

Impactos e Adequação Ambiental

LOB 1235

PROFA. DRA. MARIANA C. KASEMODEL

MARIANA.KASEMODEL@USP.BR

Águas Subterrâneas

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.

(Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS)

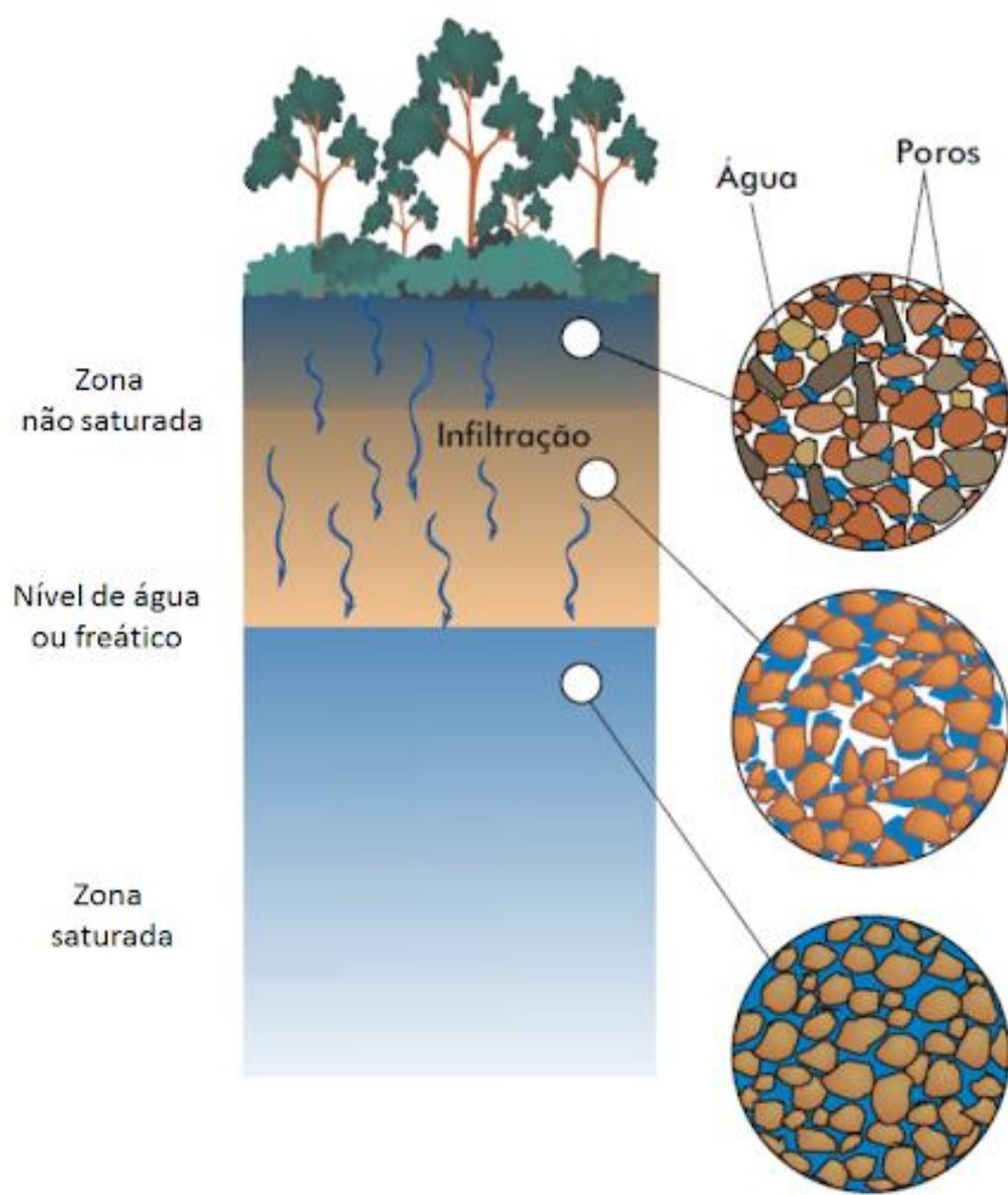


Fonte: Mundo Geo



Poço Violeta

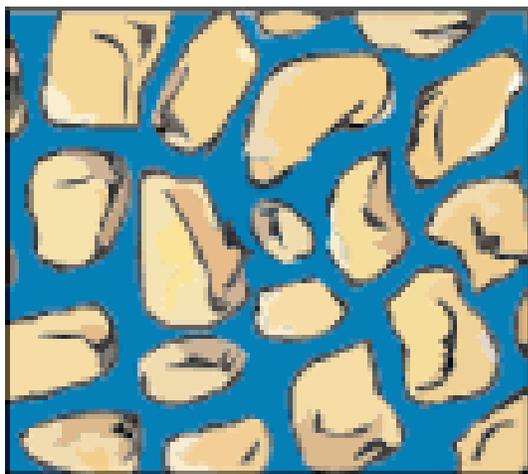
Fonte: Fundação Joaquim Nabuco



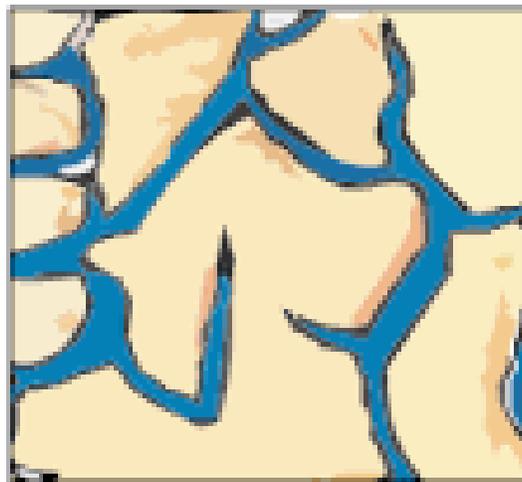
Zona não saturada: também chamada de zona de aeração ou vadosa, é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água.

Zona saturada: é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. As águas atingem esta zona por gravidade, através dos poros ou fraturas até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas estão tão saturadas que a água não pode penetrar mais. A superfície que separa a zona saturada da zona de aeração é chamada de nível freático, ou seja, este nível corresponde ao topo da zona saturada.

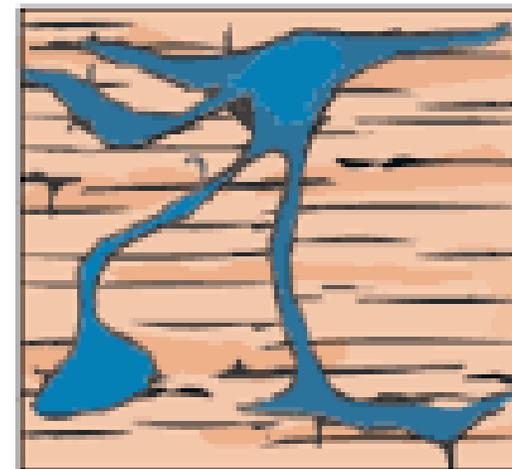
Aquífero é uma formação geológica capaz de servir de depositório e de transmissor da água armazenada. Assim, uma litologia só será aquífera se, além de ter seus poros saturados (cheios) de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada.



Poroso



Fissural



Cárstico

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2007)



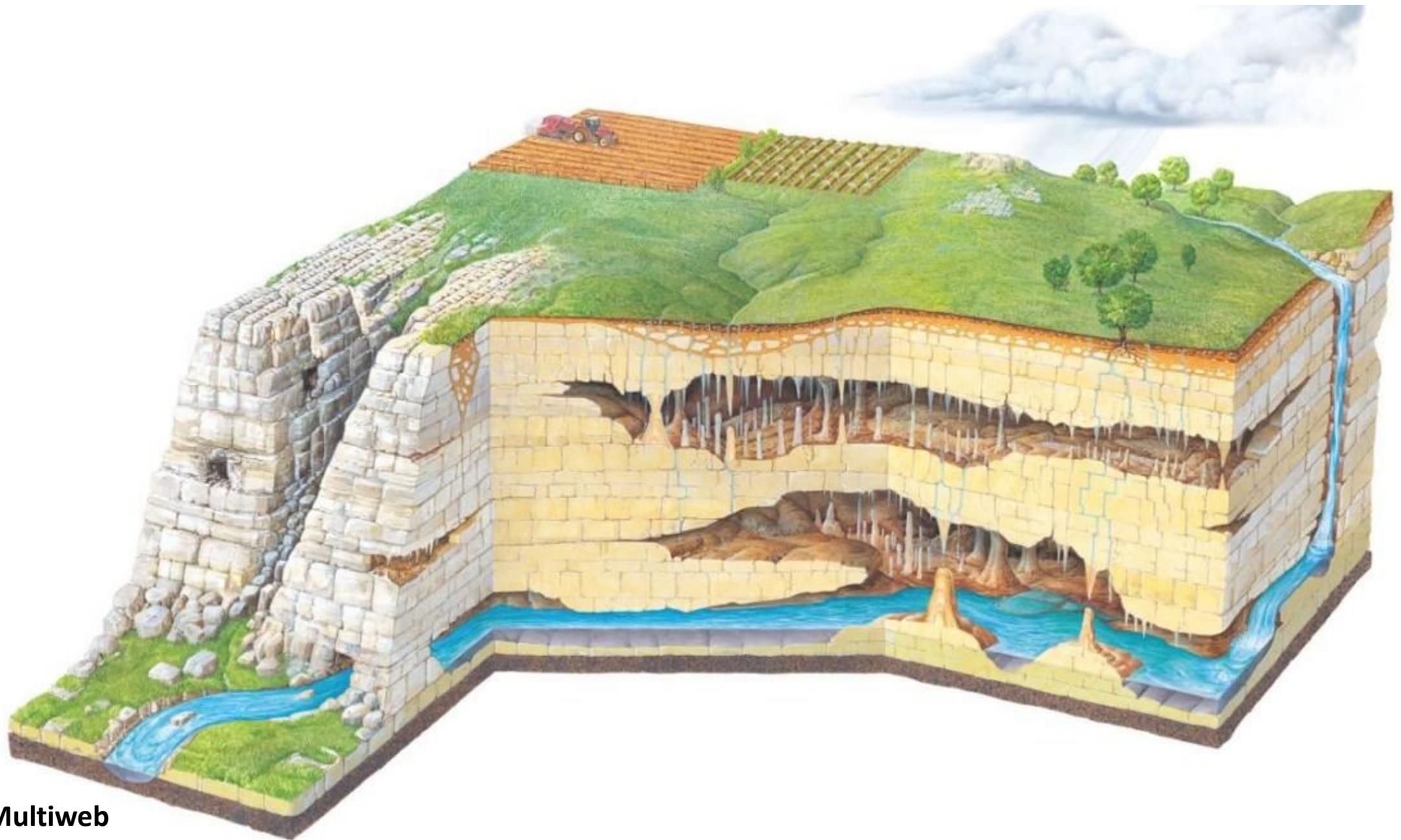
Fonte: DAE Bauru



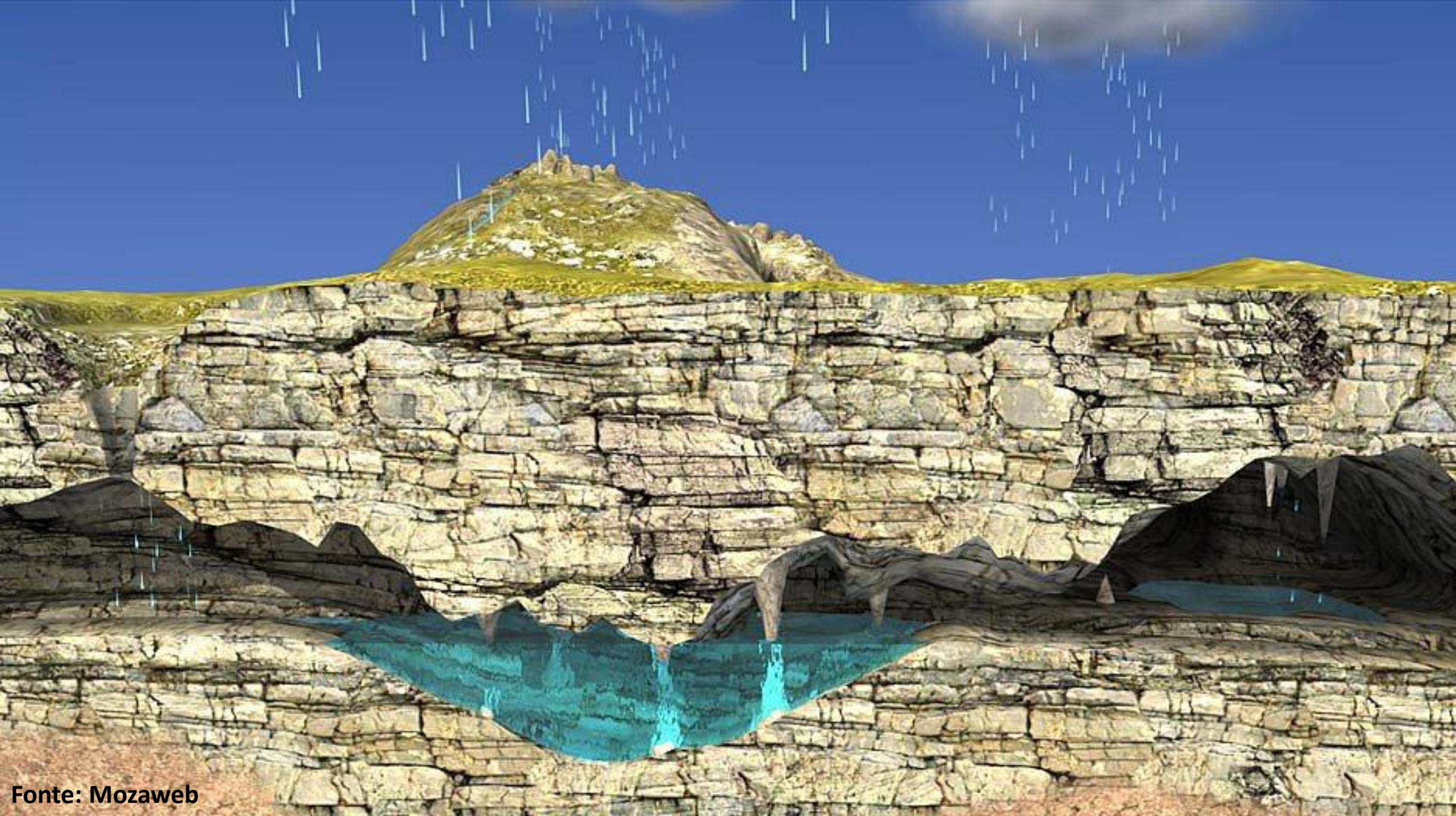
Fonte: CETESB

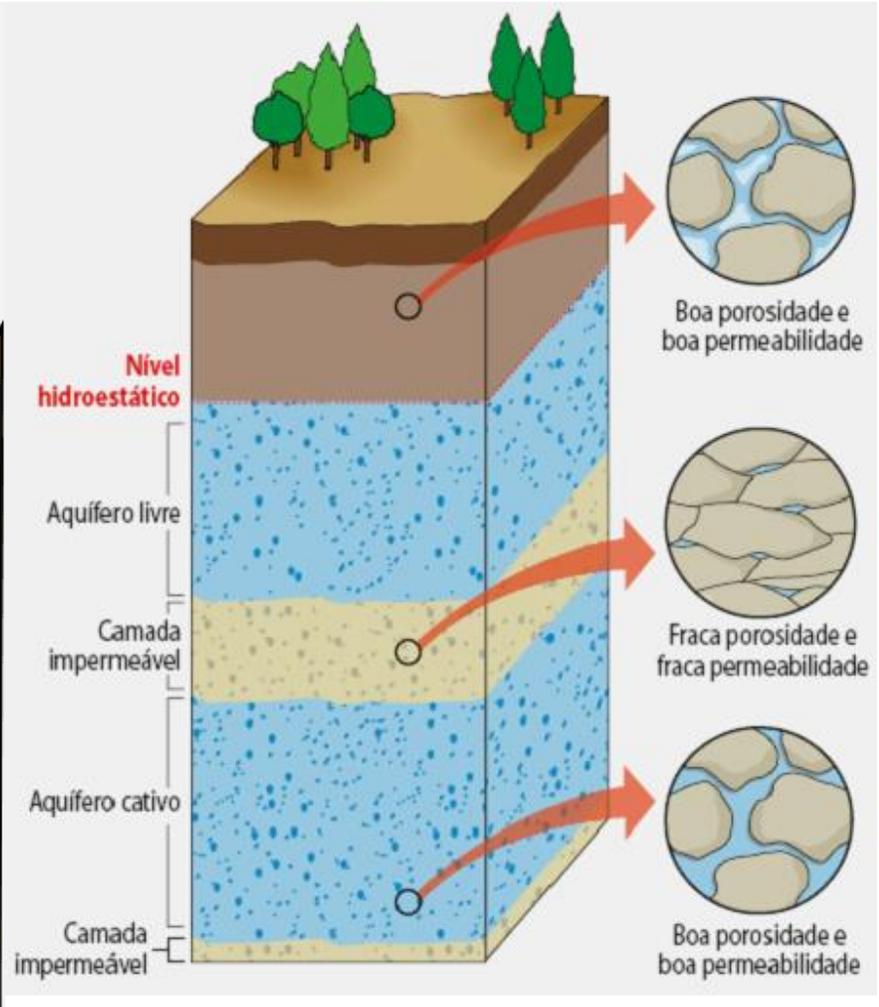
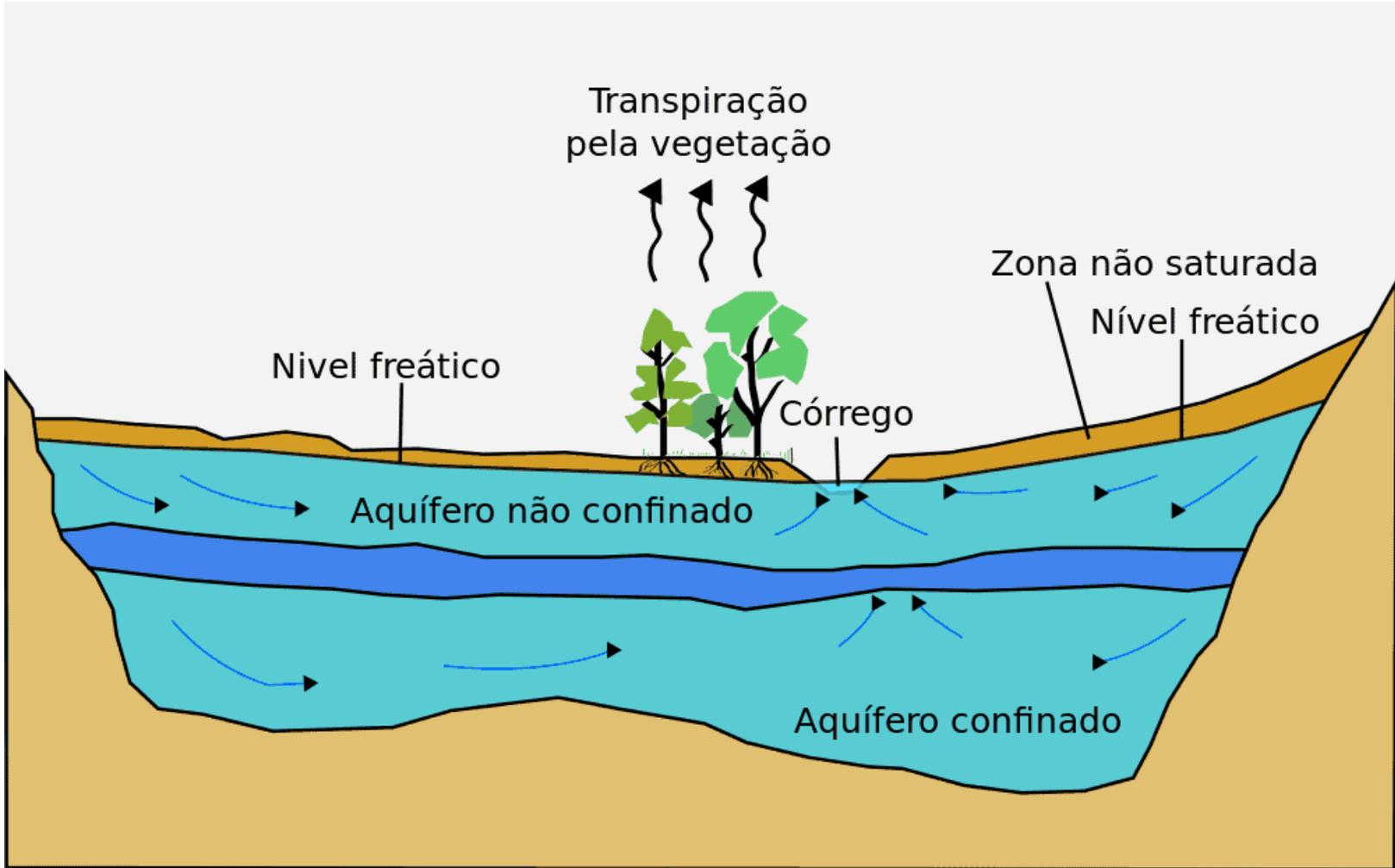


Fonte: CETESB

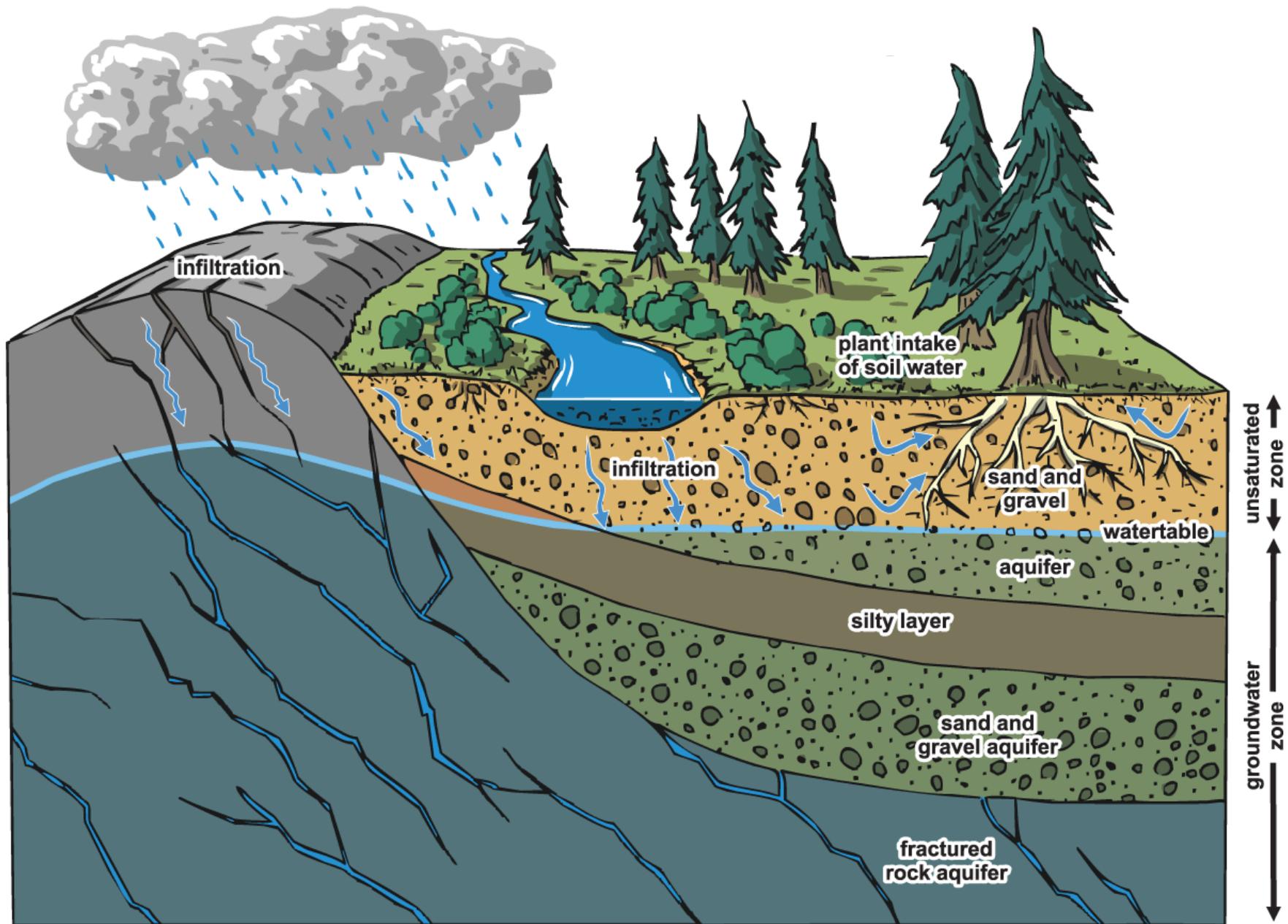


Fonte: Multiweb



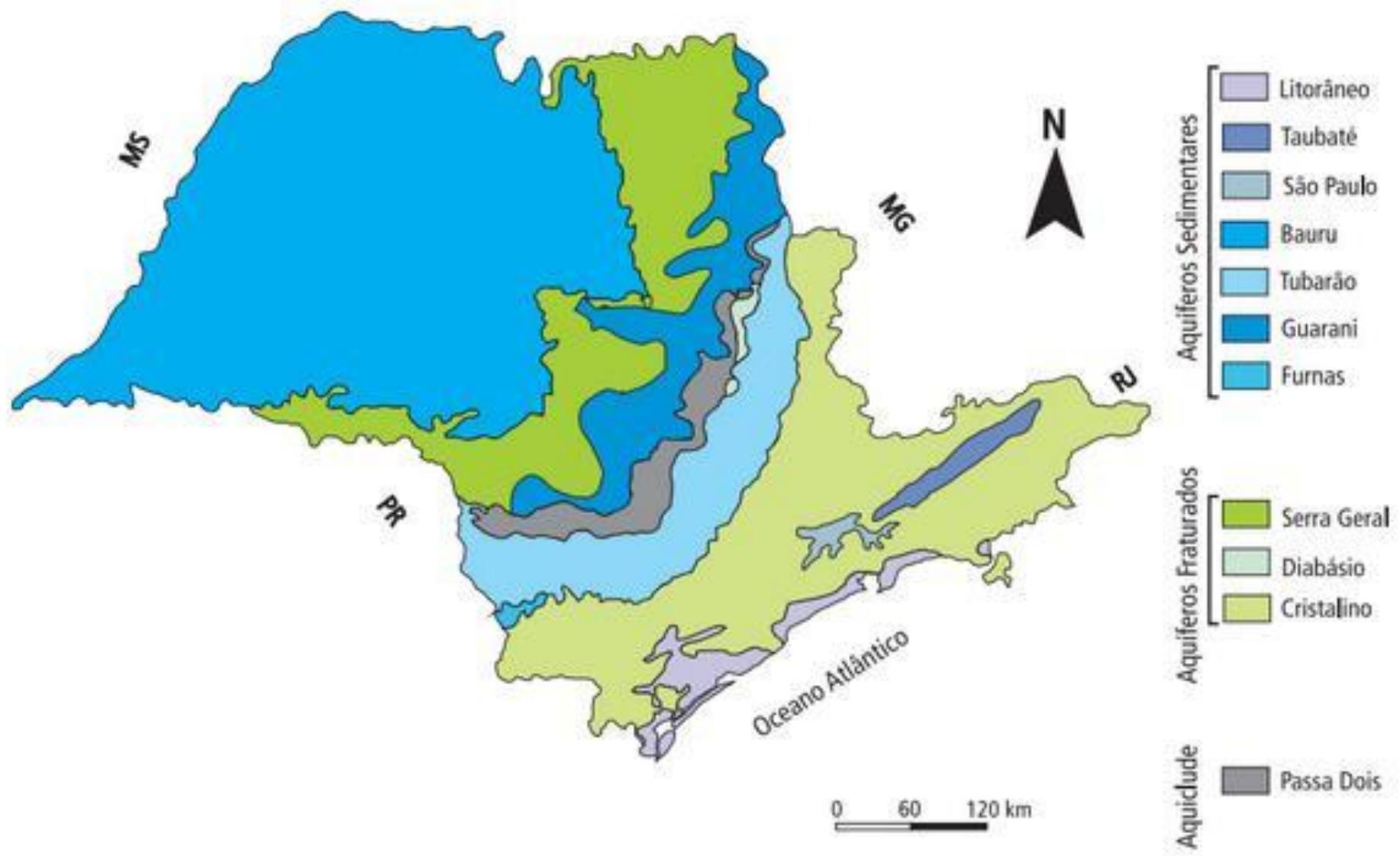


- Aquífero de alta condutividade hidráulica
- Unidade confinadora de baixa condutividade hidráulica
- Rocha-mãe de baixíssima condutividade hidráulica
- ↘ Direção do fluxo da água subterrânea



Principais unidades aquíferas do Estado de São Paulo

Baseado em IGG, 1974.



Fontes de contaminação

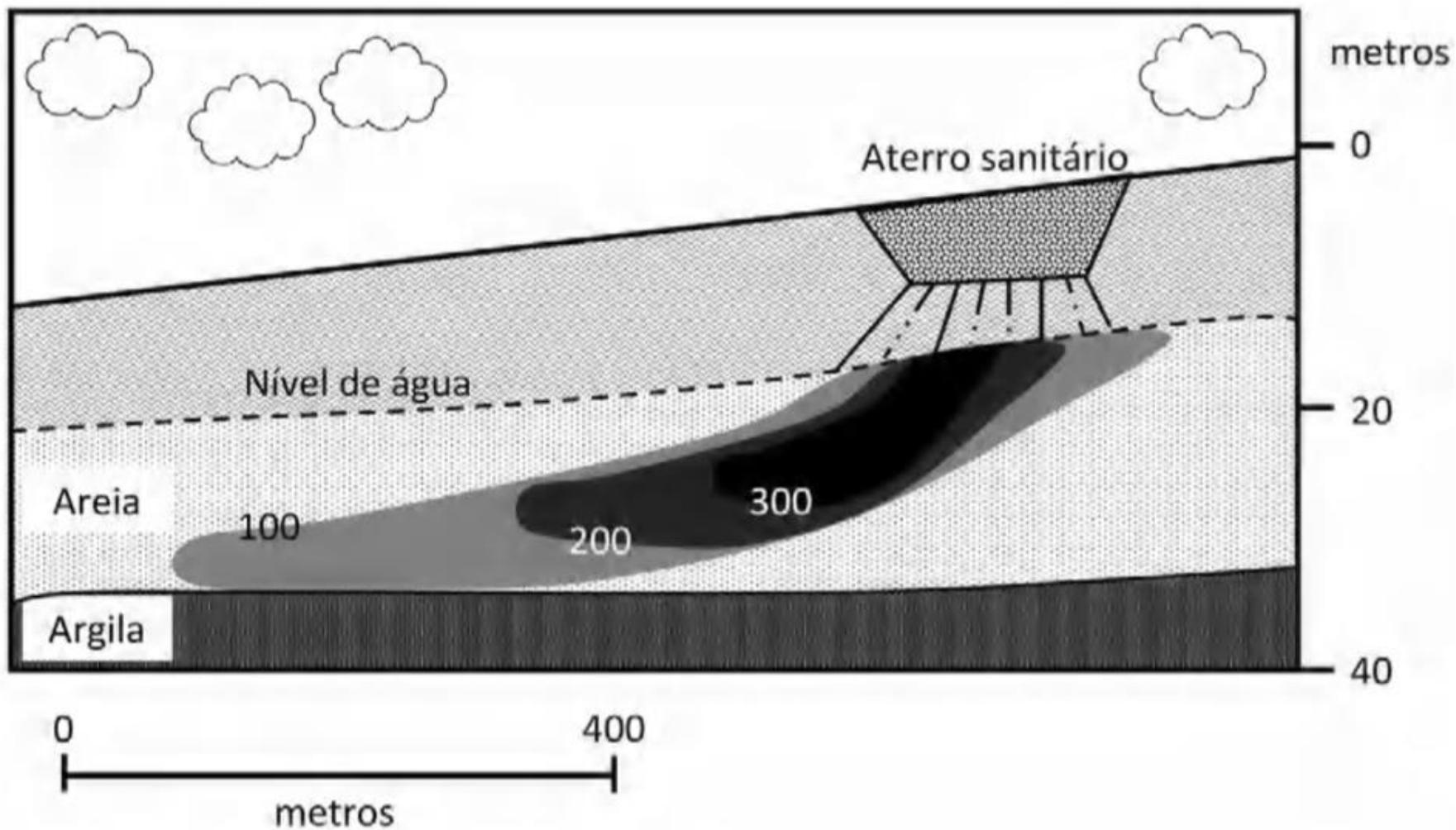
- *Pontuais ou difusas*
- *Frequentemente, os contaminantes são introduzidos no subsolo na forma de soluções aquosas (fossas sépticas ou chorume de aterros sanitários);*
- *Em alguns casos, a fonte de contaminação pode formar uma fase líquida imiscível em água, como gasolina ou solvente de limpeza. Esses líquidos, geralmente orgânicos, são conhecidos pelo acrônimo NAPL (nonaqueous - phase liquid, em português, fase líquida não miscível).*



Fonte: Calijuri e Cunha, 2011

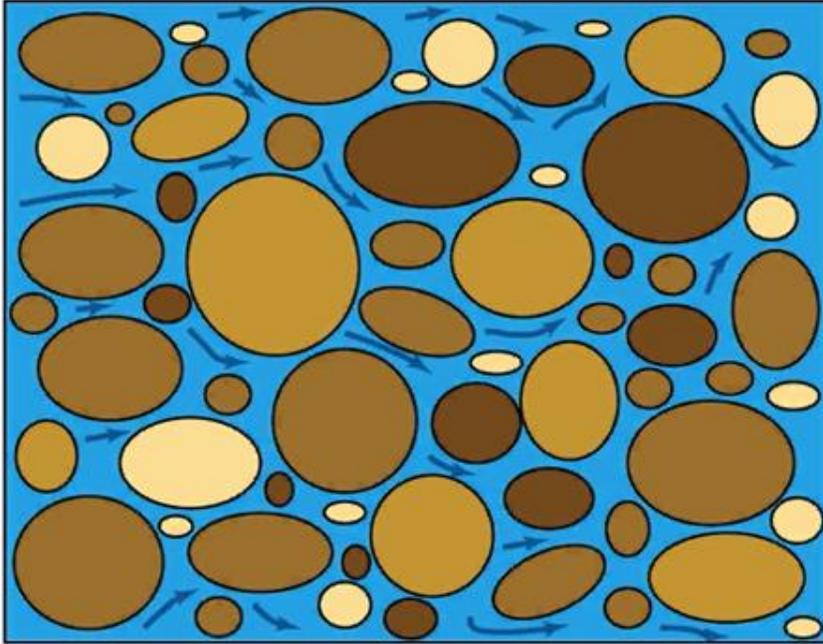
| POSIÇÃO | COMPOSTO | FONTE DE CONTAMINAÇÃO |
|---------|--------------------------|--|
| 1 | Tricloroetileno | Limpeza a seco, desengraxantes |
| 2 | Chumbo | Gasolina, mineração, manufatura |
| 3 | Tetracloroetileno | Limpeza a seco, desengraxantes |
| 4 | Benzeno | Gasolina, manufatura |
| 5 | Tolueno | Gasolina, manufatura |
| 6 | Cromo | Chapeamento de metal |
| 7 | Cloreto de metileno | Desengraxantes, solventes, removedores |
| 8 | Zinco | Manufatura, mineração |
| 9 | 1,1,1-Tricloroetano | Limpeza de plástico e metal |
| 10 | Arsênio | Mineração, manufatura |
| 11 | Clorofórmio | Solventes |
| 12 | 1,1-Dicloroetano | Desengraxantes, solventes |
| 13 | 1,2-Dicloroetano, trans- | Subproduto de 1,1,1-Tricloroetano |
| 14 | Cádmio | Mineração, chapeamento |
| 15 | Manganês | Manufatura, mineração |
| 16 | Cobre | Manufatura, mineração |
| 17 | 1,1-Dicloroetano | Manufatura |
| 18 | Cloreto de vinil | Manufatura de plásticos |
| 19 | Bário | Manufatura, produção de energia |
| 20 | 1,2-Dicloroetano | Desengraxantes, removedores |

Fonte: Masters & Ela (2008)

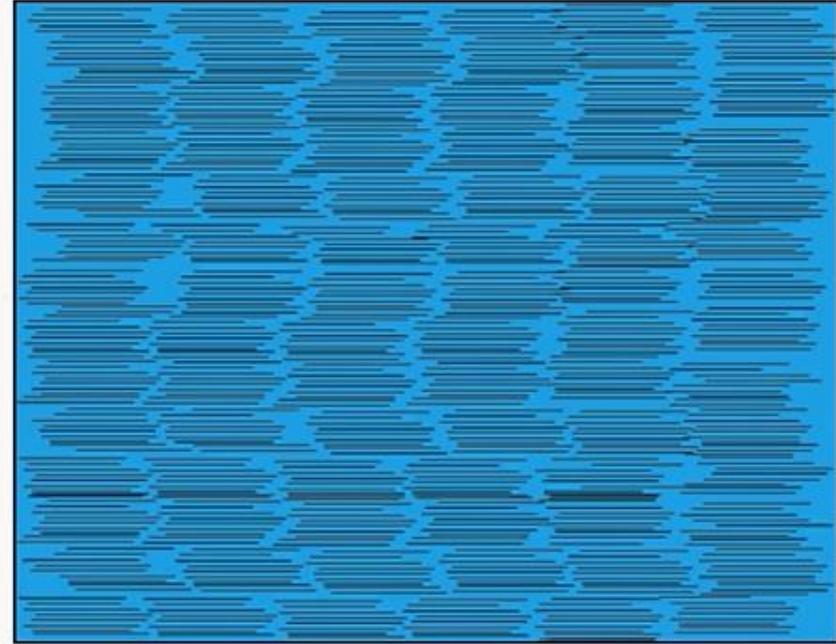


Fonte: Calijuri e Cunha, 2011

K é a condutividade hidráulica



Aquíferos tem elevada condutividade hidráulica



Aquitardos tem baixa condutividade hidráulica

Condutividade hidráulica combina permeabilidade com propriedades do fluido

| Permeabilidade | | Tipo de solo | k (cm/s) |
|--------------------|-------------|------------------|-----------------------|
| Solos permeáveis | Alta | Pedregulhos | $> 10^{-3}$ |
| | Alta | Areias | 10^{-3} a 10^{-5} |
| | Baixa | Siltes e argilas | 10^{-5} a 10^{-7} |
| Solos impermeáveis | Muito baixa | Argila | 10^{-7} a 10^{-9} |
| | Baixíssima | Argila | $< 10^{-9}$ |



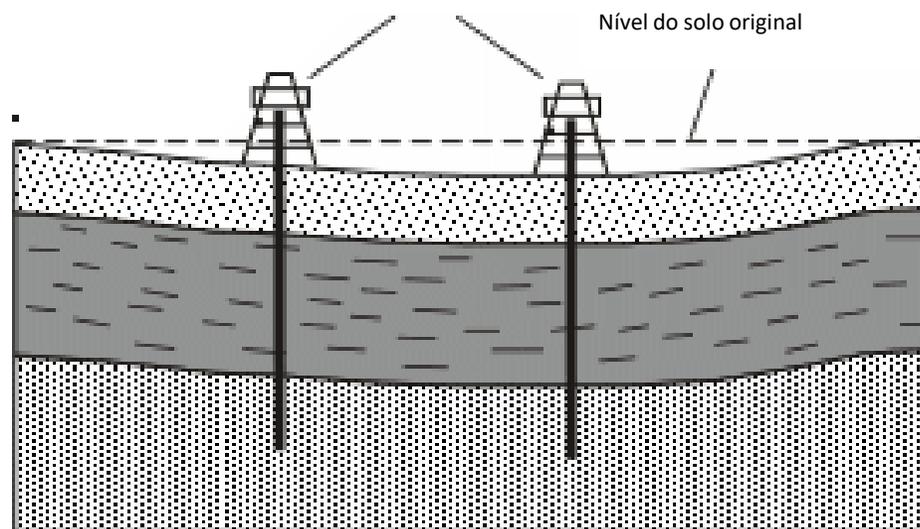
Colapso e subsidência

Afundamento abrupto ou gradativo da superfície da terra, com pouco ou nenhum movimento horizontal

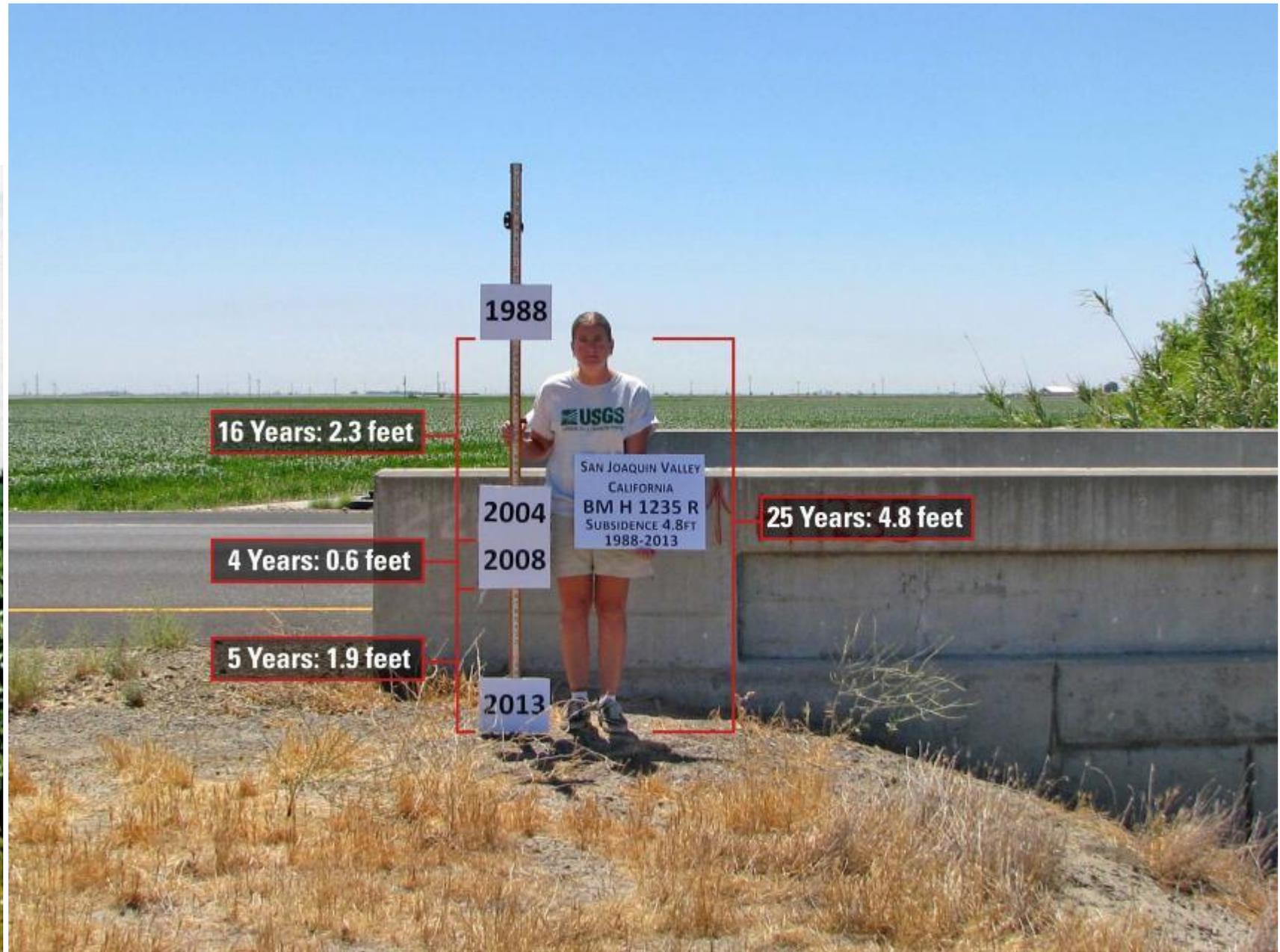


| Local | Tempo (anos) | Subsidência (m) |
|--------------------------------|--------------|-----------------|
| San Joaquin Valley, Califórnia | 52 | 8,8 |
| Las Vegas Valley, Nevada | 57 | 2 |
| Cidade do México | 100 | 15 |
| Ojiya, Japão | 3 | 0,07 |

Exploração de recursos subterrâneos



*San Joaquin (CA);
8,8 m em 50 anos*



Cidade do Mexico









Cajamar, SP (1986)

Aquíferos cársticos;

- *Sete Lagoas, MG (1988)*
20 m de diâmetro por 5 m de profundidade;
- *Cajamar, SP (1986)*
31 m de diâmetro por 13 m de profundidade

Investigação geológica-geotécnica

“Os métodos de investigação geológica consistem em procedimentos que visam determinar as características principais do solo quanto aos parâmetros físicos, químicos e biológicos para dessa forma haja a possibilidade do seu uso e ocupação. O objetivo do estudo da crosta terrestre através de determinadas metodologias, é delimitar espacialmente os maciços rochosos, assim como determinar suas características e propriedades geomecânicas através de um conjunto de processos de investigação, com base no conhecimento das unidades geológicas assim como das investigações geológicas”. Oliveira e Brito (1998, p.163)



Fonte: O Petróleo



Fonte: RW Engenharia



Fonte: SondaTech



Métodos diretos

Pesquisador tem contato direto com o material a ser analisado (retirada de amostra)



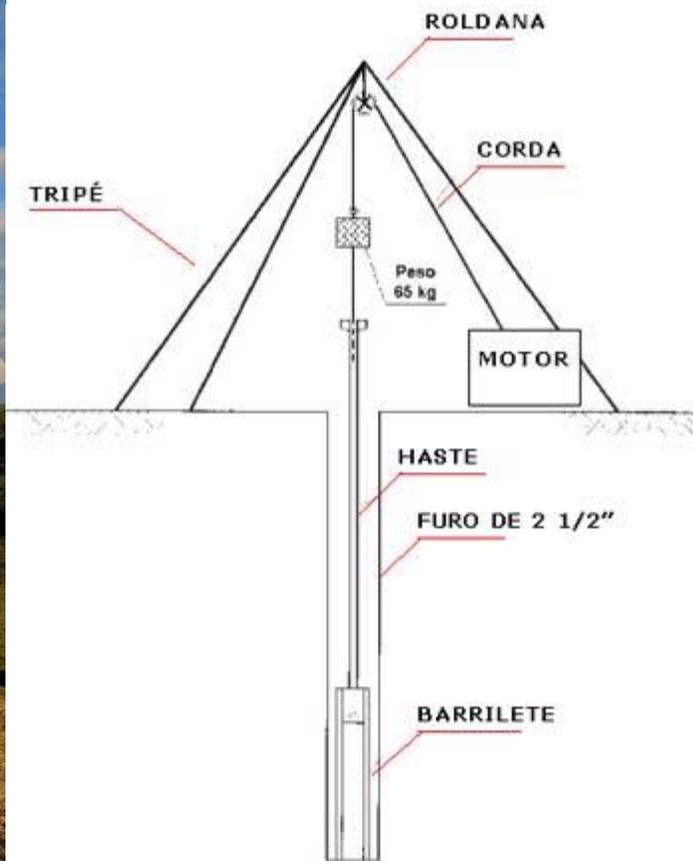
Métodos indiretos

Fornecem valores de alguma propriedade física

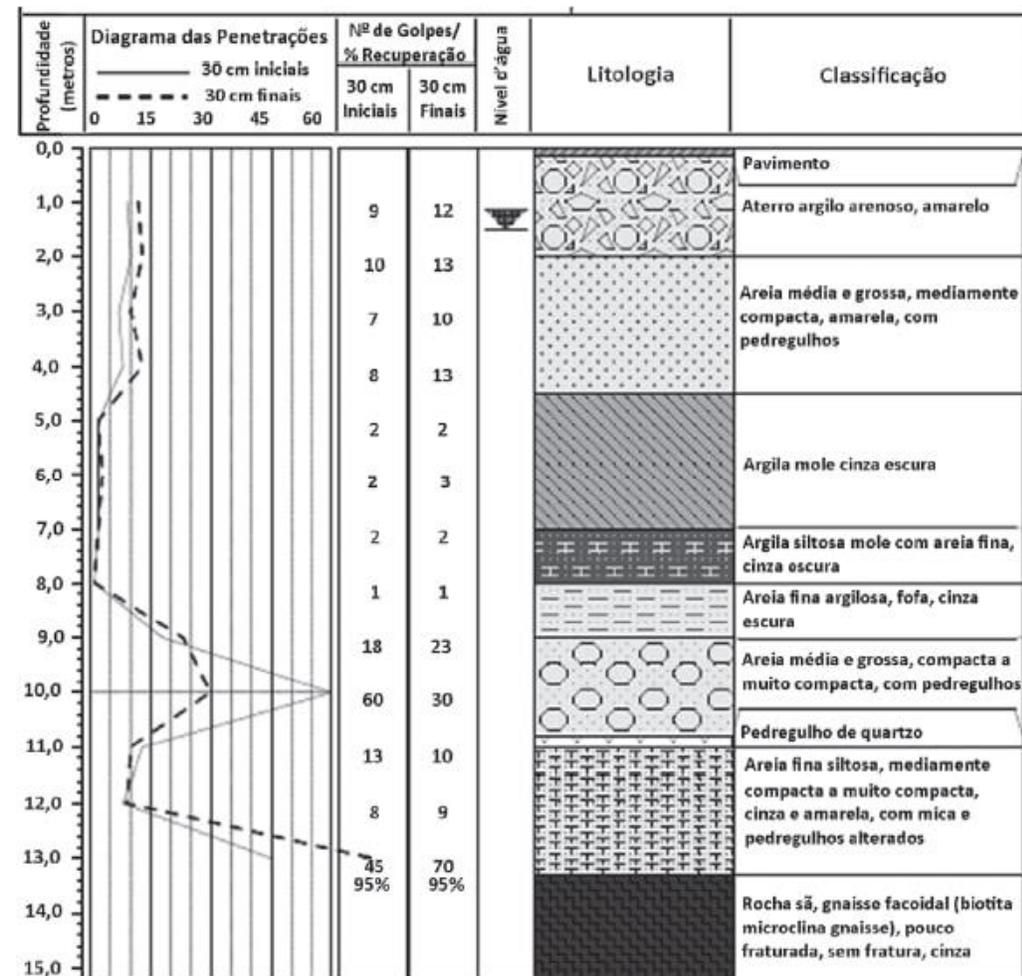
Métodos diretos

- Amostragem: retirada de amostras de solo ou das rochas investigadas – representatividade. Deformadas x indeformadas*
- Sondagens: sondagens a trado, poços de inspeção, galerias, sondagens à percussão (SPT), sondagens rotativas e sondagens com técnica de perfuração a rotopercussão*





Fonte: Escola Engenharia



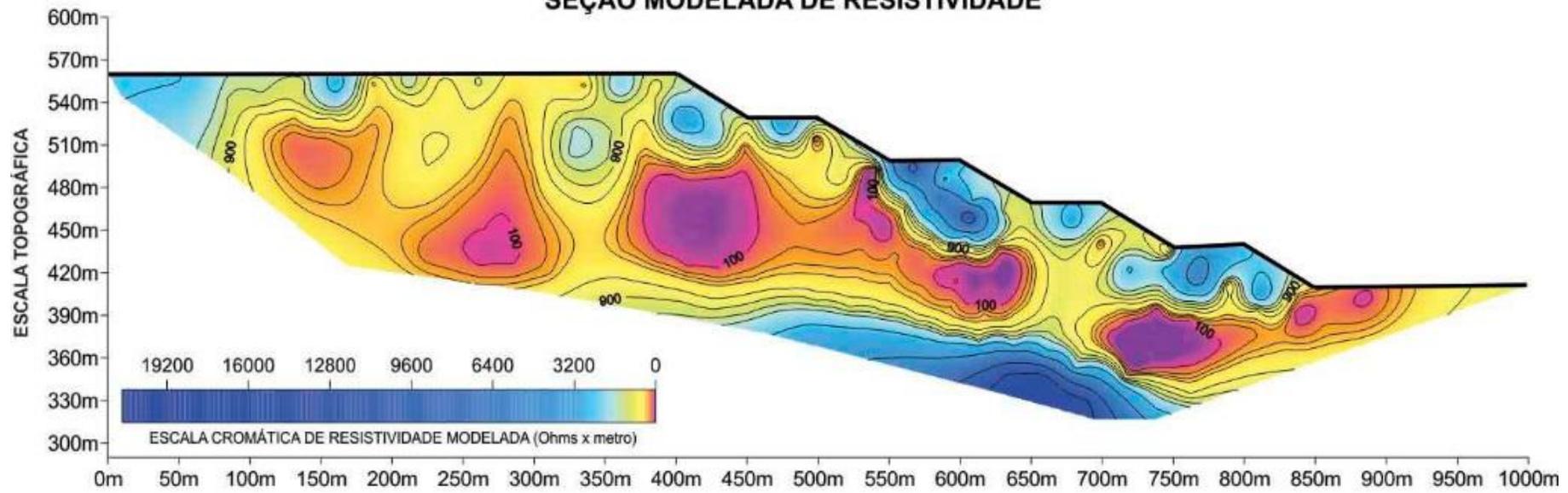
Fonte: InGeo

Métodos indiretos

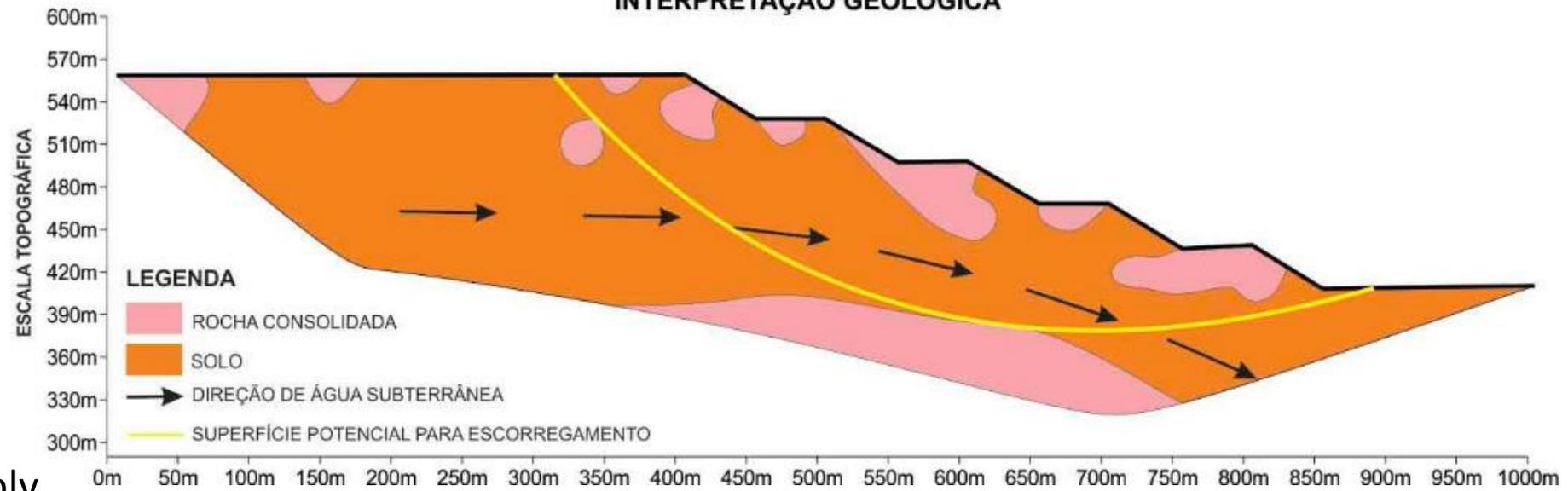
- *Métodos geofísicos: mais utilizados são os de resistividades elétrica e o de refração sísmica*
- *Eletrorresistividade: medida em OHMS (maiores valores indicam maciços metálicos, menores valores indicam “vazios”)*



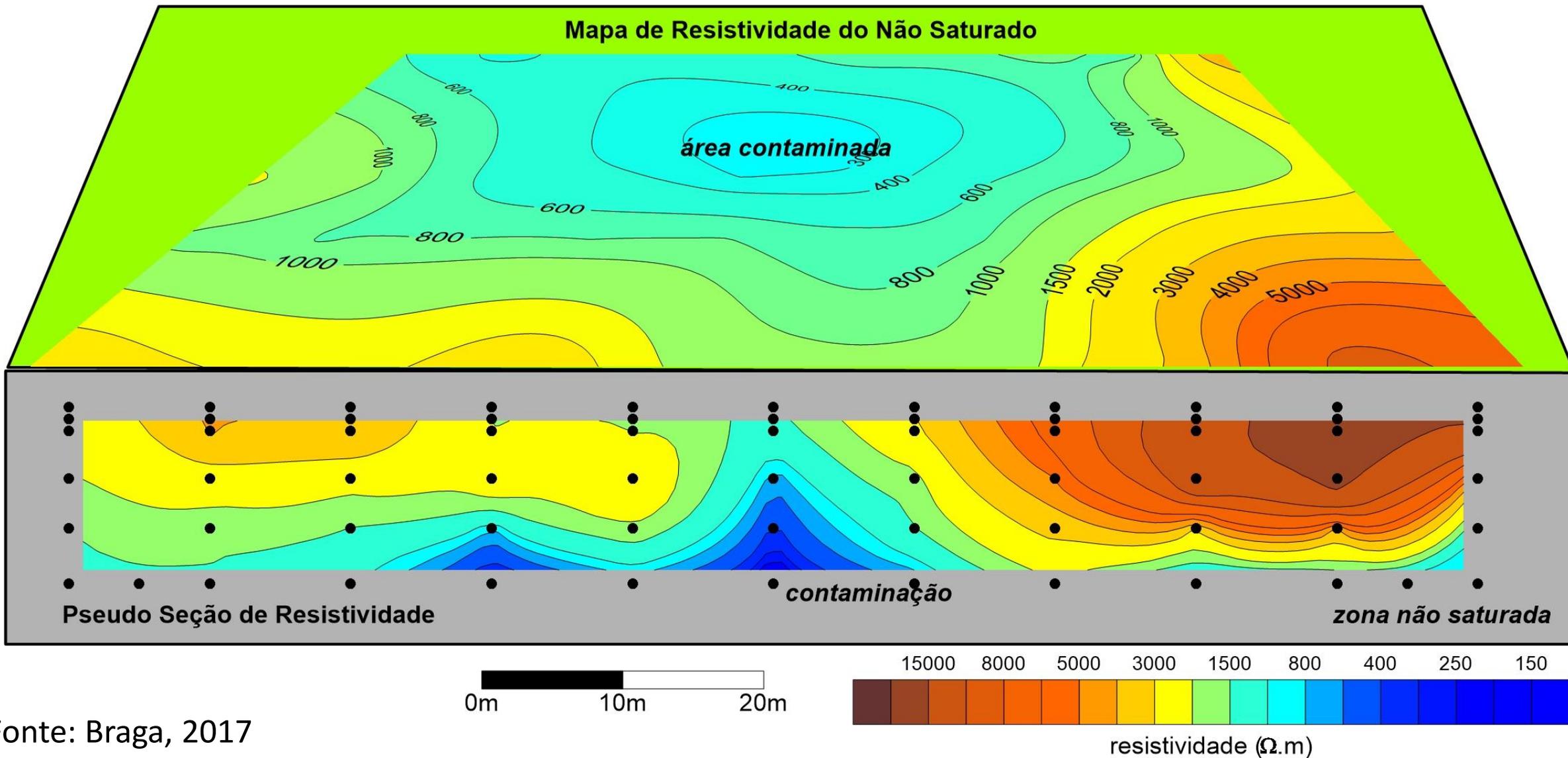
SEÇÃO MODELADA DE RESISTIVIDADE



INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA



Estudo de Área Contaminada por Resíduos Industriais - Município de Franca/SP
Método Geofísico da Eletrorresistividade - Técnica de Investigação do Imageamento



Fonte: Braga, 2017

