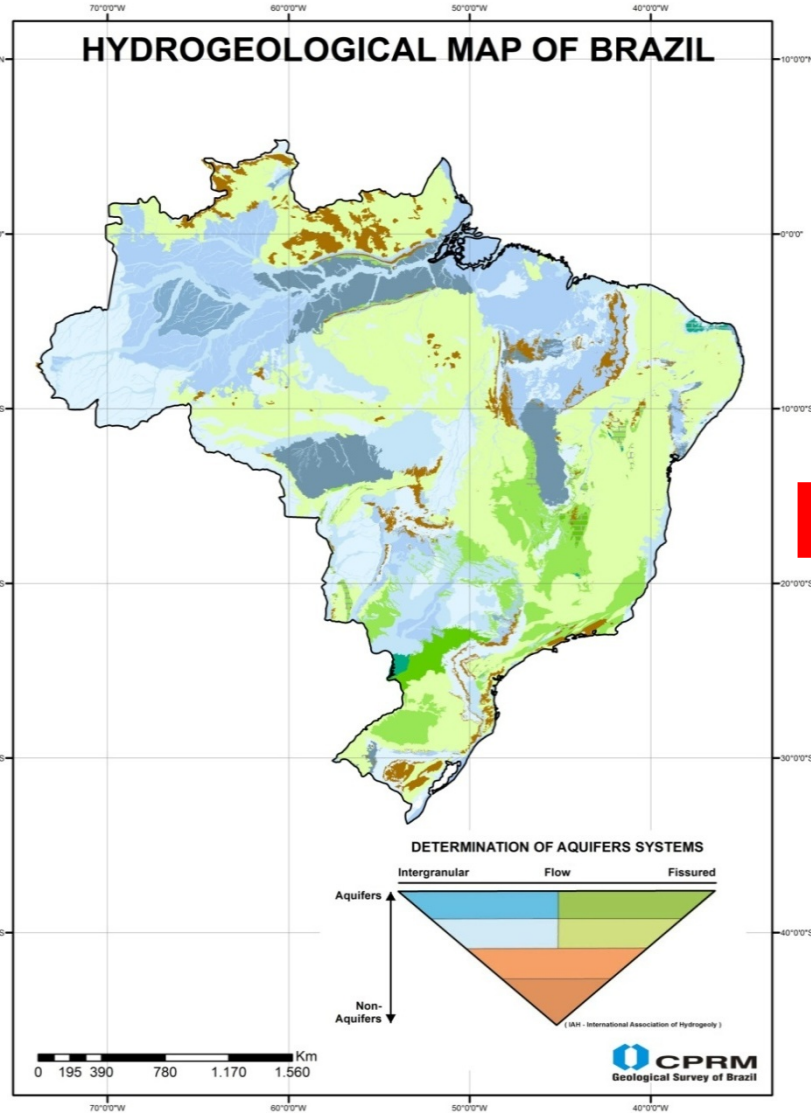


ânea

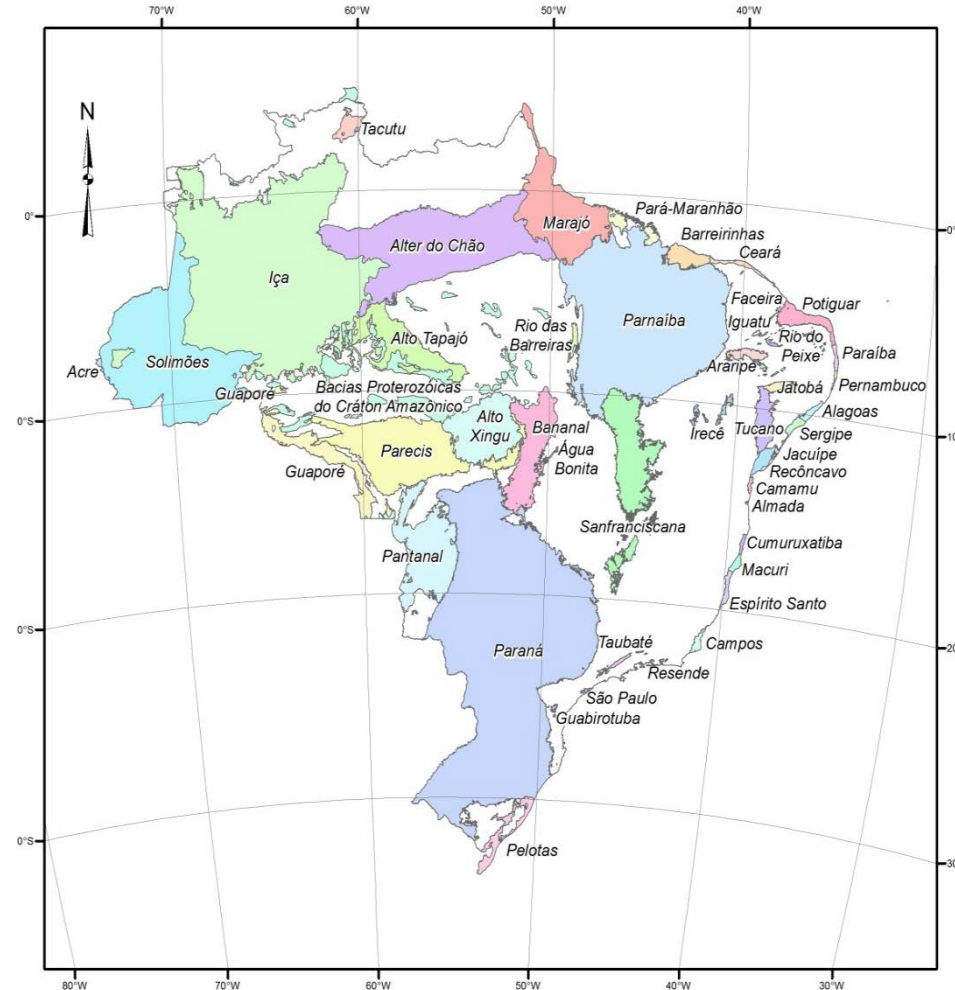




Distribuição da Água Subterrânea no Brasil

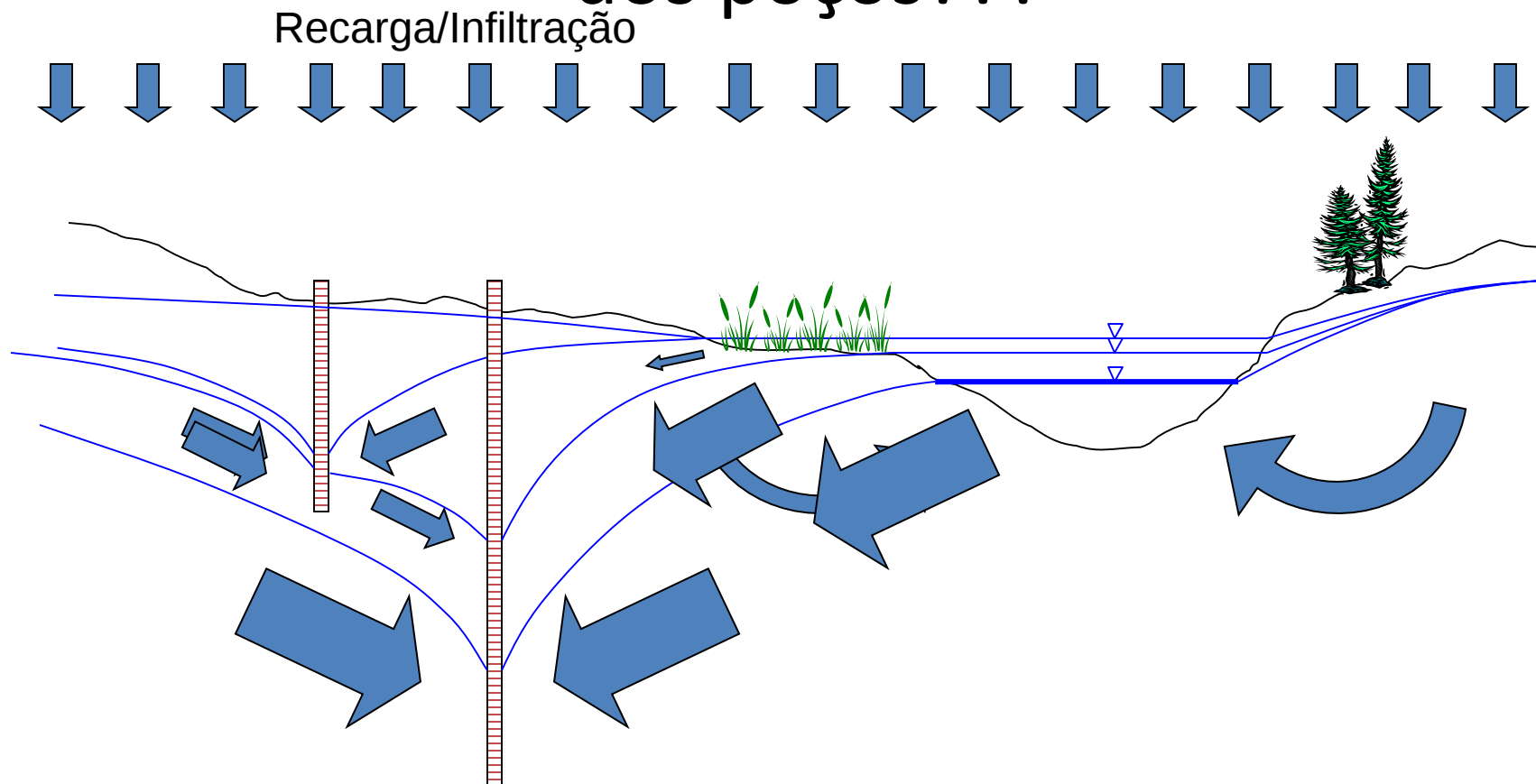


Principais Bacias e Coberturas Sedimentares





Rebaixamento dos rios – A Culpa é dos poços???



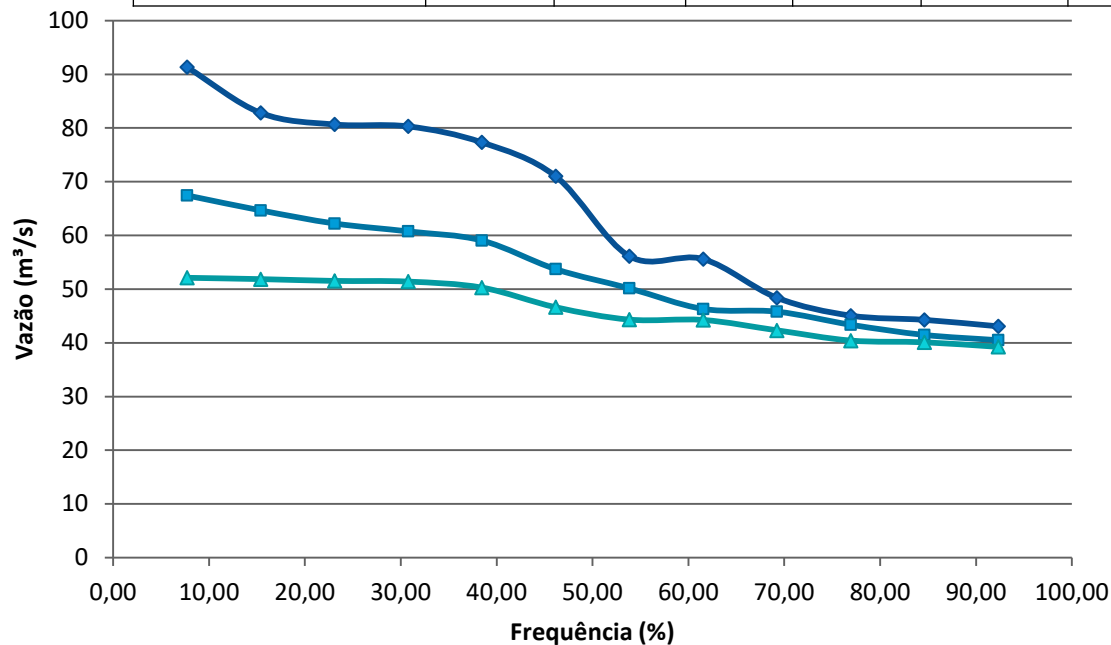
Vamos examinar isso melhor...



Bahia - Comportamento das Vazões

Distribuição das vazões de permanência (Q90) e da Vazão Outorgável no Rio de Ondas no Aquífero Urucuia

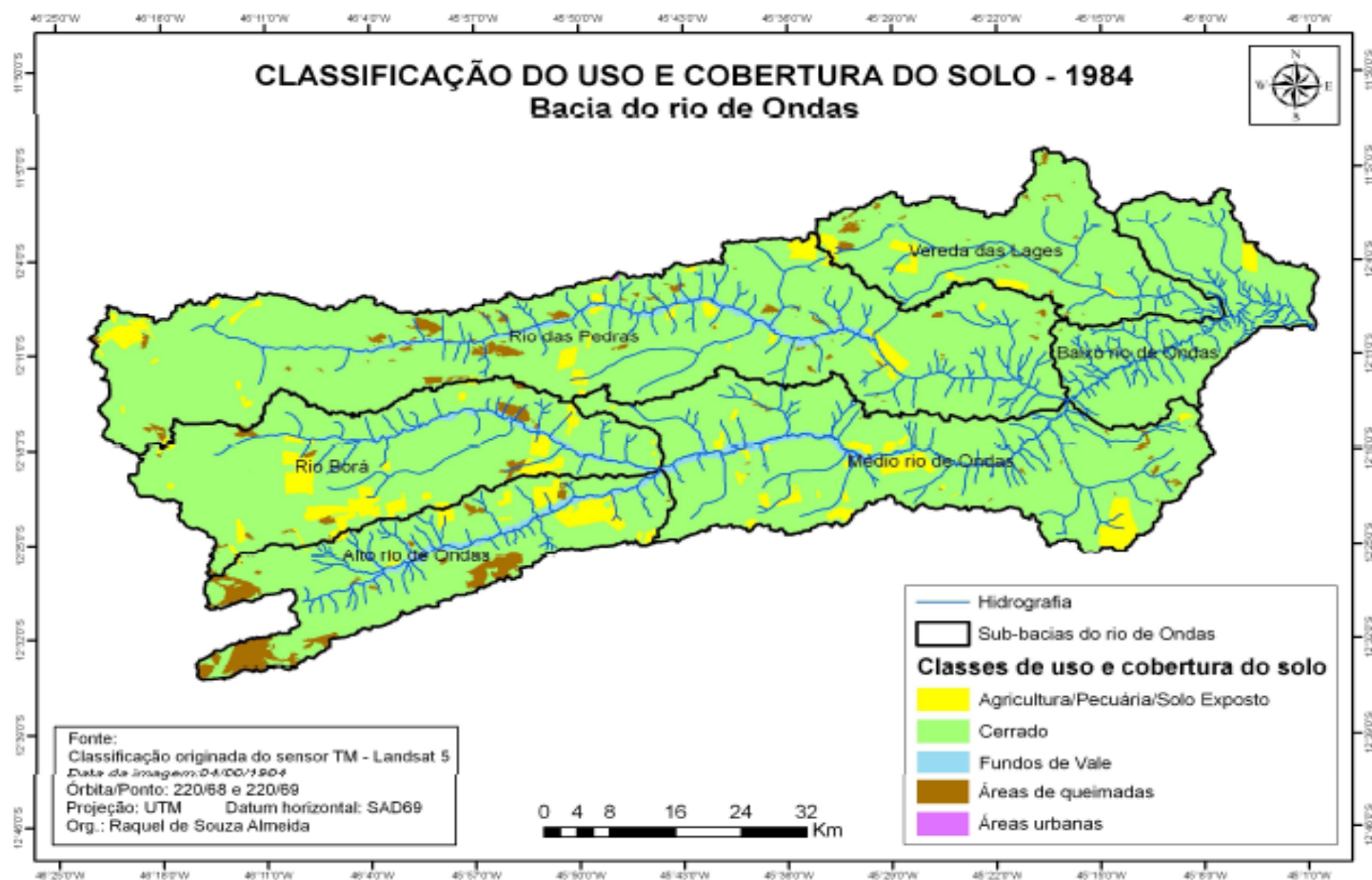
Vazão de Permanência e de Outorga	1977-1987			1988-1999			2000-2010		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Q90 (m ³ /s)	43,43	40,79	39,5	39,06	36,74	34,89	34,61	31,82	28,13
80% da Q90 (m ³ /s)	34,74	32,63	31,6	31,25	29,39	27,91	27,69	25,46	22,5





Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 1984)

- Vegetação natural do Cerrado: 4.922,19 km² (**88,2%**).
- Áreas agrícolas: 295,89 km² (**5,3%**).

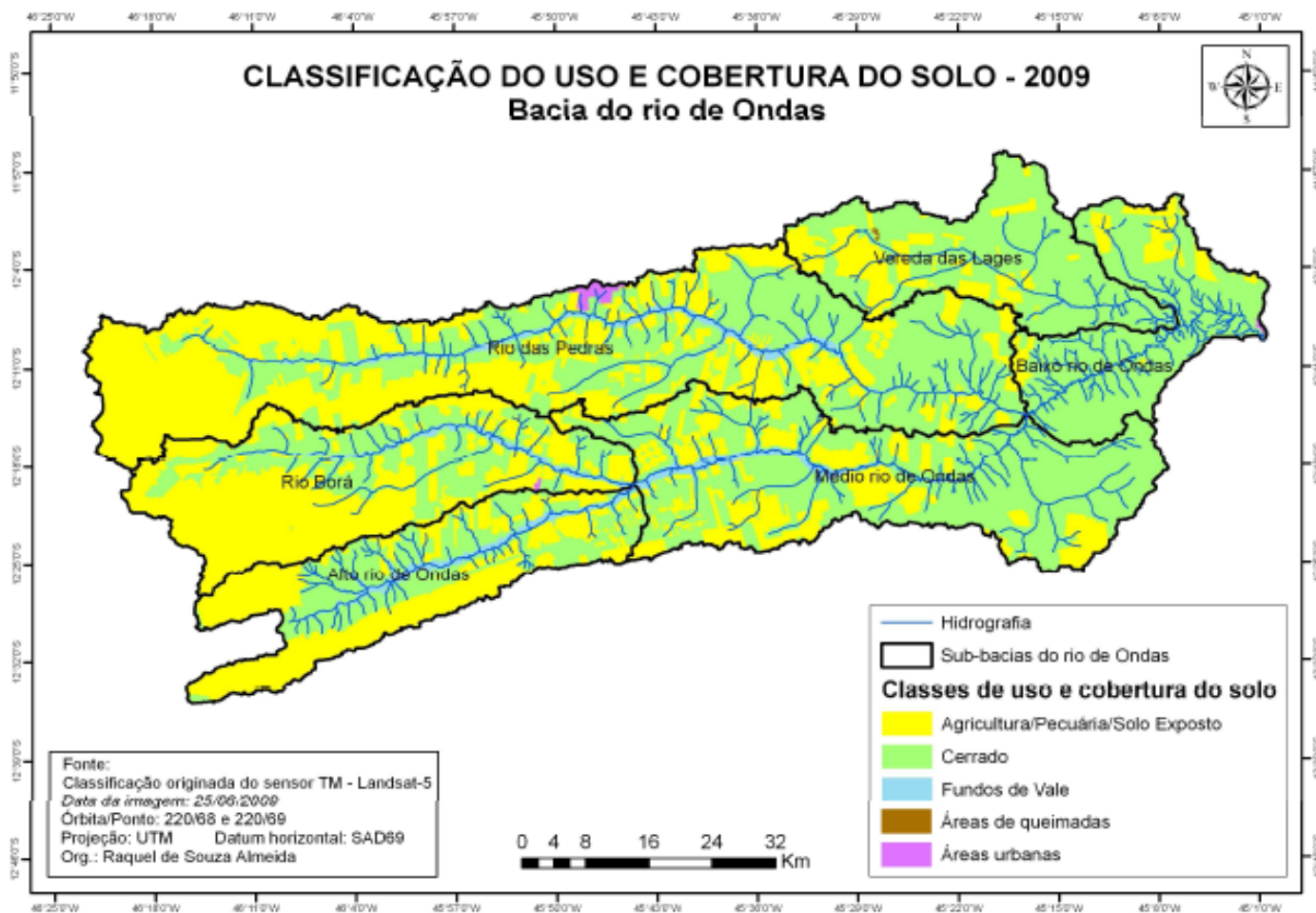




Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 2009)

Cerrado: 54,42% (3.037,06 km²).

Agricultura/pecuária/solo exposto: 41,31% (2.305,22 km²).





ÍNDICES DE TENDÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DA BAHIA

GILDARTE BARBOSA SILVA, Doutor em Recursos Naturais Prof. da Secretaria de Educação do Estado da Bahia e **PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO** Prof. Phd da Unidade Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

- Tanto o padrão das temperaturas diárias (máxima e mínima) quanto o padrão da precipitação anual na região Oeste do estado da Bahia foram modificados nos últimos 36 anos. Na região houve aumento na temperatura mínima diária e aumento das máximas; a intensidade das chuvas também sofreu redução, com aumento do número de dias sem chuva e diminuição da precipitação pluviométrica total.



Cenário de mudanças climáticas - Estudo da ANA

Com base nos resultados das simulações climatológicas para os períodos correspondentes aos anos de 2021 a 2050, e os anos de 2051 e 2080 (Amorim, 2013).

Redução de 5% na precipitação entre 2021 e 2050;

Redução de 15% entre os anos de 2051 e 2080.

Recarga diminui na mesma proporção da precipitação

Ano	Recarga (mm/ano)					
	Rio Pandeiros	Rio Carinhanha	Rio Coxá	Rio Corrente	Rio Grande	Rio Preto
2021	160	200	130	230	190	220
2026	159	198	129	228	188	218
2031	157	197	128	226	187	216
2036	156	195	127	224	185	215
2041	155	193	126	222	184	213
2046	153	192	125	221	182	211
2051	152	190	124	219	181	209
2056	148	185	121	213	176	204
2061	145	181	118	208	172	199
2066	141	176	115	203	167	194
2071	138	172	112	198	163	189
2076	134	168	109	193	159	184
2080	131	163	106	188	155	180

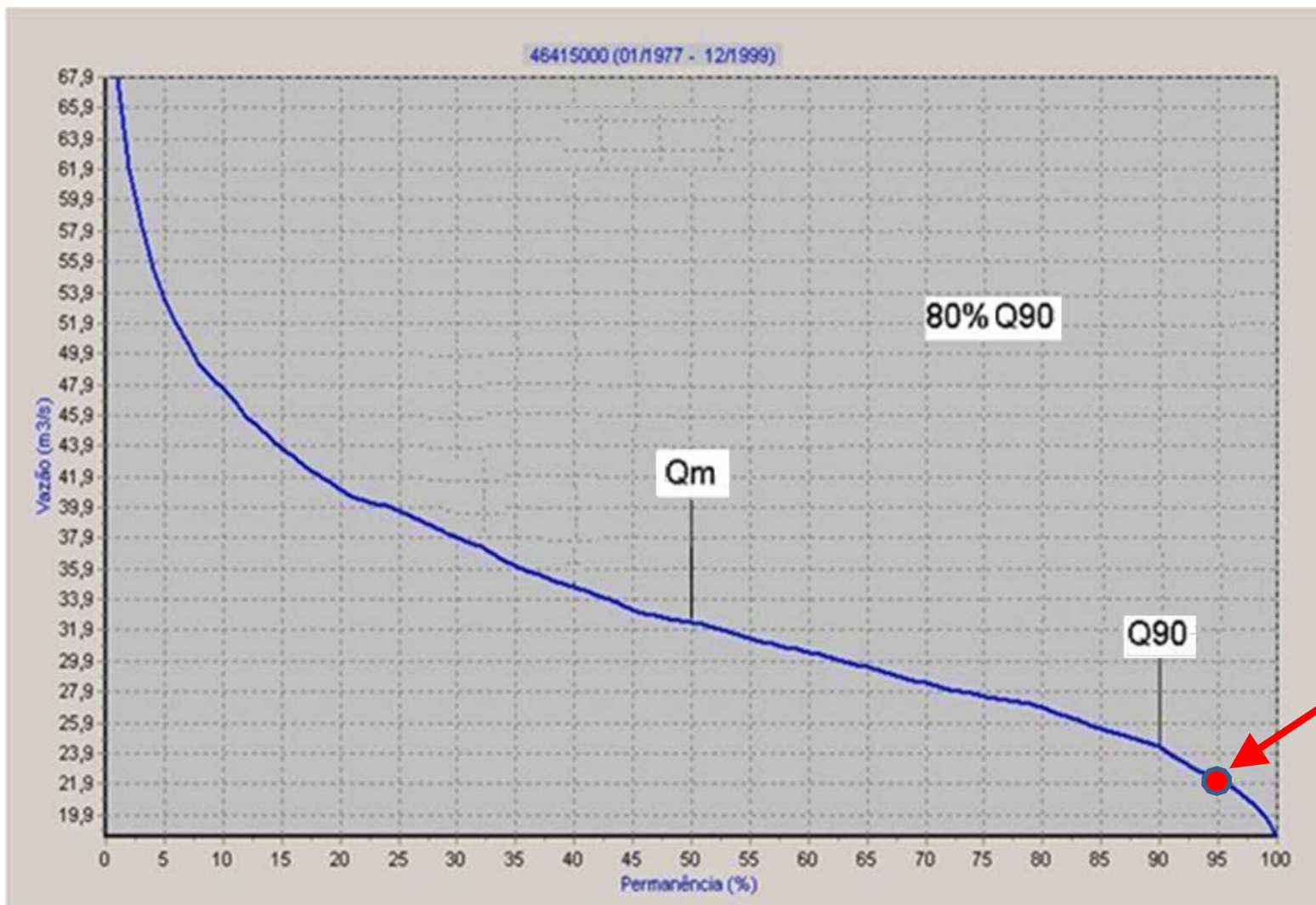


VAZÃO DE REFERÊNCIA NO ESTADO DA BAHIA

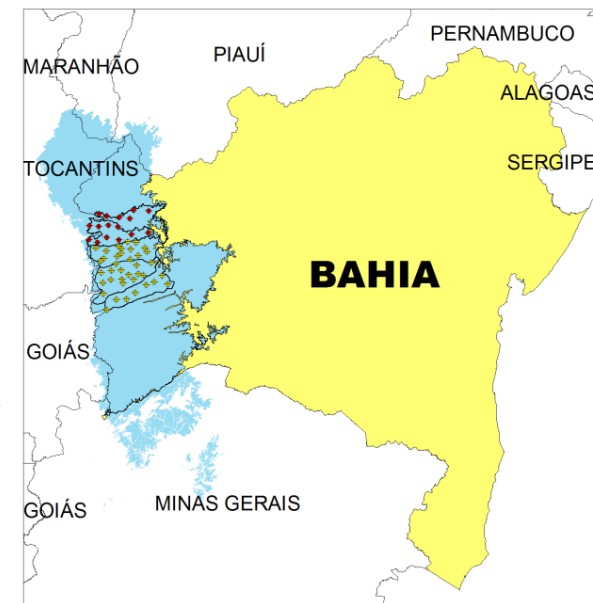
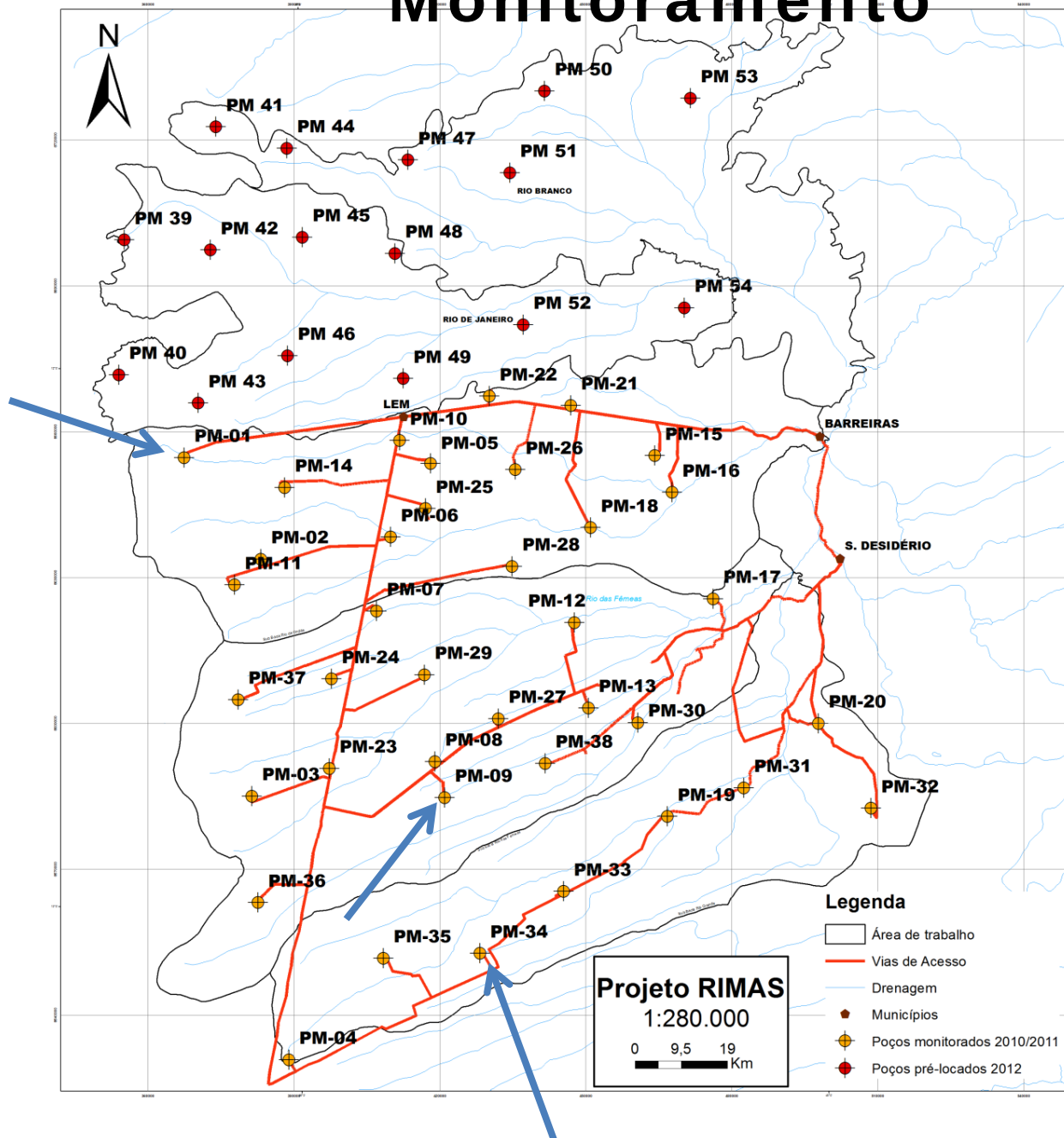
- Vazão com 90% de permanência diária no tempo (Q_{90} diária).
- até 20% da Q_{90} poderá ser outorgada no pleito individual.
- Máximo, de 80% da Q_{90} poderá ser comprometida com as outorgas.



Curva de Permanência e Q90 de Vazão nos rios do Oeste da Bahia – rio Grande em São Desidério

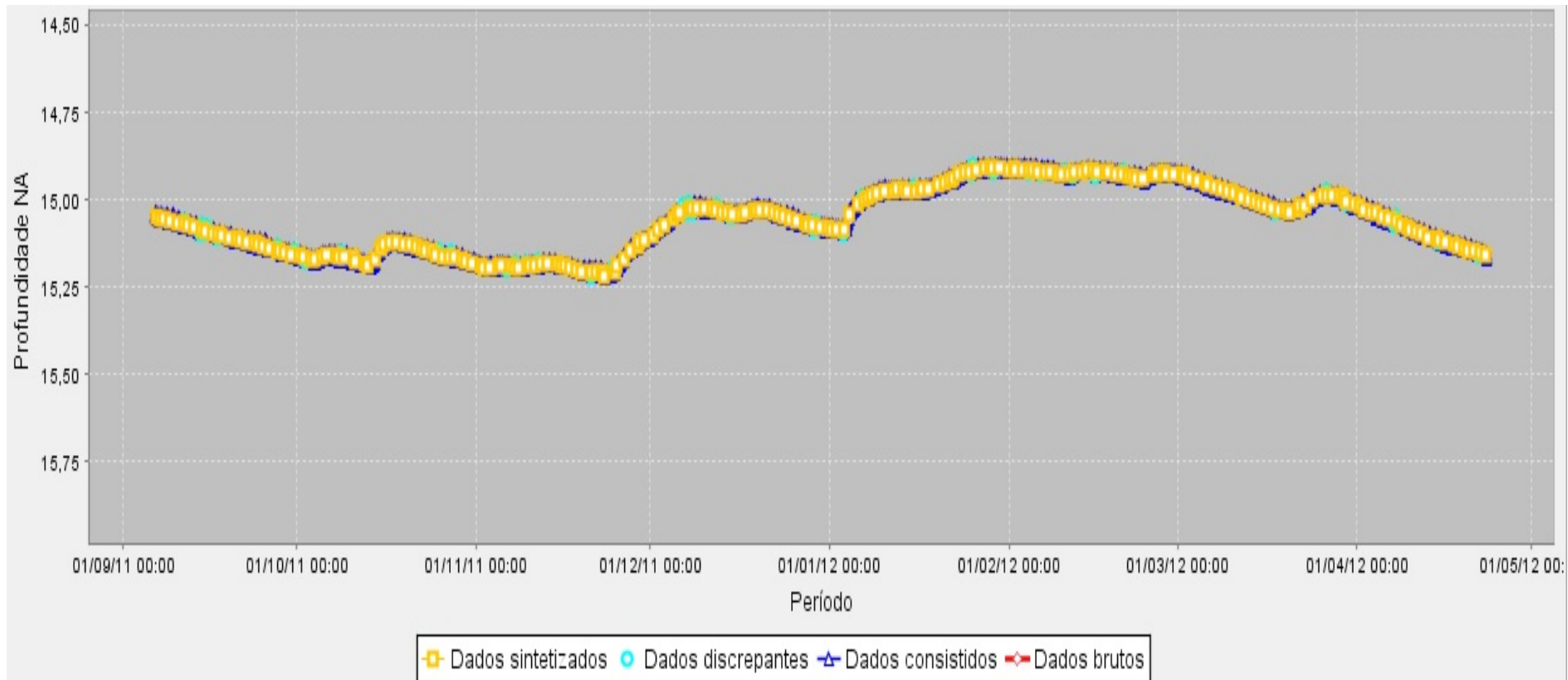


Monitoramento





PM 01 – SAVAI (de 09/11 a 05/12)





Disponibilidades hídricas do SAU

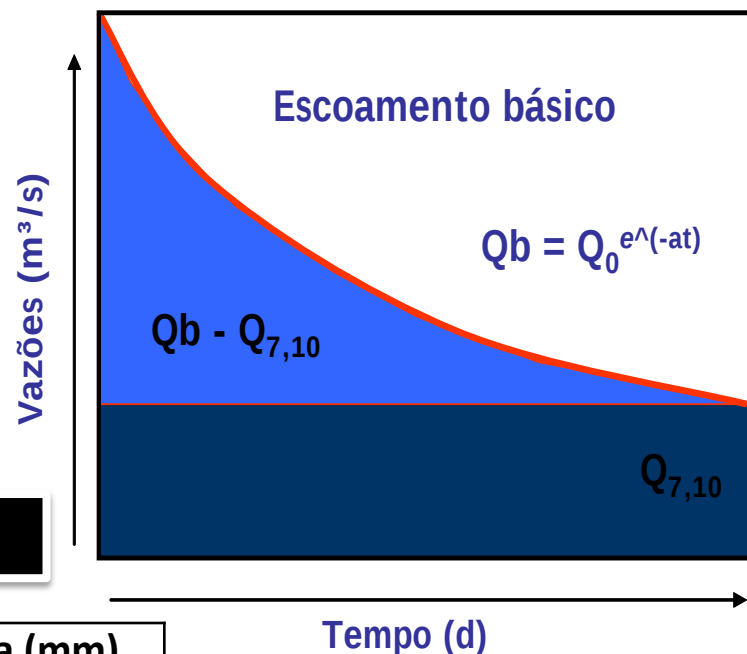
Com relação à reserva reguladora

Dr = disponibilidade reserva reguladora

Eb = escoamento de base

Qmin = vazão mínima superficial

Disponibilidades - reserva reguladora



Rio	Área (km²)	Eb (mm/ano)	Qmin (mm/ano)	Da (mm) (mm/ano)
Pandeiros	3.346	192,39	81,48	110,91
Carinhanha	11.338	298,78	167,40	131,38
Coxá	2.301	148,50	38,22	110,28
Corrente	23.578	210,91	135,44	75,47
Grande	28.130	167,55	102,66	64,89
Preto	13.270	201,90	123,72	78,18
Média Pond.		204,22	121,78	82,43

9,03 Km³/ano

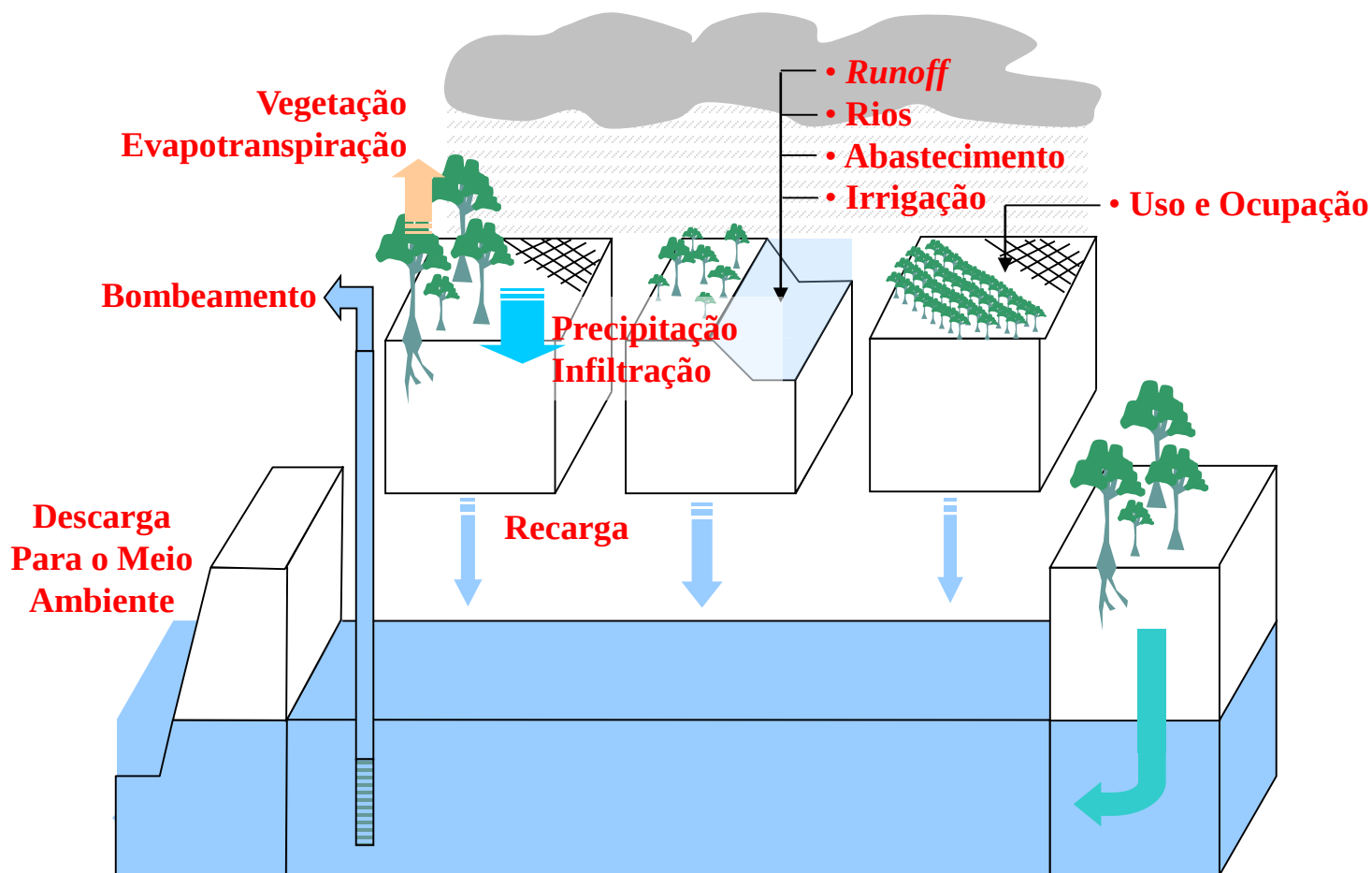


PROPOSIÇÃO P/DISCUSSÃO

- *A exploração das água subterrâneas no SAU situado na bacia do rio Grande fica limitada a $2.800.000 \text{ m}^3/\text{dia}$ ($33 \text{ m}^3/\text{s}$);*
- *Na bacia do rio Corrente: $3.000.000 \text{ m}^3/\text{dia}$ ($35 \text{ m}^3/\text{s}$);*
- *Na porção baiana da bacia do Carinhanha: $1.033.151 \text{ m}^3/\text{dia}$ ($23 \text{ m}^3/\text{s}$).*

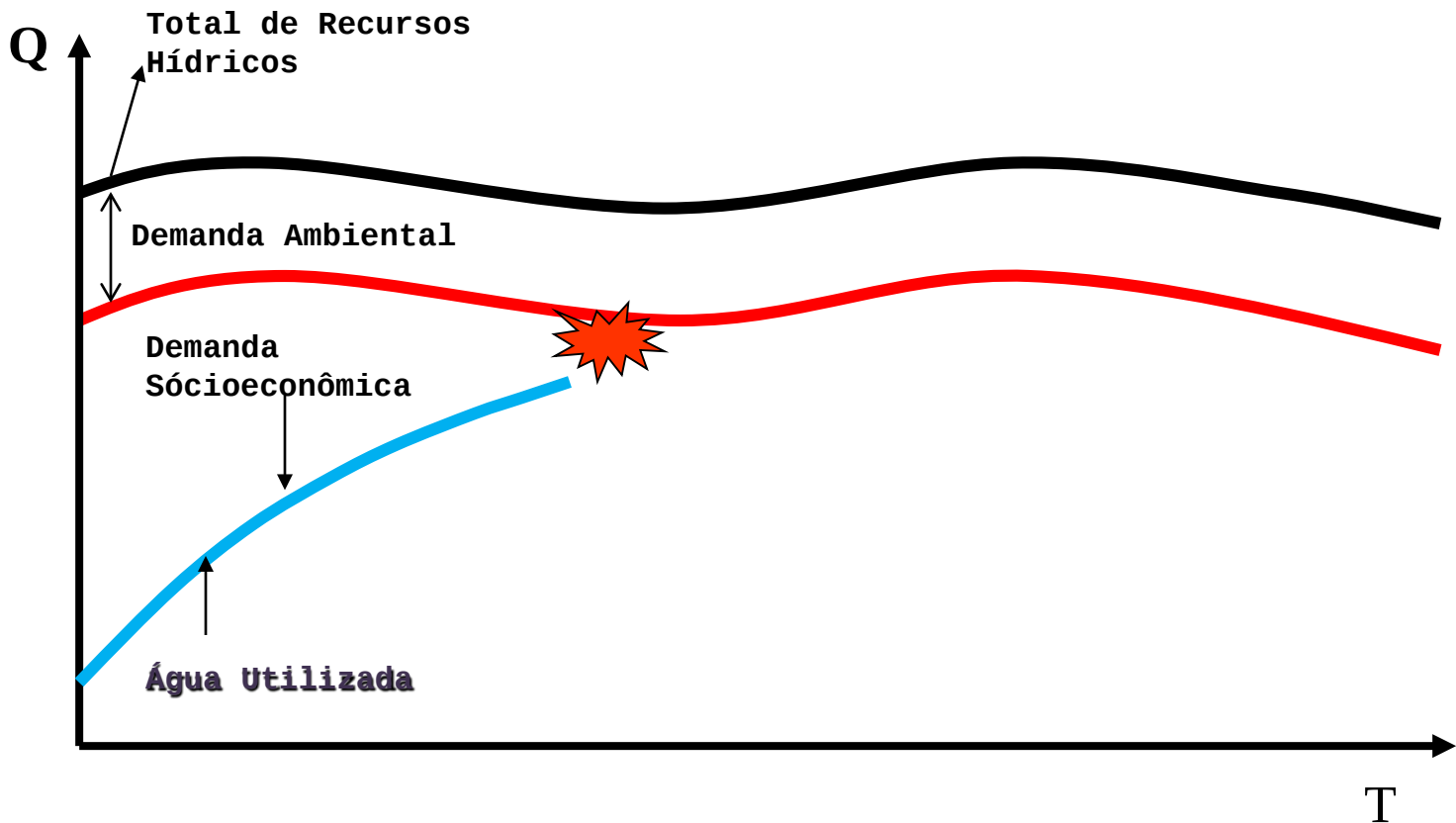


Sistema de Gestão Integrada (Água Superficial/Subterrânea/Uso e Ocupação do Solo)



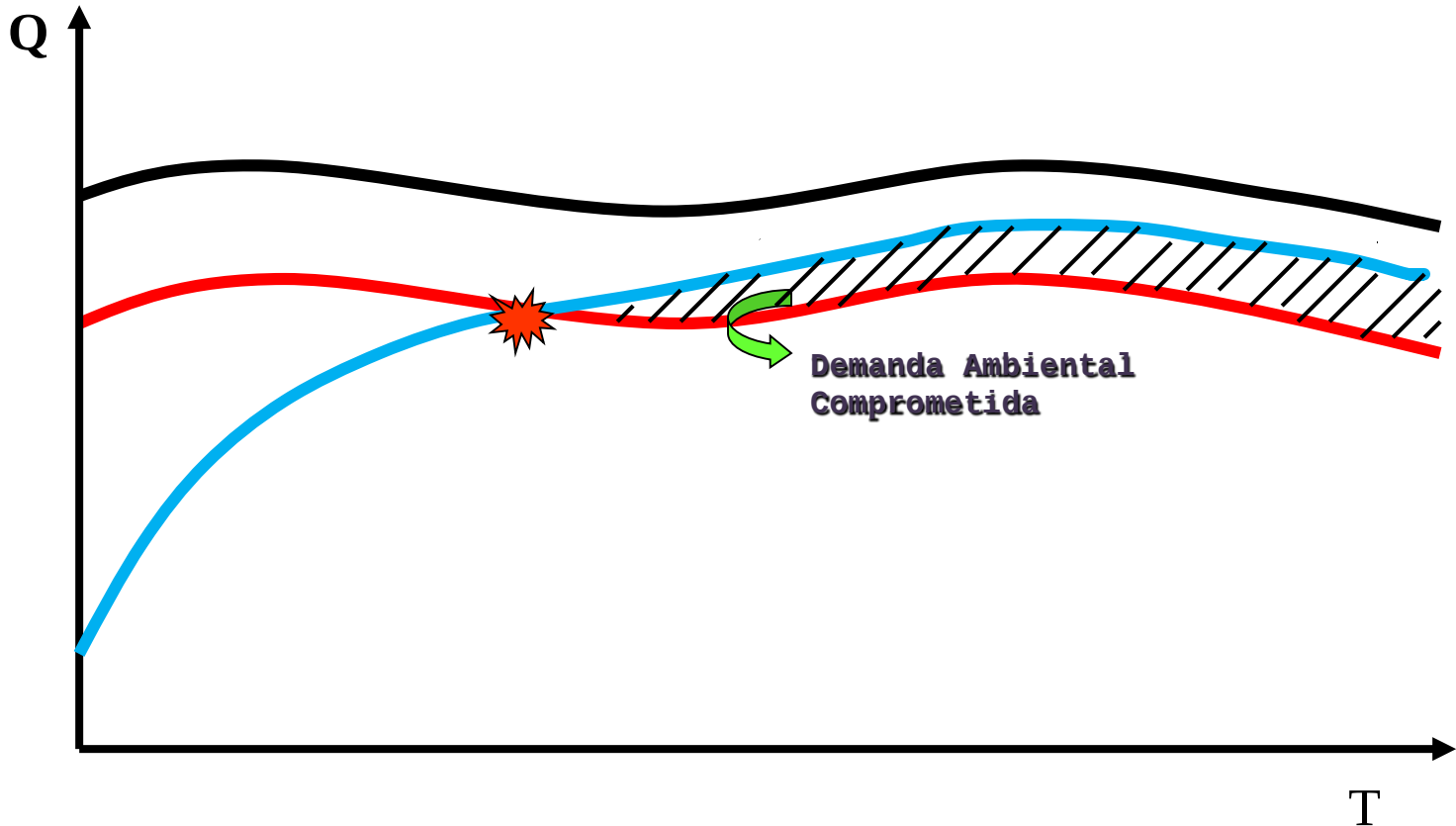


A demanda de água para atividades econômicas se aproxima da linha vermelha com o risco de comprometimento ambiental e econômico



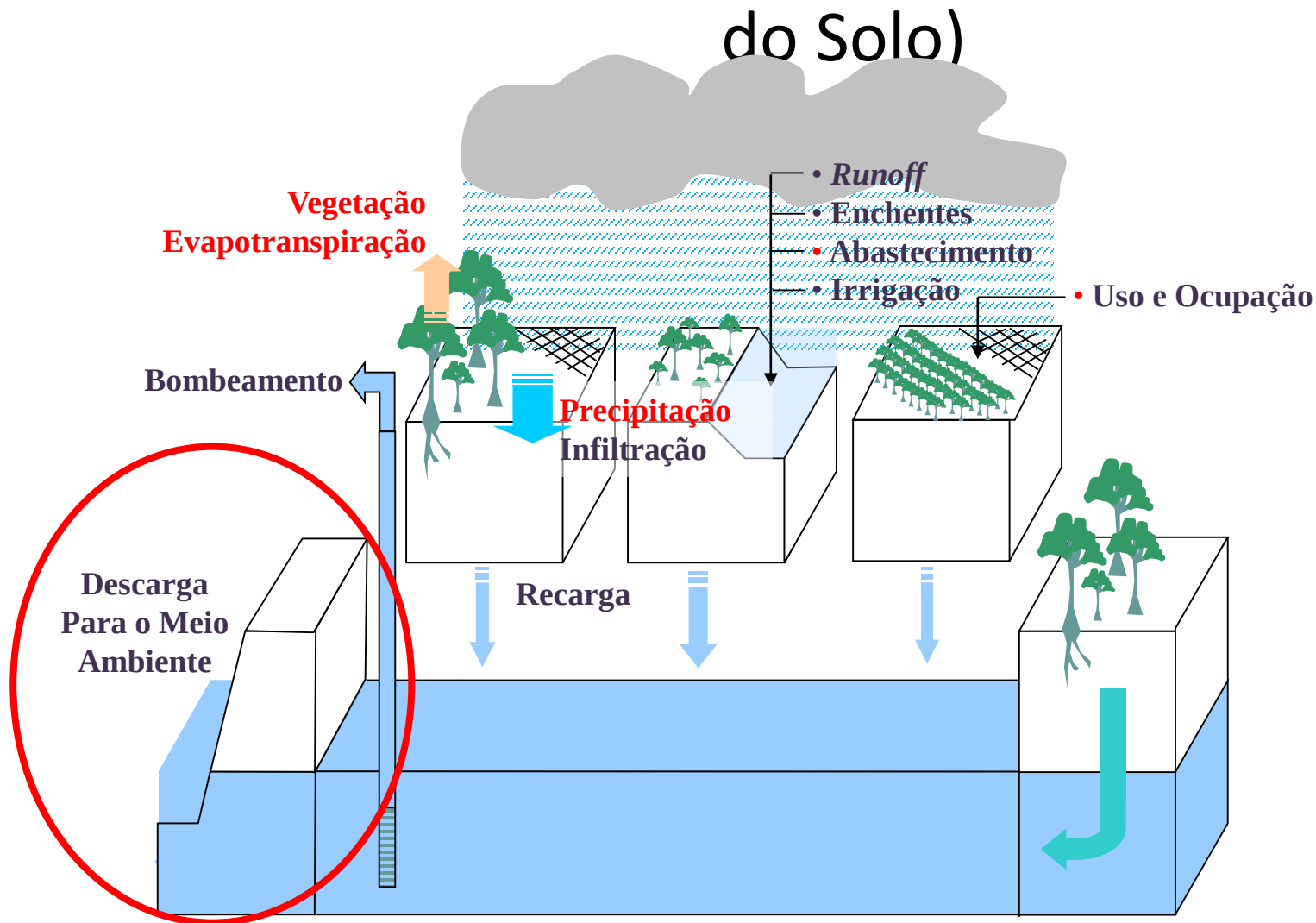


Com o desenvolvimento econômico rápido, a demanda por água aumenta rápido e os ecossistemas são penalizados. Como resultado, a gestão ambiental e de Recursos Hídricos fica mais complexa.





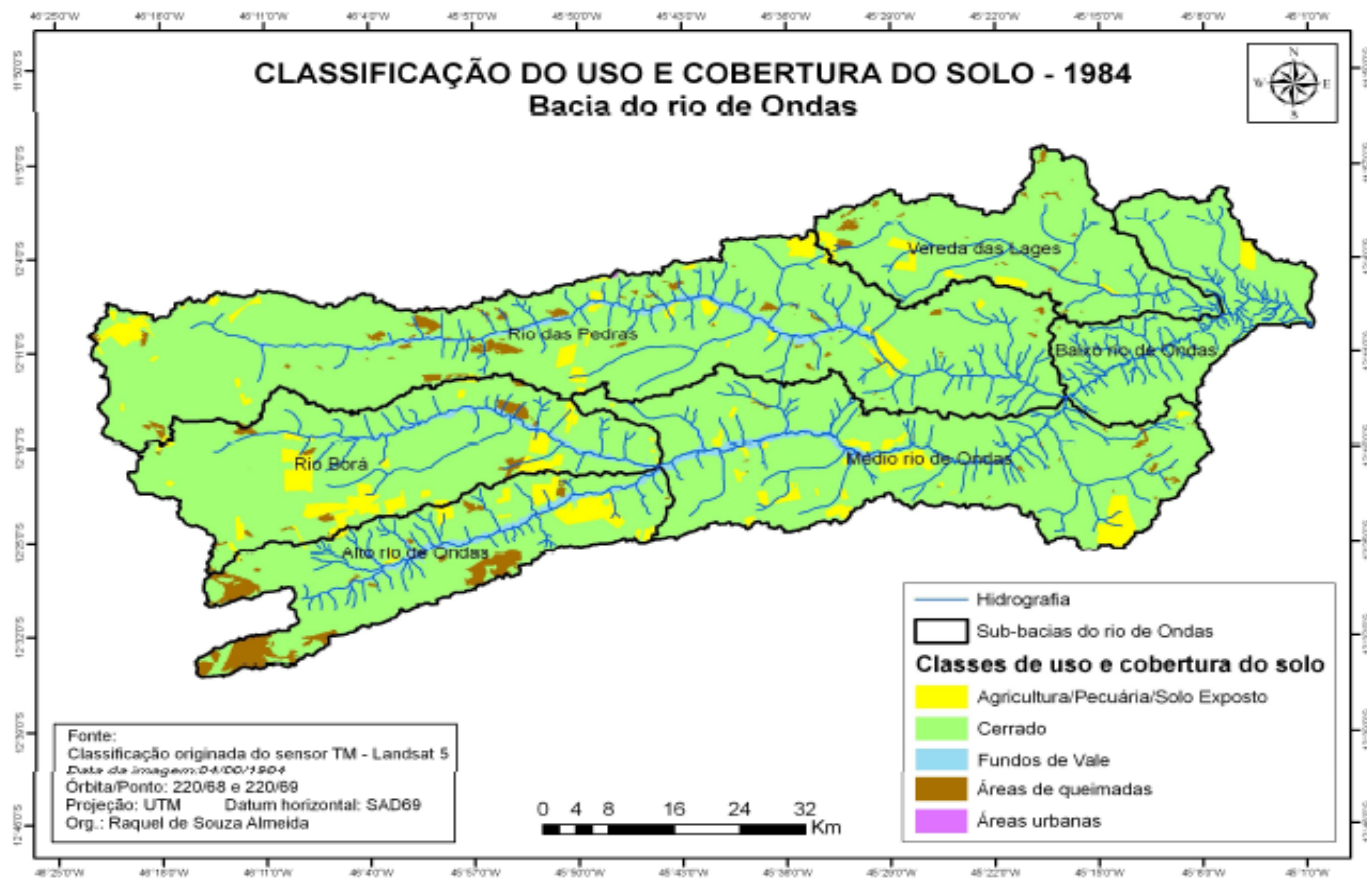
Sistema de Gestão Integrada (Água Superficial/Subterrânea/Uso e Ocupação do Solo)





Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 1984)

- Vegetação natural do Cerrado: 4.922,19 km² (**88,2%**).
- Áreas agrícolas: 295,89 km² (**5,3%**).

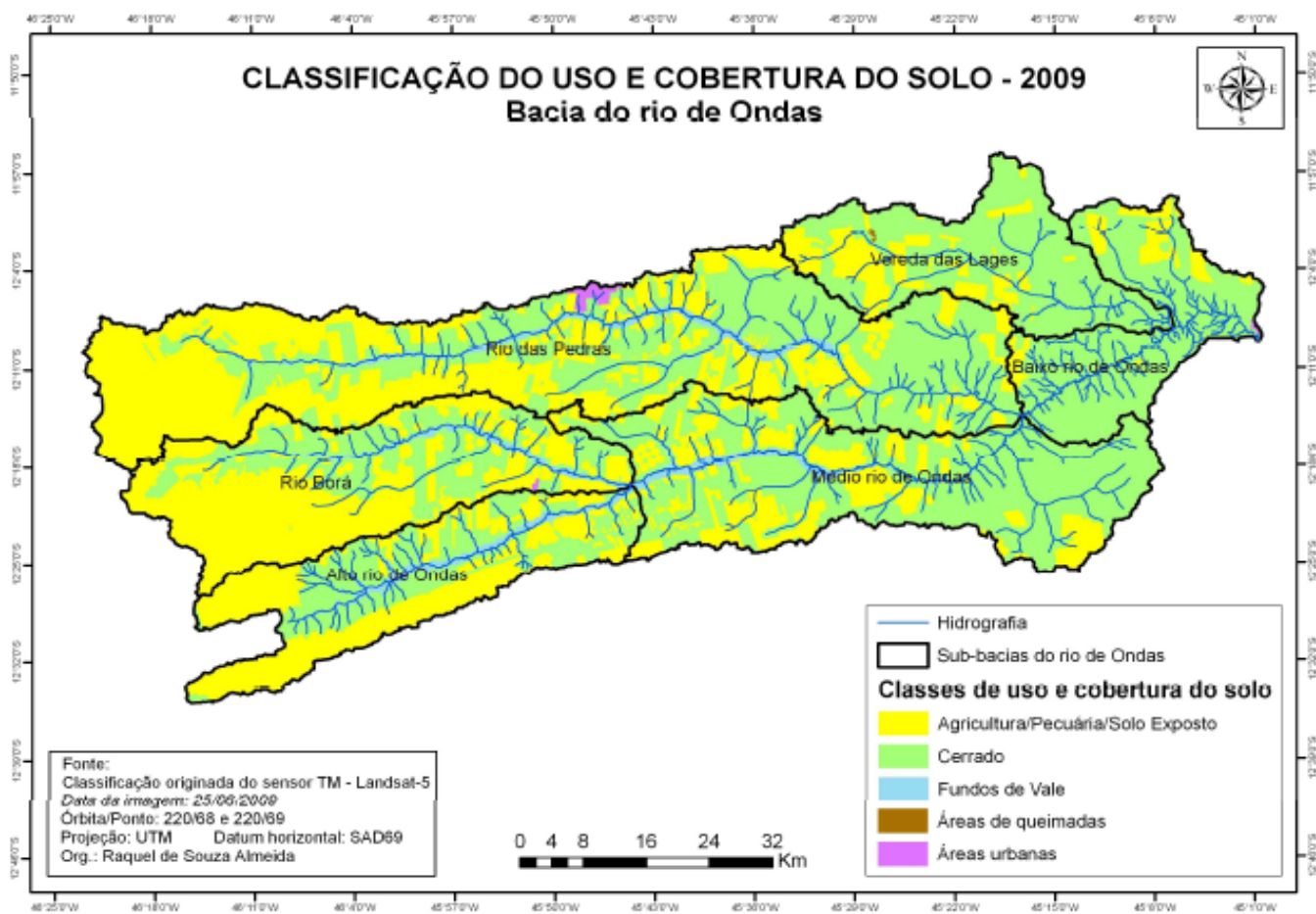




Evolução da Área (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 2009)

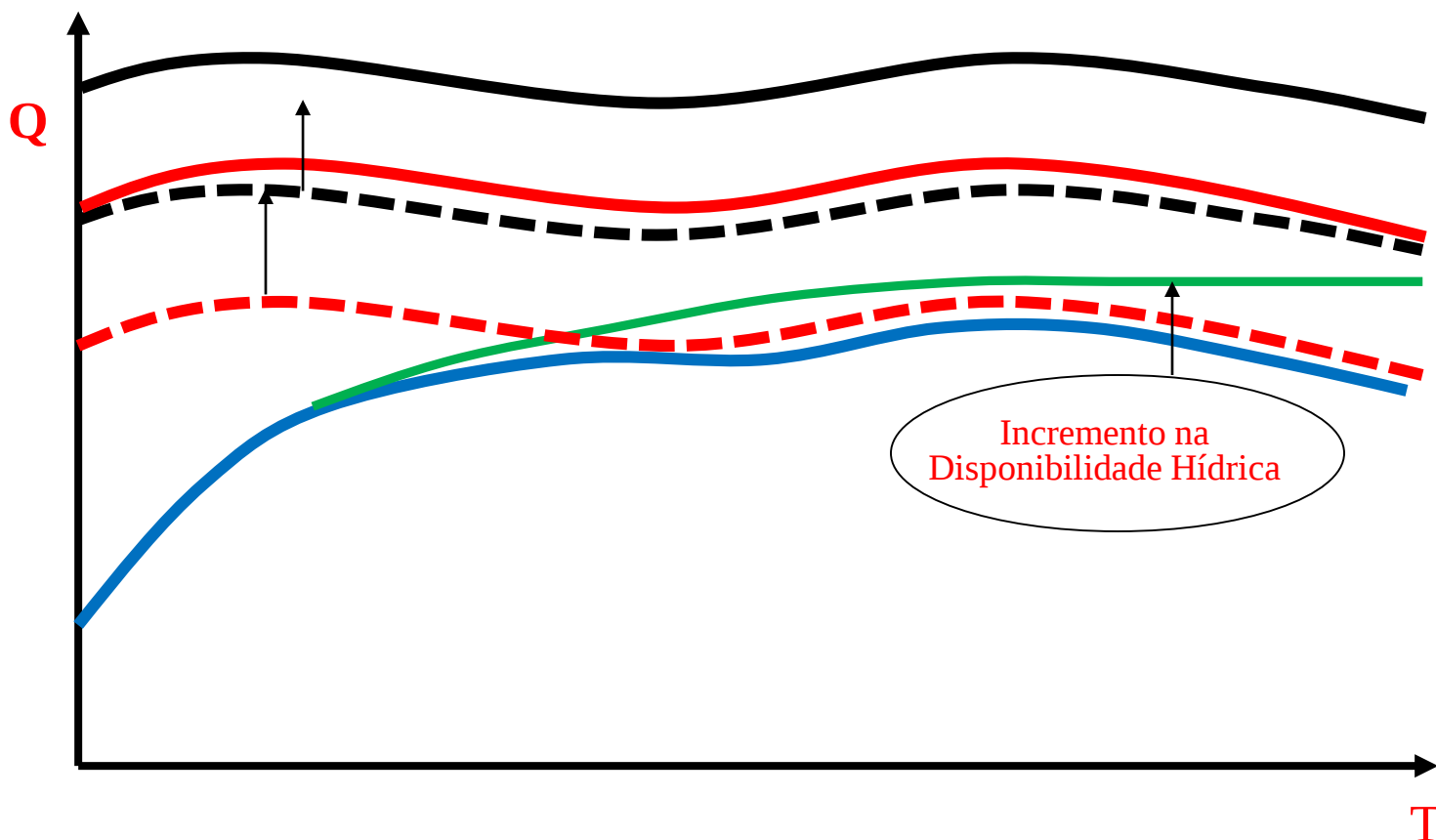
Cerrado: 54,42% (3.037,06 km²).

Agricultura/pecuária/solo exposto: 41,31% (2.305,22 km²).





A Gestão Integrada de Água (Superficial e Subterrânea) e do Uso e Ocupação do Solo, Muda o Sistema





VANTAGENS DO PROGRAMA DE SUBSTITUIÇÃO DE OUTORGAS

Distância Poço/Rio (metros)	Depleção no Rio Induzida Pelo Poço(%)	
	Regime de 18h/dia e 180dias/ano (ano normal)	Regime de 18h/dia e 365 dias/ano (seca severa)
1.000	25%	33%
1.500	13%	24%
2.000	7%	8%
2.500	3%	6%
3.000	1%	5%
3.500	1%	5%
4.000	0,50%	2%



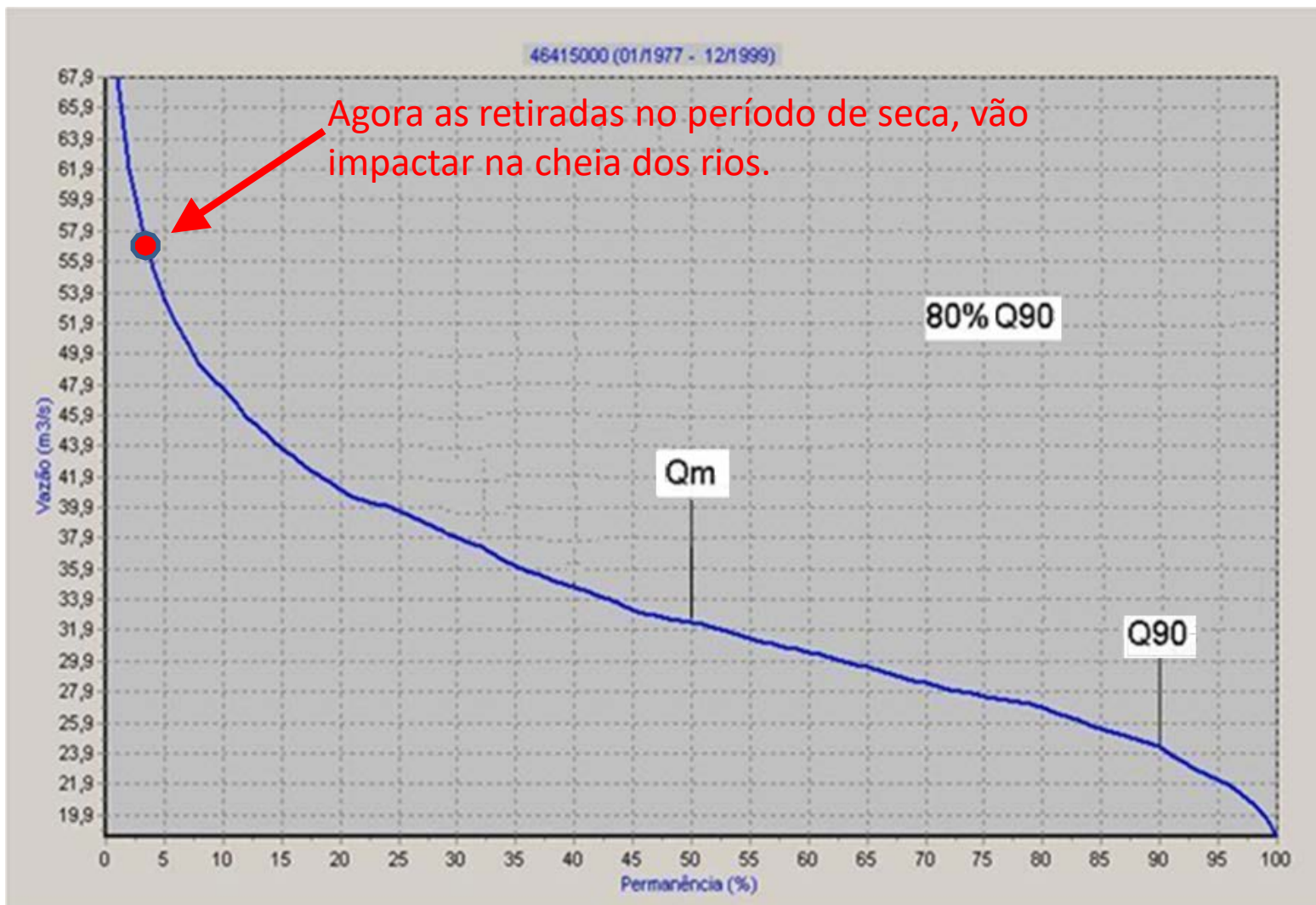
MAS NÃO SE CRIA ÁGUA, COM O TEMPO O SISTEMA VAI BAIXAR

Distância Poço/Rio (metros)	Depleção no Rio Induzida Pelo Poço(%)	
	Regime de 18h/dia e 180dias/ano (ano normal)	Regime de 18h/dia e 365 dias/ano (seca severa)
1.000	25%	33%
1.500	13%	24%
2.000	7%	13%
2.500	3%	6%
3.000	1%	5%
3.500	1%	5%
4.000	0,50%	2%

Solução : Utilizamos a água da cheia, incrementando a recarga....



Por meio da Gestão Integrada, podemos aproveitar a água da cheia no período de seca.





Como????



Programa de Gestão Integrada - PGI

- ***Primeiro Passo – substituir as outorgas superficiais por outorgas para águas subterrânea:***
 - ***Passamos a aproveitar o tempo de retardo da interferência superficial/ subterrânea em nosso benefício (o maior impacto é a retirada direta dos rios);***
 - ***Dimensionamos a distância poço/rio, para que o impacto nos rios só ocorra no período de cheia.***



VANTAGENS DO PROGRAMA DE GESTÃO INTEGRADA (Mestrado)

Distância Poço/Rio (metros)	Depleção no Rio Induzida Pelo Poço(%)	
	Regime de 18h/dia e 180dias/ano (ano normal)	Regime de 18h/dia e 365 dias/ano (seca severa)
1.000	25%	33%
1.500	13%	24%
2.000	7%	8%
2.500	3%	6%
3.000	1%	5%
3.500	1%	5%
4.000	0,7%	2%

Se todas as captações ficarem a mais de 1.500 metros dos rios, e triplicando o volume outorgado, o impacto ao longo de 1 ano inteiro sem chuva, será de aproximadamente 60% do Q₉₀...



Mas não se cria água (princípio da conservação da massa), o sistema (que é apenas um) vai ter menos água.

Solução: Utilizamos a água da cheia, incrementando a recarga do aquífero nas propriedades rurais....

Isto reduz a vazão dos rios nas cheias e aumenta nos períodos de seca (retardo temporal).



Infiltração de Água no Solo e Perdas de Solo por Erosão no Urucuia

SOLO	CONDIÇÃO	INTENSIDADE DA CHUVA	Declividade	Início do Escoamento	Coeficiente de Enxurrada	Infiltração Acumulada (estimada)	Perda de solo
		mm/hora	%	minutos	%	Litros/m ²	g/0,7 m ²
LA típico	VEGETAÇÃO NATURAL	89,6	2	43	22	<u>125</u>	0,1
LA típico	SISTEMA CONVENCIONAL	95	5	20	36	<u>56</u>	99,3
LA típico	PLANTIO DIRETO DE QUALIDADE	104	5	75	0,1	<u>135</u>	0

Testes conduzidos na fazenda seis irmãos em latossolo amarelo com vegetação natural do cerrado, com sistema convencional (aração e gradagem) e com o sistema plantio direto de qualidade (EMBRAPA).

Dissertação apresentada em junho de 2004 por André Luiz Coelho Matos sob a orientação do professor doutor Heraldo Peixoto da Silva Relo



Resultados Esperados do PGI - 1

- Substituindo as outorgas superficiais por subterrâneas:
 - Tirar o impacto dos rios nas secas.
- Incrementando a recarga (reduzindo o escoamento superficial):
 - Incrementar a vazão dos rios nas secas.
- Tudo isto ao custo da vazão dos rios nos períodos de cheia.



Resultados Esperados do PGI - 2

- ***Maiores volumes disponíveis para outorga, beneficiando a economia e a sociedade***
- ***Rios com maiores volumes nos períodos de seca, beneficiando a economia, a sociedade e o meio ambiente***
- ***Menor assoreamento e contaminação dos rios, além de menos enchentes***



Consequências do PGI na Gestão

- *Renovação do conceito de outorga, para um processo mais eficiente, do ponto de vista econômico, social e ambiental*
- *Alteração do conceito da cobrança, com o usuário podendo abater do uso sua contribuição para a recarga*
- *O usuário recebedor seria recompensado pelo incremento de água*

Aquífero Granular

- | | |
|--------------------|---------------|
| Depósito Litorâneo | Pastos Bons |
| Depósito Aluvionar | Sambaíba |
| Depósito Eólico | Pedra de Fogo |
| Barreiras | Piauí |
| Urucuia | Poti |
| Areado | Cabeças |
| Exu | Serra Grande |
| Corda | |

Aquífero Cárstico

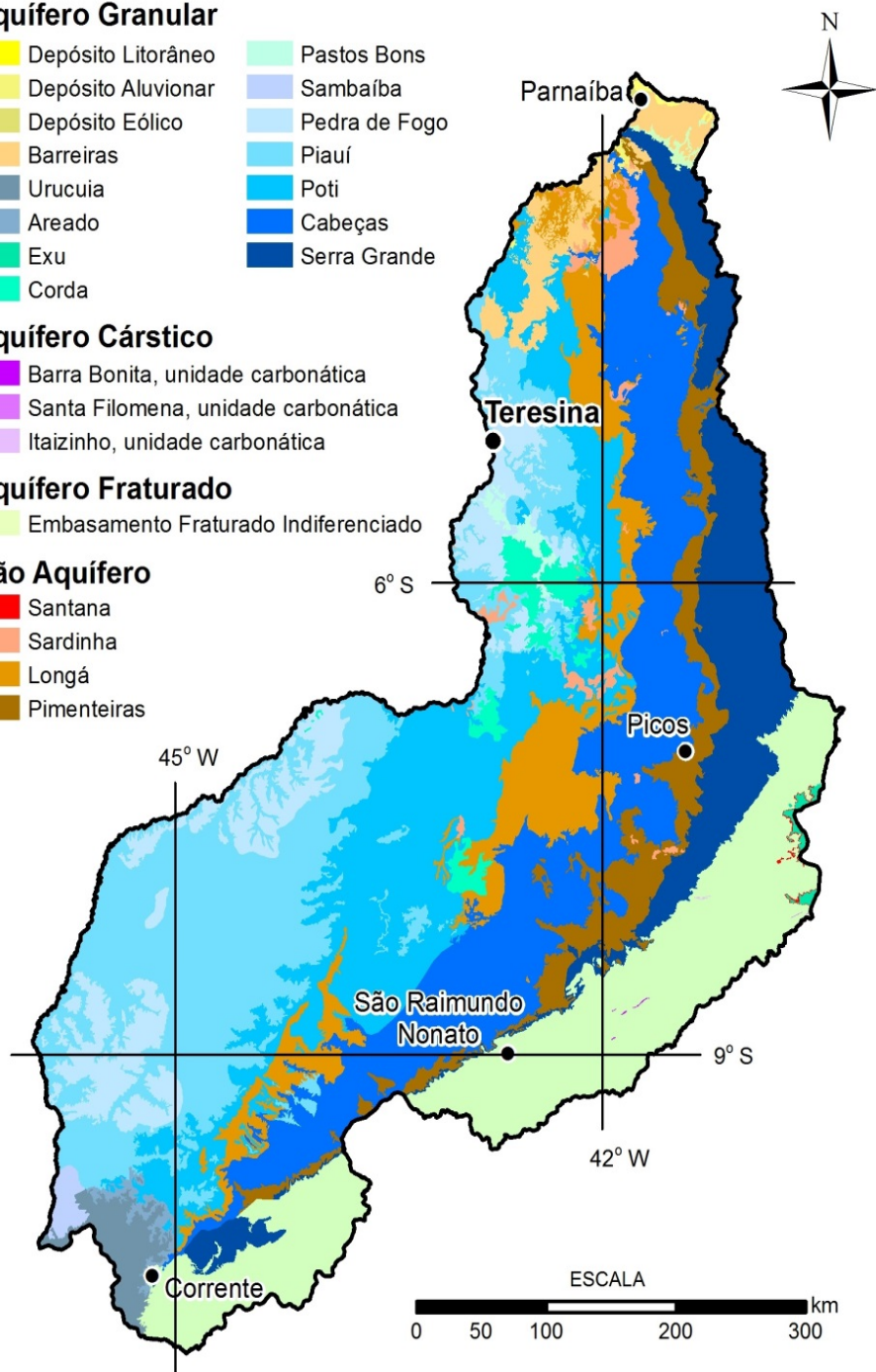
- Barra Bonita, unidade carbonática
- Santa Filomena, unidade carbonática
- Itaizinho, unidade carbonática

Aquífero Fraturado

- Embasamento Fraturado Indiferenciado

Não Aquífero

- Santana
- Sardinha
- Longá
- Pimenteiras



*Água Subterrânea
no Estado do Piauí*



Poço Violeto e
seu piezômetro



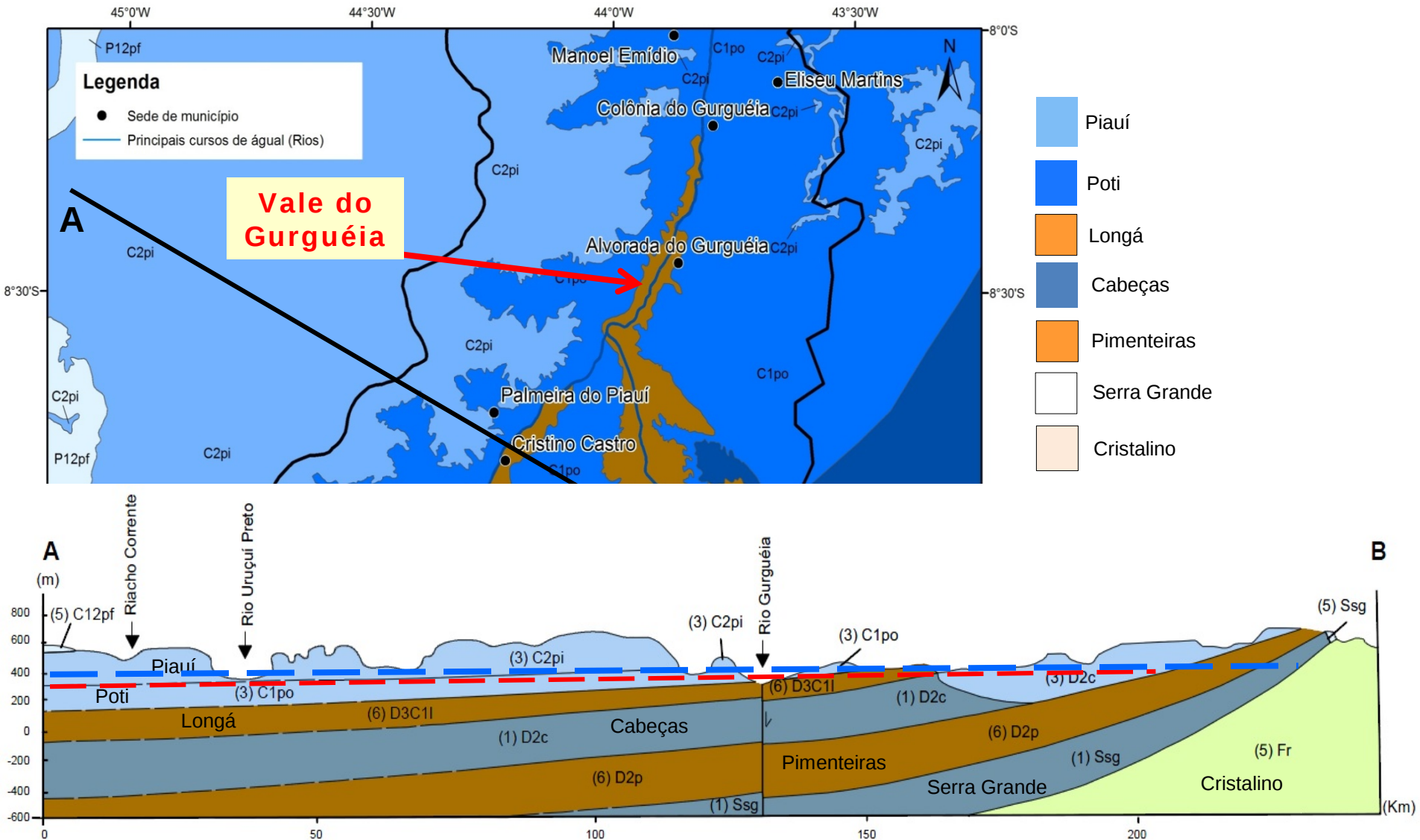


Poço Santa Fé





Hidrogeologia



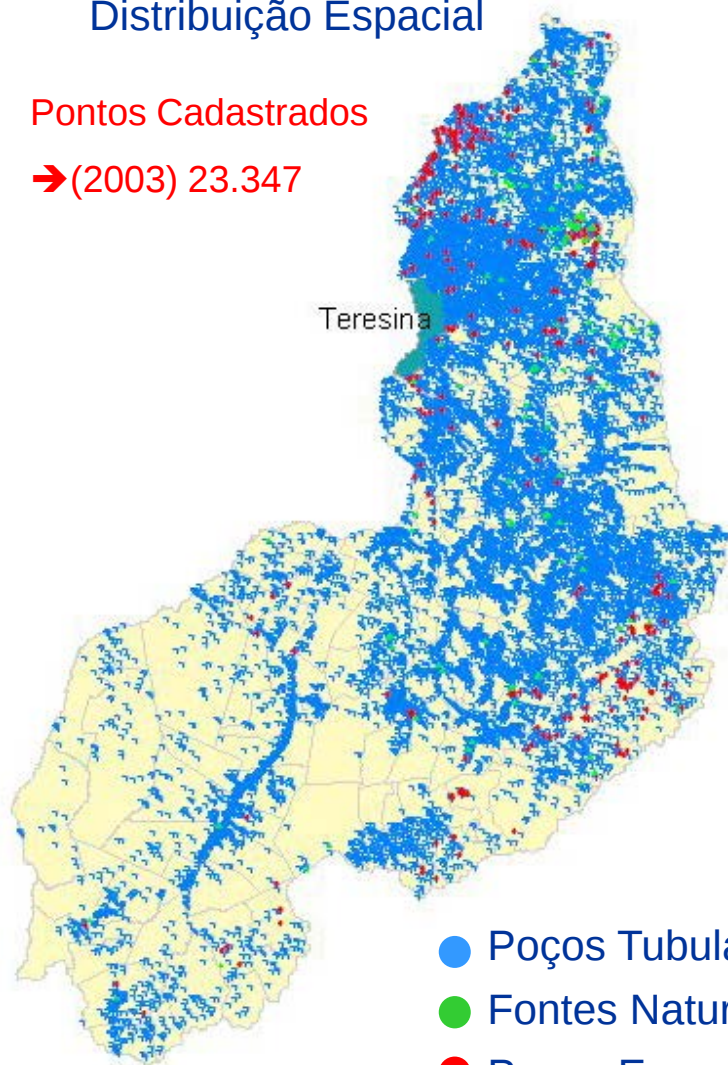


Antecedentes 2003/2004

Distribuição Espacial

Pontos Cadastrados

→ (2003) 23.347



● Poços Tubulares → 23.347

● Fontes Naturais → 140

● Poços Escavados → 355

Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea

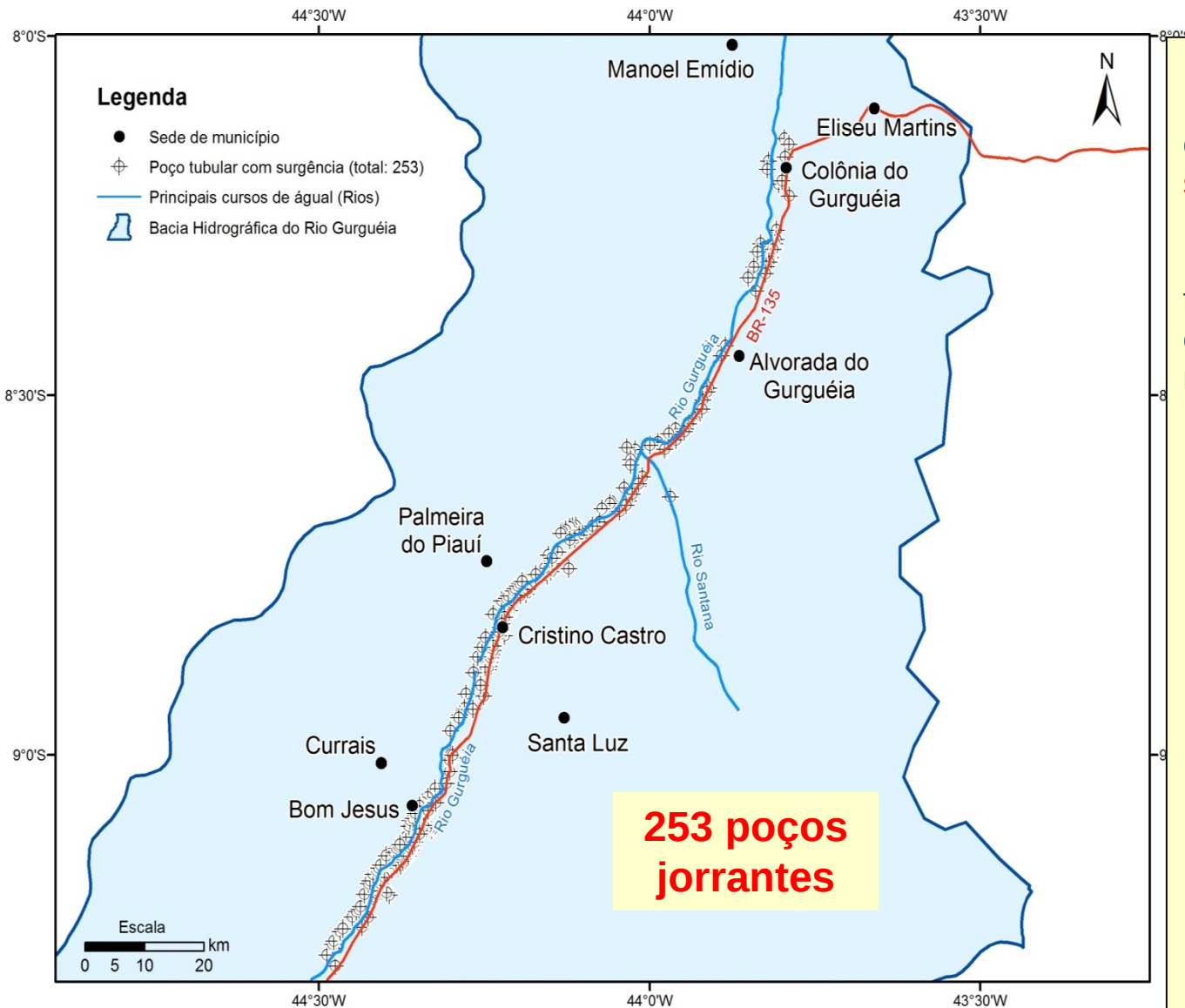
Realizado através de um convênio da CPRM com a Secretaria de Energia do MME, cadastrou cerca de 87.000 poços na região nordeste do Brasil (excetuando o estado do Maranhão e incluindo o vale do Jequitinhonha em MG).

As informações mais consistentes e relevantes foram a medida da coordenada do ponto com GPS e análise *in loco* da Condutividade Elétrica da Água que permite uma avaliação da qualidade da água.





Antecedentes 2003/2004



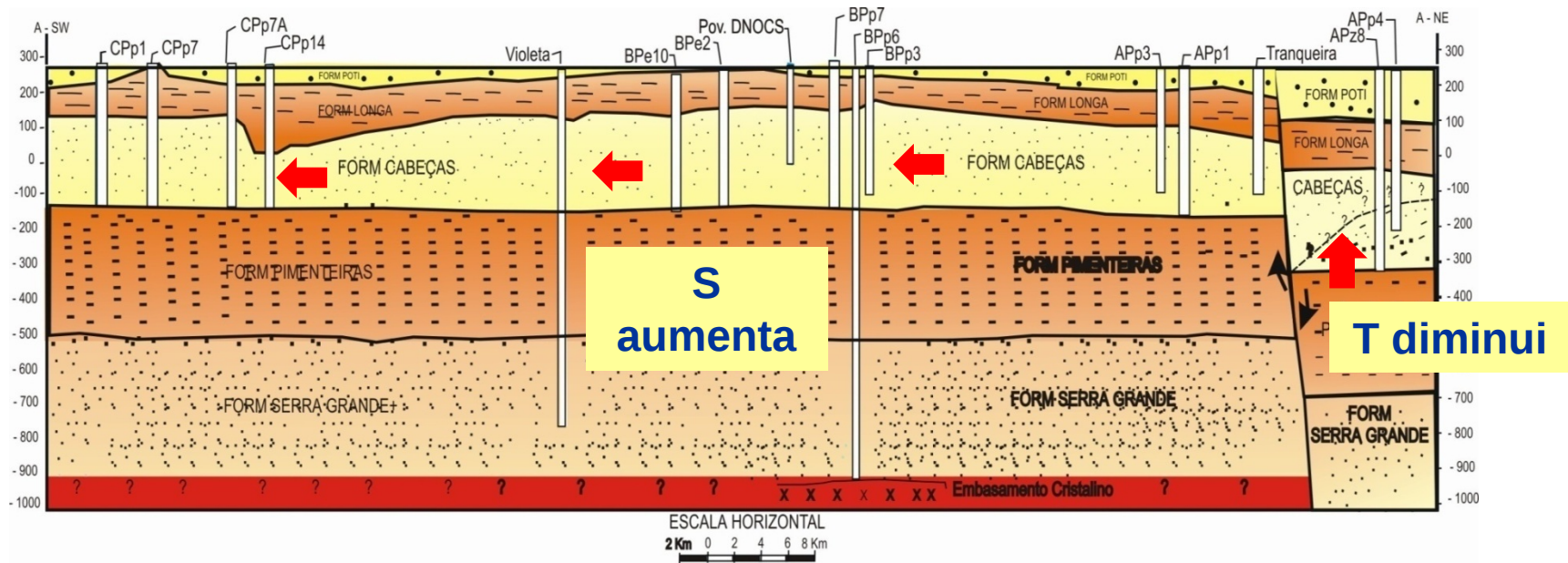
Desde o sul de Bom Jesus até Eliseu Martins foram cadastrados **253** poços **surgentes**.

Estes poços, em quase sua totalidade, são de particulares e muitos são utilizados para re





Estado da Arte do Conhecimento



Aquífero	T (m ² /s)	S	Qualidade
Cabeças	1,2.10 ⁻²	3.10 ⁻⁴ a 5,4. 10 ⁻⁴	C ₁ S ₁
Serra Grande	1.10 ⁻²	1.10 ⁻⁴	C ₁ S ₁ a C ₂ S ₁
Poti-Piauí	10 ⁻³ a 10 ⁻⁴	10 ⁻² a 10 ⁻³	C ₁ S ₁



Violeta

Situação dos Poços - 2009

1973



1987



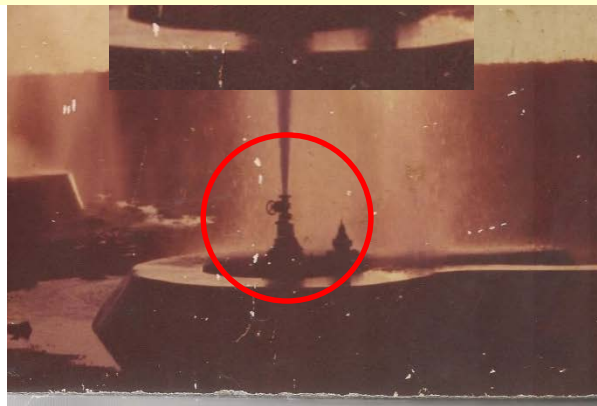
2006



Retirado da solicitação do inquérito civil público...

<http://www.mppi.mp.br/internet/phocadownload/artigos/36.htm>

“II.8 O Poço Violeta (que na realidade são dois) é de propriedade do DNOCS, órgão federal, mas está localizado em área particular. Com a notificação feita ao DNOCS (Doc. 44, fl. 522), descobriu-se que os poços poderiam ser fechados com registros, mas isso não acontecia por que tais registros se quebravam facilmente, seja pela ação da água, seja por pessoas. O DNCOS colocou registros novos e fez-se acordo informal com o dono do restaurante do local, para que o mesmo “vigiasse” os registros, promovesse sempre a sua limpeza e só abrisse um poço aos sábados, domingos e feriados. Posição definitiva sobre os poços deverá ser feita através do Ministério Público Federal (Docs. 44-A a H, fls. 522 a 536)”





Integração da água subterrânea e superficial no planejamento

- Inicialmente precisamos discutir a legislação, que muitas vezes separa e não integra;
- As instituições ainda carecem de pessoal, recursos e capacitação;
- Os agentes políticos tem uma visão restrita do assunto;
- A gestão do uso do solo interfere diretamente na recarga e na qualidade da água subterrânea;
- A distribuição espacial dos diferentes usuários precisa ser bem definida.



Ou....

ALTERNATIVA ZERO

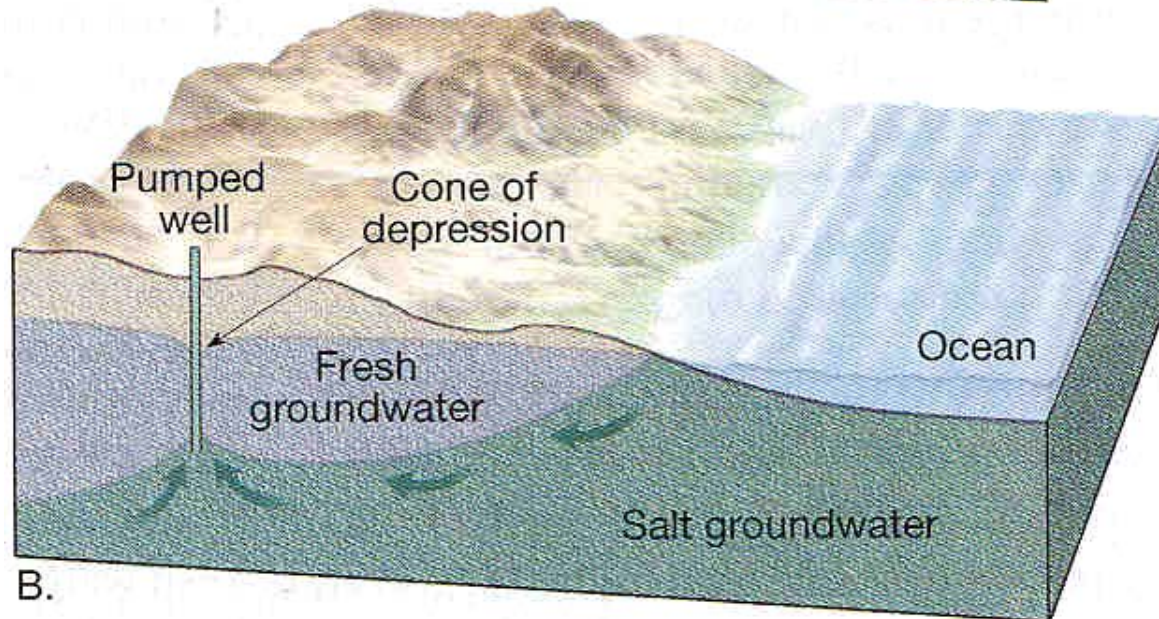
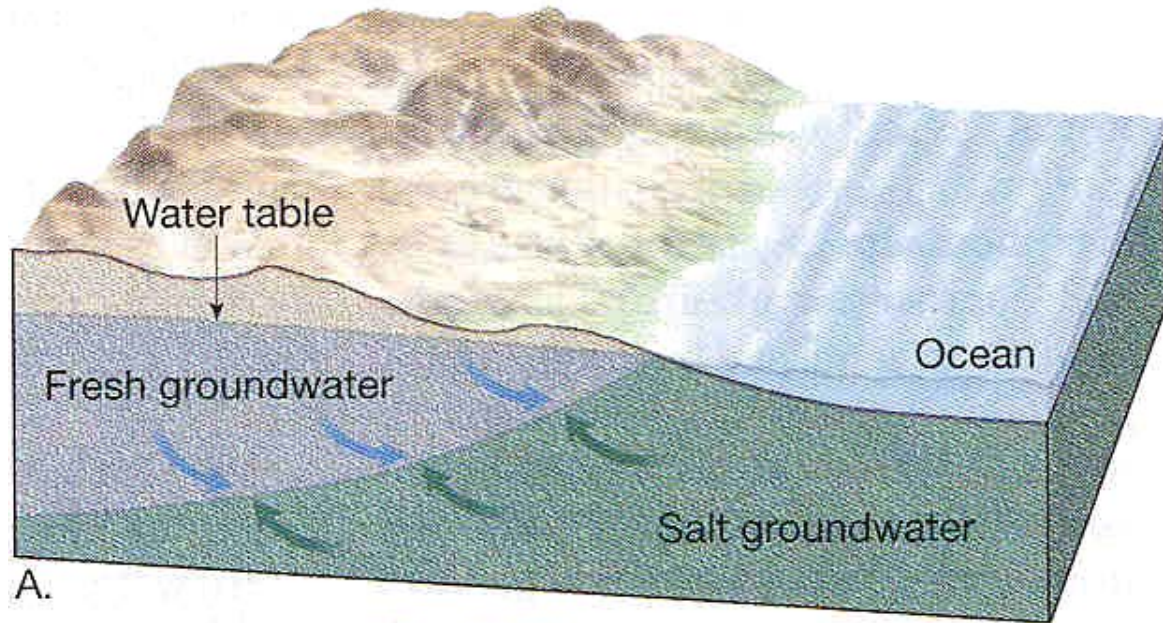
NÃO SE FAZ NADA!!!



DESVANTAJENS DA ALTERNATIVA ZERO

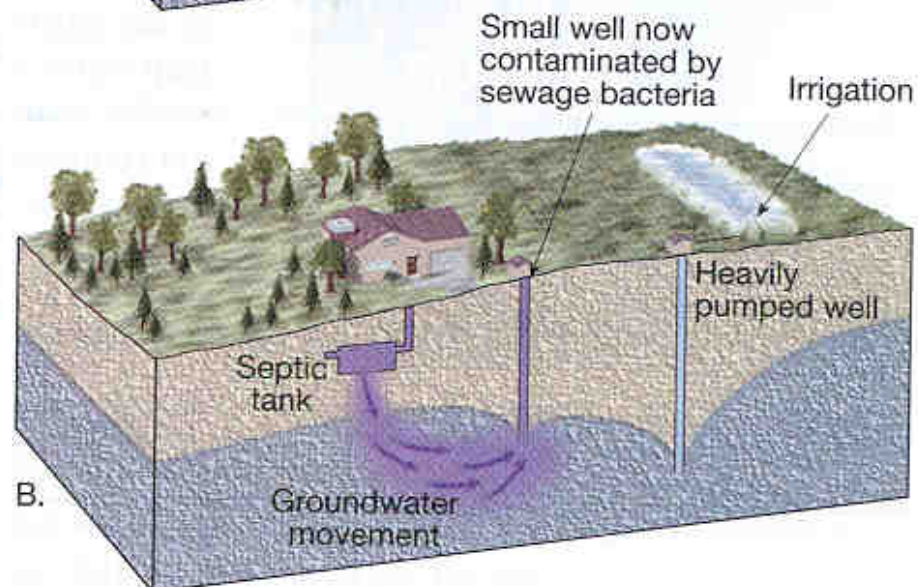
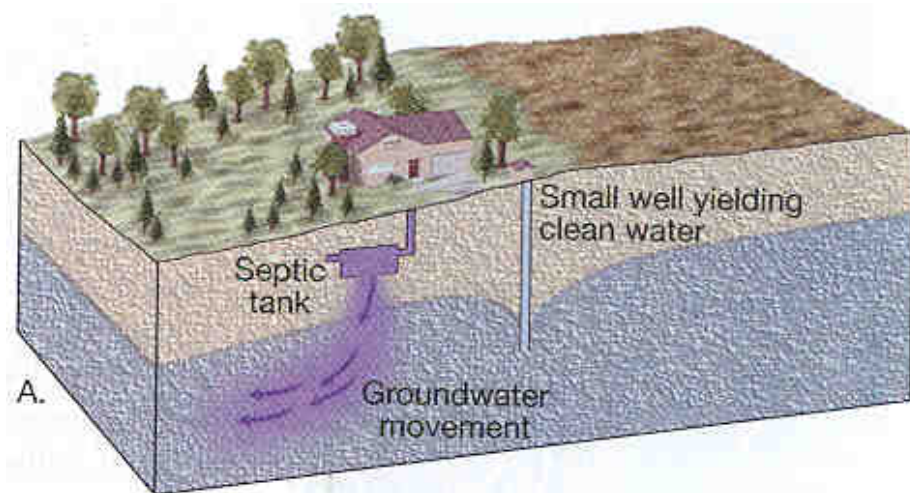
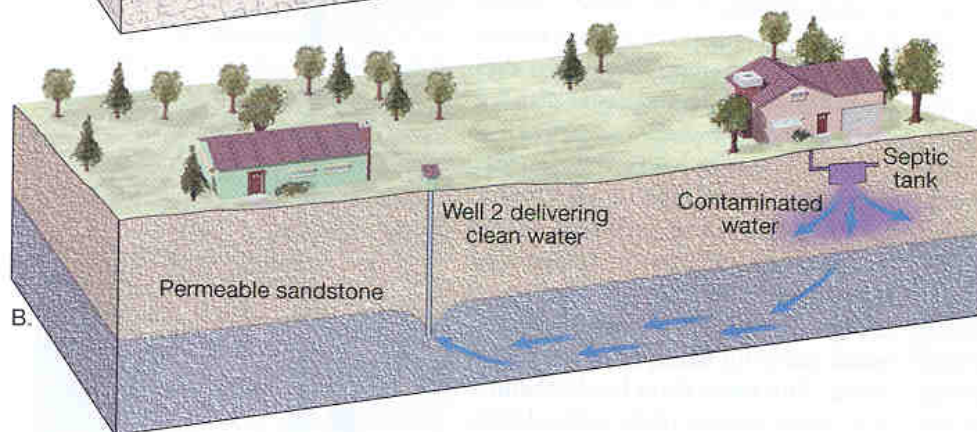
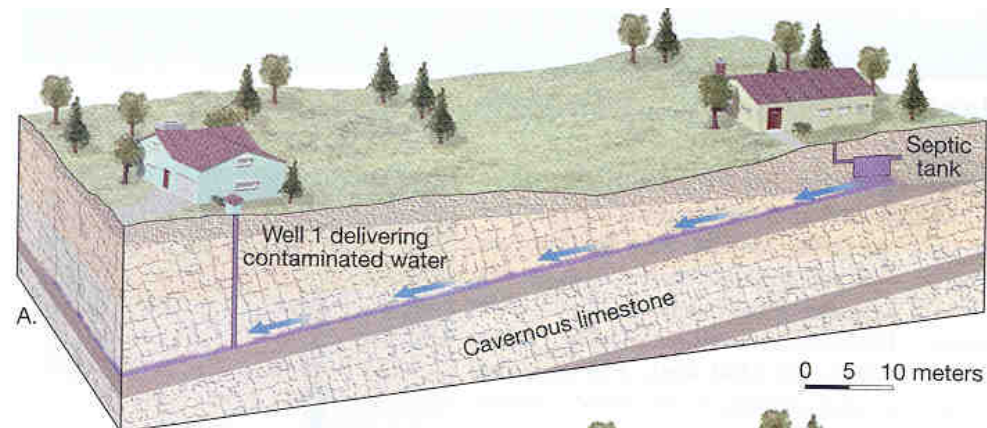


● Contaminação por água salgada (áreas costeiras)



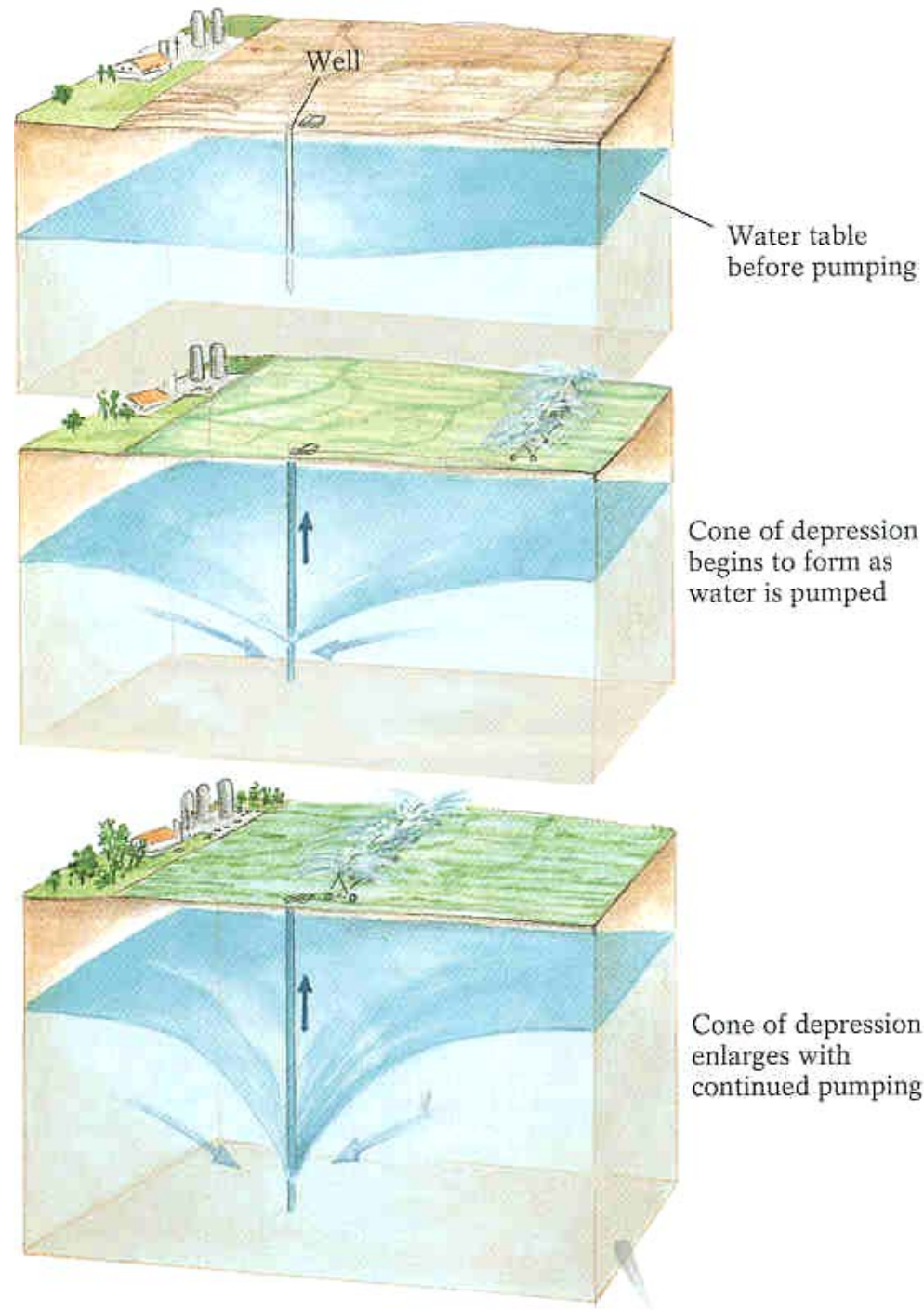


Contaminação da Água dos Poços

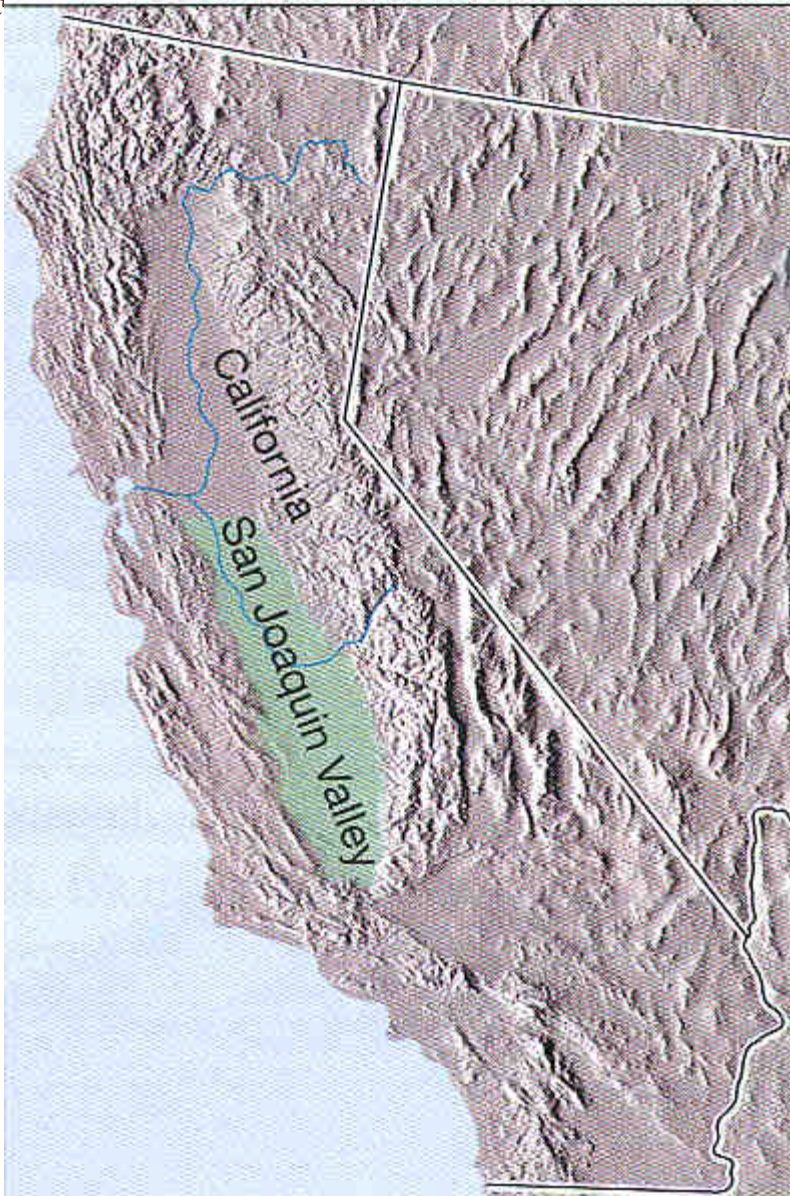




Bombeio Continuado de Poços Produz o Rebaixamento Continuado do Aquífero.

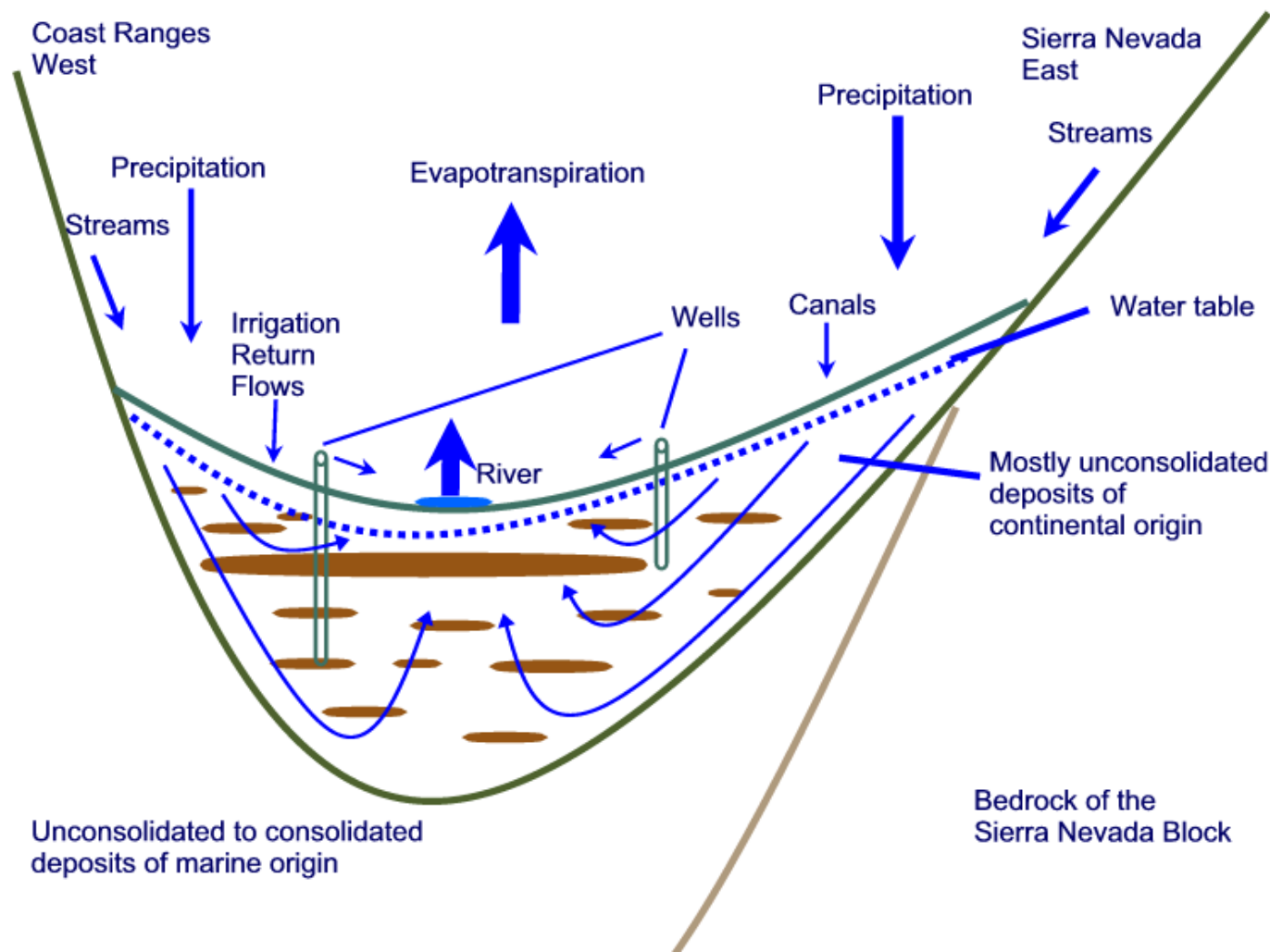


Aquífero semi-confinado profundo



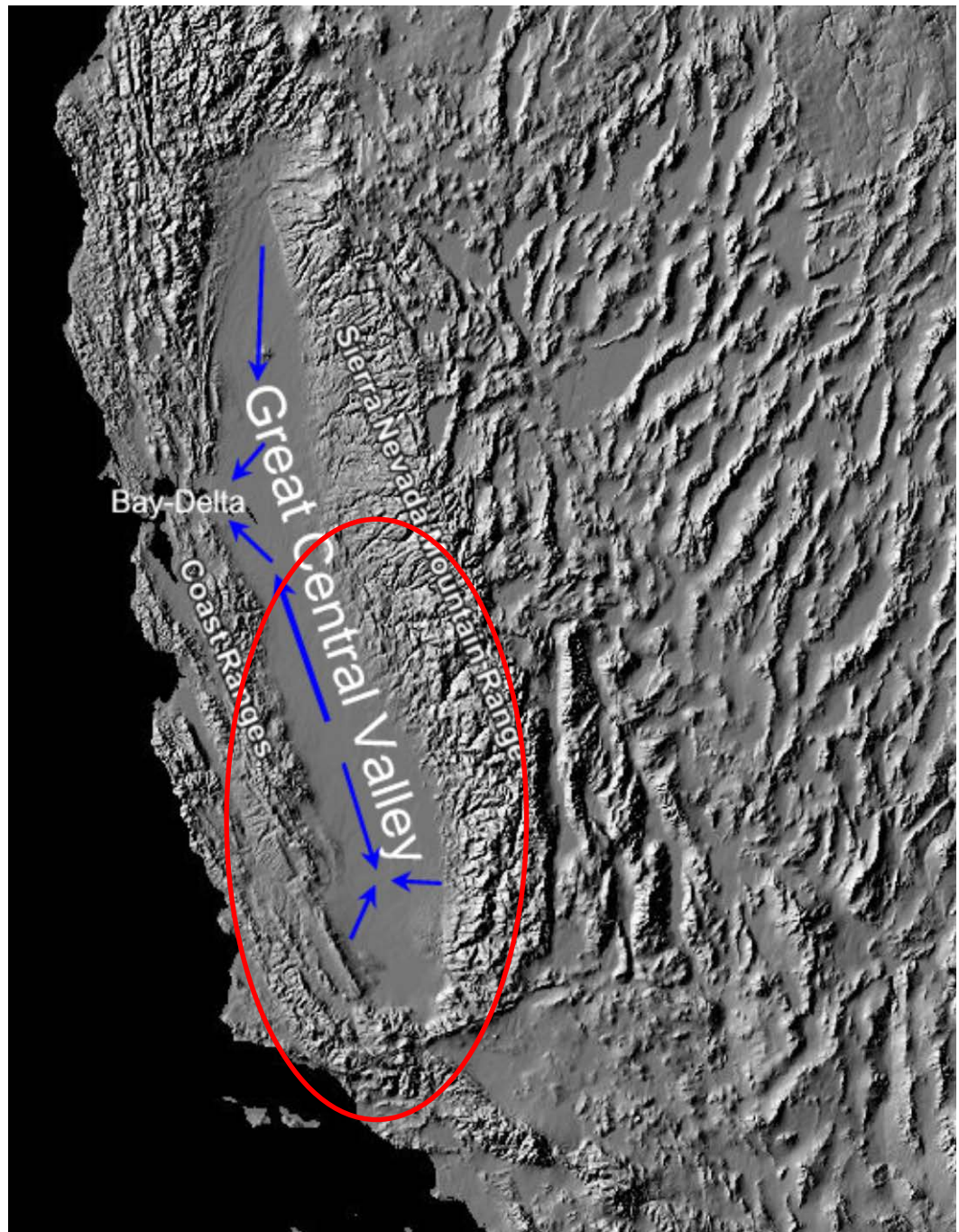


Perfil Esquemático da Bacia de San Joaquin, com indicação dos Aquitardes





Inversão das Drenagens em virtude do Bombeamento da Água Subterrânea





Para Promover a Sustentabilidade das Águas Subterrâneas

- **Avaliar como e quando usar água subterrânea e superficial**
- **Controlar os volumes e/ou o posicionamento espacial dos poços de bombeamento**
- **Incrementar a recarga de água subterrânea**
- **Utilizar os aquíferos como reservatórios**



*Nós sempre tivemos muitos
instrumentos de gestão - Por
que a visão integrada ainda é
difícil????*



Muito Obrigado



Zoltan Romero C. Rodrigues

*Diretoria de Estudos Avançados em Meio
Ambiente
(SEMA/SPA/DEAMA)*

zoltan.romero@inema.ba.gov.br

zoltanr@gmail.com

[071-9611-7222](tel:071-9611-7222)