

Amostragem de aquíferos fraturados

2º WORKSHOP PARANAENSE DE ÁREAS CONTAMINADAS

M.Sc. Marcos Bolognini Barbosa

marbbar@usp.br

Dia 4 de maio de 2018



O Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas



USP



- Criado em 1983, busca implementar as melhores soluções para a sociedade aos problemas que afetam os recursos hídricos e a sua contaminação.

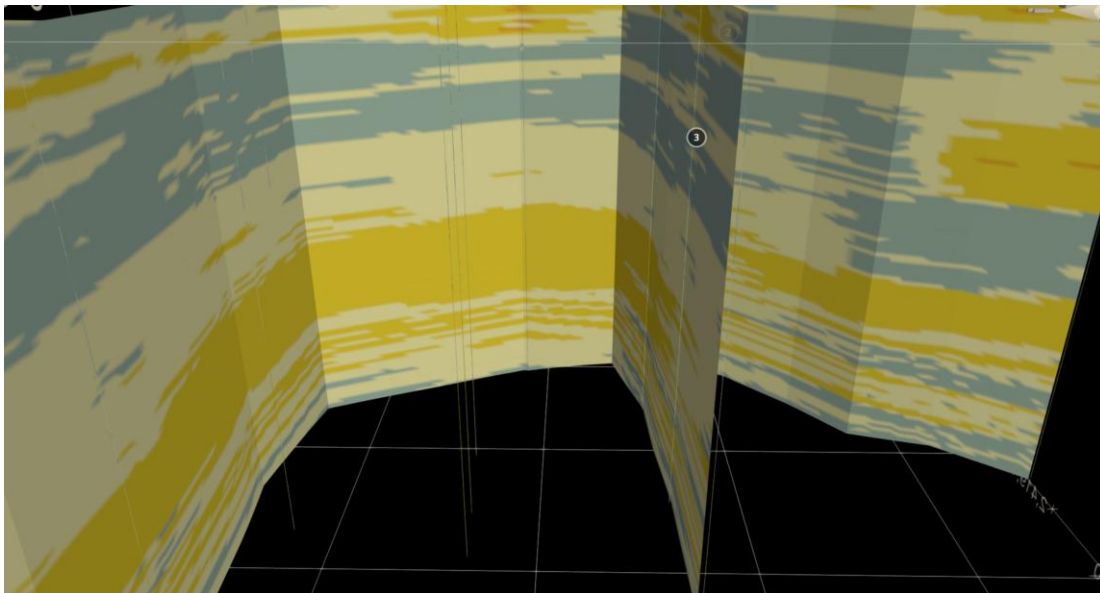
Desde 2008 tem como foco os aquíferos fraturados

Estrutura da apresentação

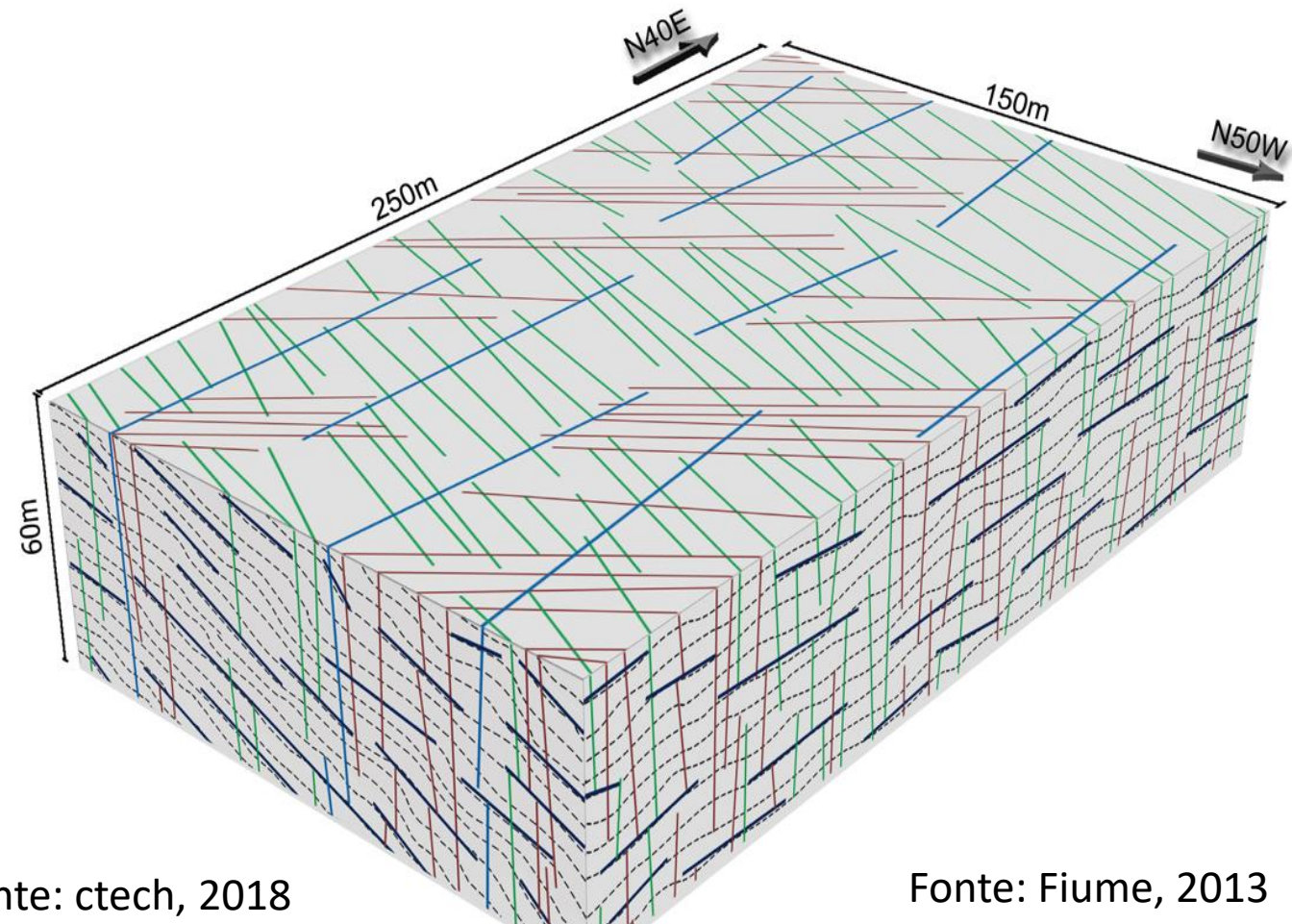
- Por que os aquíferos fraturados são diferentes dos aquíferos porosos?
- Por que não devemos simplesmente sair amostrando um poço nestes sistemas sem conhecer sua dinâmica?
- O que podemos fazer para conhecer bem nossos poços?
- Planejando uma campanha de amostragem em aquíferos fraturados
- Técnicas de amostragem em aquíferos fraturados

Por que aquíferos fraturados são tão diferentes dos porosos

- Menor previsibilidade do fluxo
- Maior heterogeneidade
- Acesso mais difícil (\$\$ e tempo)
- Menos estudados



Fonte: ctech, 2018



Fonte: Fiume, 2013

O que acontece ao realizarmos perfurações em aquíferos fraturados?

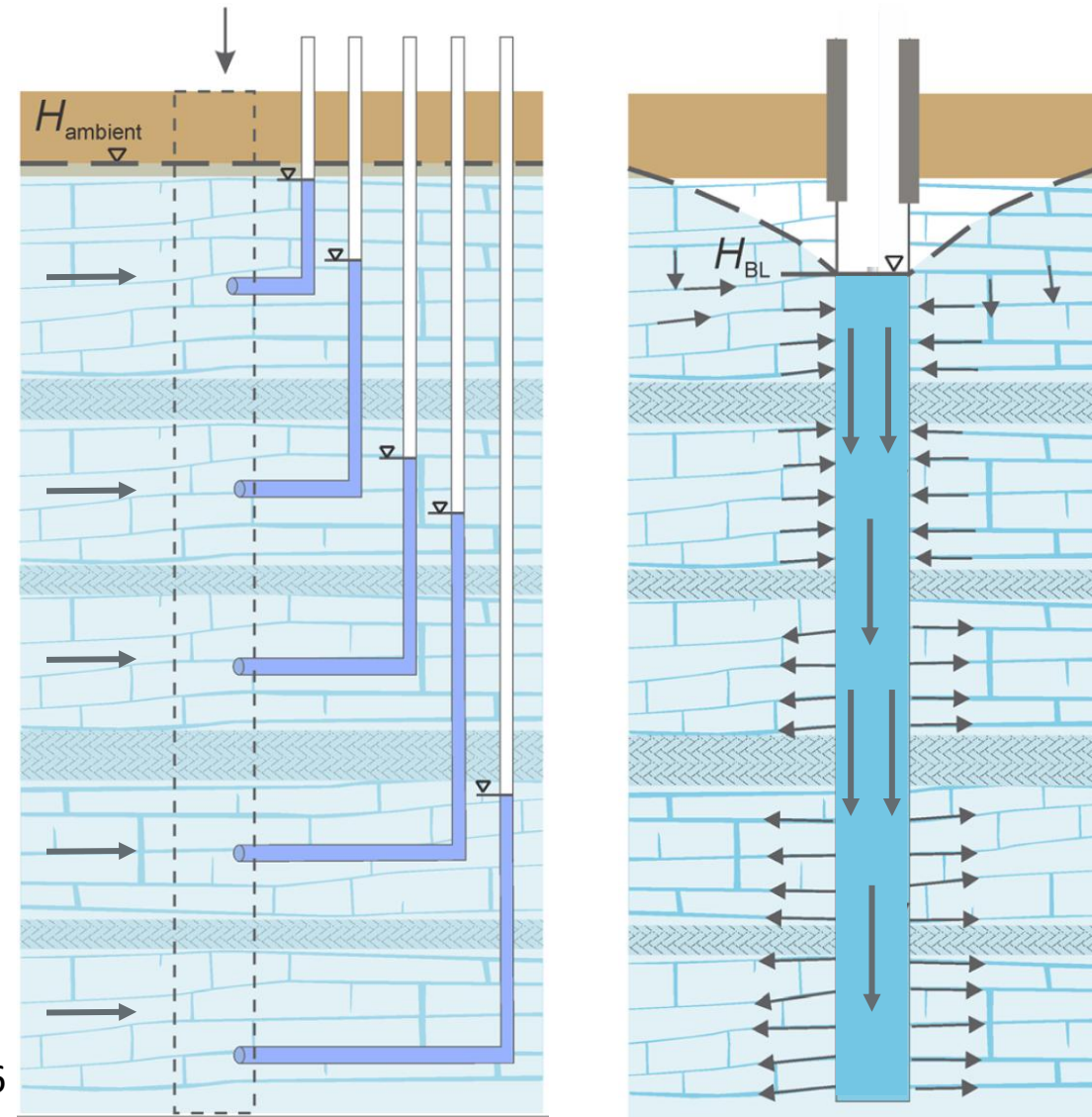
Poços de monitoramento

- Poços abertos
- Poços revestidos
- Poços multi-níveis

X

Poços de produção

- Poços abertos
- Poços revestidos
- Rocha/Sedimento

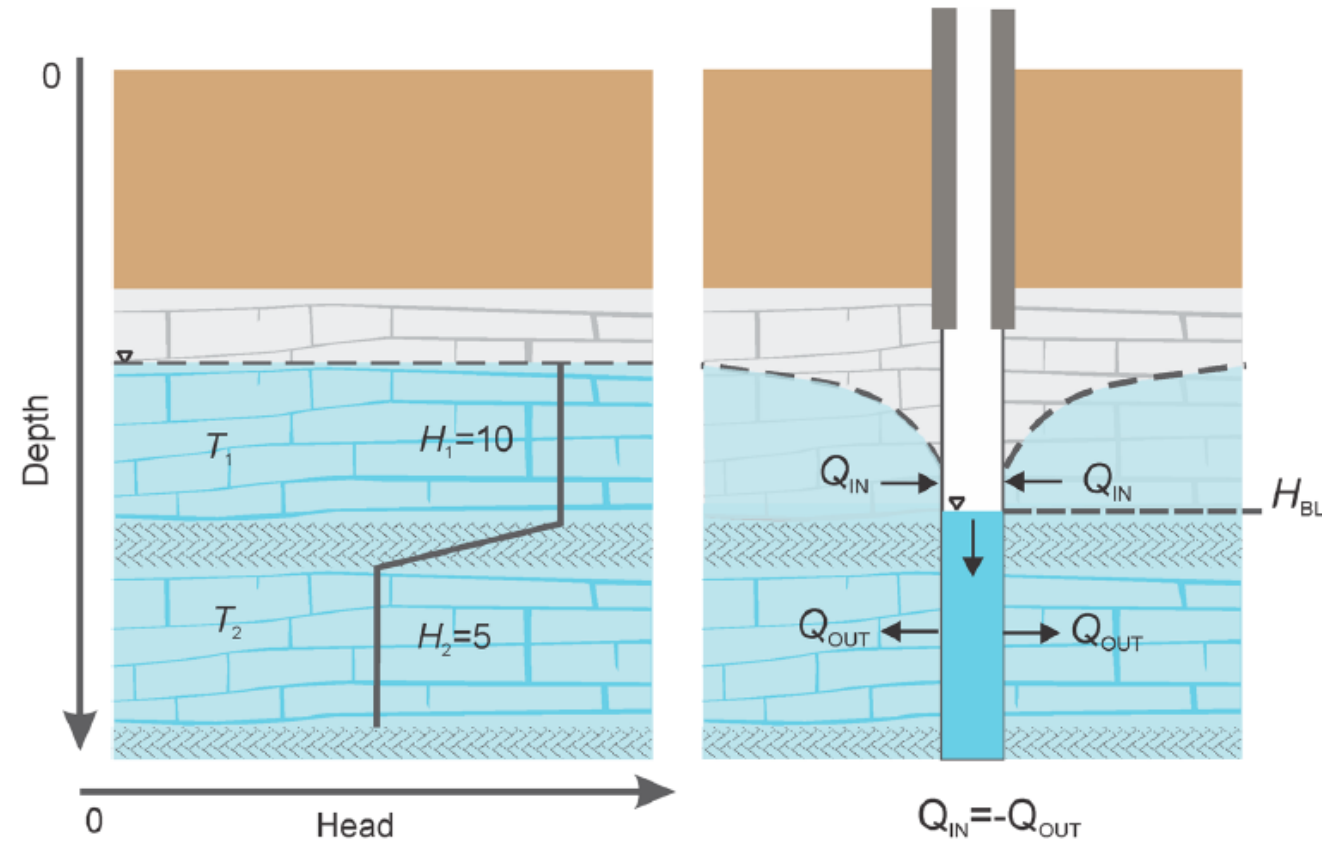


Mas por que isso ocorre?

- O que governa o movimento da água dentro de poços é a transmissividade das fraturas e suas respectivas cargas

Quantas ordens de grandeza varia T e H?

T pode chegar a 11



$$T_1 = T_2$$

$$T_1 = 10T_2$$

$$10T_1 = T_2$$

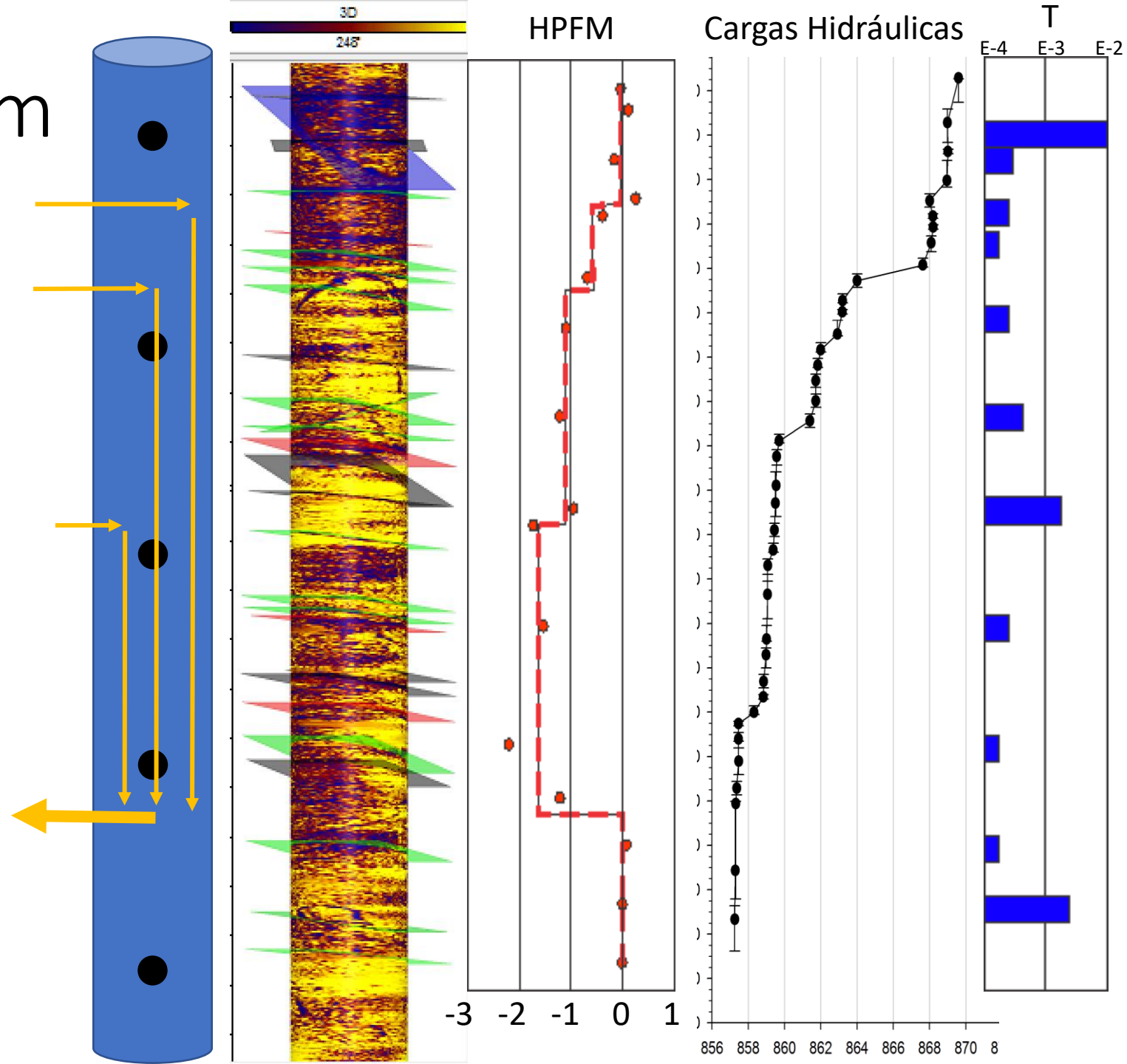
$$(H_{BL}) = 7.5$$

$$(H_{BL}) = 9.46 \text{ (9.55)}$$

$$(H_{BL}) = 5.54 \text{ (5.45)}$$

O que representam estas amostras?

Long e Billaux (1987) concluíram que $<1\%$ das fraturas mapeadas contribuem para o fluxo em larga escala, tendo sido observada uma variação em T de $10E4$ dentre as fraturas transmissivas.



O que podemos fazer para conhecer melhor nossos poços?

- Dados da perfuração
- Contexto regional e dados de outros poços do entorno
- Coletar dados de campo

Antes disso é importante preparar o poço

Fonte: National driller



Que dados e como?

Inspeção do poço

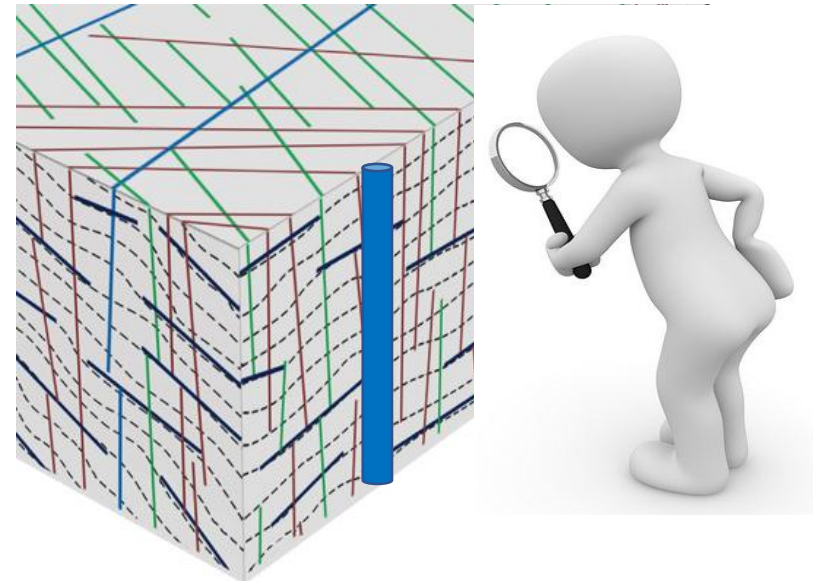
- Filmagem com câmera de inspeção
- Caliper 3 braços

Perfilagens

- Acústica/ótica
- Gama Natural
- NMR

Ensaio Hidráulicos

- Flow Meter
- T & C
- Bombeamento/slug dentre outros
- Uso de obturadores

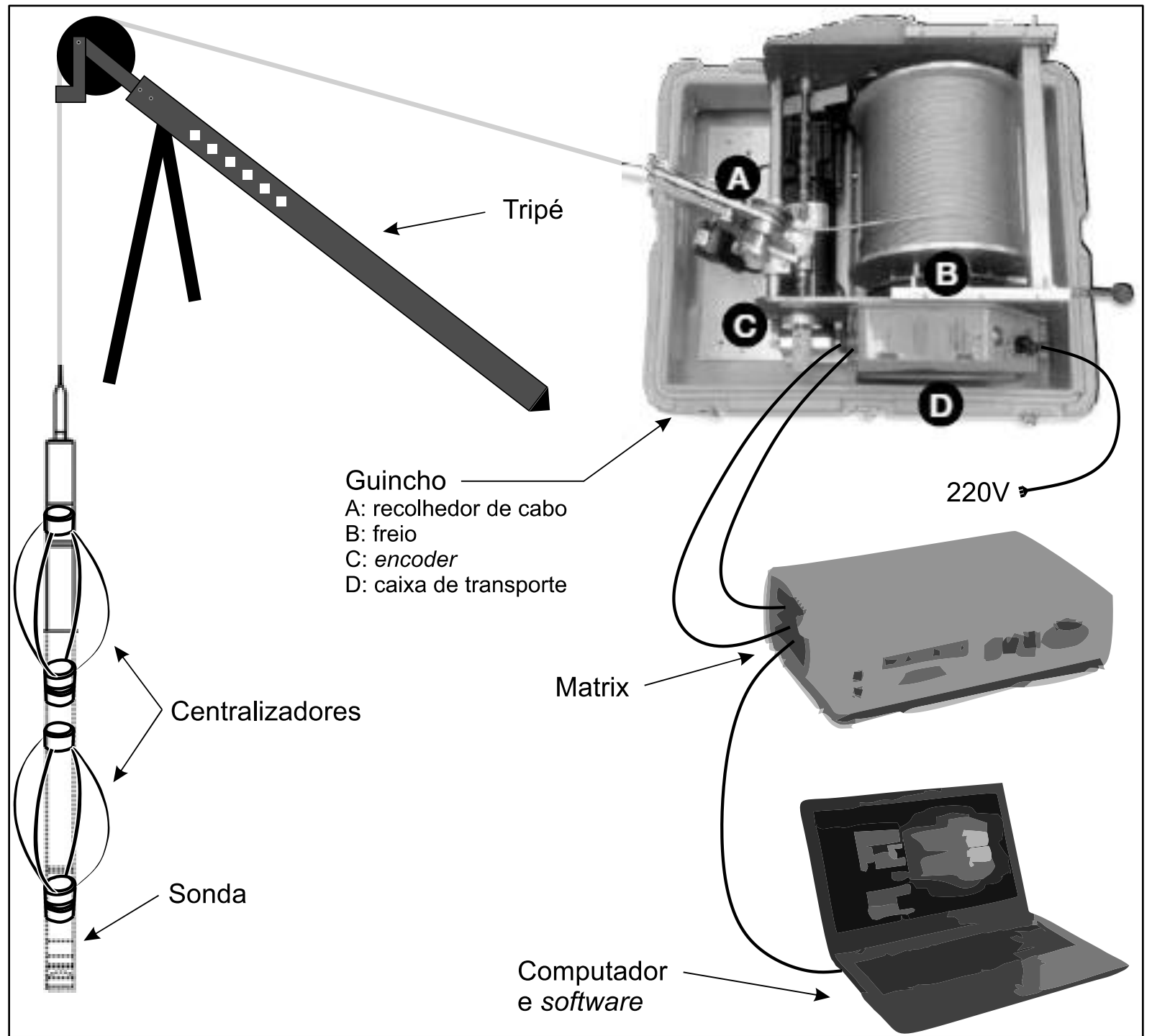


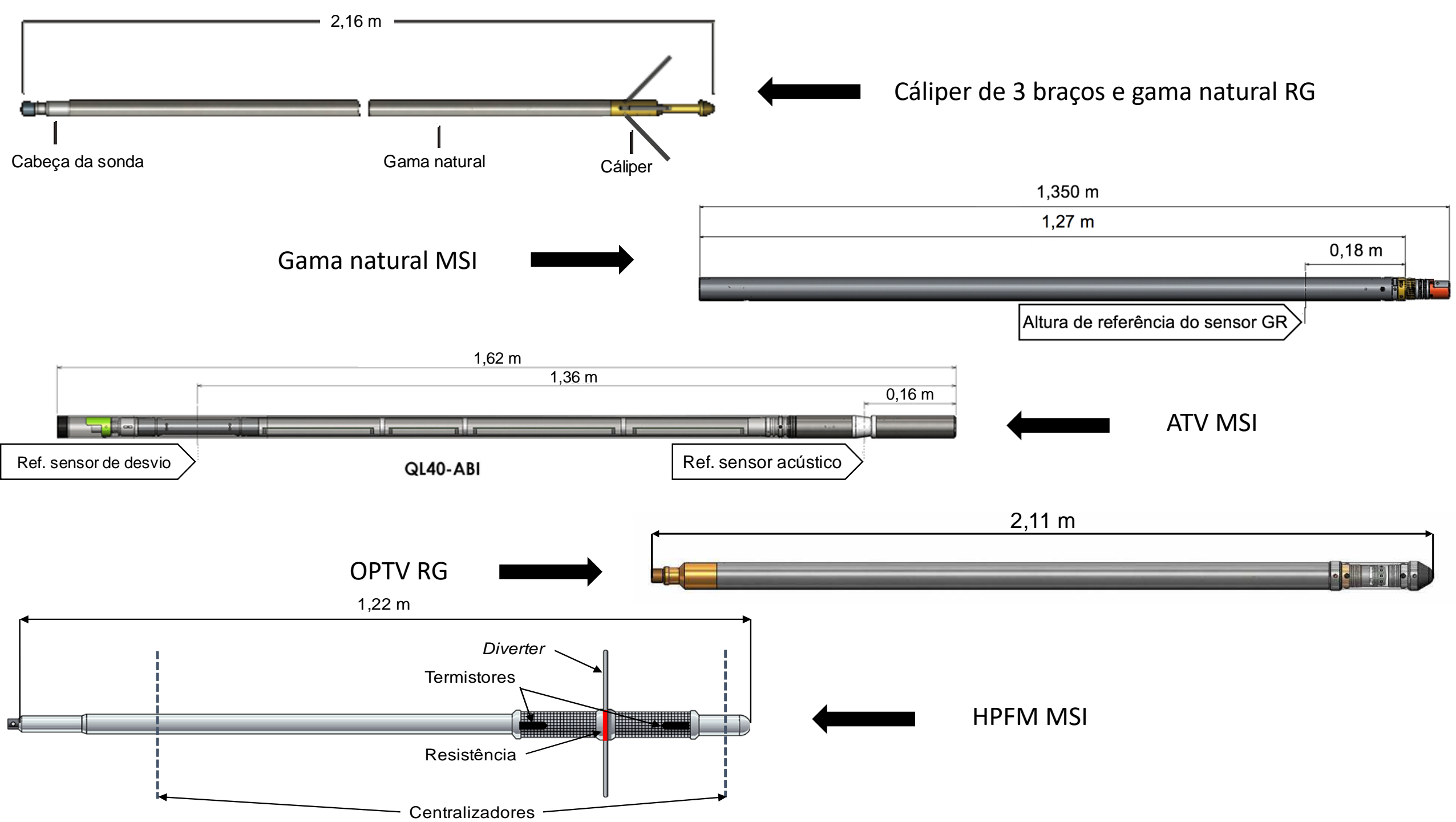
Câmera de inspeção

Câmera não orientada com visada frontal e lateral. Muito utilizada para a inspeção de poços e obtenção dos dados construtivos

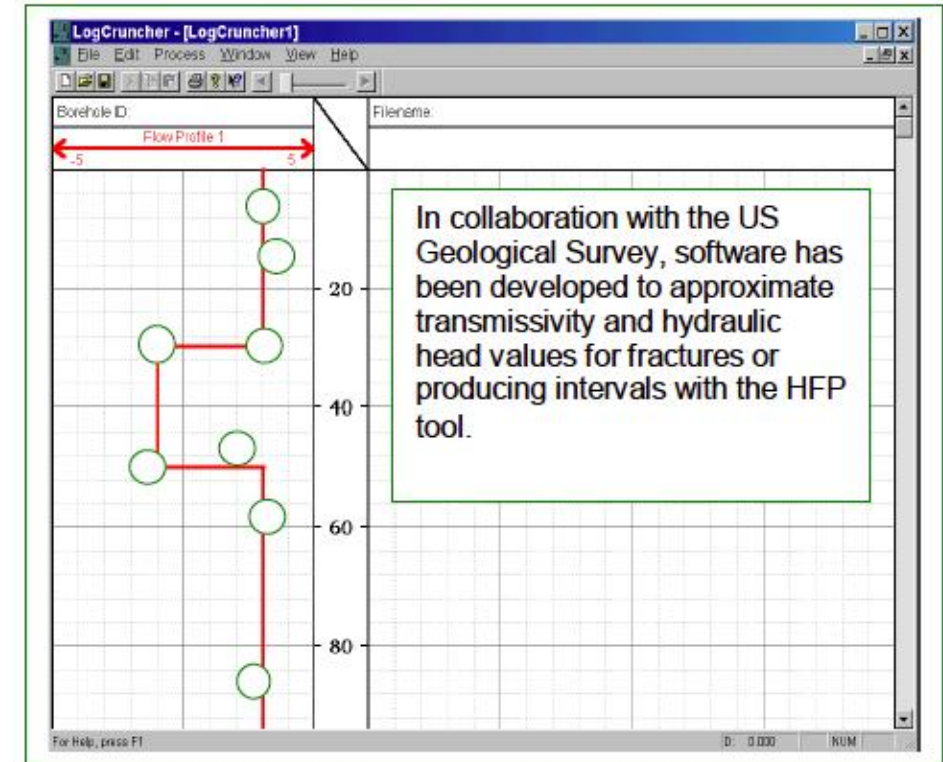
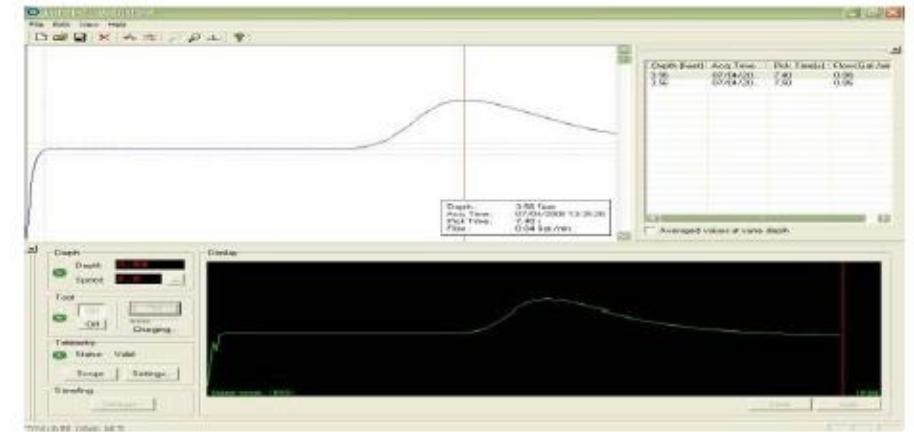


Geofísica de poços





Heat Pulse Flowmeter

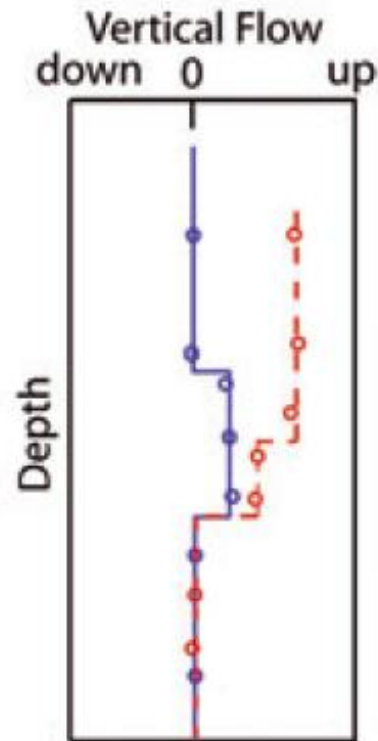


HPFM com bombeamento

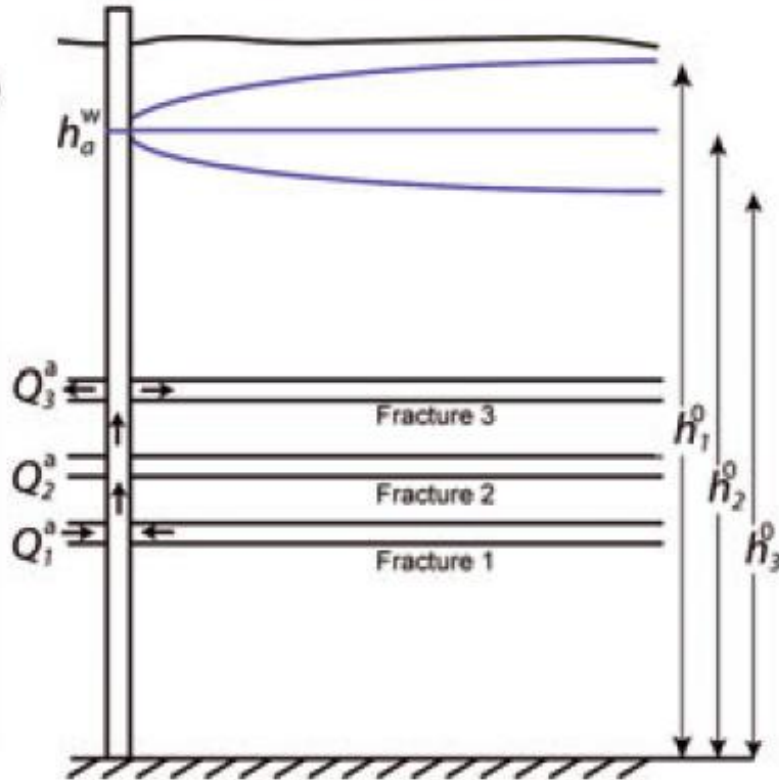


Flowmeter com bombeamento

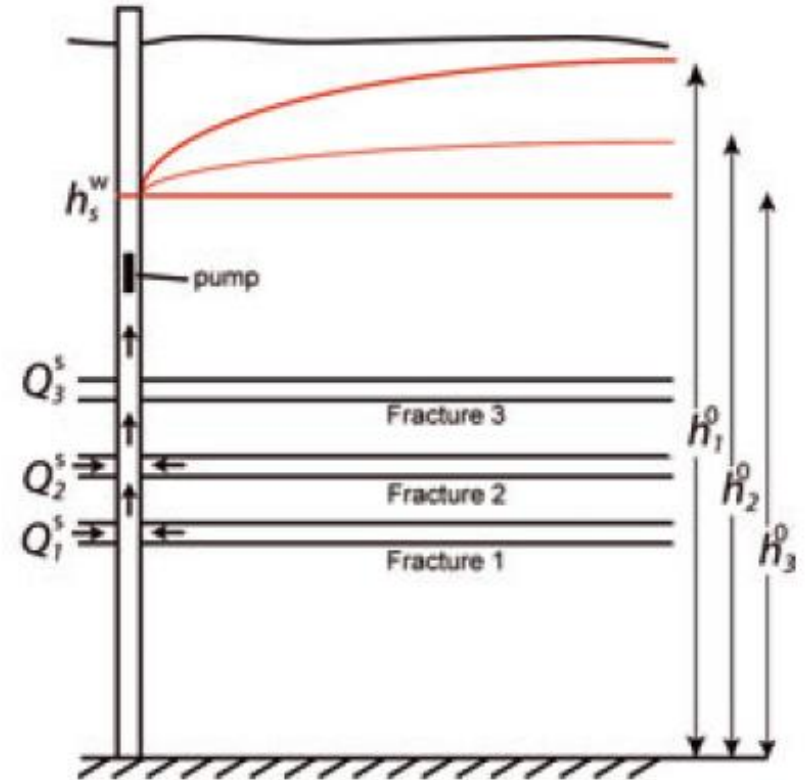
(a) Flowmeter log

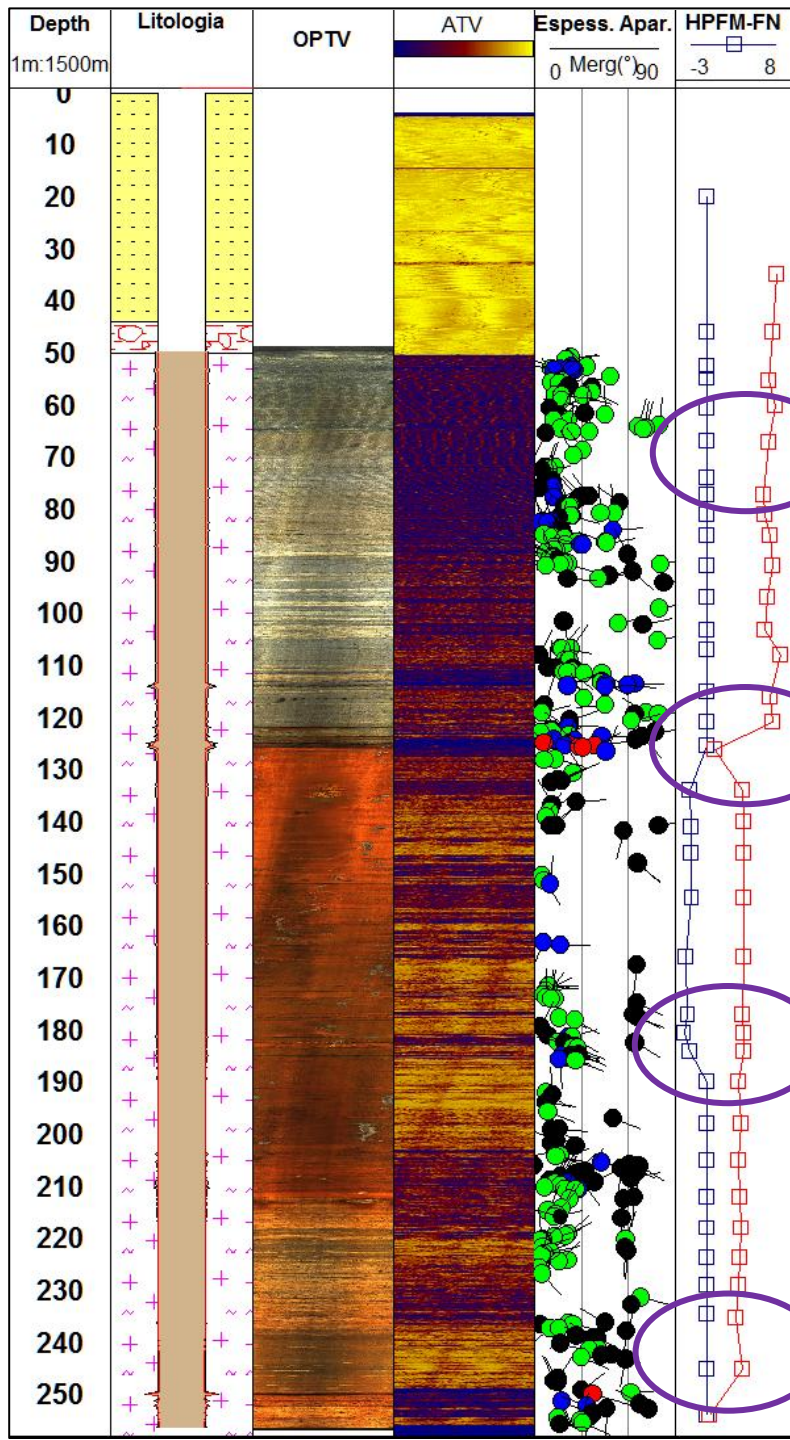


(b) Ambient condition



(c) Stressed (pumping) condition





Quais amostrar??

Entradas de água

Saídas de água

Que método??

Tipo de amostrador

Posicionamento

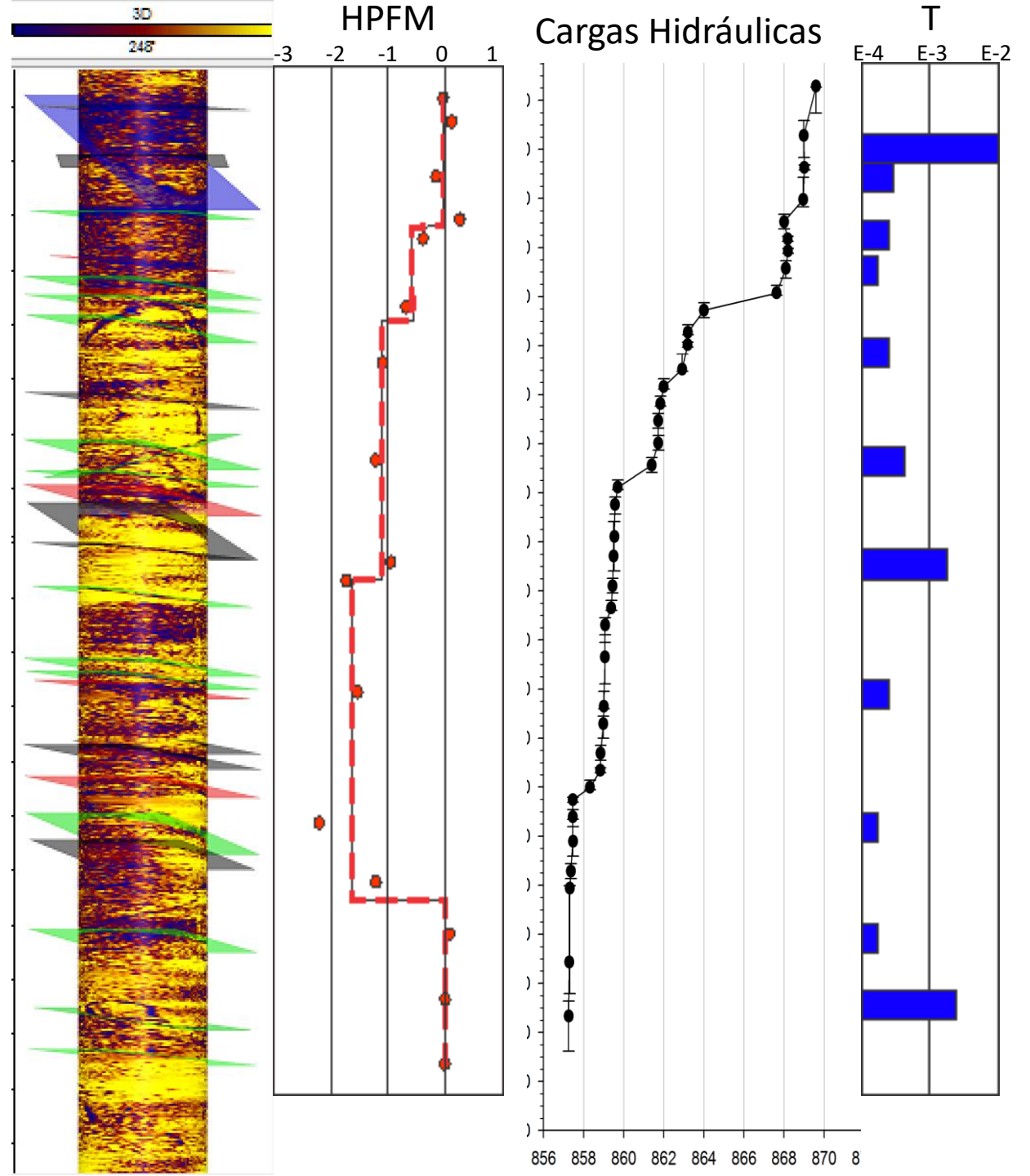
Purga

Obturador

Poço MN

Voltando ao nosso poço

- Objetivo do trabalho
- Orçamento disponível
- Como priorizar?
- Parâmetros a serem analisados em laboratório e campo

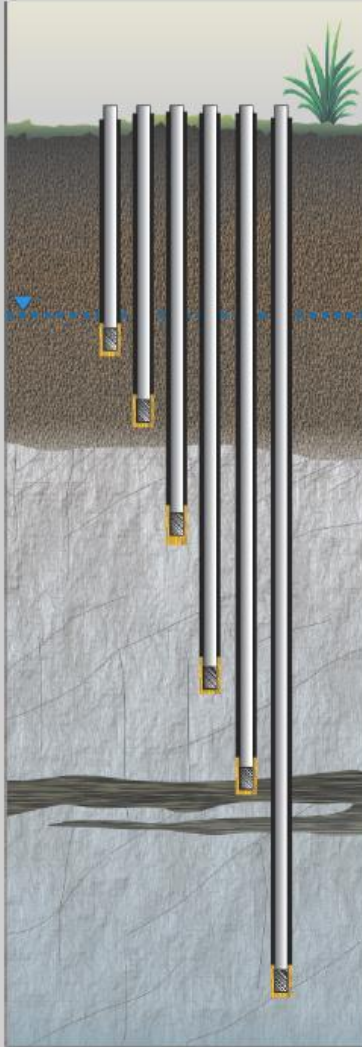


Poço Multinível

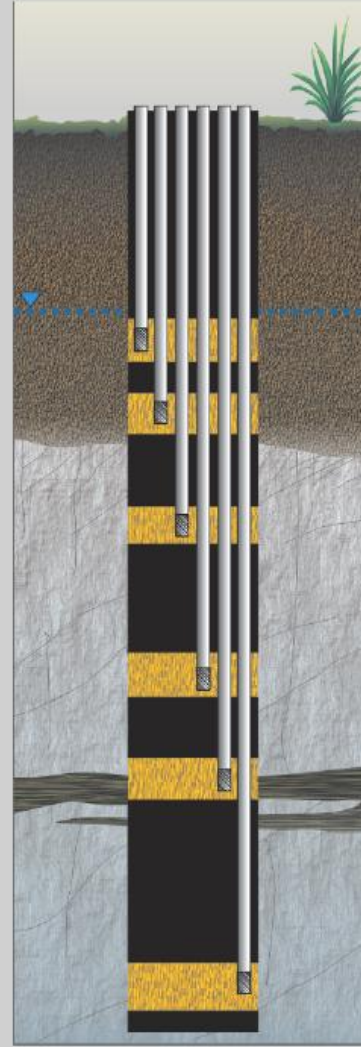
Fonte: Parker, 2018



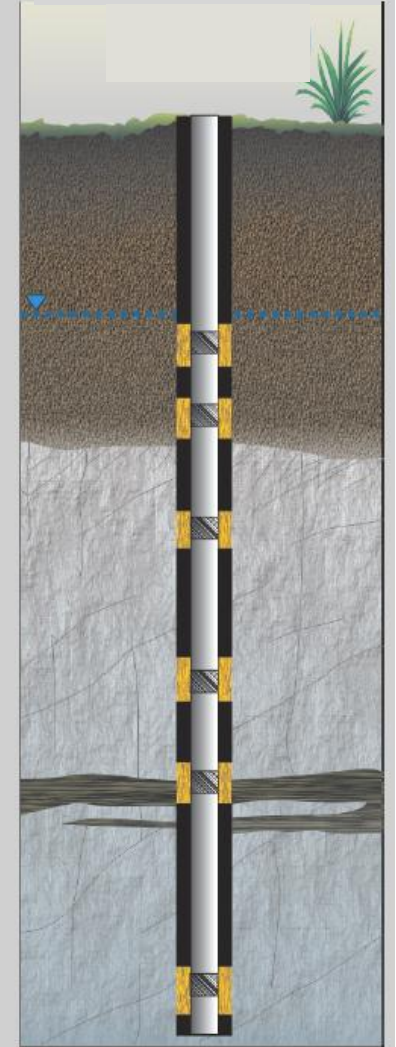
Múltiplos furos



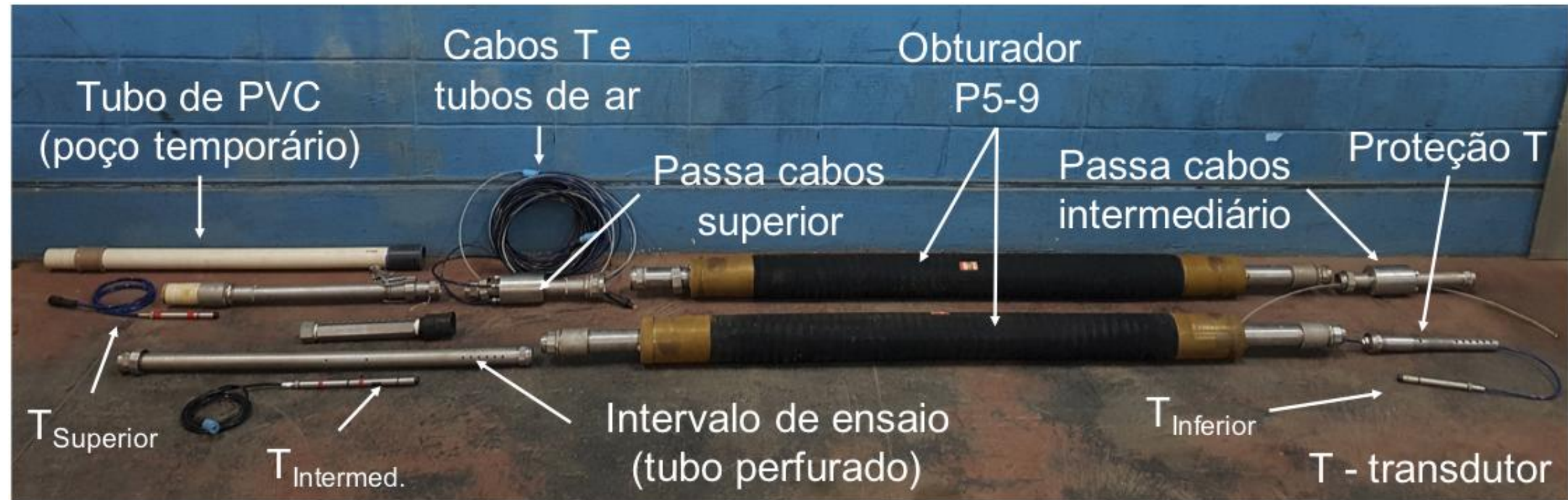
Múltiplos Tubos (um furo)



MLS



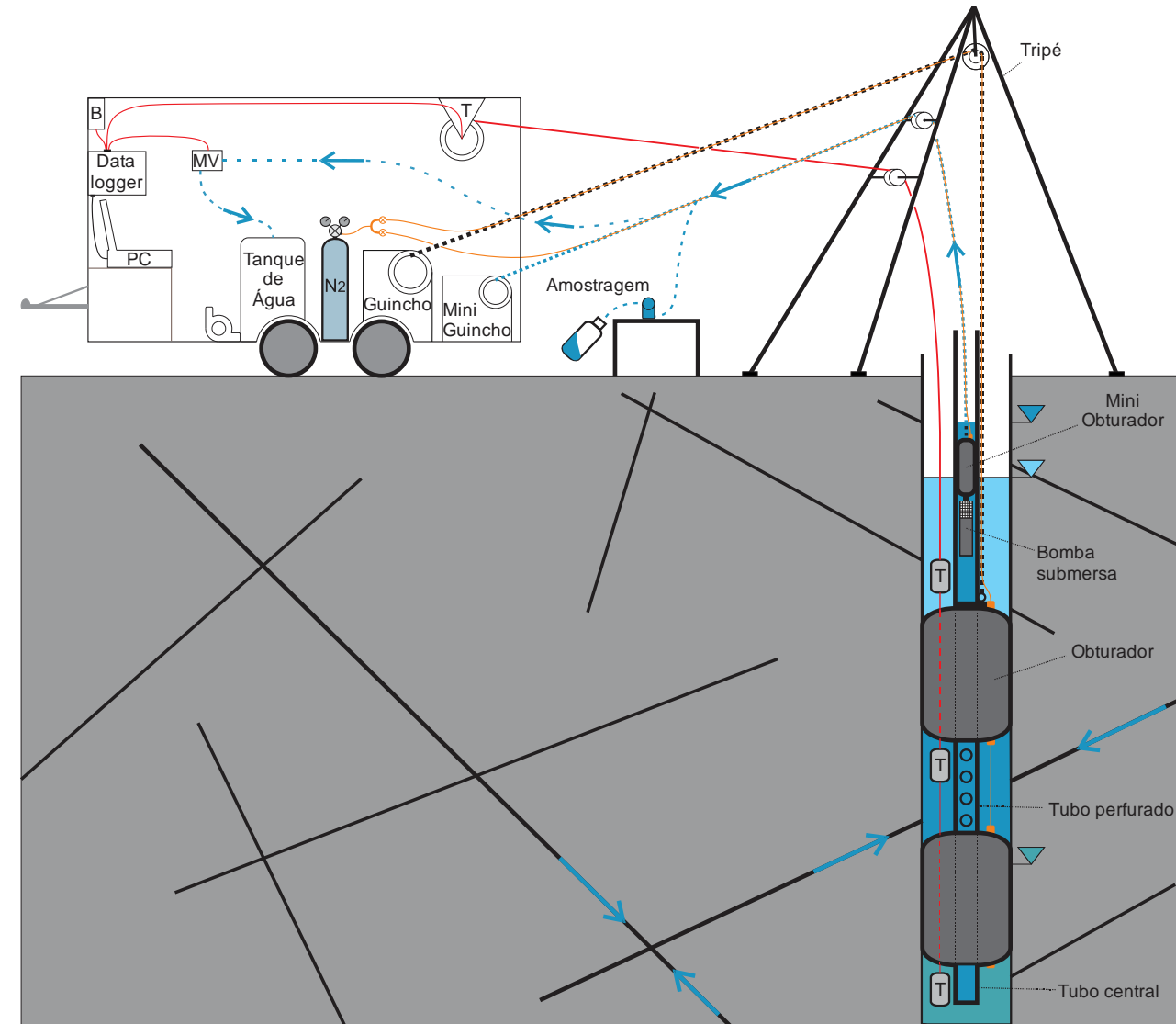
Obturadores



Amostragem de água

Quando uma amostra coletada com obturador pode ser considerada representativa das condições naturais do aquífero?

Qual o volume de purga necessário para a amostragem?



Legenda

MV - Medidor de vazão
B - Barômetro
T - Transdutor de pressão
PC - Computador

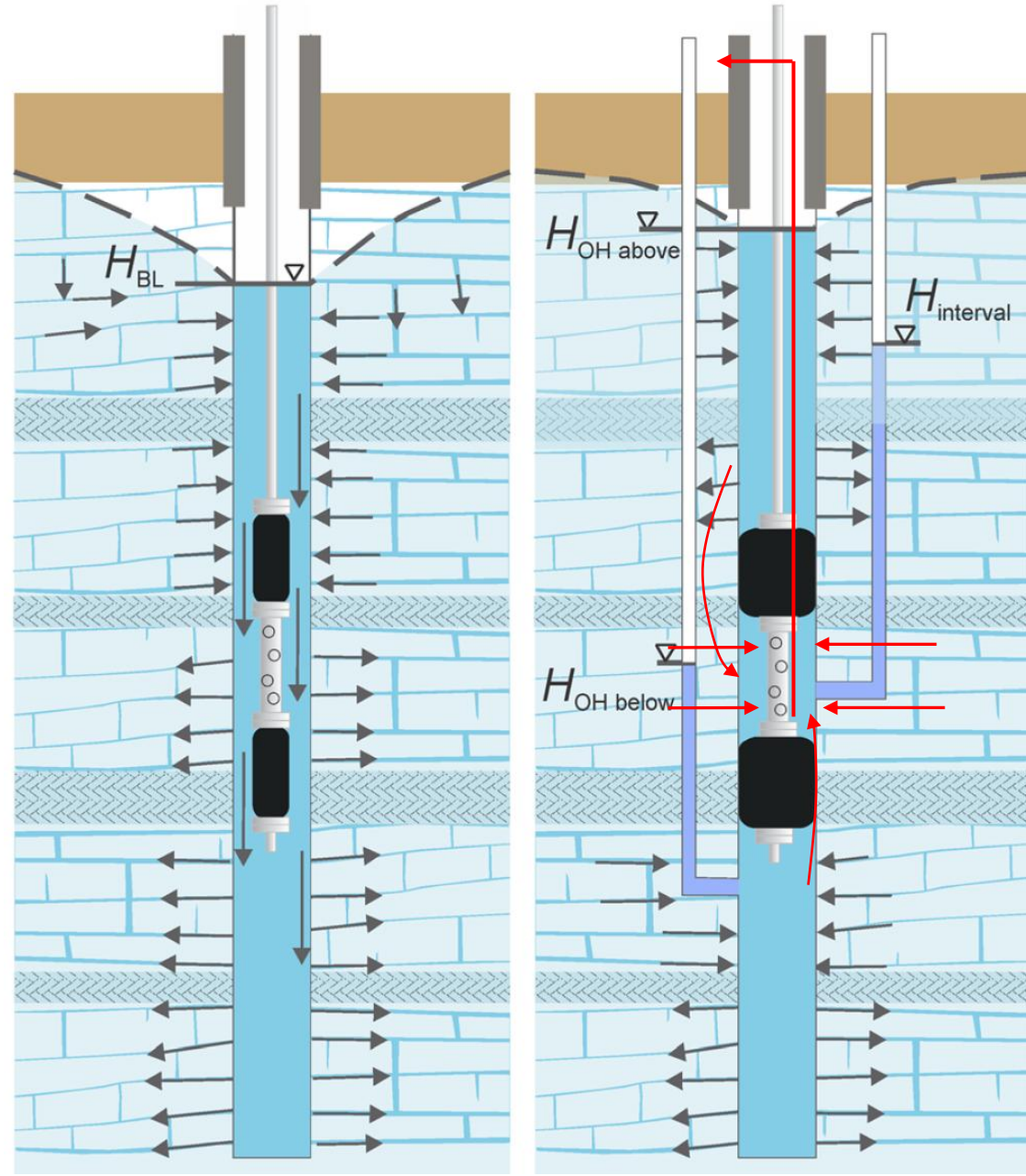
▼ - Nível d'água superior
▼ - Nível d'água intermediário
▼ - Nível d'água inferior

Amostragem de água com obturadores



Amostragem de água

Monitoramento dos parâmetros físico-químicos



Resumindo

- Evitar o aquífero fraturado não elimina o problema, em muitos casos agrava
- É fundamental ter claro o objetivo da campanha de amostragem
- Sem conhecer o poço/aquífero é muito difícil interpretar um dado químico ou mesmo planejar a amostragem
- Amostras provenientes de poços abertos que apresentem ND não significam que não há contaminação
- Amostras destes poços com baixas concentrações também não significam que as concentrações ao longo do poço não sejam altas

Resumindo

- Ferramentas de caracterização qualitativa são muito importantes para entender a dinâmica do poço
- Poços multiníveis são a melhor ferramenta para amostragem de água
- Obturadores são ferramentas versáteis e podem ser uma boa alternativa aos poços multiníveis. Também são fundamentais para projetar um sistema multinível eficiente
- Não existe solução mágica ou receita de bolo, cada caso é um caso e deve ser estudado e discutido individualmente por técnicos competentes

Obrigado pela atenção!

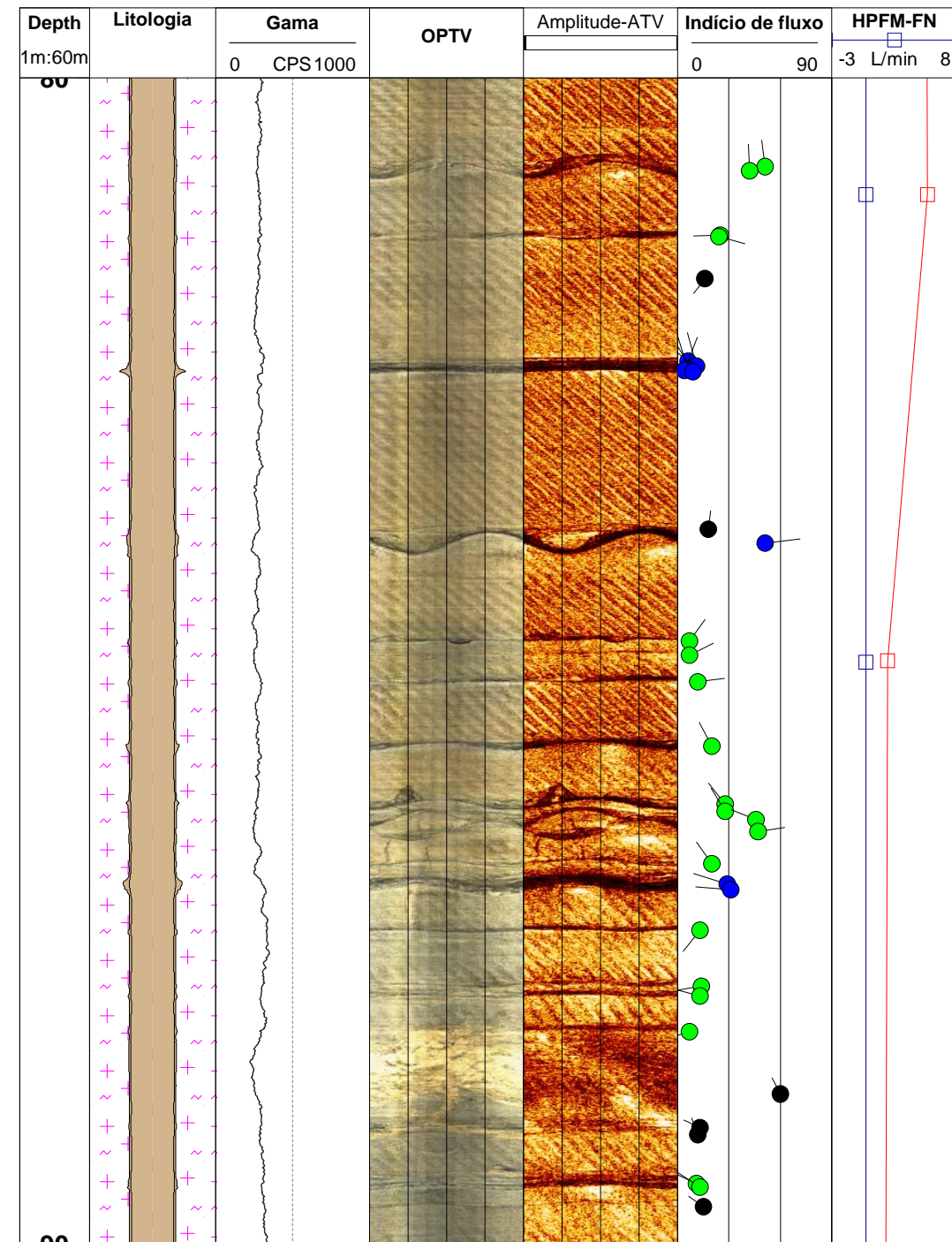


Referências

- <https://www.nationaldriller.com/articles/89517-is-water-well-rehabilitation-worth-it>
- DAY-LEWIS, Frederick D. et al. A computer program for flow-log analysis of single holes (FLASH). **Groundwater**, v. 49, n. 6, p. 926-931, 2011.
- FREEZE, R. Allan. GROUNDWATER. 1979.
- Quinn, P., Parker, B.L. & Cherry, J.A. Hydrogeol J (2016) 24: 59. <https://doi.org/10.1007/s10040-015-1326-2>

Log Integrado WellCAD

1. Cabeçalho
2. Log de litologia
3. Importa os dados;
4. Ajusta as profundidades
5. Processa dados
 - Cáliper
 - Gama natural;
 - ATV e OTV
 - HPFM
6. Selecionar trechos de interesse



FLASH - Flow Log Analysis of Single Holes



REQUIRED INPUT:

Wellname: **Pogo 1503**

Elevation of measuring point [FT]	2361,6
Number of flow zones [-]	5
Well diameter [IN]	6
Drawdown [FT]	8,04
Depth to ambient water level [FT]	93,2832
Depth at bottom of casing [FT]	398,0608
Depth at bottom of well [FT]	833,12
Radius of influence (R ₀) [FT]	48,3
Total transmissivity (T _{total}) [FT ² /day]	10,07

Run Solver

SOLVE

Estimate Transmissivity

Estimate ROI

Solve without Regularization

Solve with Regularization

ABS(Δh) maximum	3,00E+00
Regularization weight	1,00E-05
Tfactor minimum [-]	1,00E-08

Flow above layer bottom depths

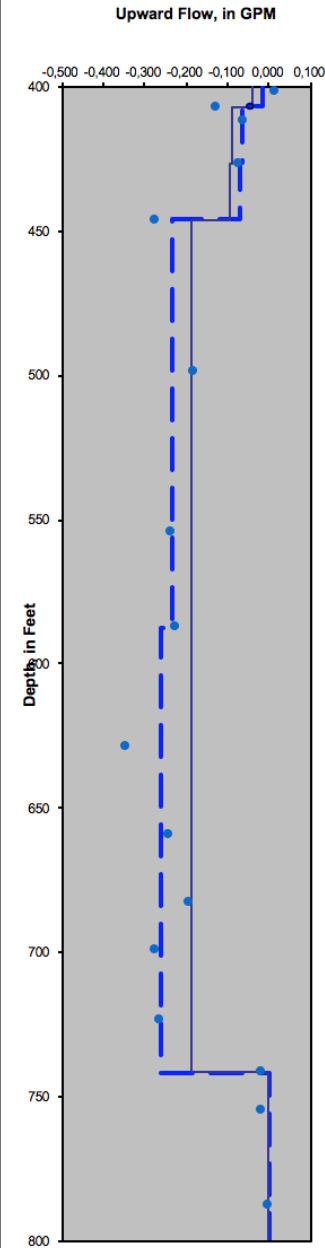
FRACTURES	Bottom Depth [FT]	Ambient [GPM]	Stressed [GPM]	Tfactor [FT ² /D]	Δh [FT]	Farfield head [FT]
5	406,85	-0,01	0,49	0,37	2,11	2270,42
4	426,40	-0,06	0,25	0,06	1,07	2269,39
3	446,08	-0,07	0,16	0,09	16,07	2284,38
2	587,12	-0,24	0,11	0,00	4,00	2272,32
1	741,38	-0,26	0,06	0,48	-6,21	2262,10

SIMULATED PROFILES (DO NOT EDIT)

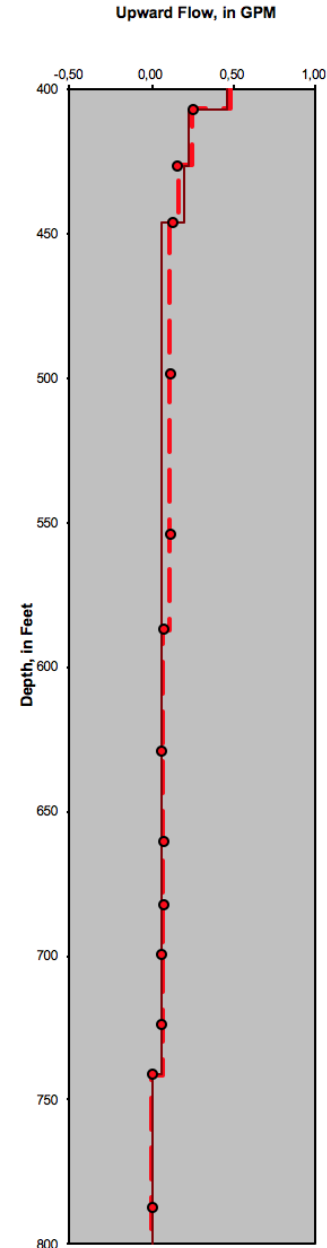
MSE [GPM ²]	0,002	Sum T _{factor}	1,000	Sum Δh^2	318,29
Ambient WL [FT]	2268,32	Estimated Ttotal [FT ² /day]	10,068	Regularized Misfit	0,00
Pumped WL [FT]	2260,28				

FRACTURES	Depth [FT]	Ambient Flow above [GPM]	Stressed Flow above [GPM]	Ambient Error [GPM]	Stressed Error [GPM]	Zone T [FT ² /day]	Fraction of total transmissivity
5	406,85	-0,042	0,460	0,028	0,028	3,685	0,366
4	426,40	-0,090	0,228	0,026	0,020	0,623	0,062
3	446,08	-0,094	0,193	0,024	-0,032	0,926	0,092
2	587,12	-0,186	0,055	-0,049	0,060	0,000	0,000
1	741,38	-0,186	0,055	-0,076	0,007	4,833	0,480

Ambient Flow Profile



Pumped Flow Profile



Dashed lines indicate interpretations of measured data. Solid lines indicate simulated profiles.