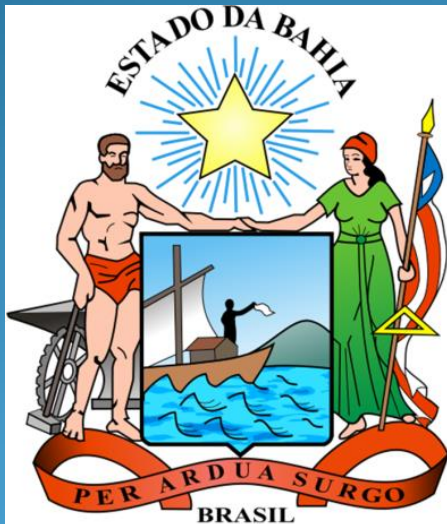


# Gestão Integrada das Águas Superficiais e Subterrâneas

Por que fazer???

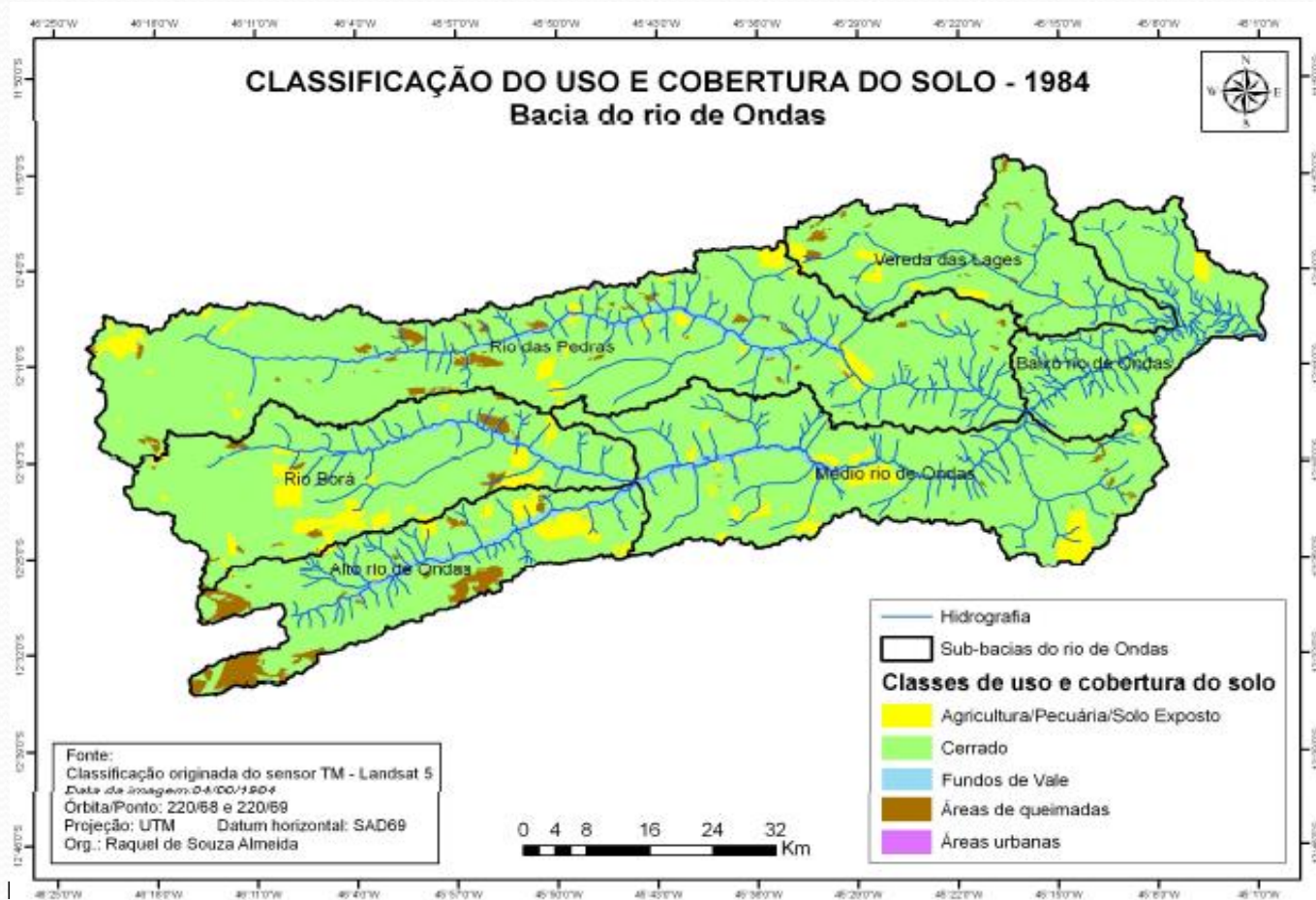


Secretaria de Meio Ambiente e Recursos  
Hídricos – SEMA  
Superintendência de Políticas Ambientais –  
SPA  
Diretoria de Estudos Avançados em Meio  
Ambiente - DEAMA



# Evolução do Uso e Ocupação do Solo nas Bacias (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 1984)

- Vegetação natural do Cerrado: 4.922,19 km<sup>2</sup> (88,2%).
- Áreas agrícolas: 295,89 km<sup>2</sup> (5,3%).



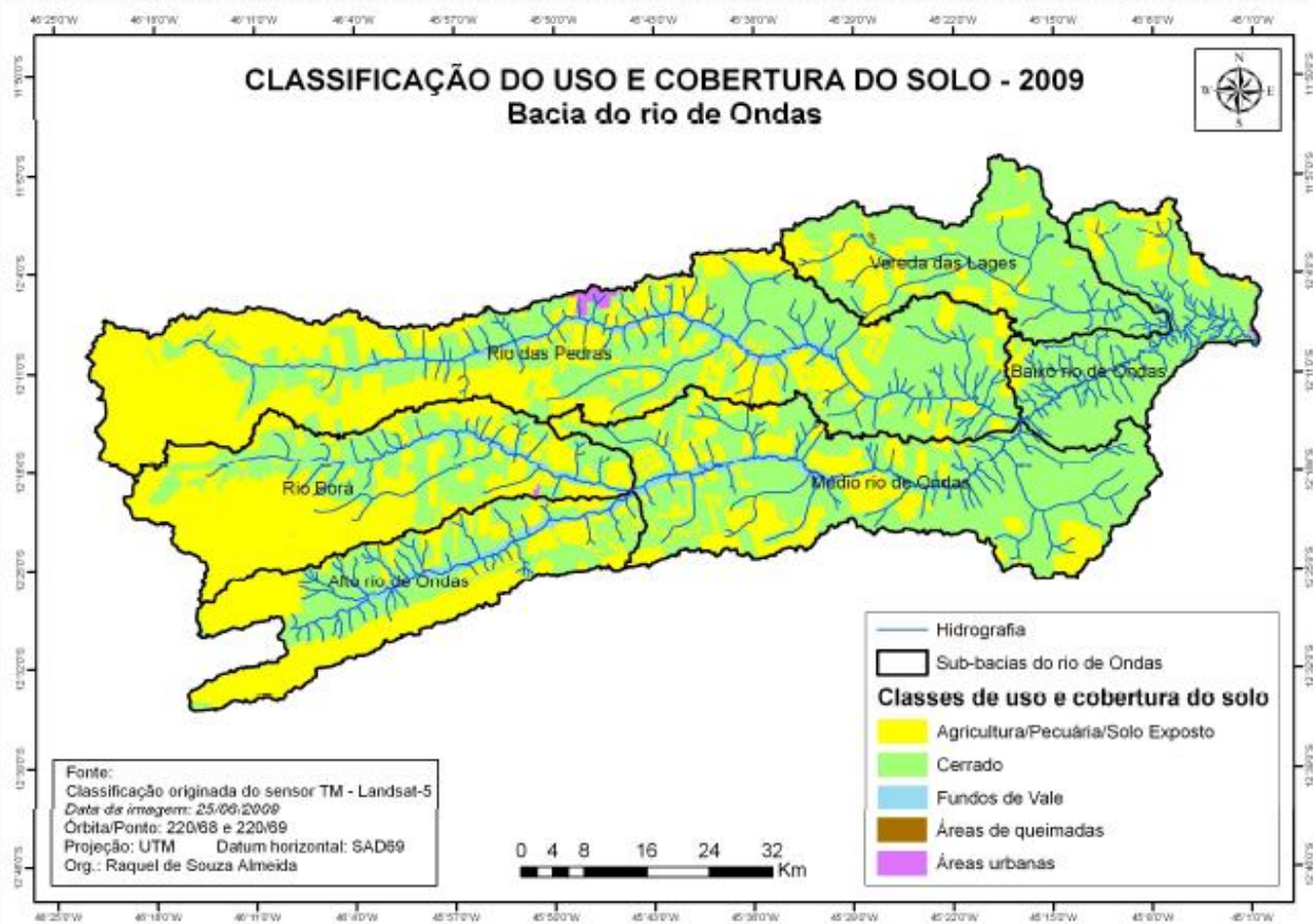




# Evolução do Uso e Ocupação do Solo nas Bacias (Ex: Bacia do Rio de Ondas - 2009)

Cerrado: 54,42% (3.037,06 km<sup>2</sup>).

Agricultura/pecuária/solo exposto: 41,31% (2.305,22 km<sup>2</sup>).

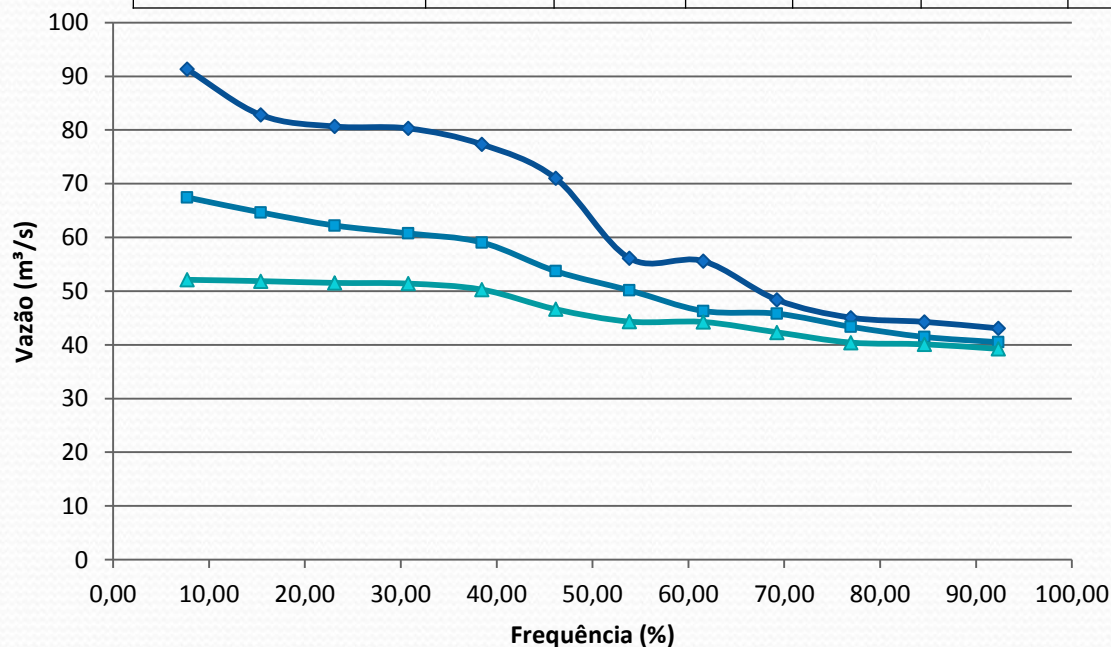




# Comportamento das Vazões

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

Vazão de Permanência e de Outorga	1977-1987			1988-1999			2000-2010		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Q90 (m³/s)	43,43	40,79	39,5	39,06	36,74	34,89	34,61	31,82	28,13
80% da Q90 (m³/s)	34,74	32,63	31,6	31,25	29,39	27,91	27,69	25,46	22,5



Curva de permanência para o período de 1977-2010

◆ Méd. Máx.  
 ■ Méd. Méd.  
 ▲ Méd. Mín.





## *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 Pandeiro	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



# Problema I

- A conexão entre as águas dos mananciais superficiais e subterrâneos são conhecidas desde o trabalho original de Boussinesq em 1877 (quase 140 anos atrás).
- Entretanto, até hoje (segunda década do século XXI), os atores envolvidos no estudo e na gestão dos recursos hídricos não conduziram este conhecimento para uma realidade prática, com raras exceções.





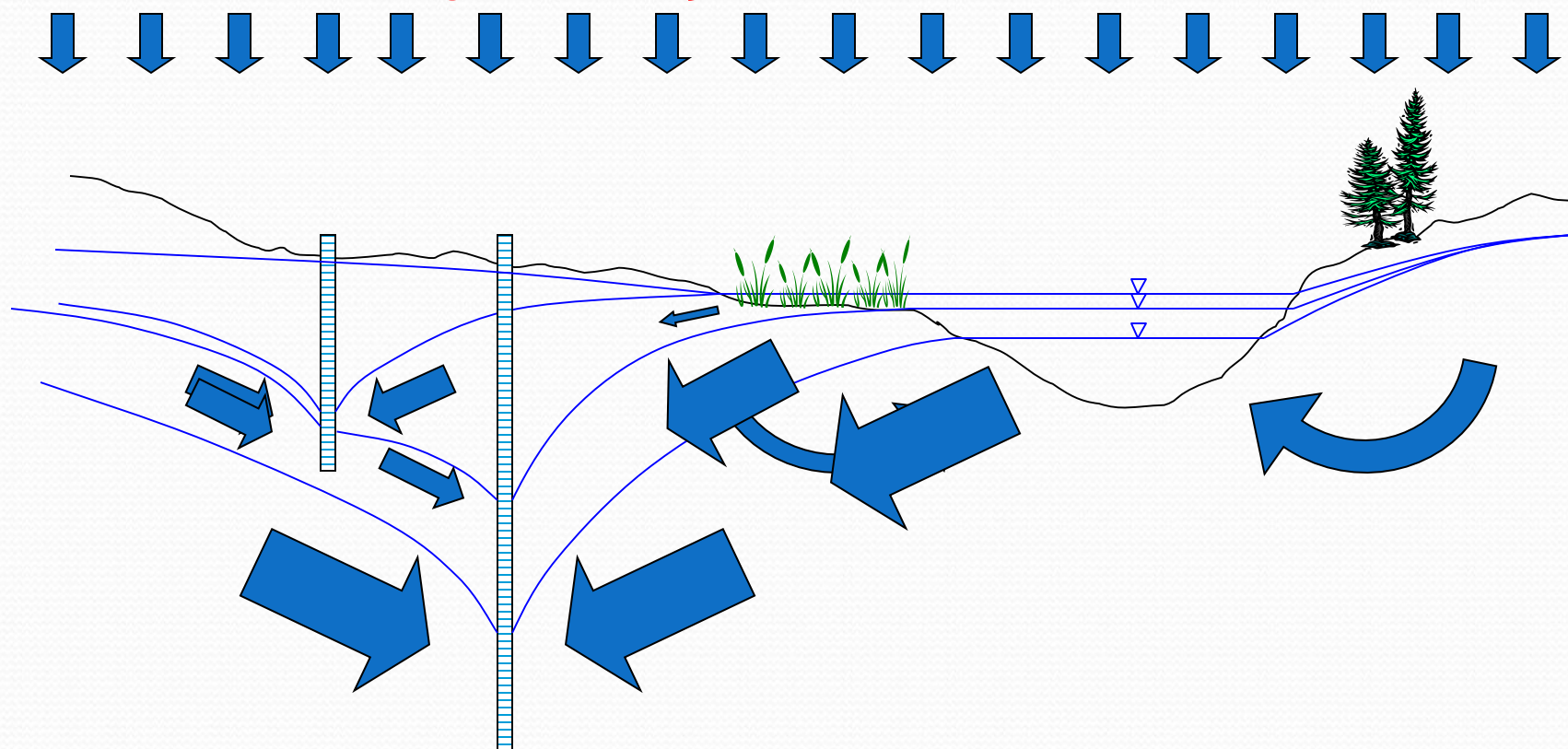
## Problema II

- Quando uma região é abastecida por águas superficiais e subterrâneas, problemas surgem pela redução de vazão dos rios devido ao bombeamento de águas subterrâneas (outorga-se a mesma água duas vezes).
- A avaliação desta interação e sua quantificação é fundamental para a gestão de recursos hídricos.



# Rebaixamento dos rios

Recarga/Infiltração

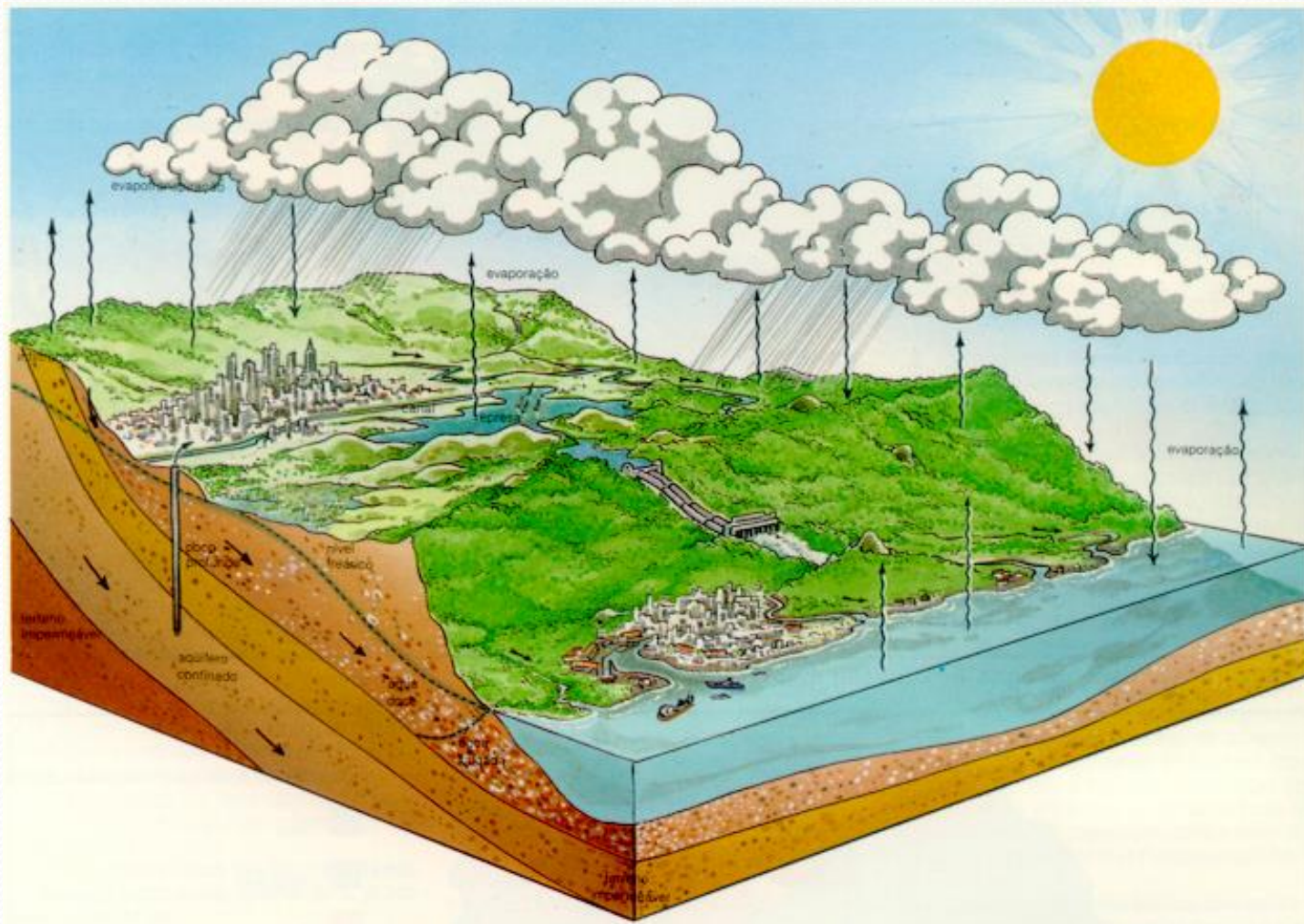


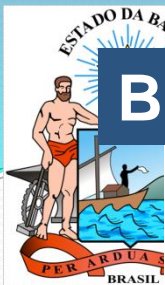




# CICLO HIDROLÓGICO

## Simplificação Errônea





# Bacia Hidrográfica e Ciclo Hidrológico



**Águas  
Subterrâneas e  
Rios**





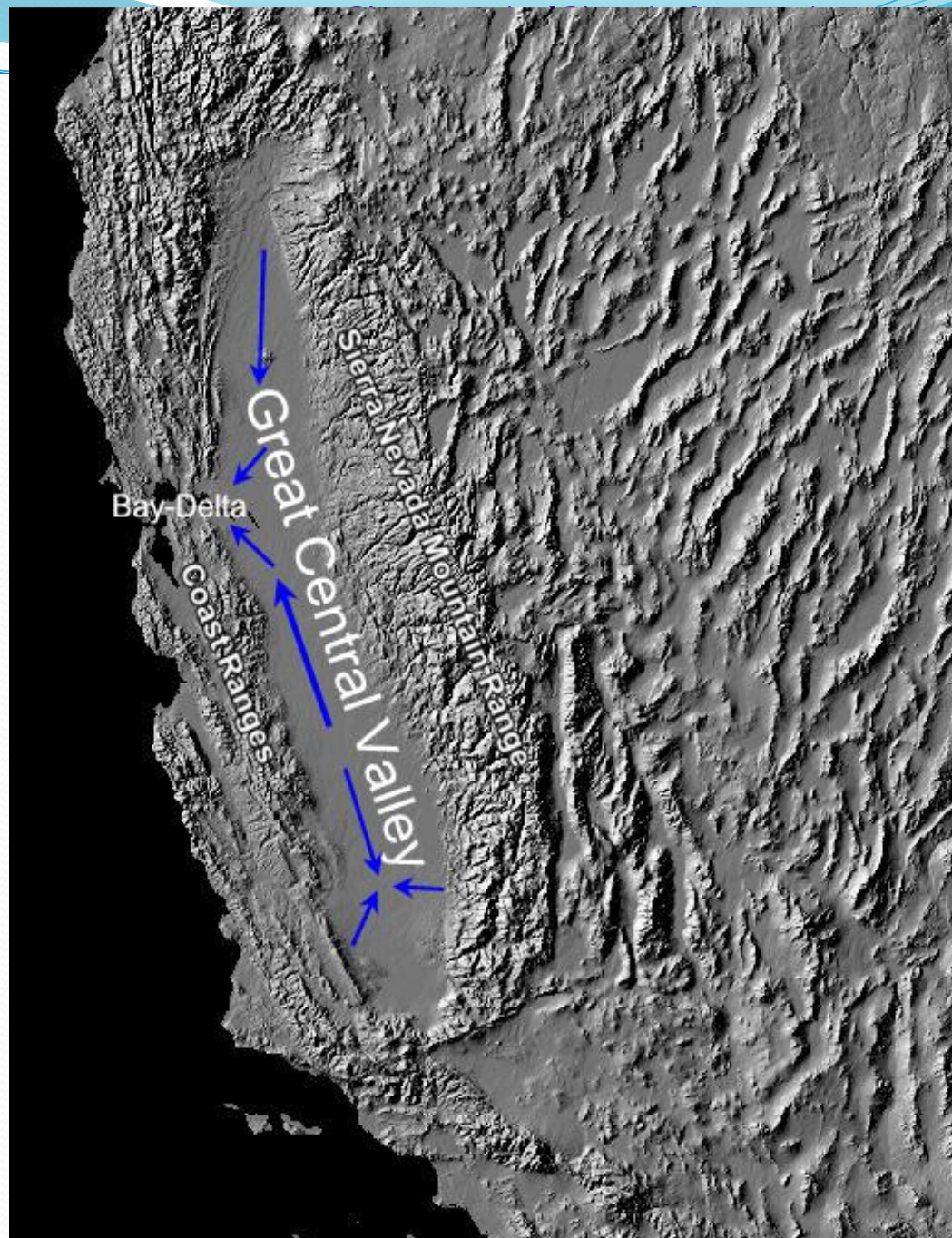
# Subsidência do terreno







# *Inversão das Drenagens em virtude do Bombeamento da Água Subterrânea*







# Gestão Integrada dos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

- Visão: Um processo que promova a utilização e o gerenciamento dos recursos hídricos, maximizando o resultante bem-estar econômico, social e ambiental.



## Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

- Minimiza a tradicional **separação institucional** da água superficial e subterrânea que resulta fundamentalmente em **barreiras de comunicação e entendimento**.
- Reconhece que para haver sustentabilidade **deve-se permitir incrementos na demanda de água** para atividades econômicas e desenvolvimento humano.





# Áreas onde a visão integrada apoia a gestão de água subterrânea

- Reduz **riscos nas decisões de gestão** – Qual a disponibilidade real de água na bacia? Como responder a retiradas excessivas? Como se preparar para secas prolongadas e severas???
- Reduz **problemas institucionais**, como fundos limitados, pouco pessoal, falta de capacitação ou simplesmente, **barreiras políticas** para a gestão.



Por que????





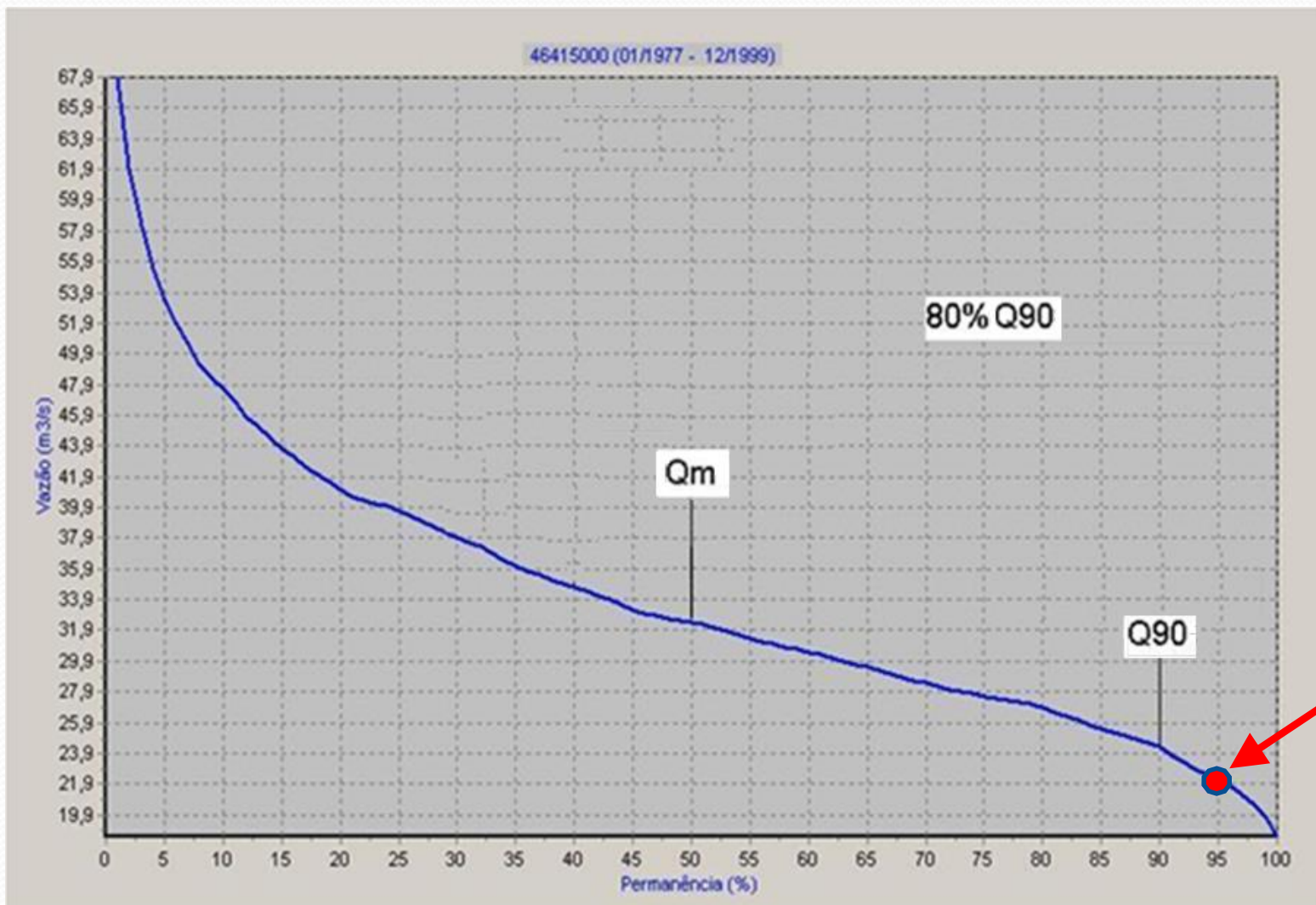
## Ex: VAZÃO DE REFERÊNCIA NO ESTADO DA BAHIA

- 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.

É pouca água e dá problemas (outros usam ainda menos, uma fração da  $Q_{7/10}$ )



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





# Aonde chegamos nas secas!

X % da  $Q_{\text{referência}}$  - Outorga subterrânea

Y % da  $Q_{\text{referência}}$  - Outorga superficial

Z % da  $Q_{\text{referência}}$  - Demanda ambiental

$$\sum (X + Y + Z) = 100\% \text{ da } Q_{\text{referência}}$$

$Q_{\text{referência}}$  = Esc. de base = parcela da Recarga

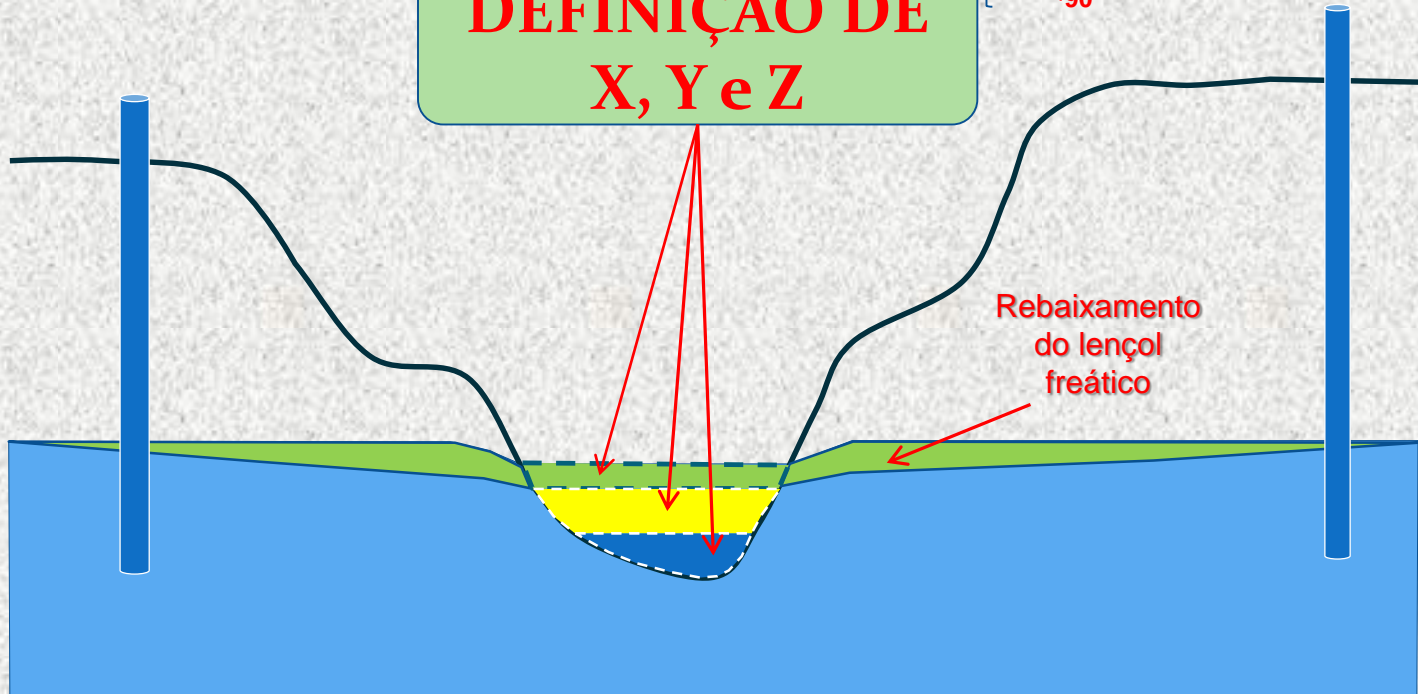
**DEFINIÇÃO DE  
X, Y e Z**

$Q_{\text{referência}}$

$Q_{7,10}$

$Q_{95}$

$Q_{90}$



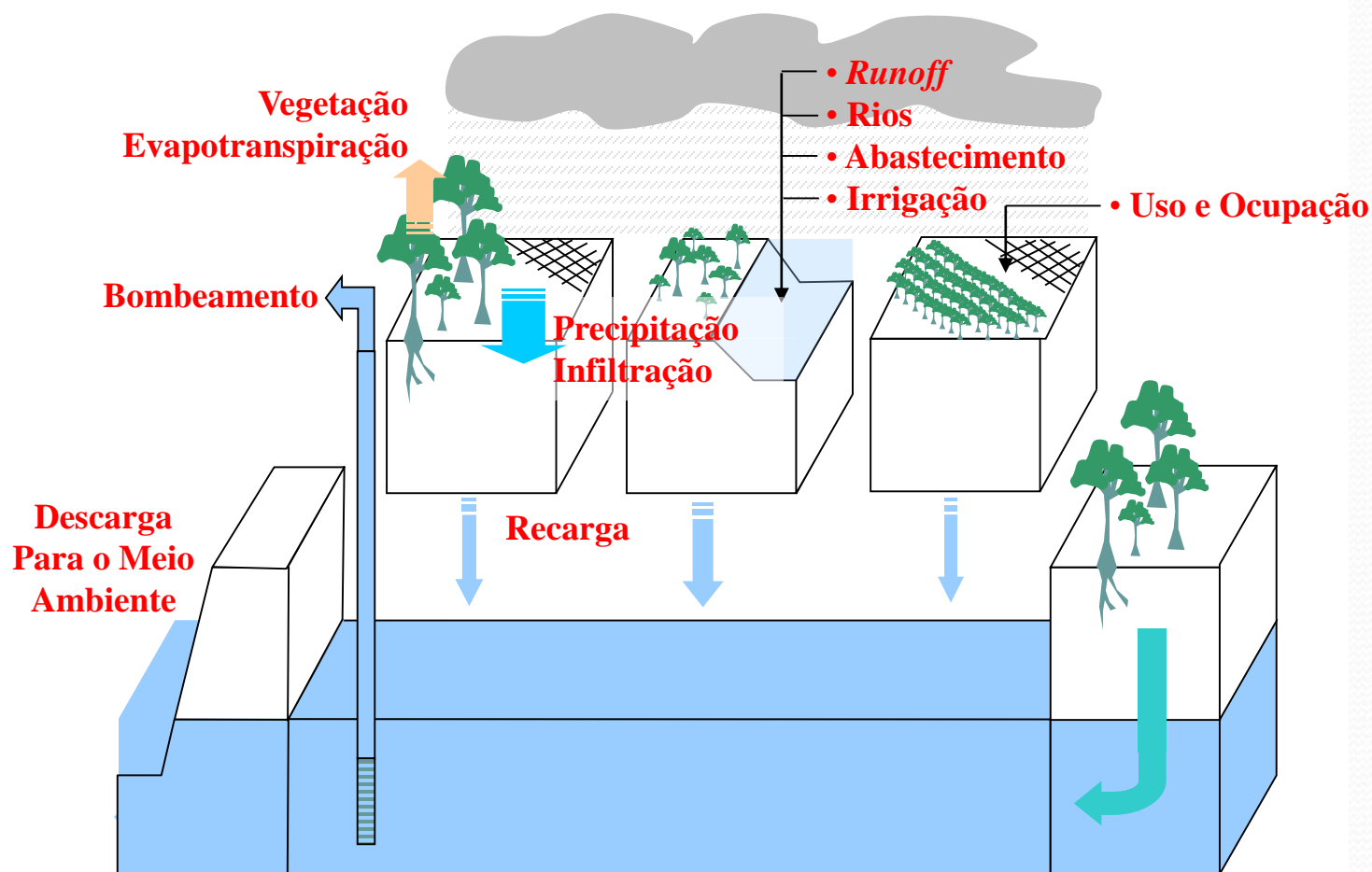


**OU PODEMOS APLICAR A  
GESTÃO INTEGRADA...**



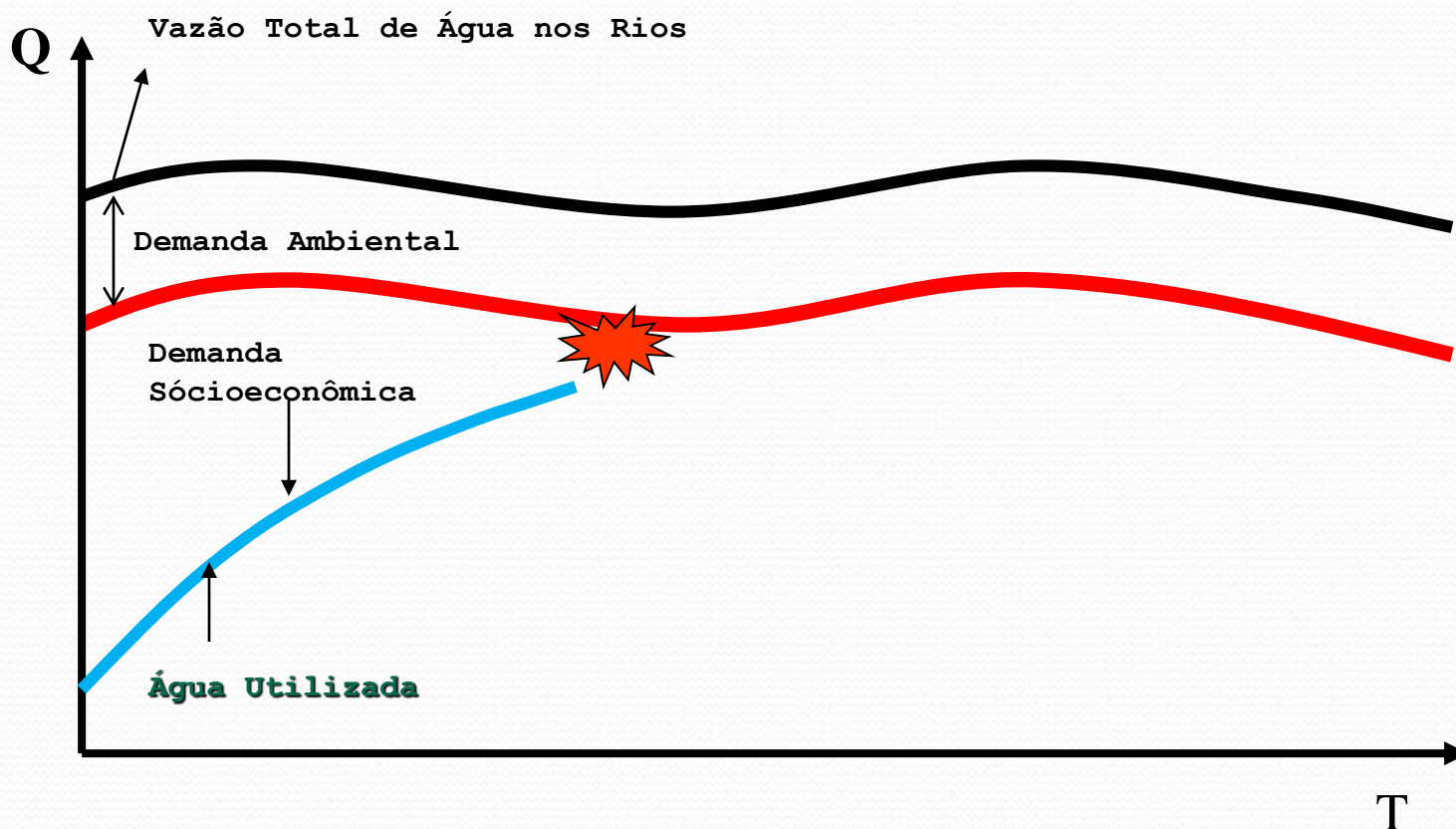


# Sistema de Gestão Integrada (Água Superficial/Subterrânea/Uso e Ocupação do Solo)





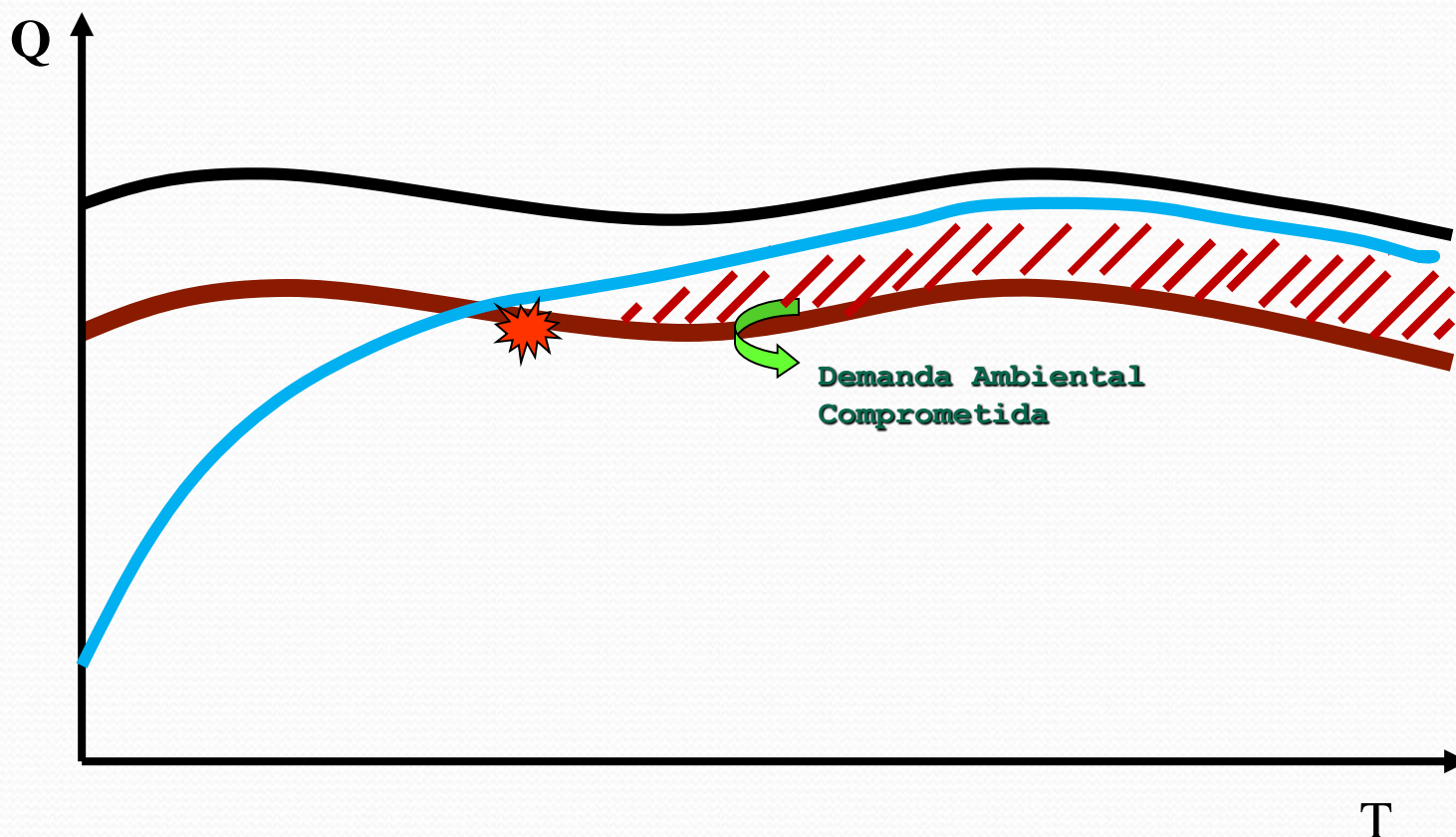
## A demanda de água para atividades econômicas se aproxima da linha vermelha com o risco de comprometimento ambiental e econômico

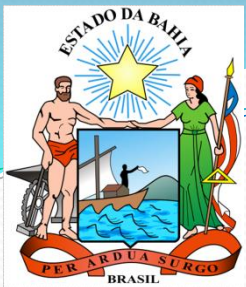




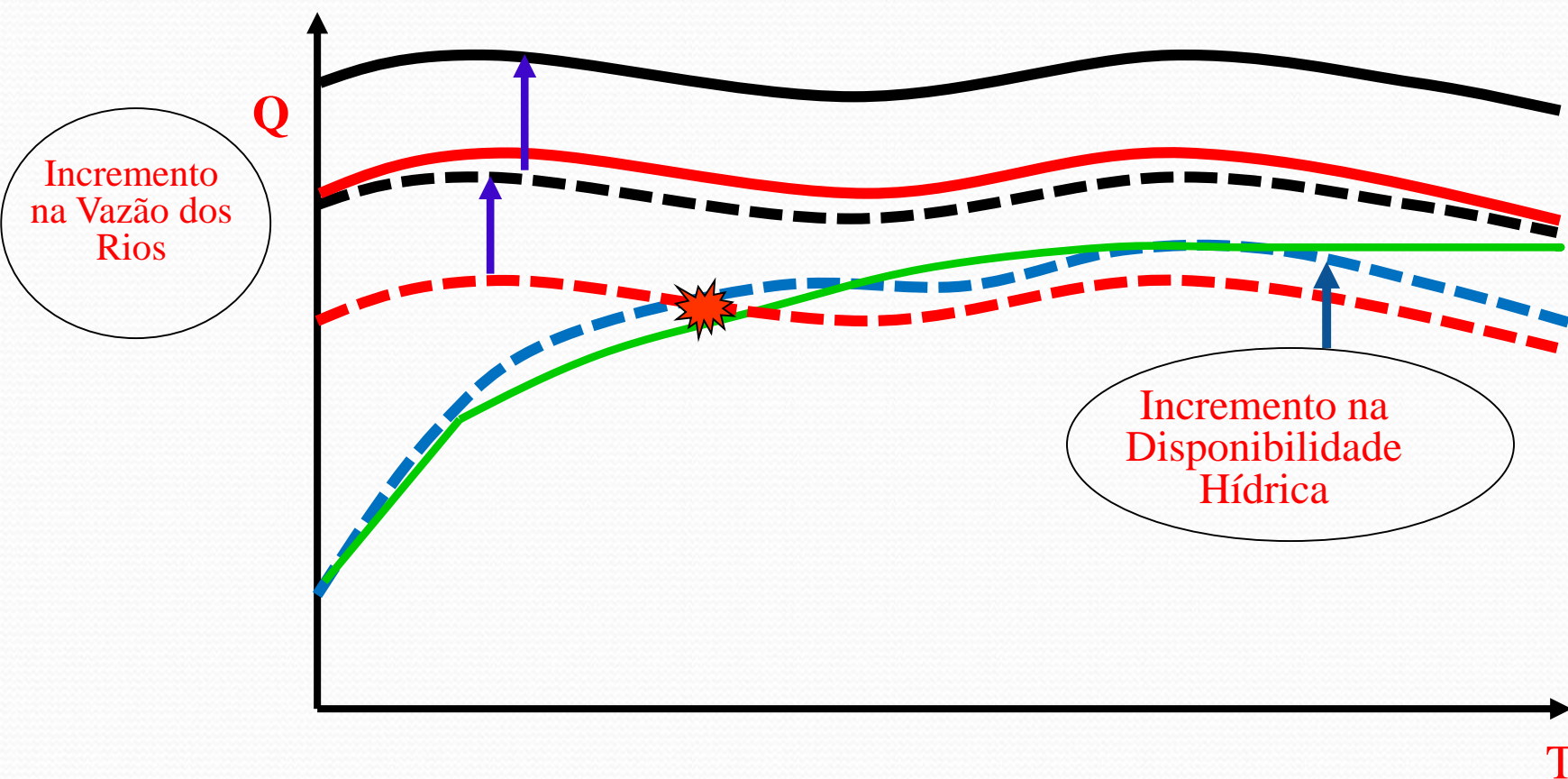


Com o desenvolvimento econômico rápido, a demanda por água aumenta rápido e os ecossistemas são penalizados. Como resultado, a gestão ambiental e de Recursos Hídricos fica mais complexa.





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





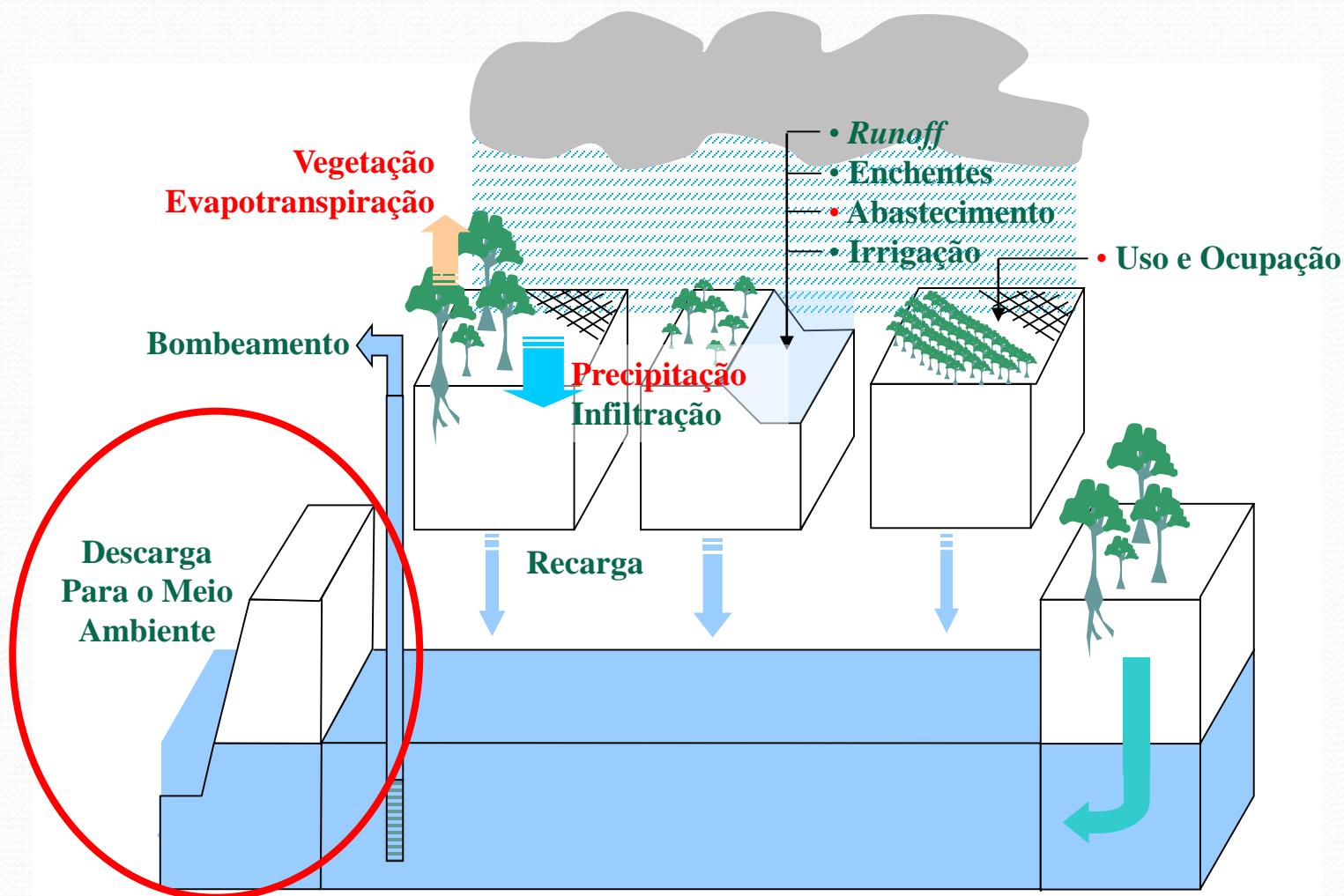


Por meio da Gestão Integrada, podemos aproveitar a água da cheia nos períodos de seca.





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







# Como????



## Programa de Gestão Integrada - PGI

- ***Primeiro Passo – substituição de outorgas superficiais por outorgas subterrâneas:***
  - ***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.***





## **EX: BACIA DO RIO DAS FÊMEAS, ONDE TODO O VOLUME SUPERFICIAL DISPONÍVEL JÁ FOI OUTORGADO (Mestrado)**

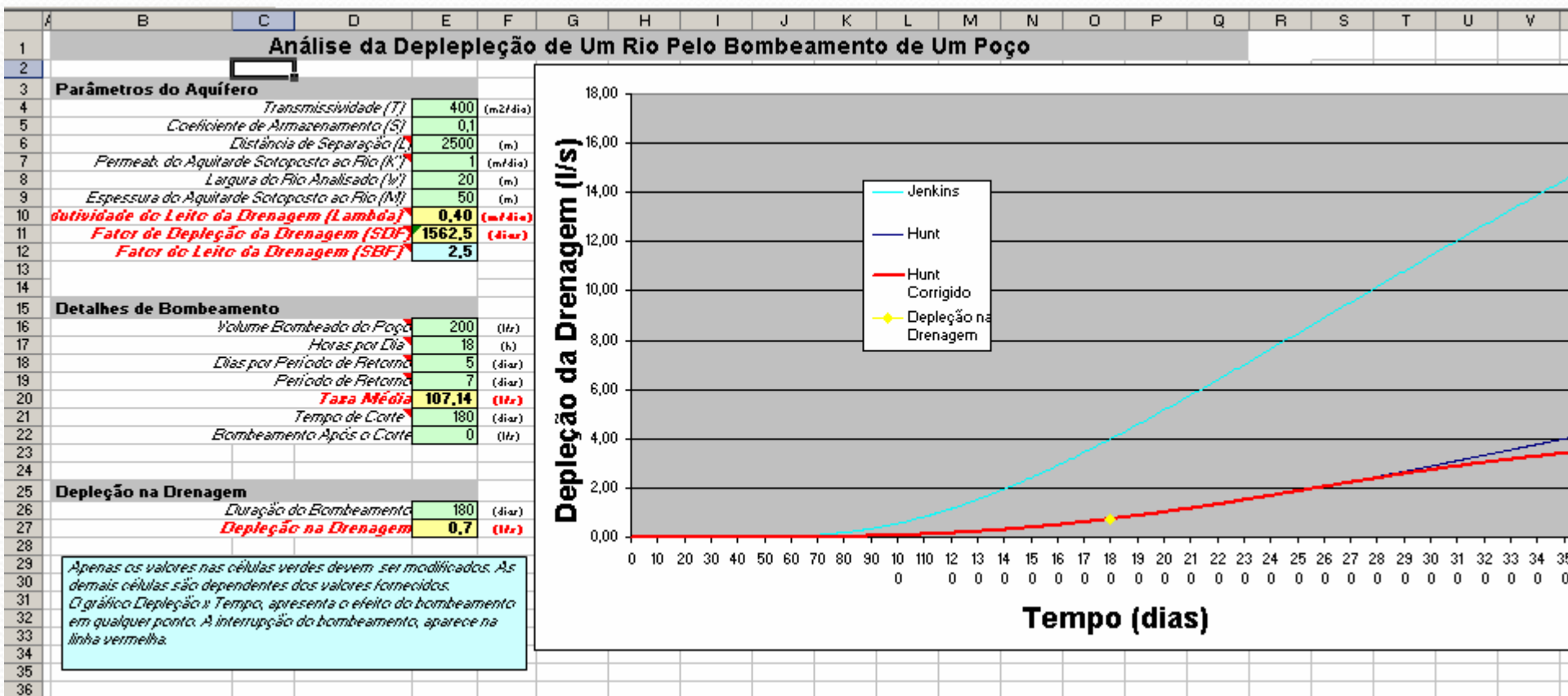
<b>Distância Poço/Rio (metros)</b>	<b>Depleção no Rio Induzida Pelo Poço(%)</b>	
	<b>Regime de 18h/dia e 180dias/ano (ano normal)</b>	<b>Regime de 18h/dia e 365 dias/ano (seca severa)</b>
<b>1.000</b>	<b>25%</b>	<b>33%</b>
<b>1.500</b>	<b>13%</b>	<b>24%</b>
<b>2.000</b>	<b>7%</b>	<b>8%</b>
<b>2.500</b>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

**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 Q<sub>90</sub>...**



# Modelos Analíticos Para Gestão

Utilizando macros, foram aproveitados os recursos do excel e de modelos analíticos para realizar os cálculos de distância poço-rio.







**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 <sup>2</sup>	g/0,7 m <sup>2</sup>
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;*



# Muito Obrigado



**Zoltan Romero C. Rodrigues**

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

**[zoltan.romero@inema.ba.gov.br](mailto:zoltan.romero@inema.ba.gov.br)**

**[zoltanr@gmail.com](mailto:zoltanr@gmail.com)**

**071-9611-7222**