

# Tecnologias de Investigação em Alta Resolução e em Tempo Real em Áreas com Potencial de Contaminação.

**Marilda M. G. Ramos Vianna**



Tradicionalmente: **em várias etapas**



**Processo caro e demorado.**

**Recentes avanços tecnológicos**

- **Tecnologias *direct push***
- **Análises em campo**

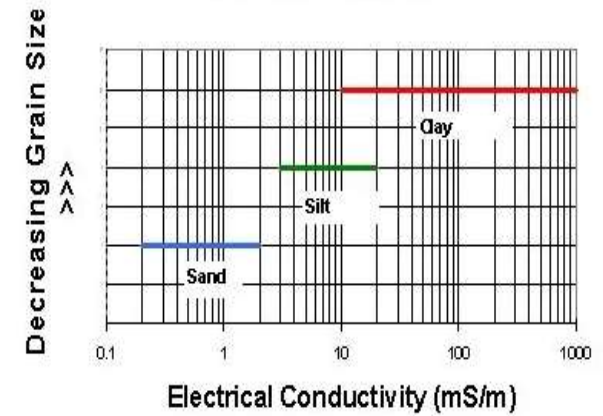


- **Caracterização geológica hidrogeológica da área de interesse em tempo menor**

**Oportunidade para otimizar o processo.**

- Sonda de condutividade elétrica
- Amostragem de solo
- Sonda *injection logging*
- Instalar poços temporários
- Amostragem de água subterrânea em poços temporários
- *Slug Test*
- Amostragens e Análises em campo
  - Vapores do solo ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$  e outros vapores)
  - Análise de voláteis: cromatógrafo portátil

# Direct Push Condutividade Elétrica



EC Logging



Para correlacionar as litologias com as faixas de condutividades elétricas locais.

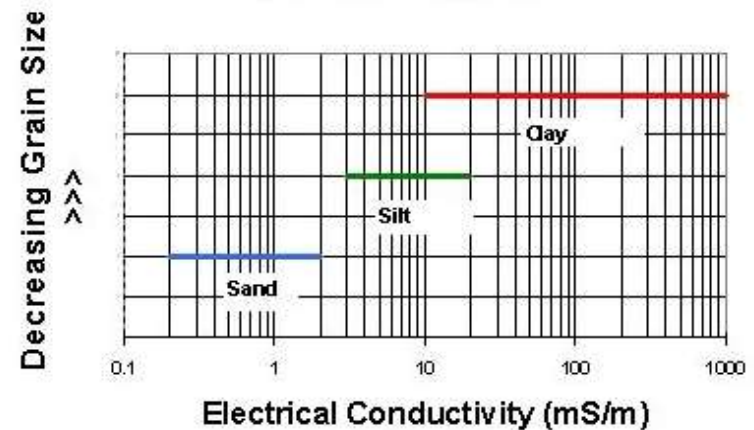
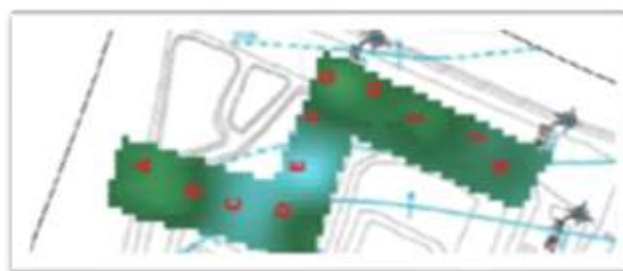
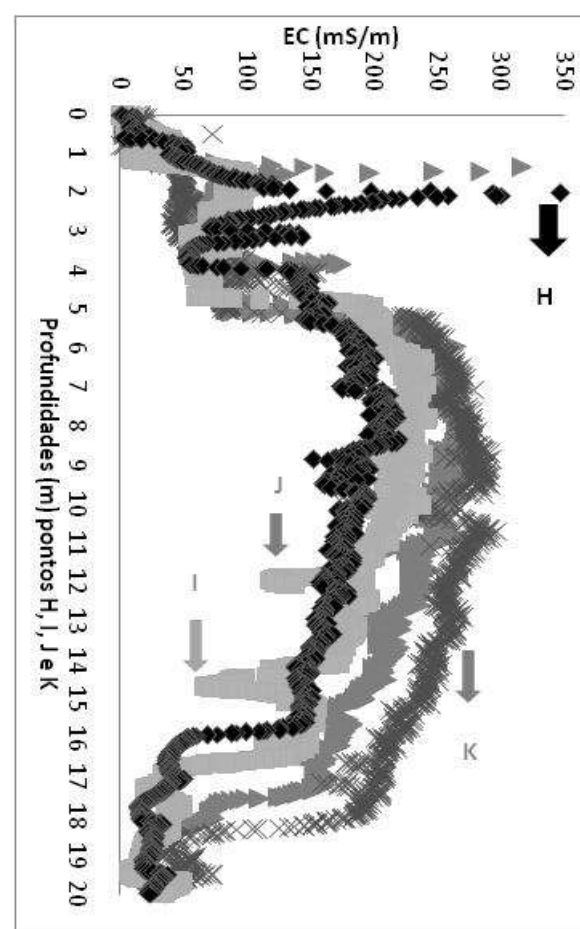
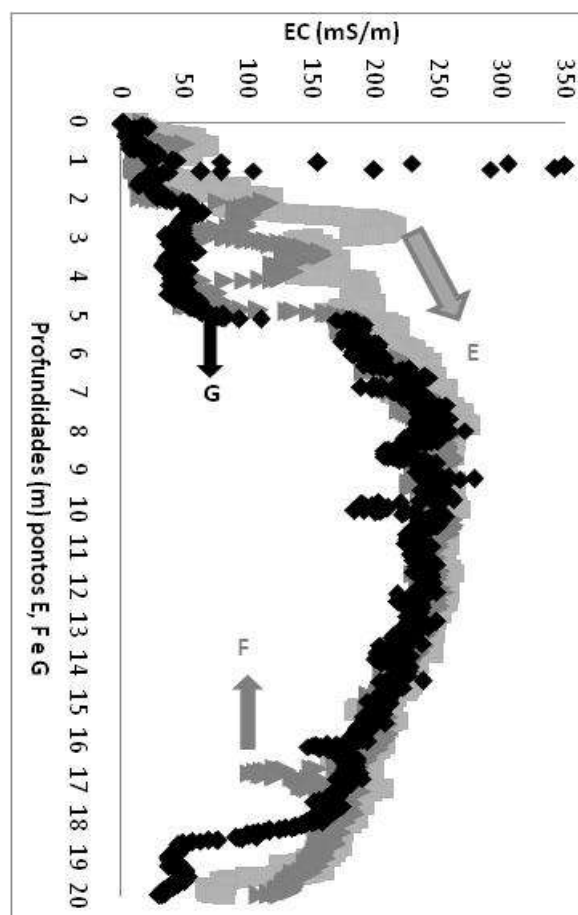
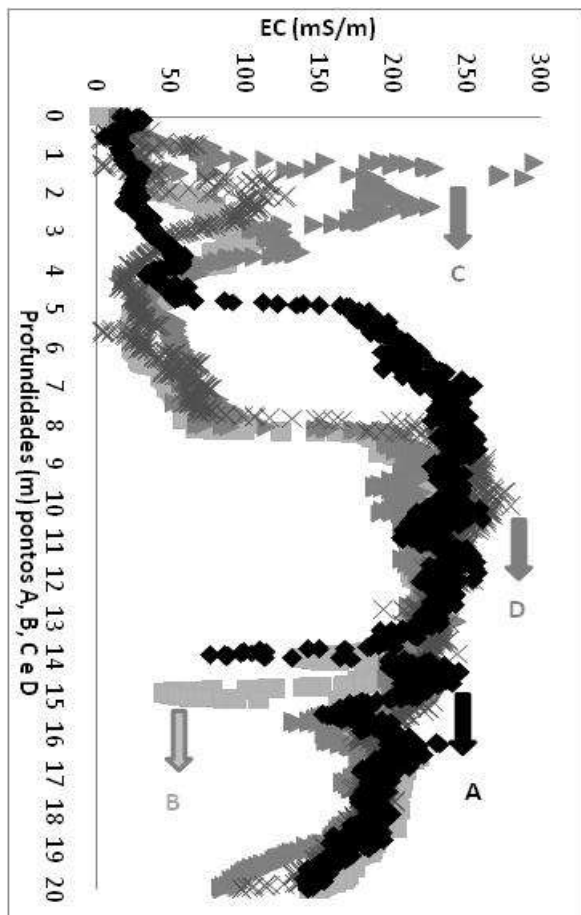


Figura : Gráfico de valores de condutividade elétrica de diferentes tipos de solo (*sand* = areia; *silt* = silte; *clay* = argila).

# Localização dos pontos amostrados



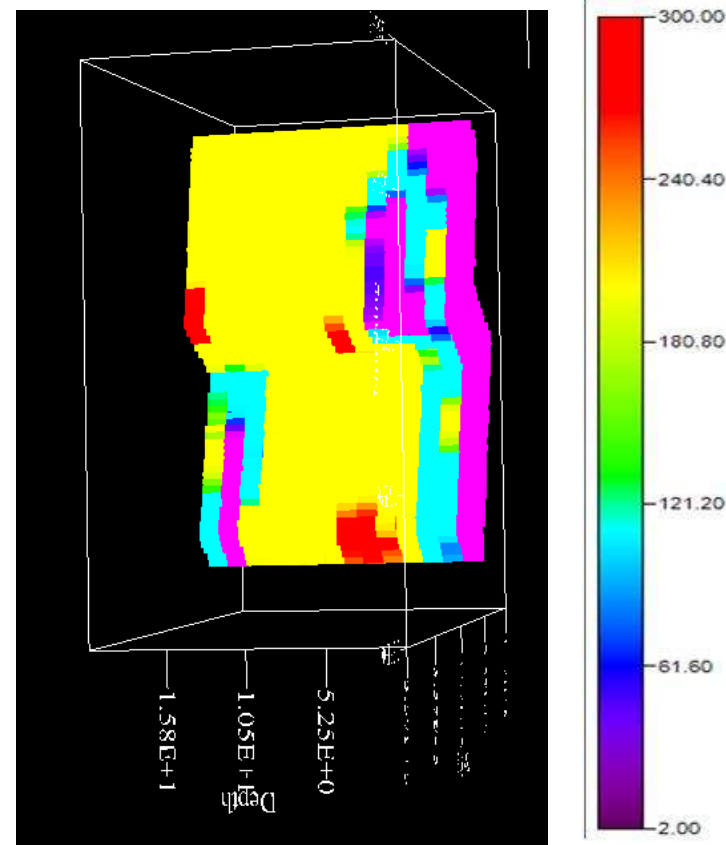
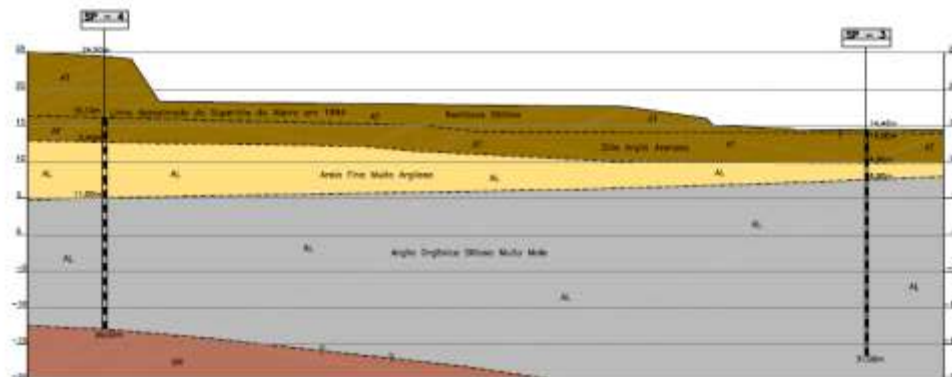
# Interpretação dos sinais de condutividade elétrica



# Imagem 3D da Seção Transversal (pontos de A a K)

CE (mS/m)

Seções Geológico-Geotécnicas  
Esc.: 1:1.500



11 dados de condutividade elétrica interpolados usando *ordinary kriging*, onde todos os parâmetros usados foram propostos pelo próprio programa SADA 5.0.78 (disponível <<http://www.sadaproject.net>>)

# Direct Push Injection Logging Condutividade Hidráulica Relativa

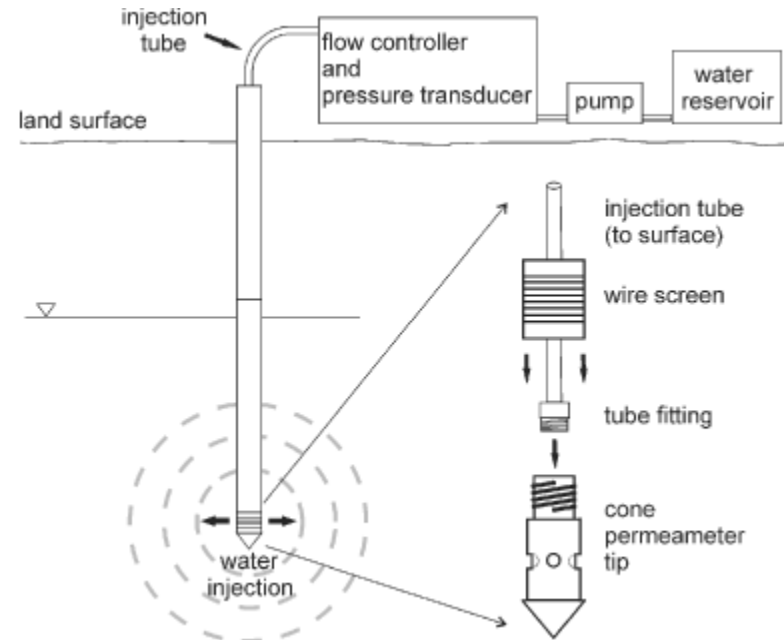
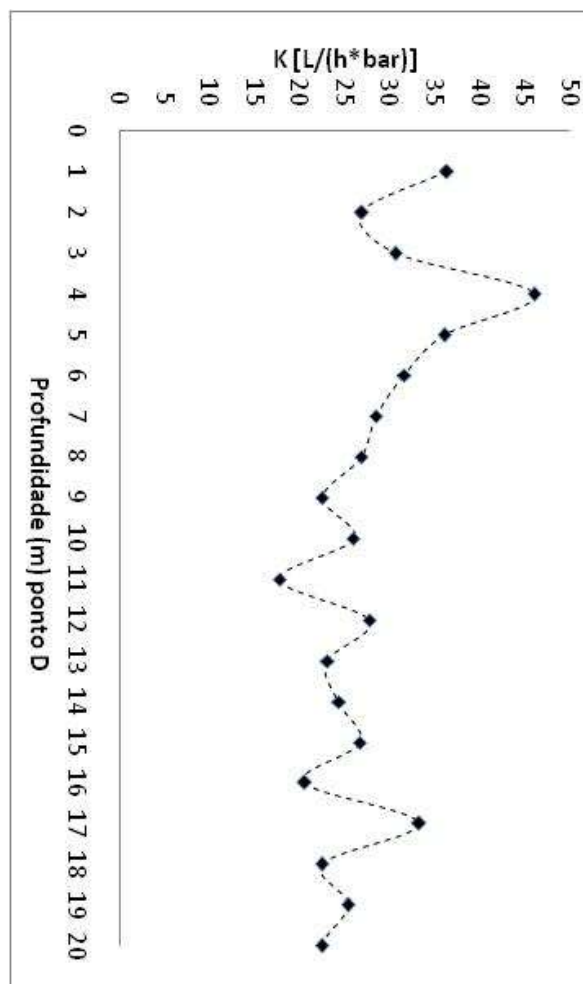
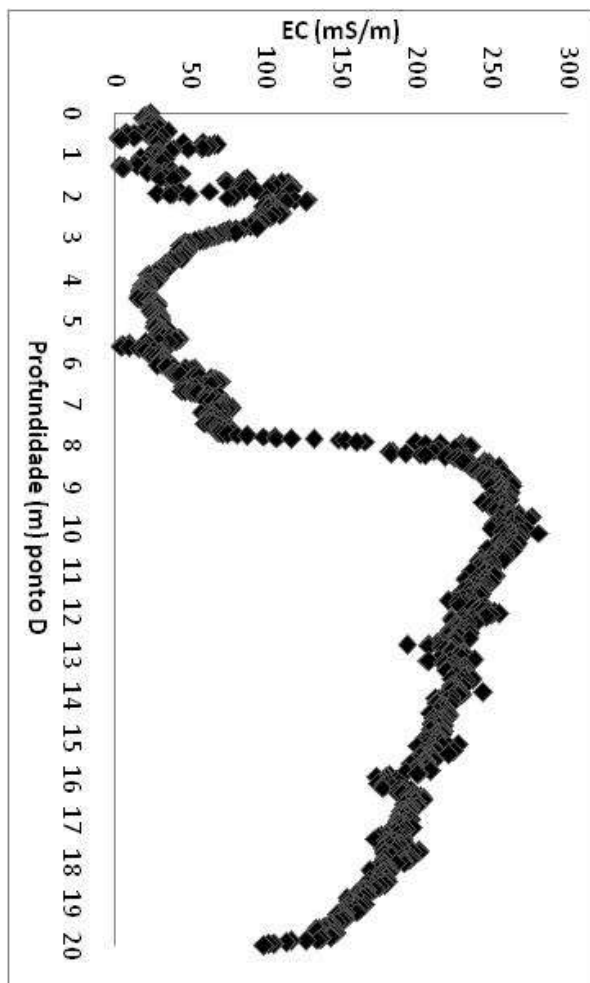


Figura 1: Esquema da ferramenta *Direct Push Injection Logger* (DPIL). Fonte: Dietrich et al. (2008).



# Direct Push Condutividade Elétrica e Direct Push Injection Logging



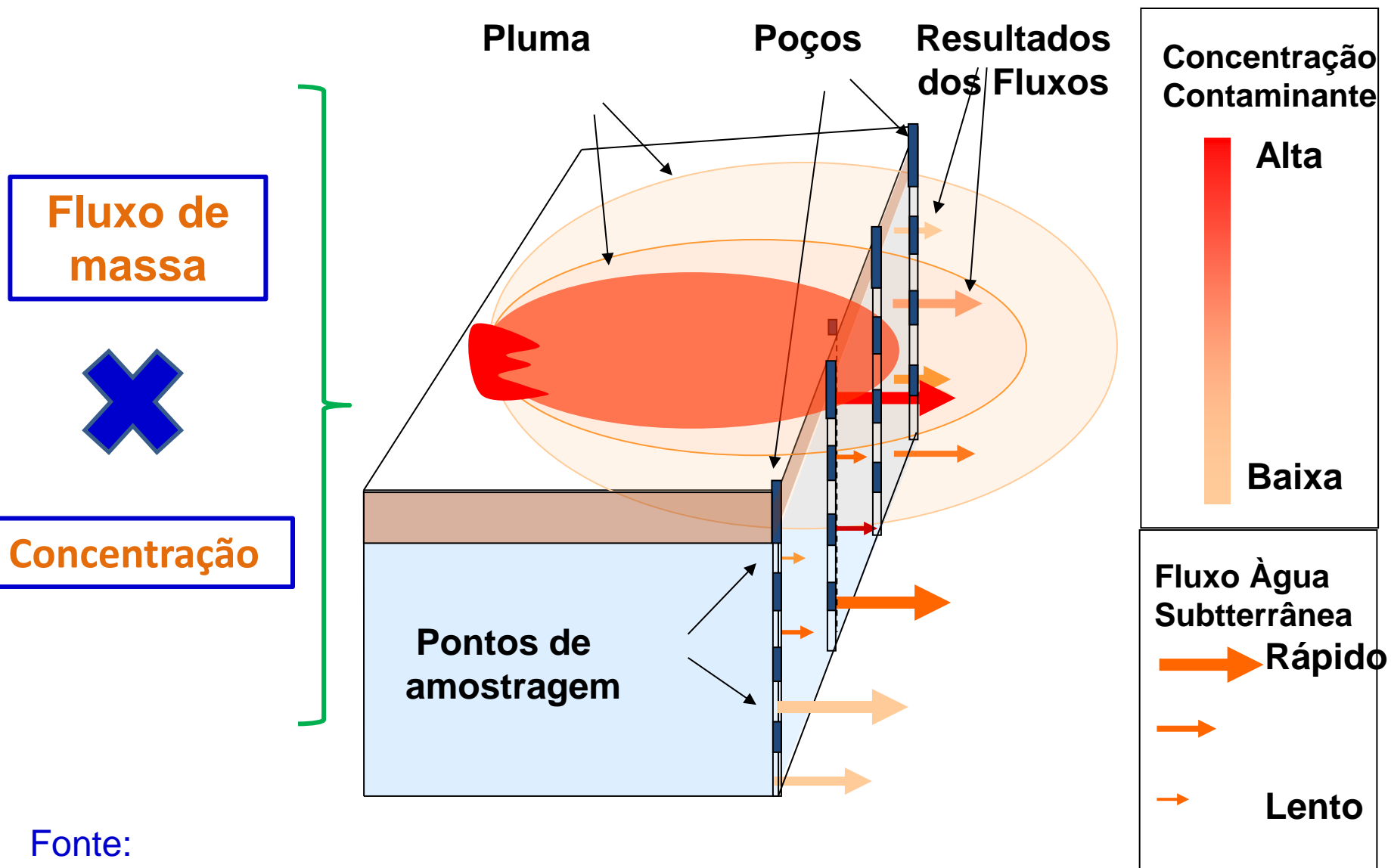
K tende a ser mais contínuo na horizontal do que na direção vertical.

**Importante para sabermos aonde localizar os filtros dos poços temporários para:**

- Amostrar água; e
- Direct Push Slug Test

Informações detalhadas sobre variações verticais da condutividade hidráulica (K) são essenciais para descrever a dinâmica de circulação das águas subterrâneas em locais contaminados ou como dados de entrada usados para a modelagem.

# Avaliação de Fluxos de Massas na Água Subterrânea



# Instalação dos Poços Temporários





### Benefícios:

- Menor custo global (materiais e horas);
- Otimiza a localização dos poços permanentes;
- Minimiza o número de poços permanentes e conseqüentemente amostragem a longo prazo;
- Caracterização rápida e detalhada se usados junto DPST;
- Melhora a definição das zonas discretas de contaminação; e
- Melhora a identificação da extensão aérea contaminada.

### Limitações:

- Tecnologias de *Direct Push* podem ter limitações quanto ao tipo de solo e profundidade;
- Amostras são coletadas com menor volume;
- Poços temporários são mais difíceis de desenvolver para DPST; e
- Amostras podem ser turvas.

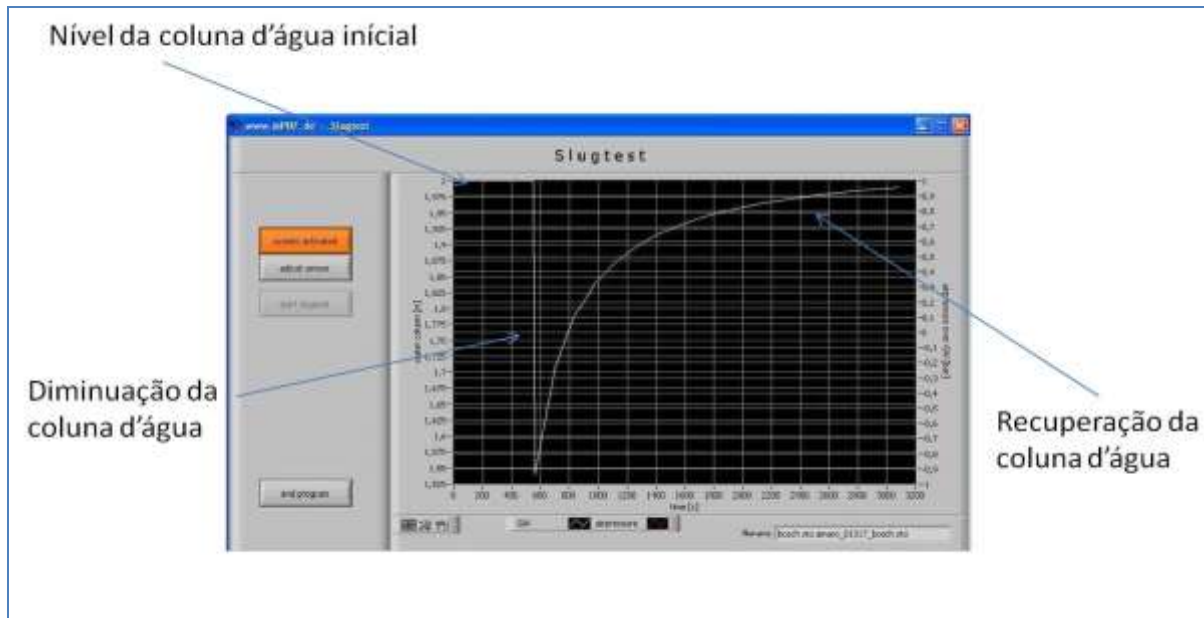


Para a realização do *Direct Push Slug Test* : poço temporário deve estar instalado e desenvolvido.

Equipamentos:

- Sensor de pressão instalado dentro do poço aproximadamente 1 m abaixo do nível d'água;
- Transdutor de pressão com válvulas de entrada e saída para diminuir o nível d'água no poço; e
- Unidade de controle e de registro dos dados (pressão e nível d'água no poço).

# Direct Push Slug Test



Método: Bower and Rice

(H. Bower (1989): The Bower and Rice Slug Test – An Update),

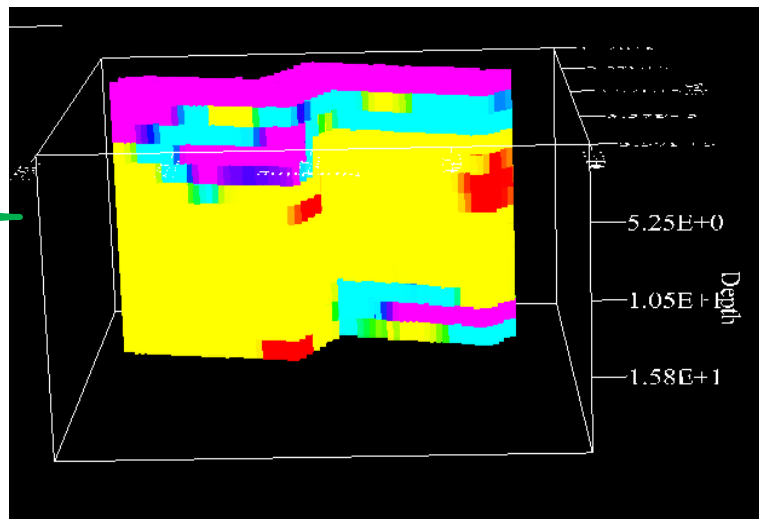
	Dia	K [cm/s]	Prof.	NA[m]			
Poço		2-3 m	2-3 m		6-7 m	11-12 m	19-20 m
A	10/ago/15	1.80E-04	2.73	1.18	Sem NA	Sem NA	
D	02/set/15	2.28E-04	2.80	1.44	Sem recarga		
F	01/set/15	2.45E-04	2.80	1.36	Sem recarga	Sem NA	
H	31/ago/15	2.24E-03	2.83	1.13	Sem NA	Sem NA	
J	31/ago/15	1.70E-04	2.80	1.21		Sem NA	Sem recarga
K	17/ago/15	6.07E-05	2.81	1.27	Sem NA	Sem NA	

# Fluxo de Massa X Concentração

Fluxo de massa



Concentração



$$\text{Fluxo de Massa (J)} = KiC$$

$K = 33.3 \text{ m/dia}$   
 $i = 0.003 \text{ m/m}$   
 $C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L (exemplo)}$   
**Fluxo de Massa =  $1 \text{ g/dia/m}^2$**

$K = 1.0 \text{ m/dia}$   
 $i = 0.003 \text{ m/m}$   
 $C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L (exemplo)}$   
**Fluxo de Massa =  $0.03 \text{ g/dia/m}^2$**

$K = 5.0 \text{ m/dia}$   
 $i = 0.003 \text{ m/m}$   
 $C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L (exemplo)}$   
**Fluxo de Massa =  $0.15 \text{ g/dia/m}^2$**

# Análise em campo



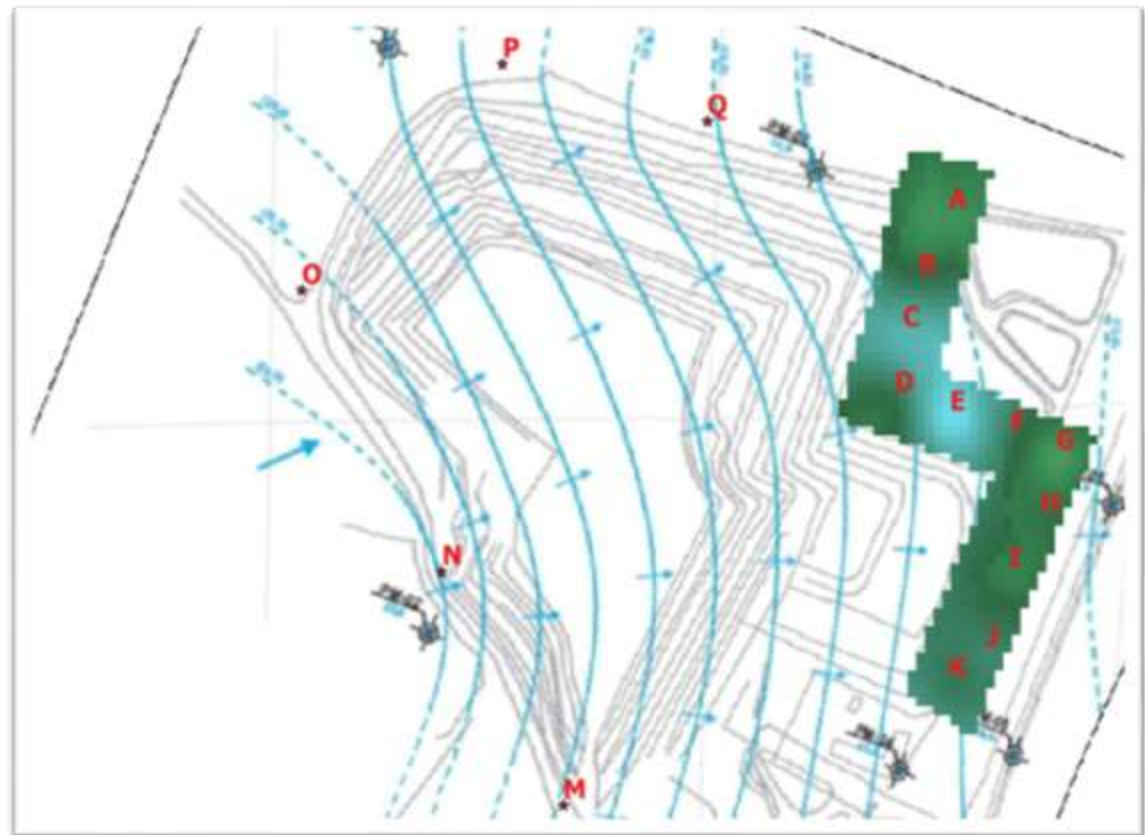
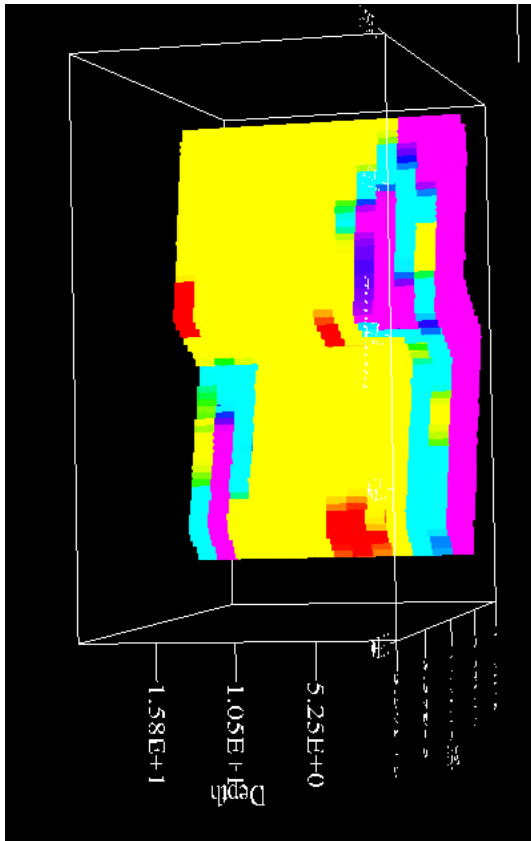
$\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$   
Porta para amostrar outros gases



GC TID/PID

# Próxima etapa: Poços Permanentes

As tecnologias *Direct Push* Condutividade Elétrica, *Direct Push Injection Logging*, poços temporários para amostrar água subterrânea e realizar *Direct Push Slug Test* permitiram fazer a caracterização geológica e hidrogeológica para determinar a localização e profundidade dos poços permanentes que serão instalados.



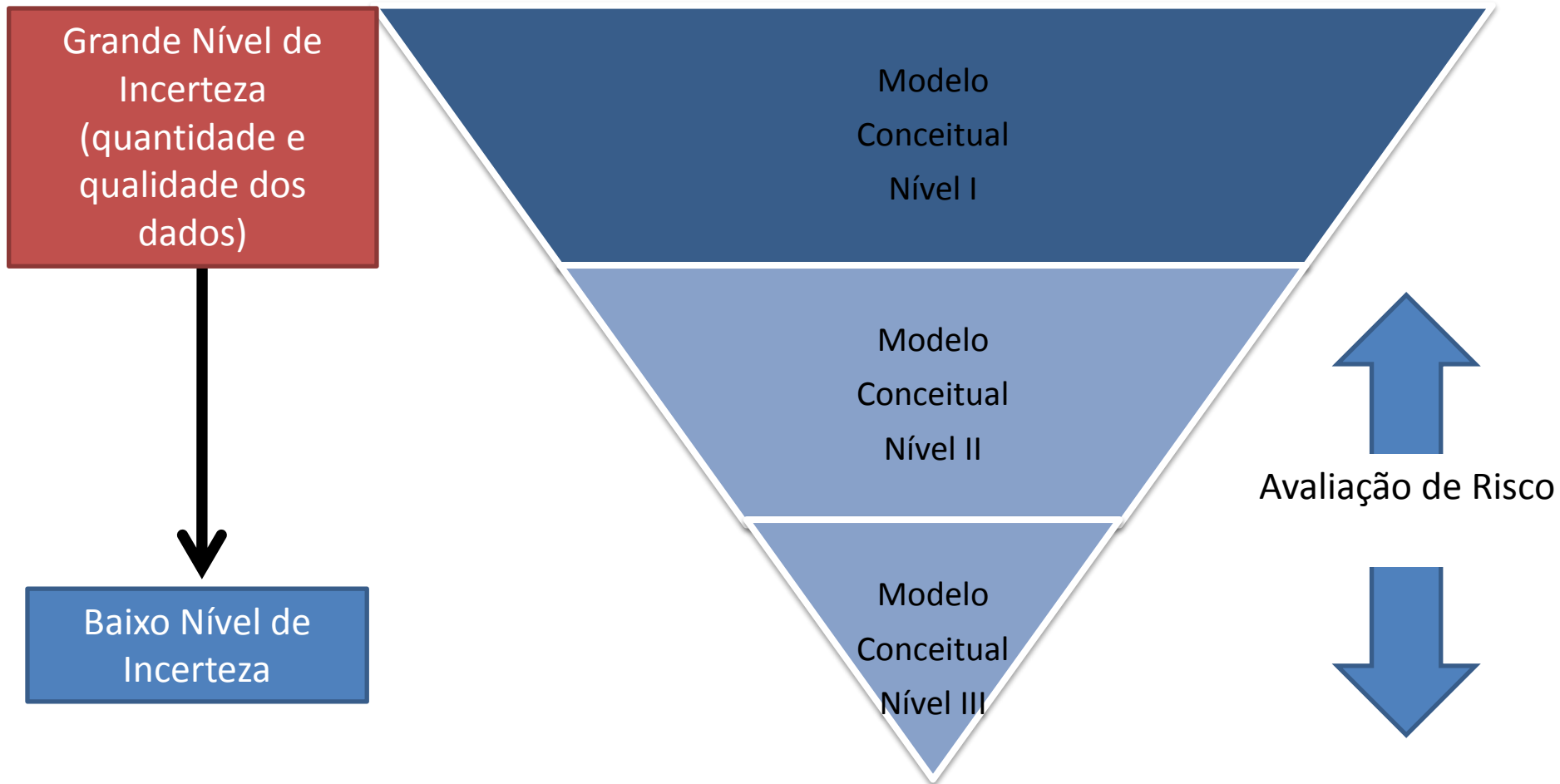
# Investigação em Alta Resolução para atualizar o Modelo Conceitual

INCT de Estudos  
do Meio Ambiente



- As abordagens tradicionais atualizam o Modelo Conceitual da Área (MCA) em etapas, devido às mobilizações em campo serem separadas;
  - As novas tecnologias permitem a atualização diária do MCA , tornando-o maduro em pouco tempo, quando se faz uma única mobilização em campo.
- Decisões erradas sobre risco e ações corretivas são uma consequência inevitável das estratégias tradicionais, que dependem de análises em laboratório fixo.
  - Uma vez que as análises são caras, poucas amostras são analisadas em relação ao número necessário para caracterizar com precisão a distribuição dos contaminantes, mesmo tendo alta qualidade analítica.

# Modelo Conceitual da Área (MCA)



# Caracterização e Investigação de Áreas Contaminadas

## Recentes avanços tecnológicos

- Tecnologias *direct push*
- Análises em campo



## Oportunidade para otimizar o processo.

### Identificação

Avaliação Preliminar

Investigação Confirmatória

### Diagnóstico

Investigação Detalhada

Avaliação de Risco

### Intervenção

Concepção da Remediação Projeto

Remediação Monitoramento

➤ Atualização diária do MCA, que se torna suficientemente preciso, quando há confiança na representatividade da área, para que as decisões sobre a exposição e remediação possam ser técnica/economicamente viáveis.

# CEPEMA – Poli – USP

## Cubatão

INCT de Estudos  
do Meio Ambiente

inct  
Instituto Nacional  
de Ciência e Tecnologia



Laboratório Didático



CEPEMA



Laboratório de Microbiologia



Laboratório Analítico



Laboratório Analítico

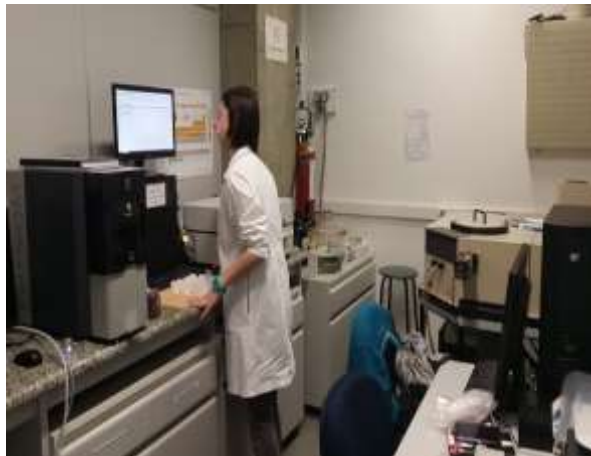
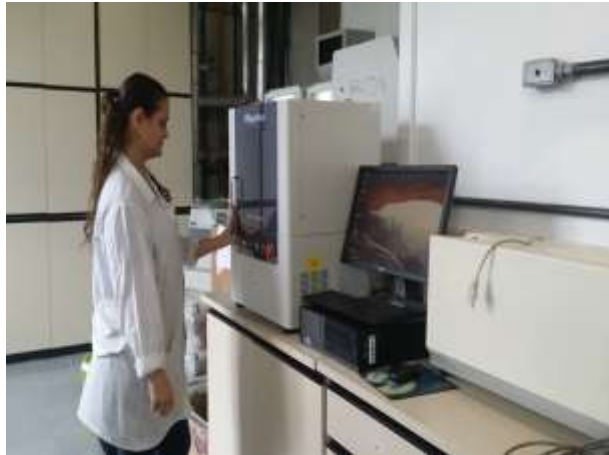


Laboratório Analítico



Laboratório Analítico

# LAREX e CEPEMA - Poli – USP: São Paulo Laboratórios



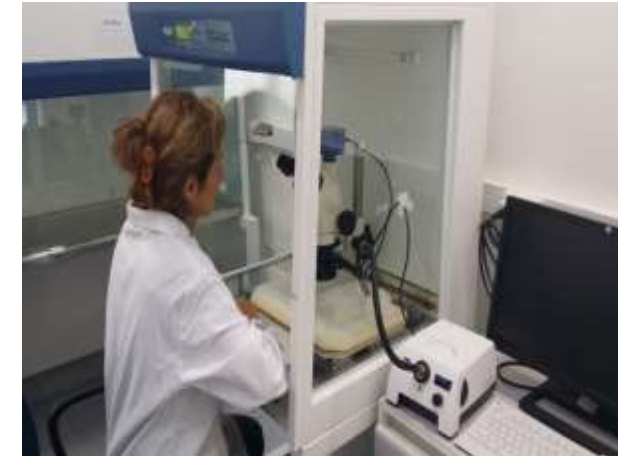
# LAREX e CEPEMA - Poli – USP: São Paulo Laboratório de Cromatografia



# Laboratório de Microbiologia

INCT de Estudos  
do Meio Ambiente

inct  
Instituto Nacional  
de Ciência e Tecnologia



# Obrigada

INCT de Estudos  
do Meio Ambiente



**CEPEMA - INCT-EMA**

**Departamento de Engenharia Química da  
Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo**

**<http://www.cepema.usp.br>**

**Marilda M. G. Ramos Vianna**  
**[marilda.vianna@gmail.com](mailto:marilda.vianna@gmail.com)**  
**[marilda@pqi.usp.br](mailto:marilda@pqi.ep.usp.br)**

**Osmar Francisco Gomes**  
**[ofgomes@cepema.usp.br](mailto:ofgomes@cepema.usp.br)**  
**[ofgomes@usp.br](mailto:ofgomes@usp.br)**

**Paulo Lima**  
**[paulo@hidrodinamicaconsult.com.br](mailto:paulo@hidrodinamicaconsult.com.br)**

**René Peter Schneider**  
**[schneide@icb.usp.br](mailto:schneide@icb.usp.br)**

**Claudio A. Oller do Nascimento**  
**[oller@usp.br](mailto:oller@usp.br)**

**Jorge Alberto Soares Tenório**  
**[jtenorio@usp.br](mailto:jtenorio@usp.br)**