

Nº 178988

O ensaio sísmico crosshole

Otávio Coaracy Brasil Gandolfo

*Palestra apresentada no: WORKSHOP:
AVANÇOS, PROBLEMAS E SOLUÇÕES EM
SONDAGENS NO BRASIL, 2024, Belo
Horizonte. 78 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO



BH, 07/06/2024

WORKSHOP:

AVANÇOS, PROBLEMAS E SOLUÇÕES EM
SONDAGENS NO BRASIL

O ENSAIO SÍSMICO *CROSSHOLE*

Geof. Otávio Coaracy Brasil Gandolfo
gandolfo@ipt.br



07/06/2024

PATROCÍNIO:



APOIO:



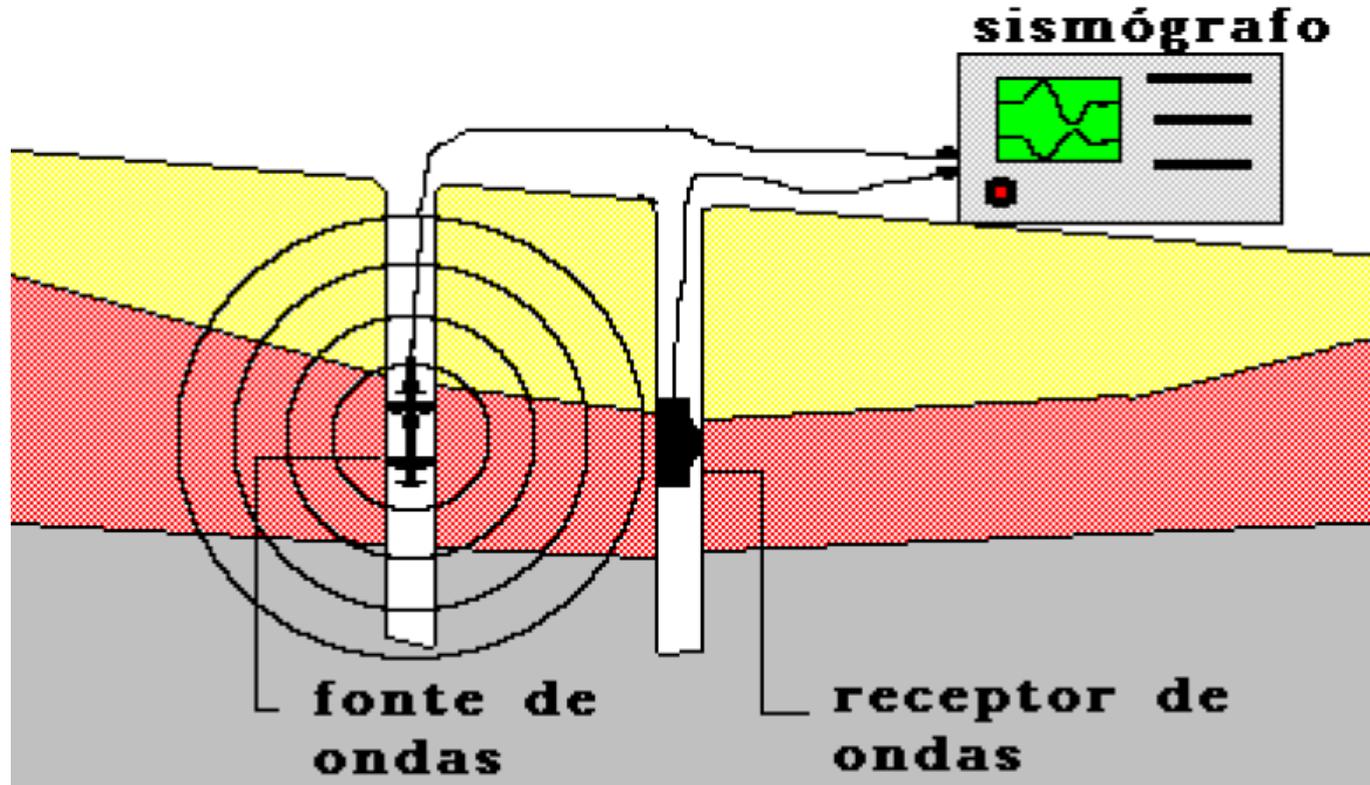
Curiosamente, o ensaio sísmico *crosshole* é mais conhecido pelos engenheiros civis do que pelos geofísicos....



Ensaio *Crosshole*

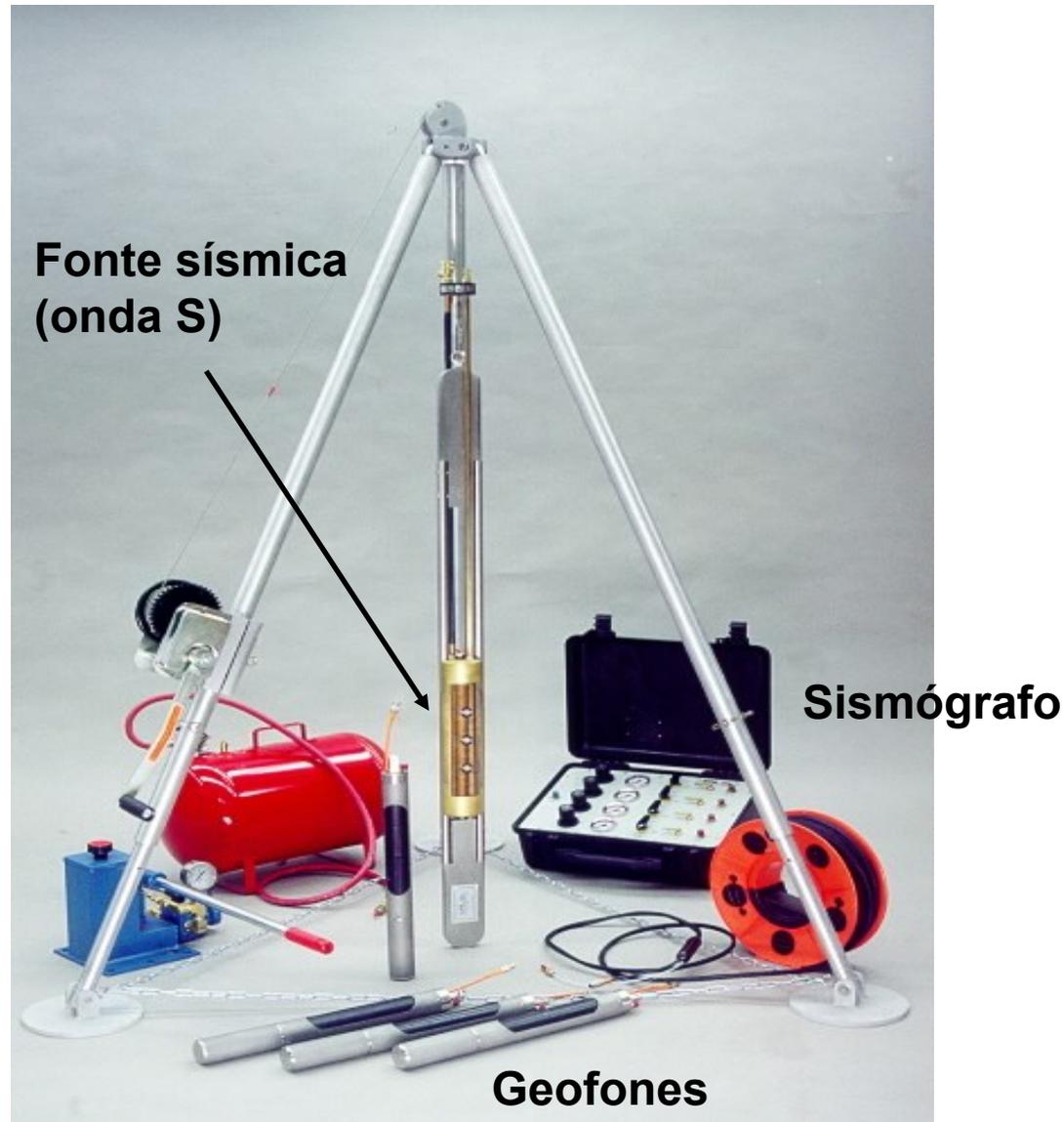
“Transmissão direta entre furos” ou “ensaio sísmico entre furos”

⇒ A onda sísmica é gerada em um furo, efetuando-se o seu registro em um ou mais furos adjacentes



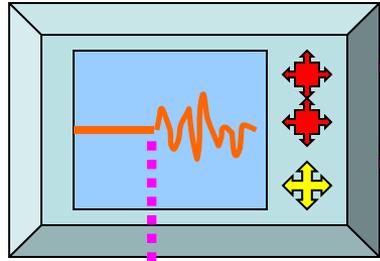
Equipamentos

- ◆ Fonte de ondas sísmicas (P e S)
- ◆ Geofones
- ◆ Sismógrafo



Ensaio *Crosshole*

Sismógrafo



Bomba de ar

Velocidade da onda S:

$$V_s = \Delta x / \Delta t$$

Fonte sísmica (martelo)

Geofone Triaxial

Cota de investigação

borracha pneumática

Δx

Furo revestido com PVC

Inclinômetro

Furo revestido com PVC

Inclinômetro



Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing¹

(American Society for Testing and Materials)

This standard is issued under the fixed designation D 4428/D 4428M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope*

1.1 These test methods are limited to the determination of horizontally traveling compression (P) and shear (S) seismic waves at test sites consisting primarily of soil materials (as opposed to rock). A preferred test method intended for use on critical projects where the highest quality data must be obtained is included. Also included is an optional method intended for use on projects which do not require measurements of a high degree of precision.

1.2 Various applications of the data will be addressed and acceptable interpretation procedures and equipment, such as seismic sources, receivers, and recording systems will be discussed. Other items addressed include borehole spacing, drilling, casing, grouting, deviation surveys, and actual test conduct. Data reduction and interpretation is limited to the identification of various seismic wave types, apparent velocity relation to true velocity, example computations, effective borehole spacing, use of Snell's law of refraction, assumptions, and computer programs.

1.3 It is important to note that more than one acceptable device can be used to generate a high-quality P wave or S wave, or both. Further, several types of commercially available receivers and recording systems can also be used to conduct an acceptable crosshole survey. Consequently, these test methods primarily concern the actual test procedure, data interpretation, and specifications for equipment which will yield uniform test results.

1.4 All recorded and calculated values shall conform to the guide for significant digits and rounding established in Practice D 6026.

1.4.1 The procedures used to specify how data are collected/recorded and calculated in these test methods are regarded as the industry standard. In addition, they are representative of the significant digits that should generally be retained. The procedures used do not consider material variation, purpose for obtaining the data, special purpose studies, or any considerations for the user's objectives; and it is common practice to

increase or reduce significant digits of reported data to be commensurate with these considerations. It is beyond the scope of these test methods to consider significant digits used in analysis methods for engineering design.

1.4.2 Measurements made to more significant digits or better sensitivity than specified in these test methods shall not be regarded as nonconformance with this standard.

1.5 These test methods are written using SI units. Inch-pound units are provided for convenience. The values stated in inch pound units may not be exact equivalents; therefore, they shall be used independently of the SI system. Combining values from the two systems may result in nonconformance with these test methods.

1.5.1 The gravitational system of inch-pound units is used when dealing with inch-pound units. In this system, the pound (lbf) represents a unit of force (weight), while the unit for mass is slugs. The rationalized slug unit is not given, unless dynamic ($F = ma$) calculations are involved.

1.5.2 It is common practice in the engineering/construction profession to concurrently use pounds to represent both a unit of mass (lbm) and of force (lbf). This implicitly combines two separate systems of units; that is, the absolute system and the gravitational system. It is scientifically undesirable to combine the use of two separate sets of inch-pound units within a single standard. As stated, these test methods include the gravitational system of inch-pound units and do not use or present the slug unit for mass. However, the use of balances or scales recording pounds of mass (lbm) or recording density in lbm/ft^3 shall not be regarded as nonconformance with this standard.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

D 3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

O ensaio *crosshole* é normalizado pela ASTM D4428

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D18 on Soil and Rock and are the direct responsibility of Subcommittee D18.09 on Cyclic and Dynamic Properties of Soils.

Current edition approved July 1, 2007. Published August 2007. Originally approved in 1984. Last previous edition approved in 2000 as D 4428/D 4428M – 00.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

PREPARAÇÃO DOS FUROS

Furos

- $\phi = 3''$ ou $4''$
- Prumo cuidadosamente verificado na perfuração (rigorosamente, a verticalidade dos furos deve ser medida)
- Revestidos com tubos de PVC (preferencialmente, de parede grossa)



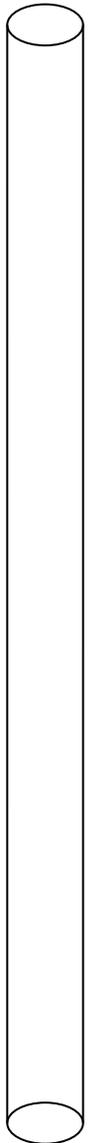
PREPARAÇÃO DOS FUROS

Furos

- Espaço anelar entre o furo e o revestimento preenchido com calda de cimento (com densidade semelhante à densidade do meio circundante), para garantir um bom acoplamento

Ex. relação volumétrica água-cimento = 1, após a pega apresenta uma densidade próxima à $1,7\text{g/cm}^3$ (GIACHETI & ZUQUETTE, 1993)

- Espaçamento entre furos:
 - ✓ Solos → em torno de 3 m
 - ✓ Rocha → espaçamento maior (ex., 6 m pois $V \uparrow \Rightarrow \text{tempo} \downarrow$)



PREPARAÇÃO DOS FUROS

I) Perfuração



II) Preparação dos tubos de PVC



tamponado
na base

PREPARAÇÃO DOS FUROS

III) Instalação dos tubos de PVC



IV) Preenchimento com calda de cimento



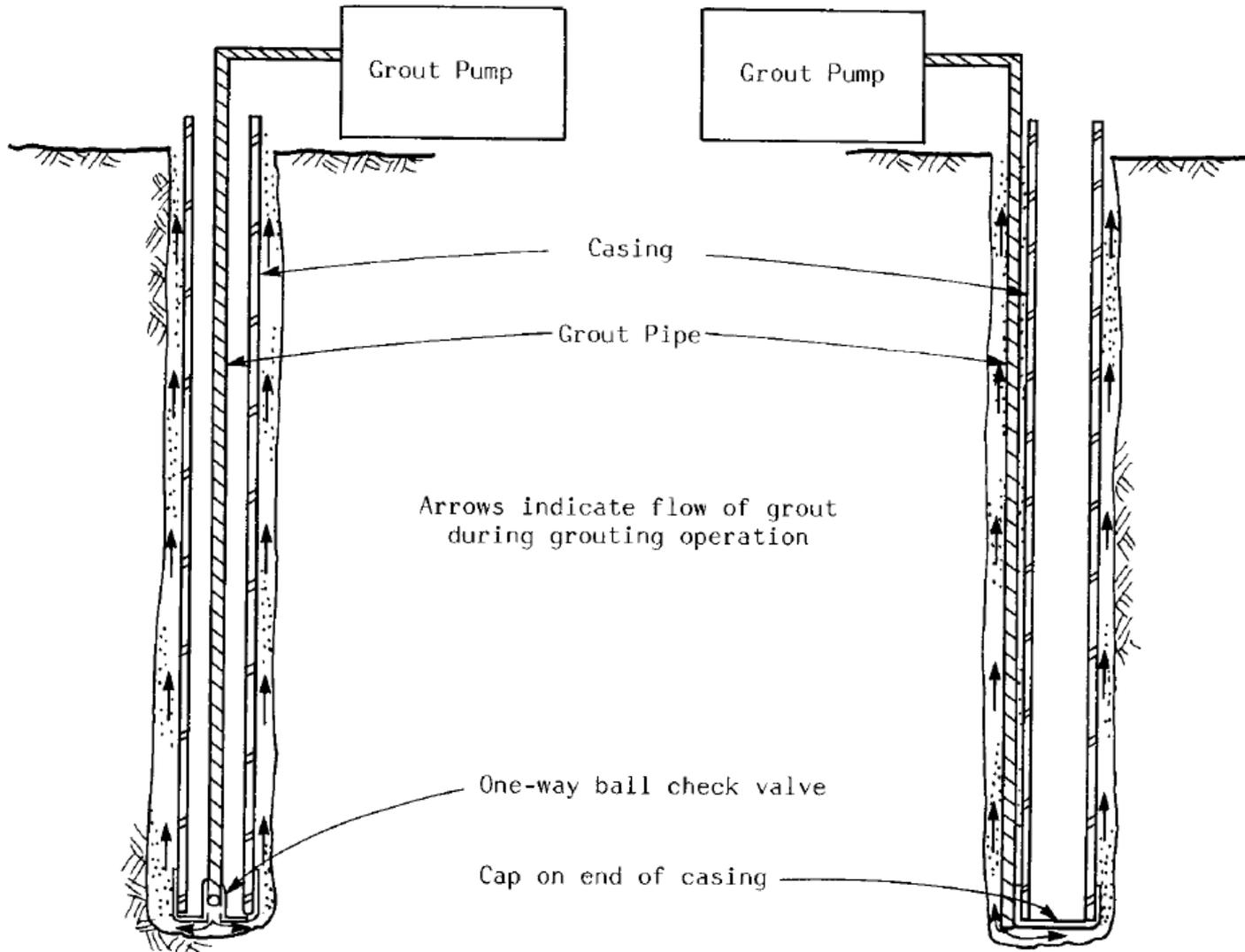


FIG. 4 Acceptable Grouting Techniques



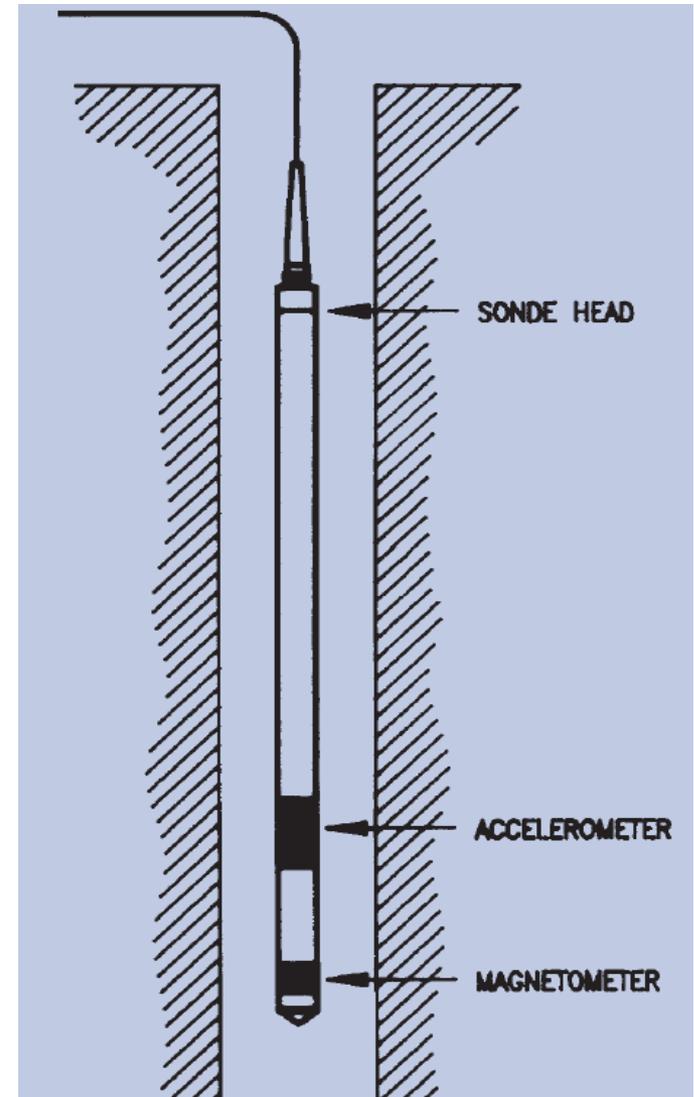
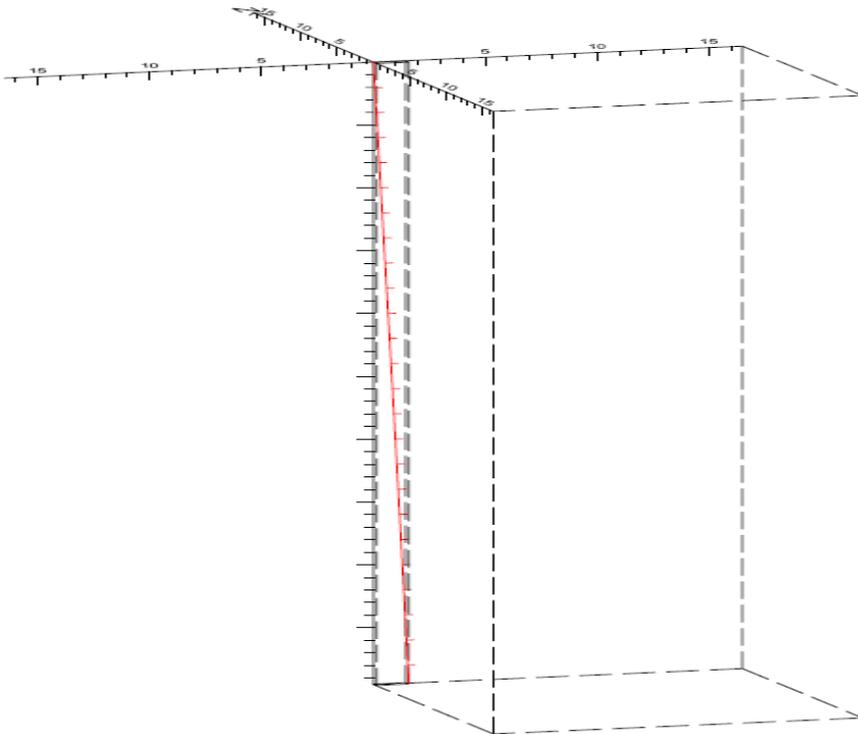
| PROBE CHARACTERISTICS | |
|---|----------------------|
| DIAMETER | <i>max 44 mm</i> |
| LENGTH | <i>1500 mm;</i> |
| WEIGHT | <i>6.9 kg</i> |
| RANGE OF MEASUREMENTS | |
| AZIMUTH (LATITUDINE +/-55 GRADI) | <i>+/- 0.3 gradi</i> |
| INCLINATION | <i>+/- 0.1 gradi</i> |
| ROTATION | <i>+/- 0.1 gradi</i> |
| OPERATING TEMPERATURE | <i>0-125°C</i> |
| MAXIMUM WORK PRESSURE | <i>20 bar</i> |



Figure 10, 11 – Inclinometer Probe A15 (sx) and its Acquisition Unit (dx)

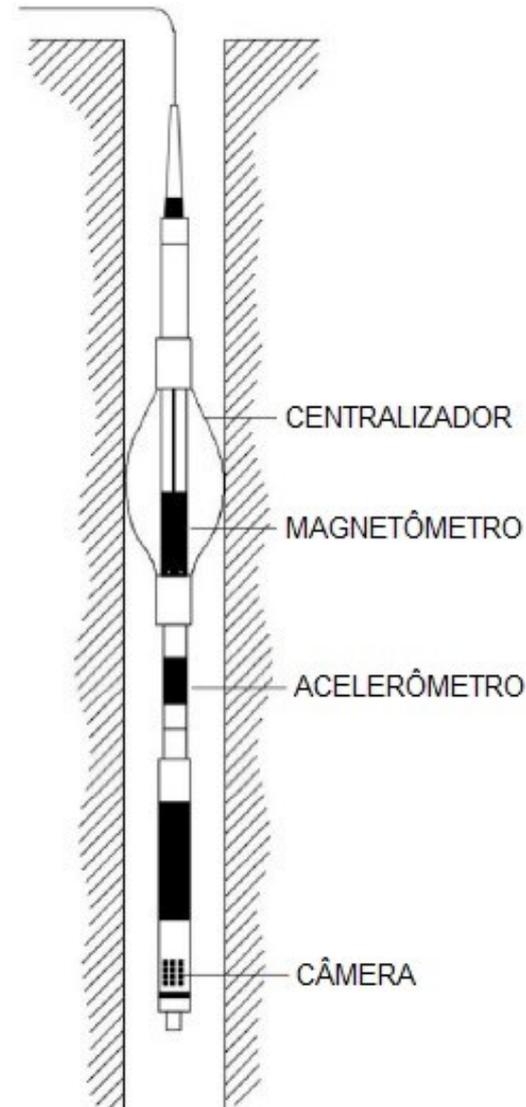
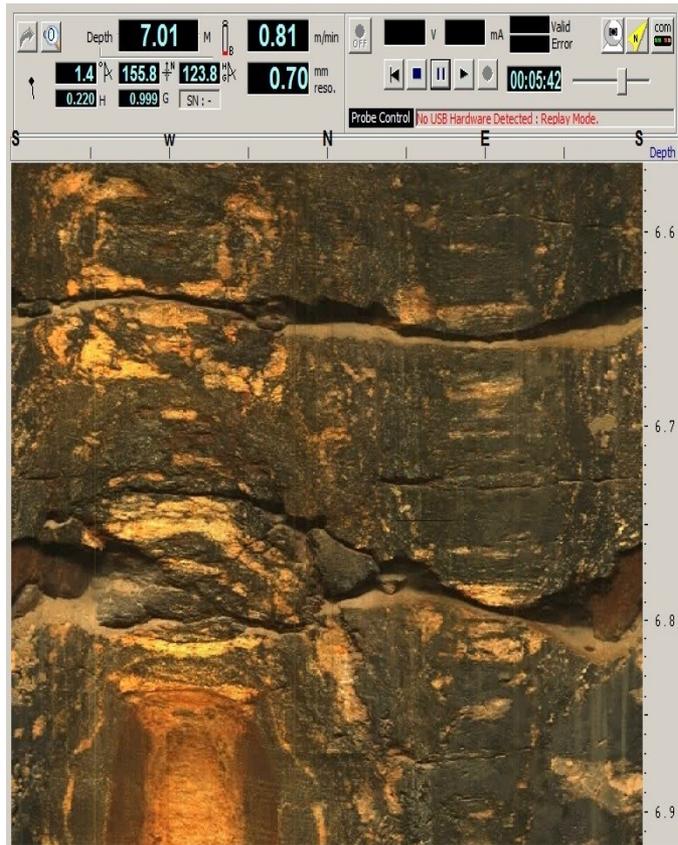
SONDA DE VERTICALIDADE

- Magnetômetro triaxial
→ orientação em relação ao norte magnético (e norte verdadeiro quando corrigida a declinação magnética)
- Três acelerômetros
→ para medida da inclinação do furo



SONDA OPTV (OPTICAL BOREHOLE TELEVIEWER)

Televisonamento de furo de sondagem

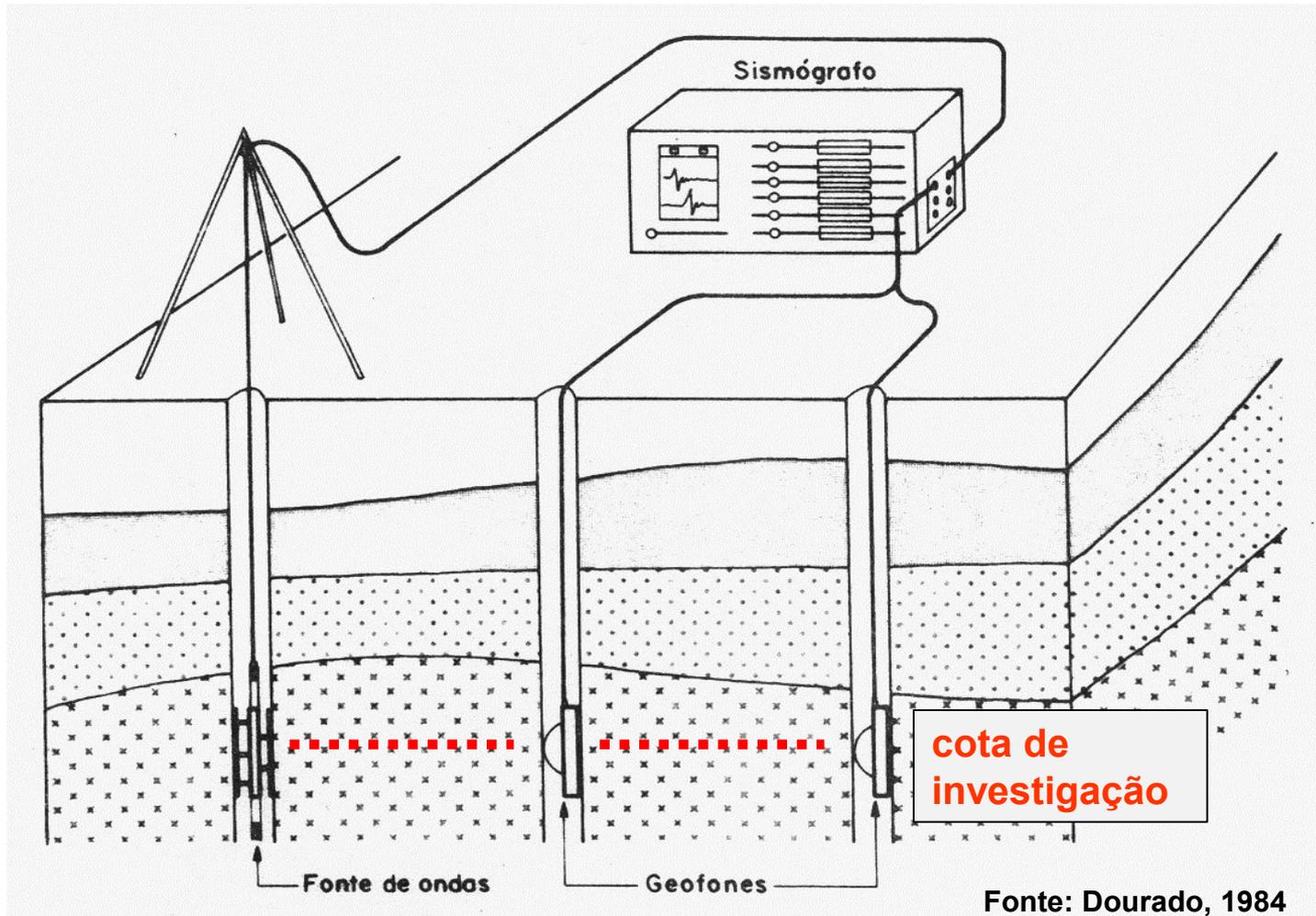


Nivelamento da boca dos furos



Descida da
"sonda falsa"





Objetivo: Determinação precisa dos valores de V_p e V_s “in situ”

⇒ É o ensaio que fornece com **maior precisão** os valores das **velocidades das ondas sísmicas** em subsuperfície

A Comparison of Four Geophysical Methods for Determining the Shear Wave Velocity of Soils

Neil Anderson¹, Thanop Thitimakorn¹, David Hoffman², Richard Stephenson², Ronaldo Luna²

Geological Sciences and Engineering, University of Missouri-Rolla, Rolla, Missouri

Civil, Architectural and Environmental Engineering, University of Missouri-Rolla, Rolla, Missouri

These CH shear wave velocity data are assumed to be more reliable than the corresponding SCPT, MASW and ReMI data, and were used as a “yard stick” for evaluating the accuracy of the acquired SCPT, MASW, and ReMI shear wave velocity data.

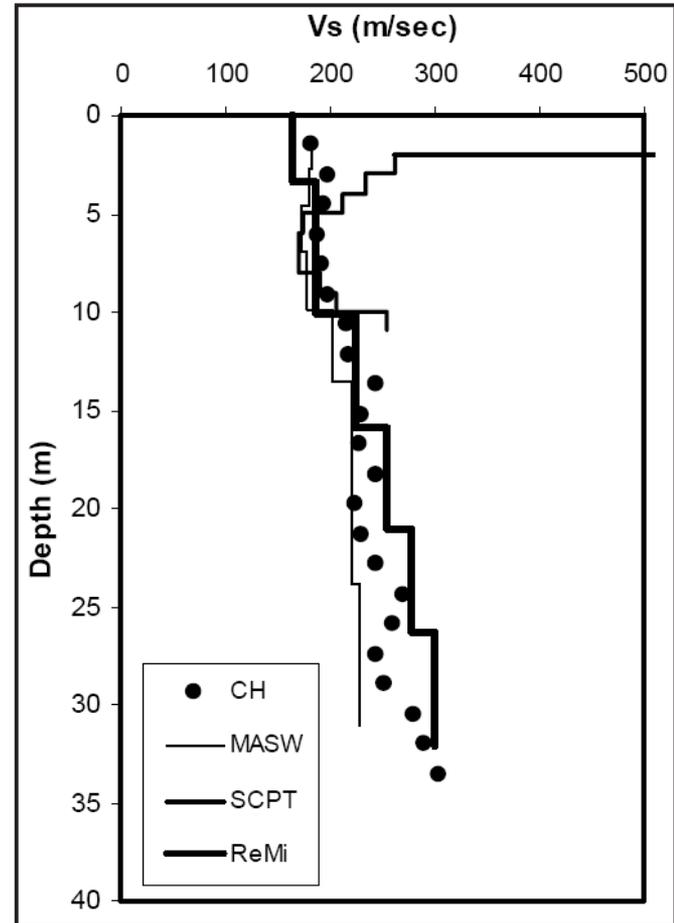
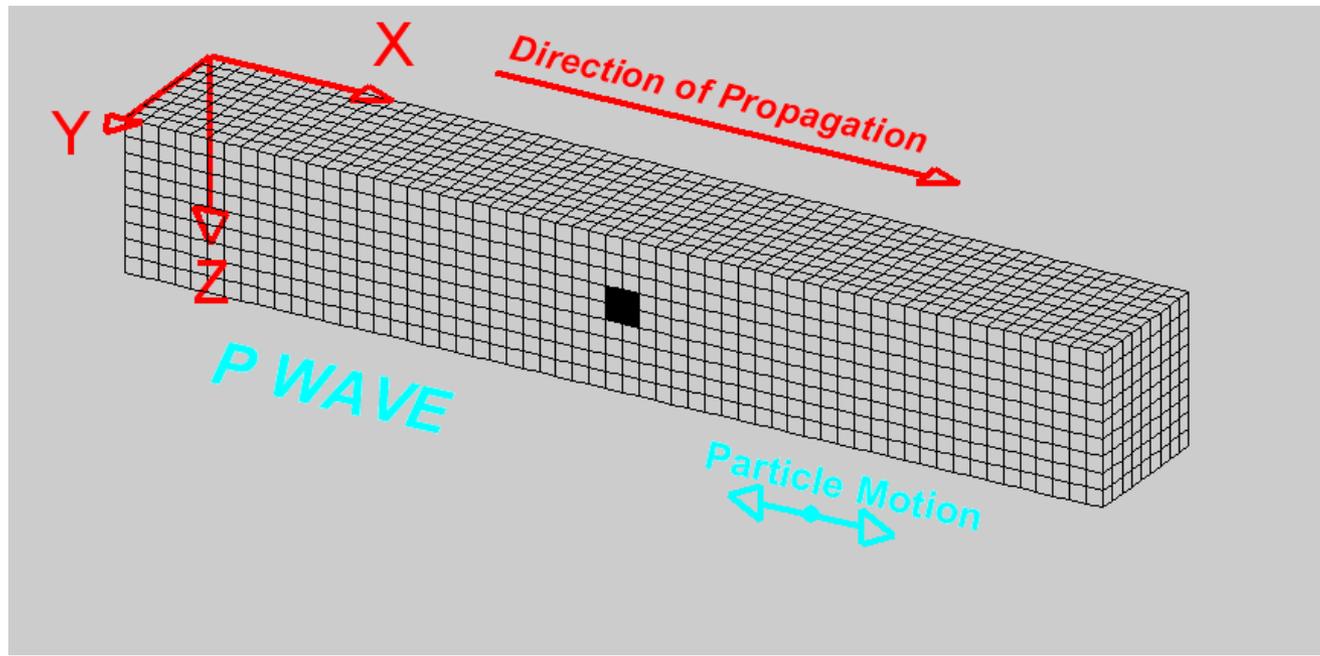
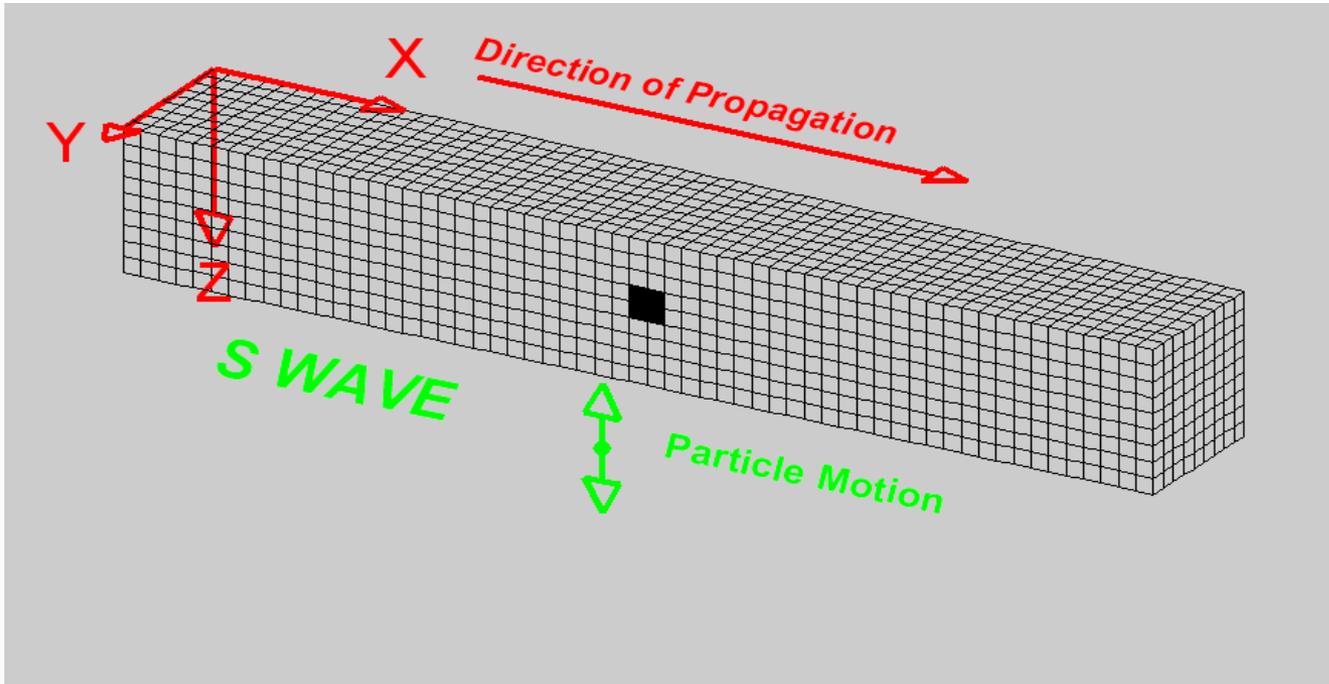


Fig. 1: CH, SCPT, MASW and ReMI shear wave velocity profiles for test site #3.

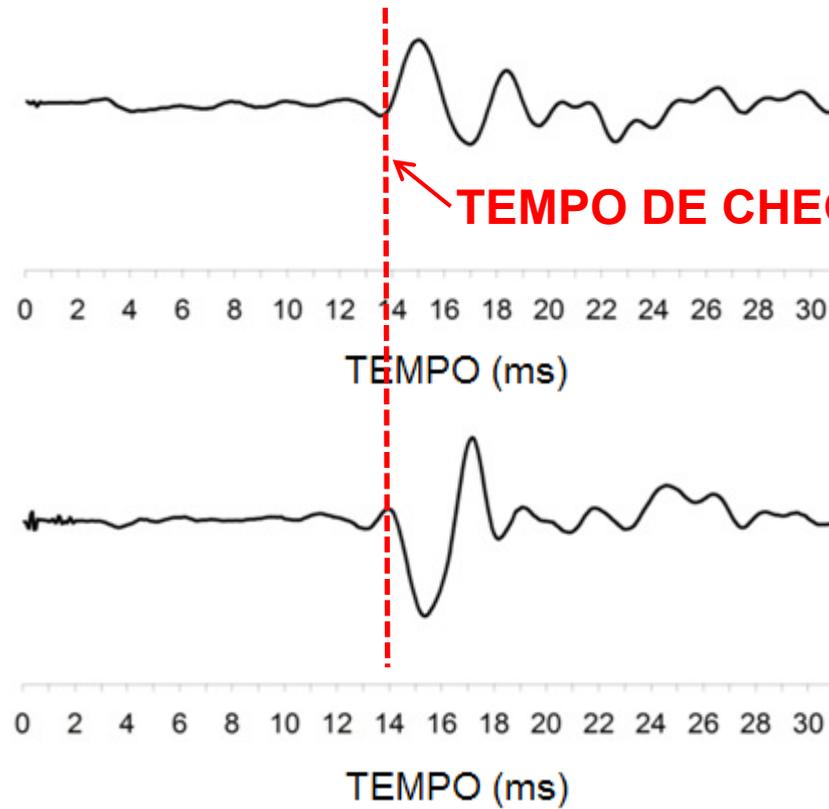
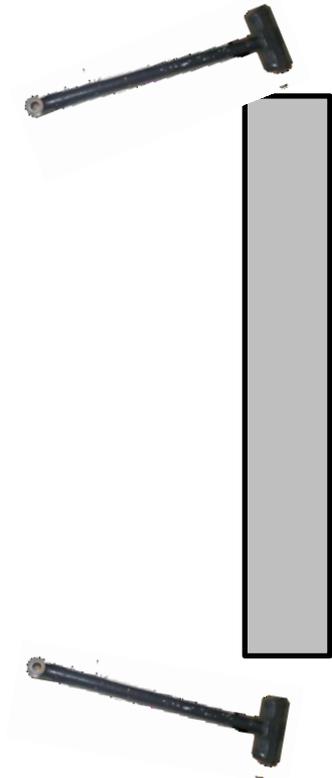
Onda P



Onda S



A onda cisalhante (onda S) tem a capacidade de polarizar-se



Relações entre os módulos dinâmicos com V_P e V_S

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2 \cdot \left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2} = \frac{(V_P^2 - 2 \cdot V_S^2)}{2 \cdot (V_P^2 - V_S^2)} \quad (\text{coeficiente de Poisson dinâmico})$$

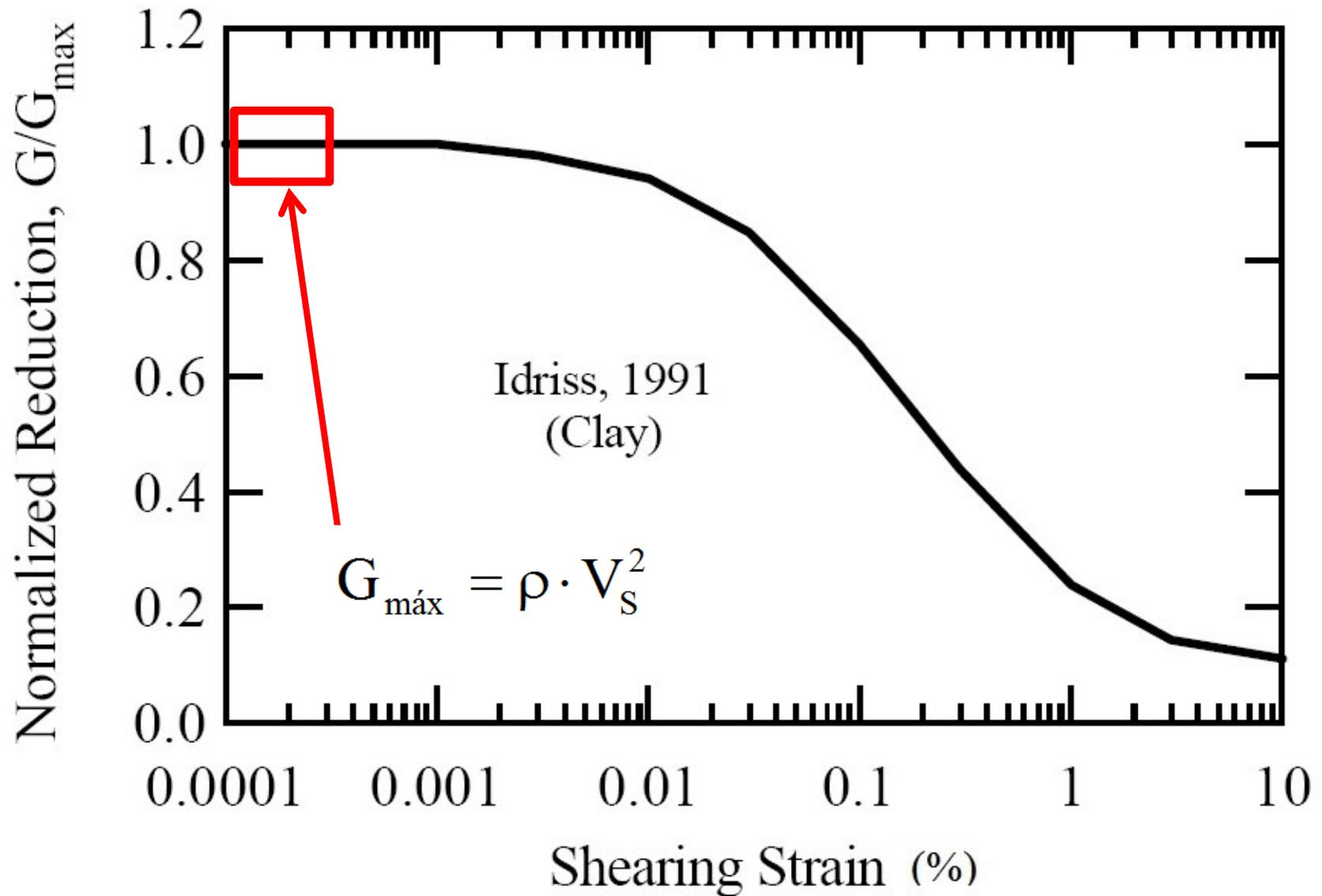
$$E = V_P^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1-2\nu) \cdot (1+\nu)}{(1-\nu)} = 2 \cdot V_S^2 \cdot \rho \cdot (1+\nu) \quad (\text{módulo de Young dinâmico})$$

$$G = \rho \cdot V_S^2 \quad (\text{módulo de cisalhamento dinâmico})$$

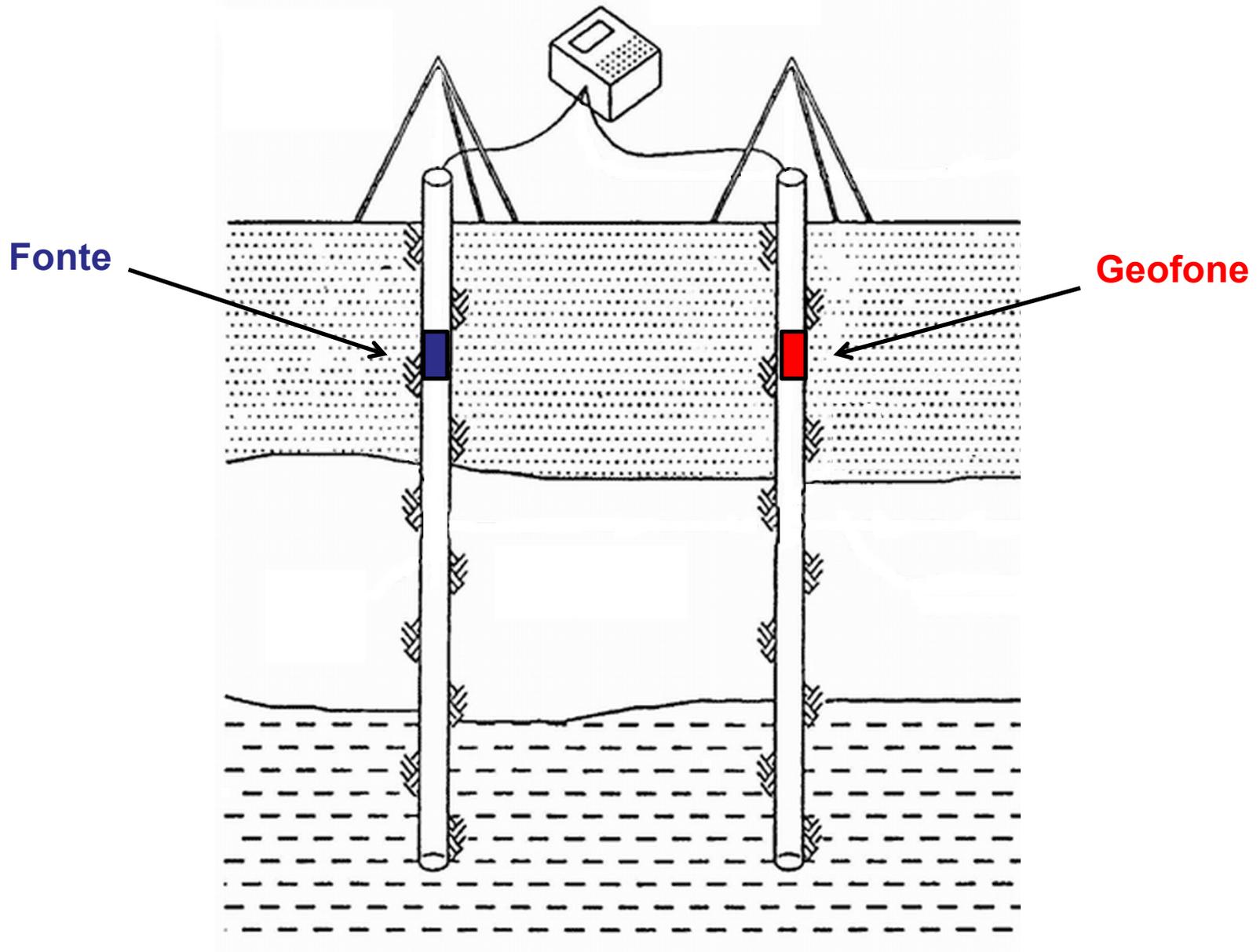
V_P e $V_S \rightarrow$ Medidos pelo ensaio sísmico *crosshole*

$$\rho \text{ (massa específica)} = \gamma_N / g$$

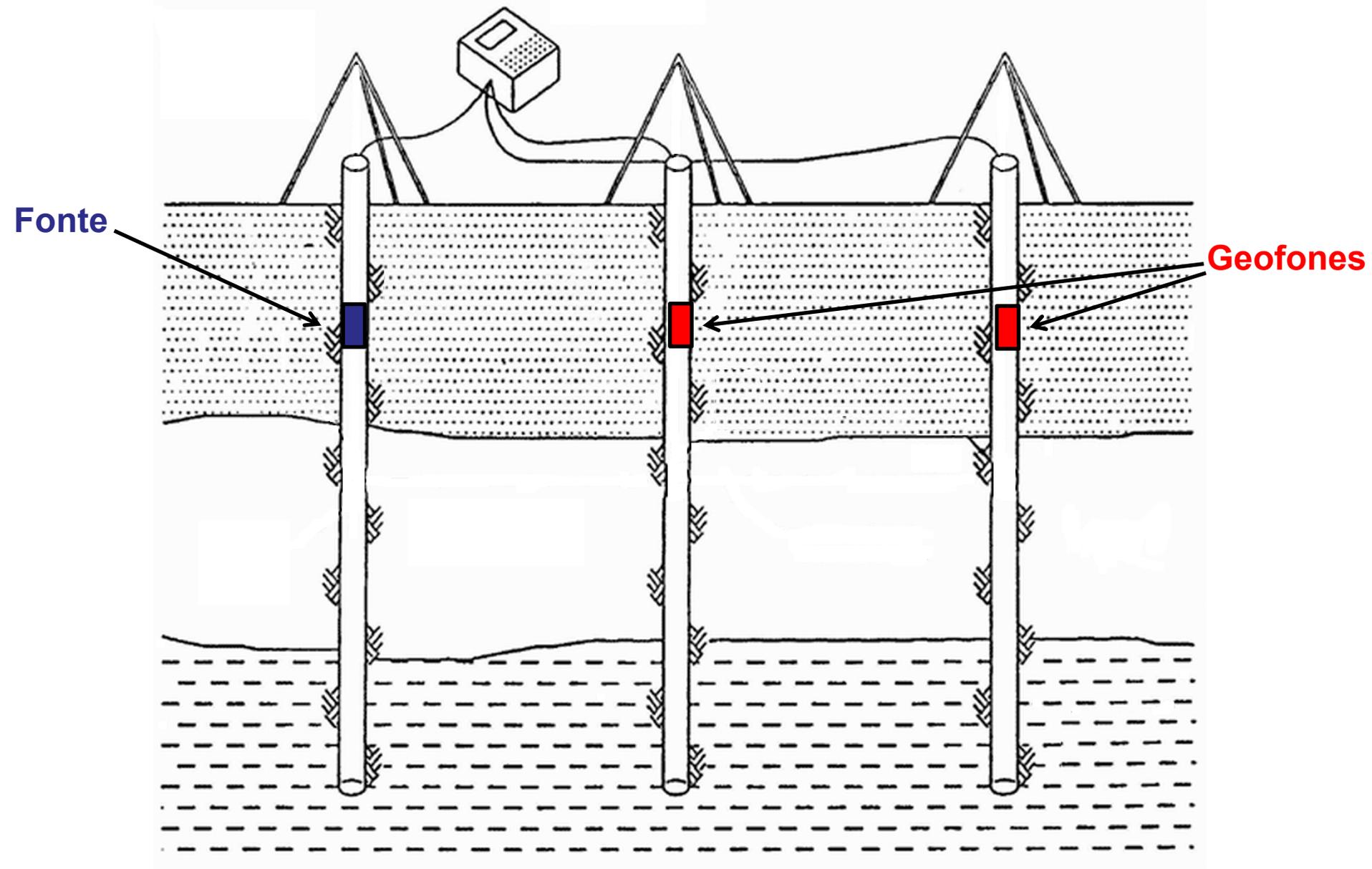
CURVA DE DEGRADAÇÃO DO MÓDULO DE RIGIDEZ (G)



O ensaio CH pode ser realizado utilizando-se 2 furos



ou utilizando-se 3 furos (mais recomendado - ASTM D4428)





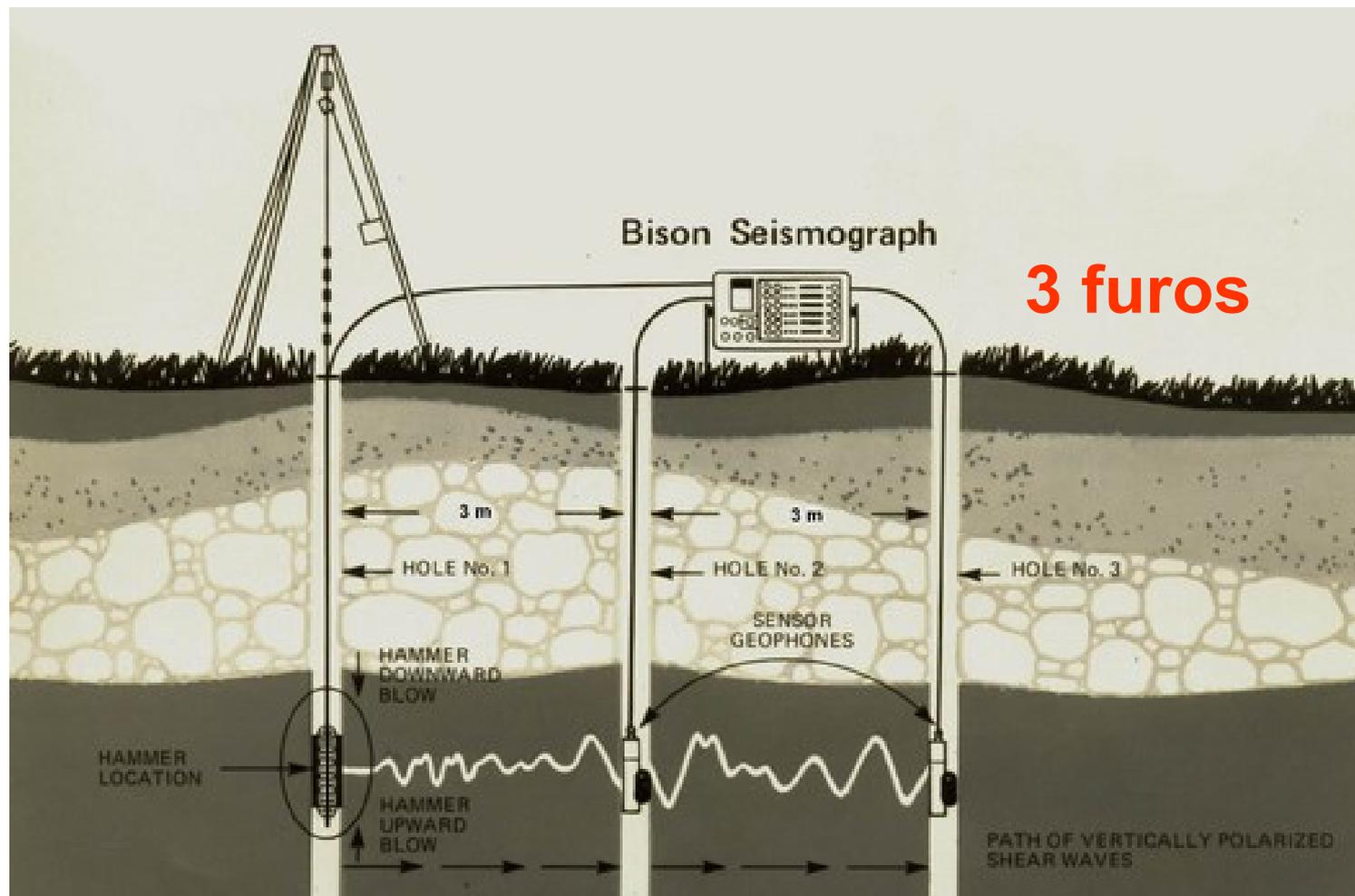
**FONTE
(FURO R2)**

**GEOFONE 1
(FURO R1)**

**GEOFONE 2
(FURO F1)**

**Eldorado Celulose (Três Lagoas - MS)
04/2019**

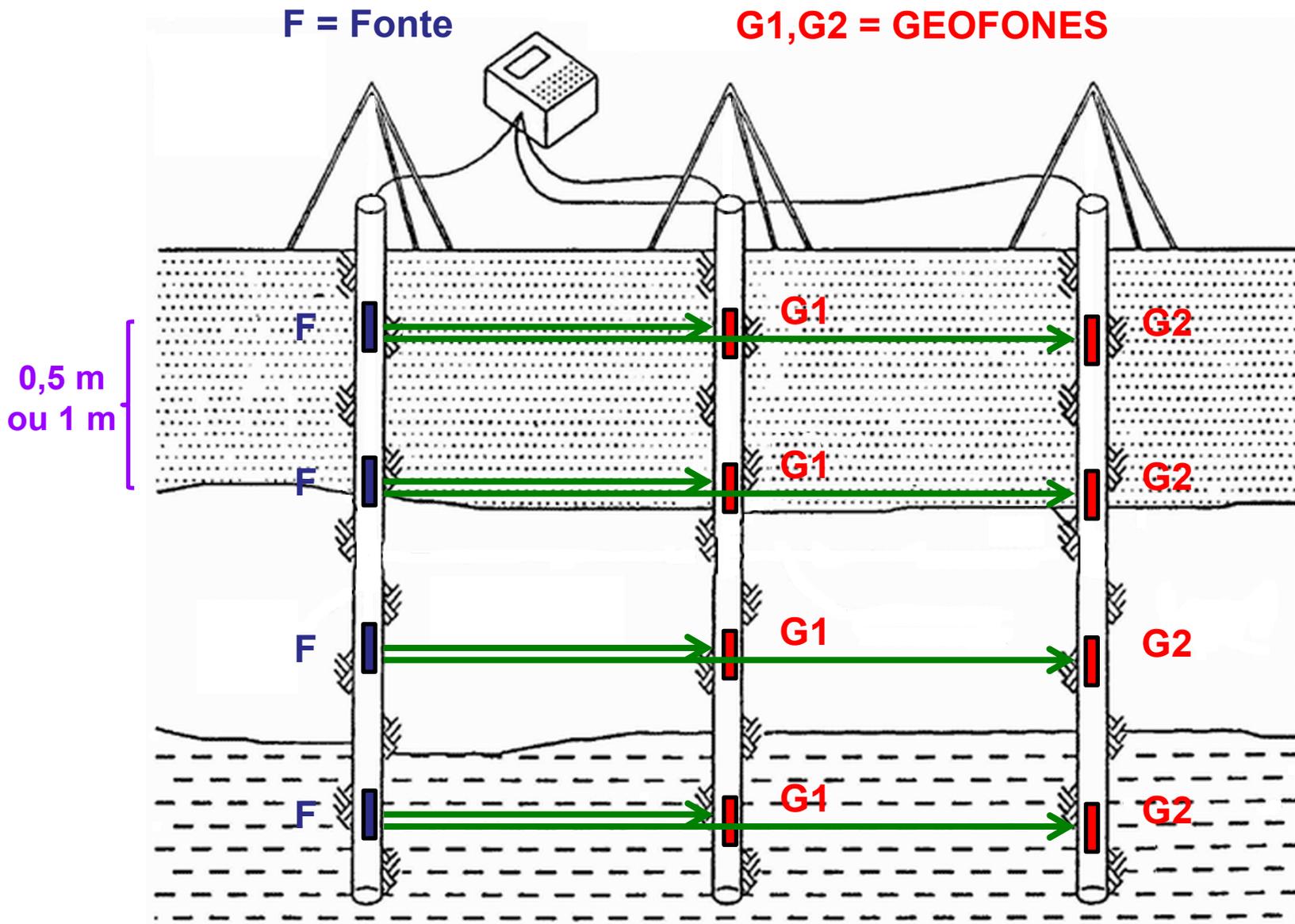
Ensaio Crosshole



PRINCIPAL LIMITAÇÃO:

A investigação está restrita a um volume limitado do maciço (existente entre os furos, em torno de 6 m)

Ensaio CROSSHOLE: como o ensaio é realizado?



A fonte de ondas e os geofones são posicionados na mesma cota

A precisão e a resolução do ensaio CROSSHOLE é constante para todas as profundidades; com os ensaios de superfície, a precisão e a resolução diminuem com a profundidade

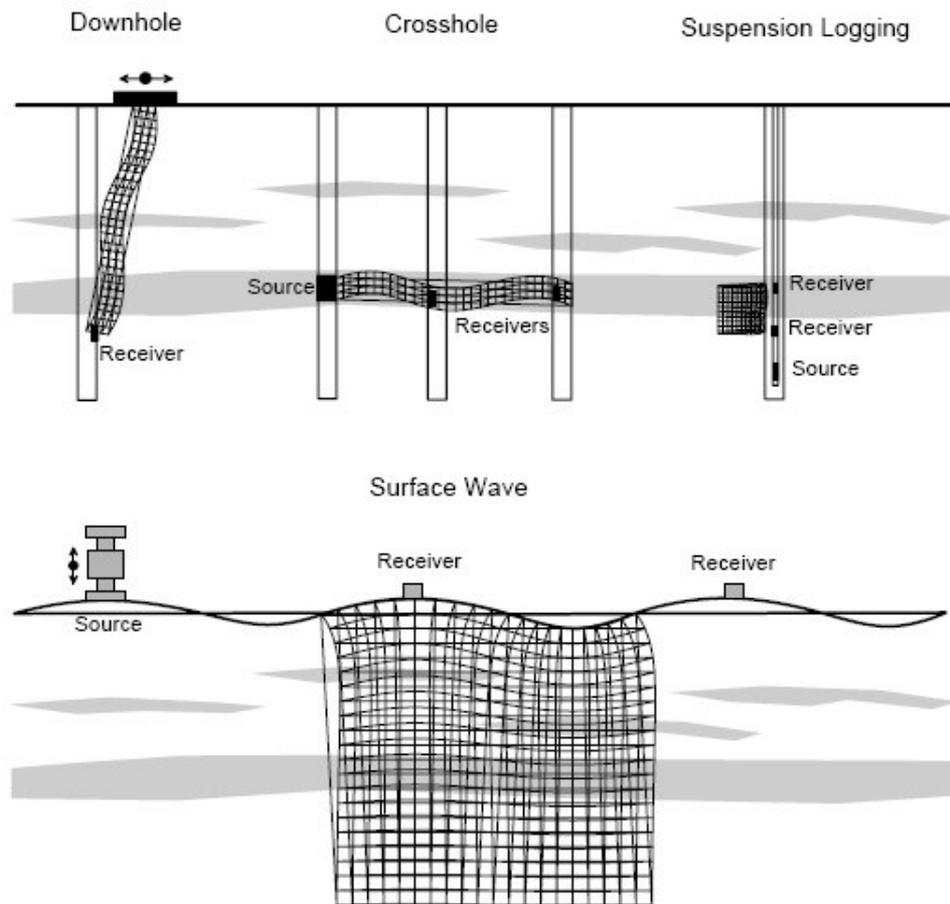
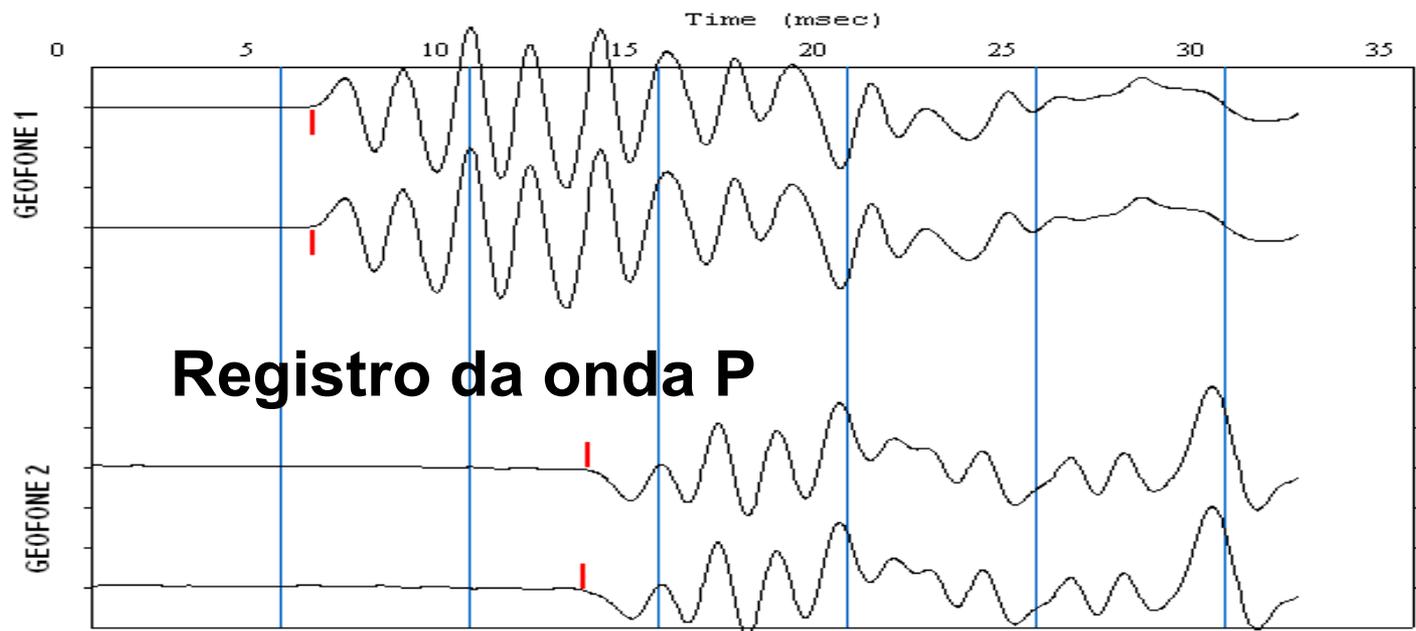
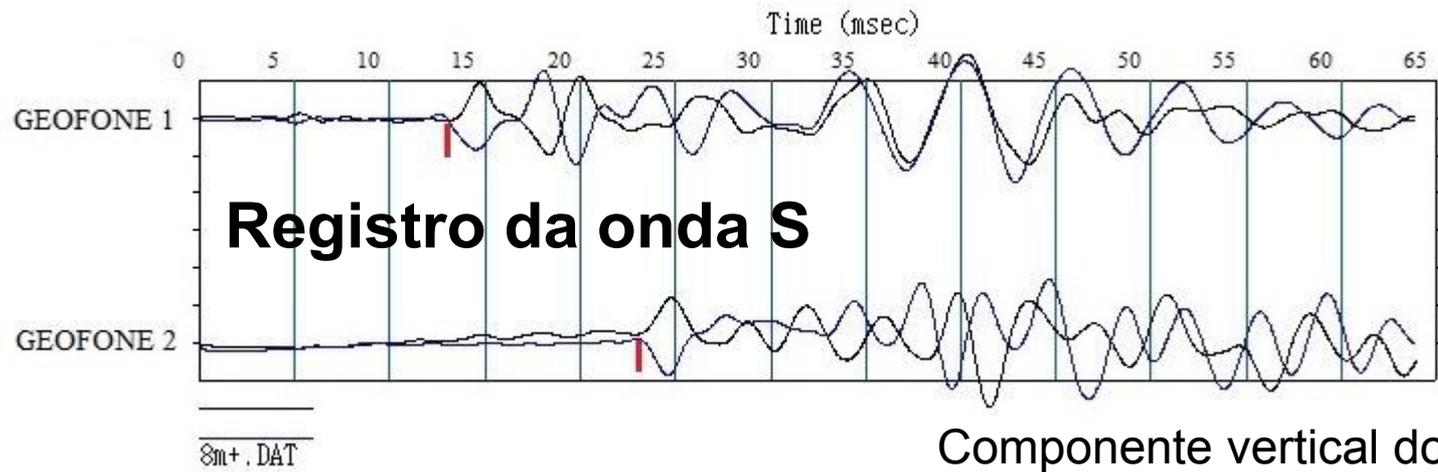
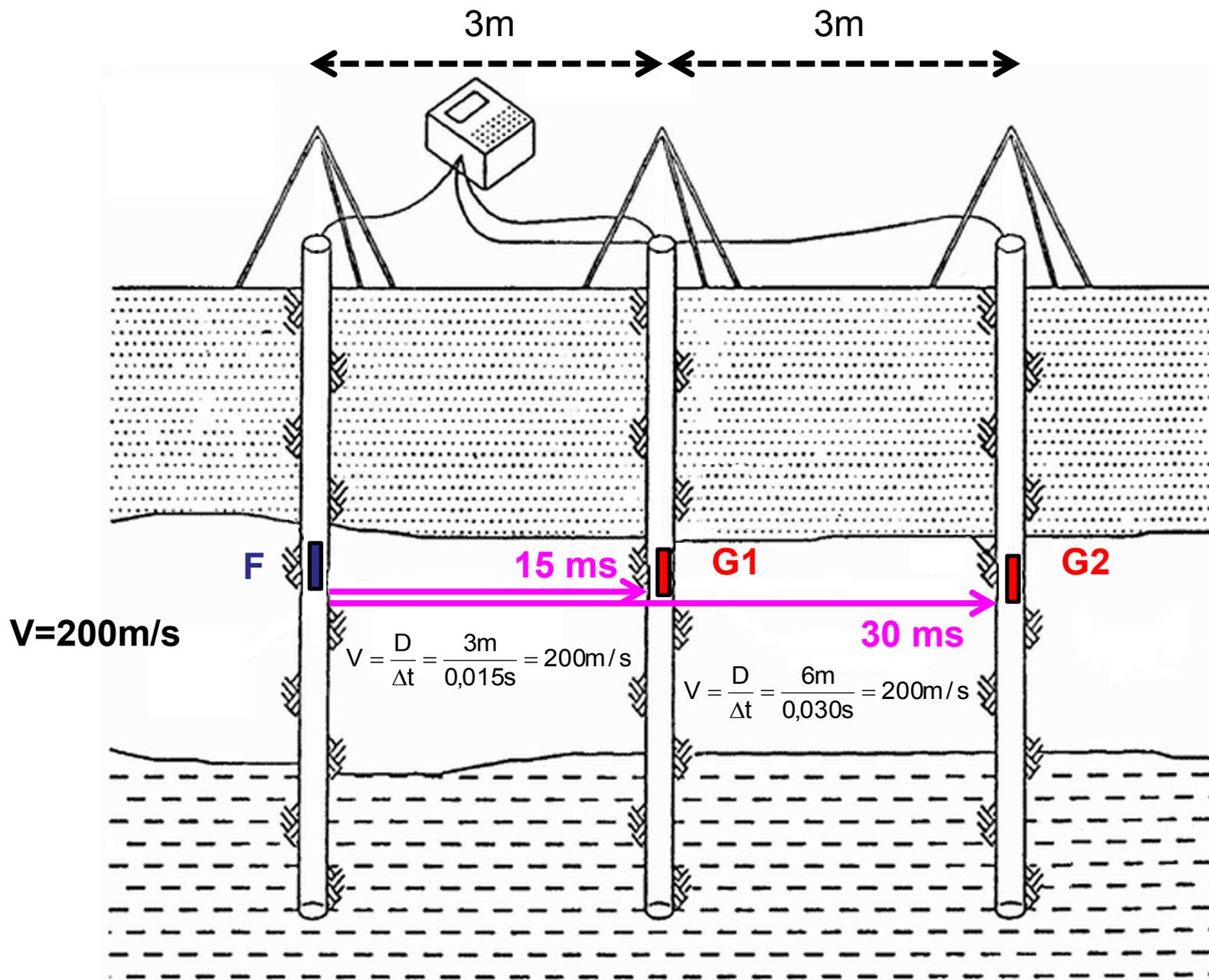
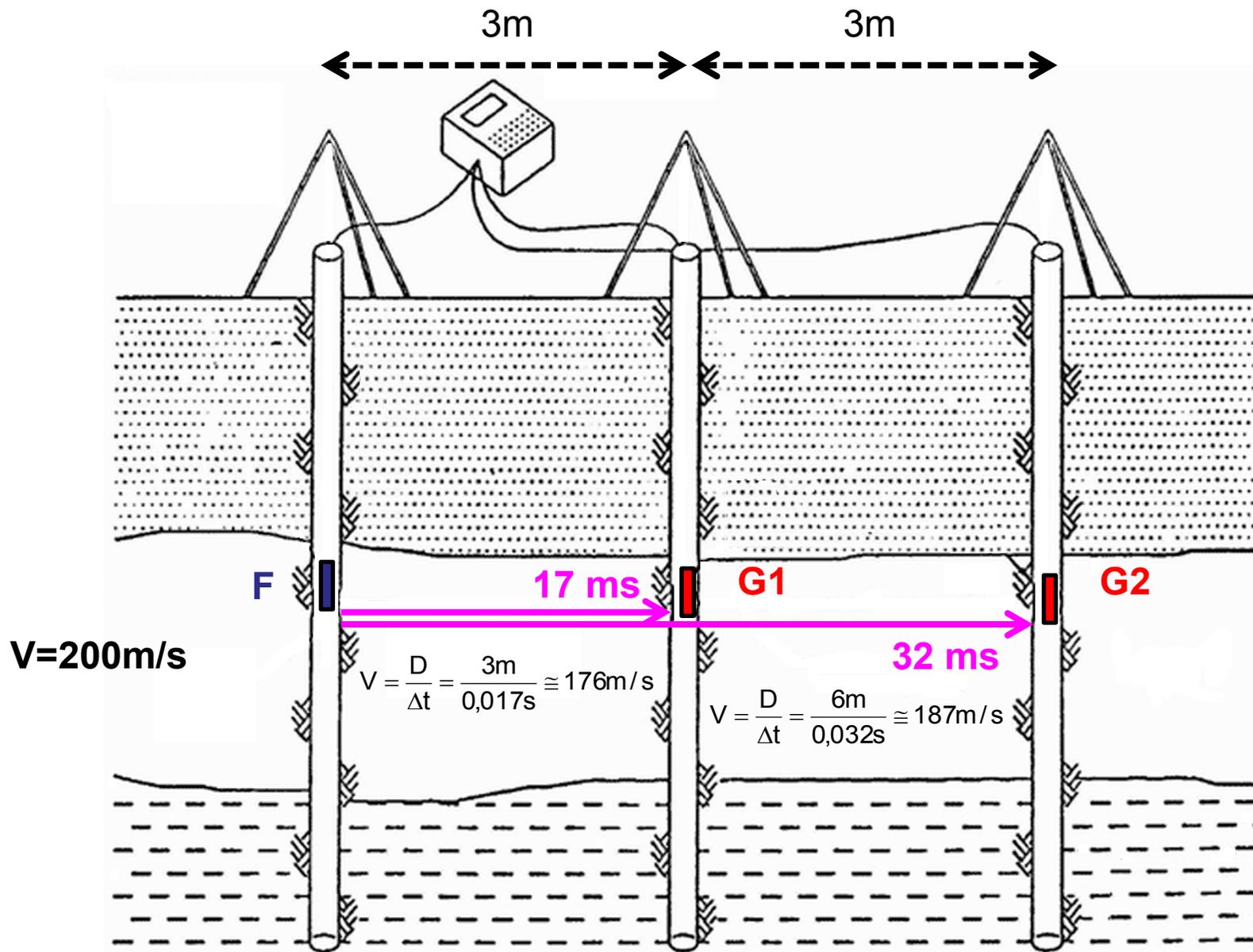


Figure 3.98: Difference in scale and resolution among various geophysical methods for measuring V_s .





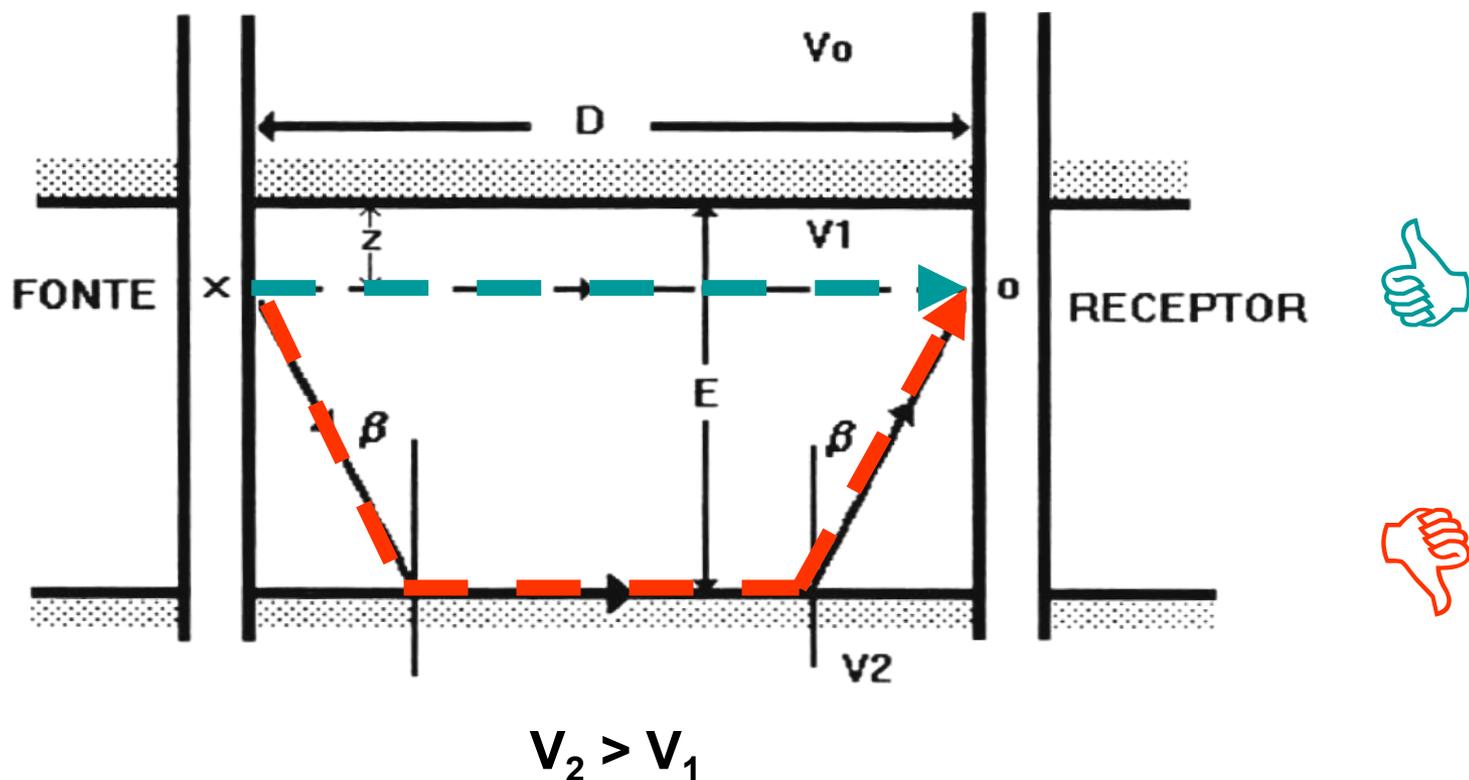
A importância de se utilizar 3 furos no ensaio *crosshole*



Trabalhando com as \neq de tempos, os erros devido a problema no "trigger" são eliminados!

$$V = \frac{D}{\Delta t_2 - \Delta t_1} = \frac{3 \text{ m}}{0,032 \text{ s} - 0,017 \text{ s}} = \frac{3 \text{ m}}{0,015} = 200 \text{ m/s}$$

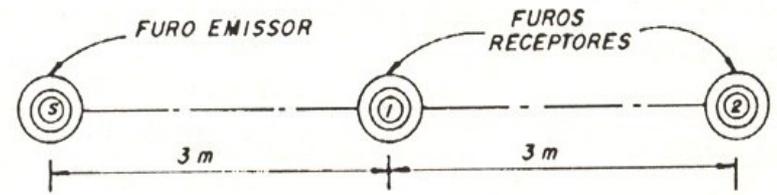
✓ O ensaio é concebido para captar as ondas diretas (trajetória direta, supostamente retilínea entre fonte e geofone), isto é, aquelas que não sofreram refração, obtendo-se os valores reais das velocidades de propagação das ondas P e S



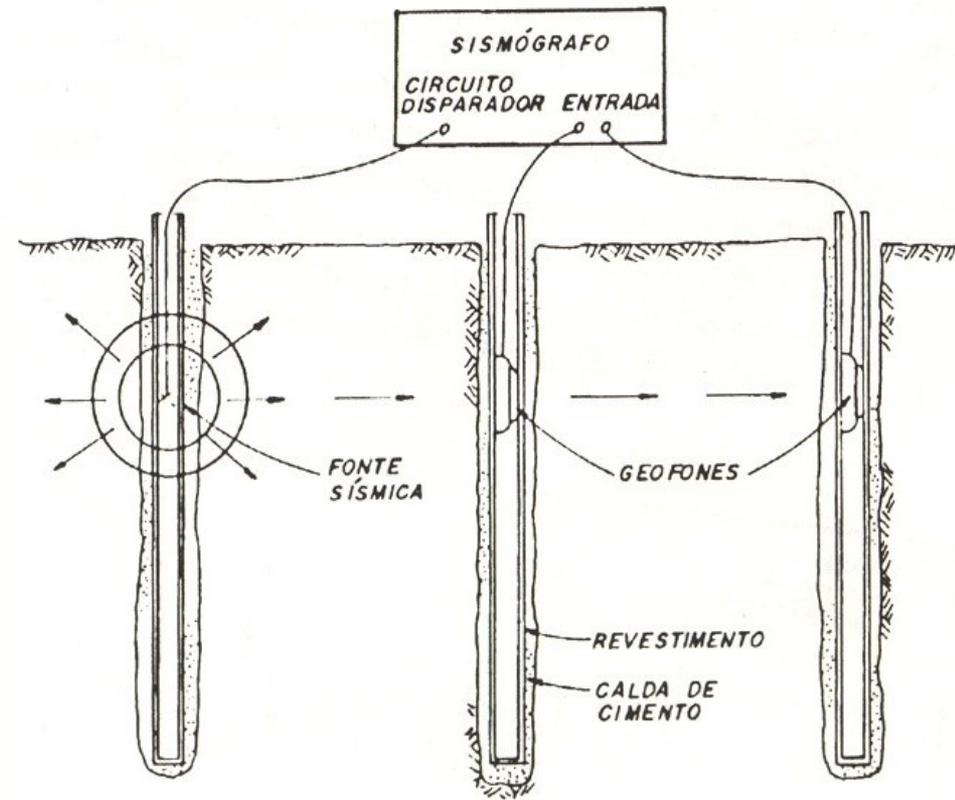
Por este motivo o espaçamento entre furos deve ser pequeno ($\cong 3$ m)

ASTM D4428

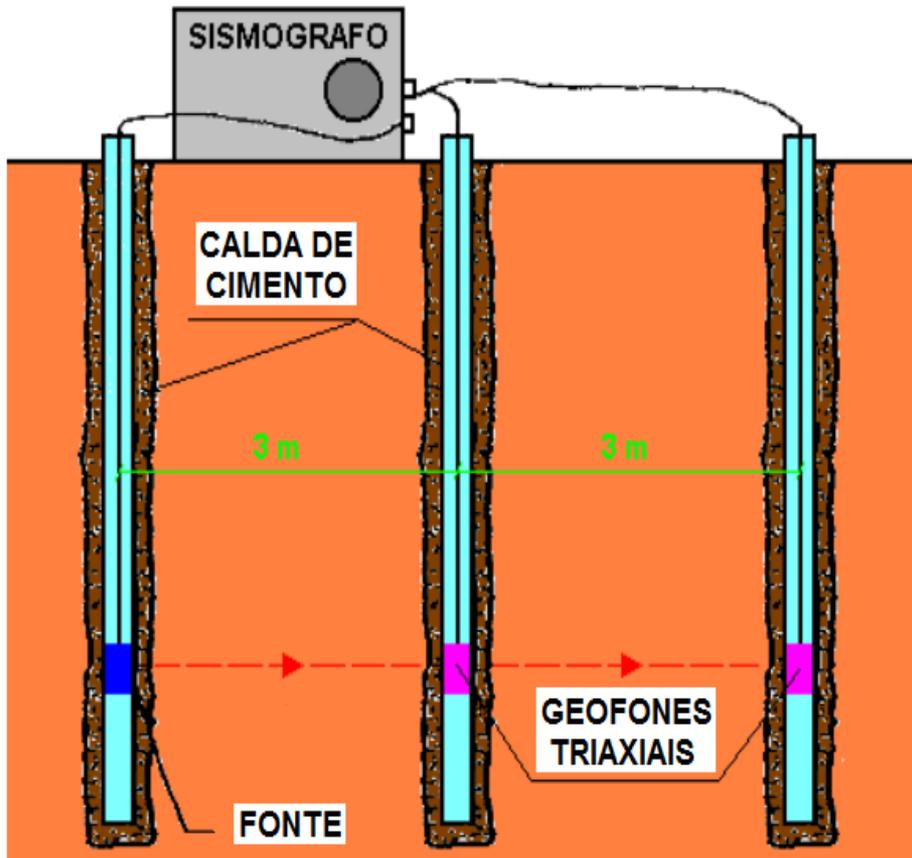
→ 3 furos coplanares, alinhados e igualmente espaçados (em geral 3 m)



PLANTA

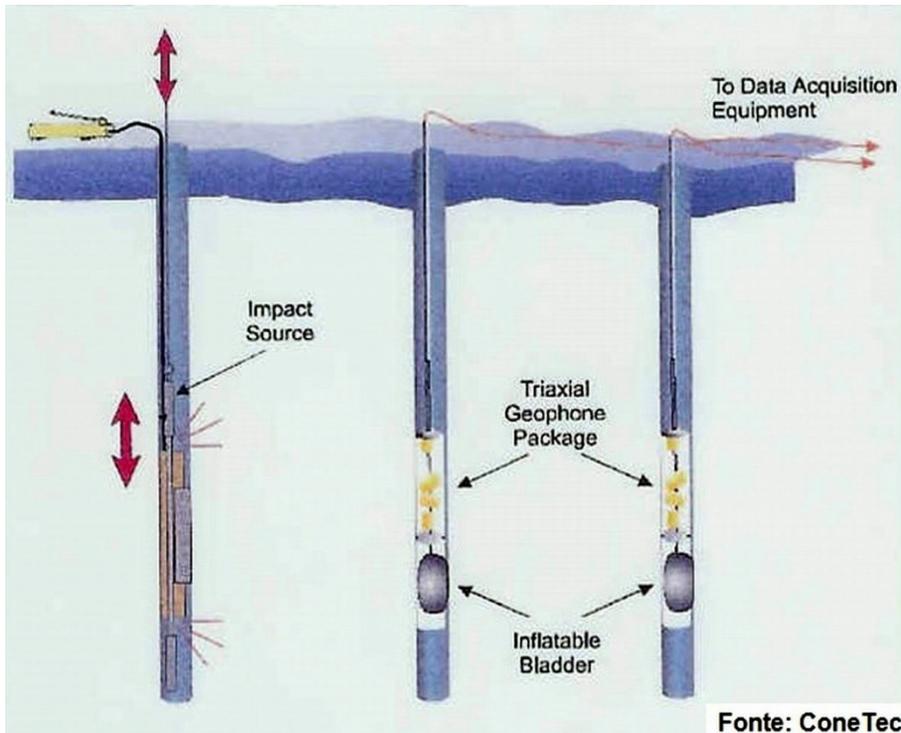


SEÇÃO TRANSVERSAL



Equipamentos utilizados para o ensaio *crosshole* e a aquisição dos dados

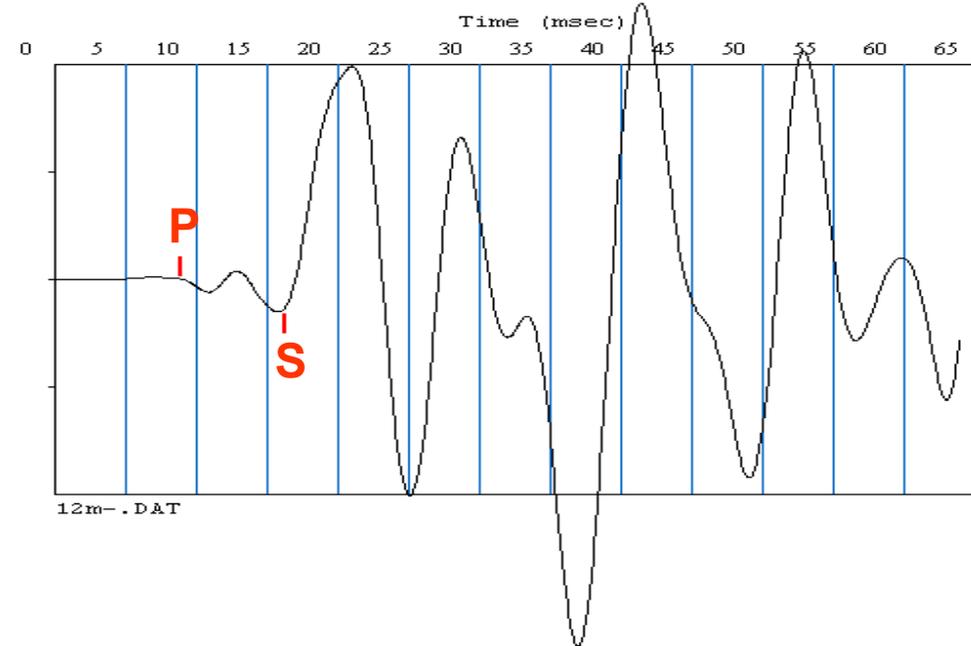
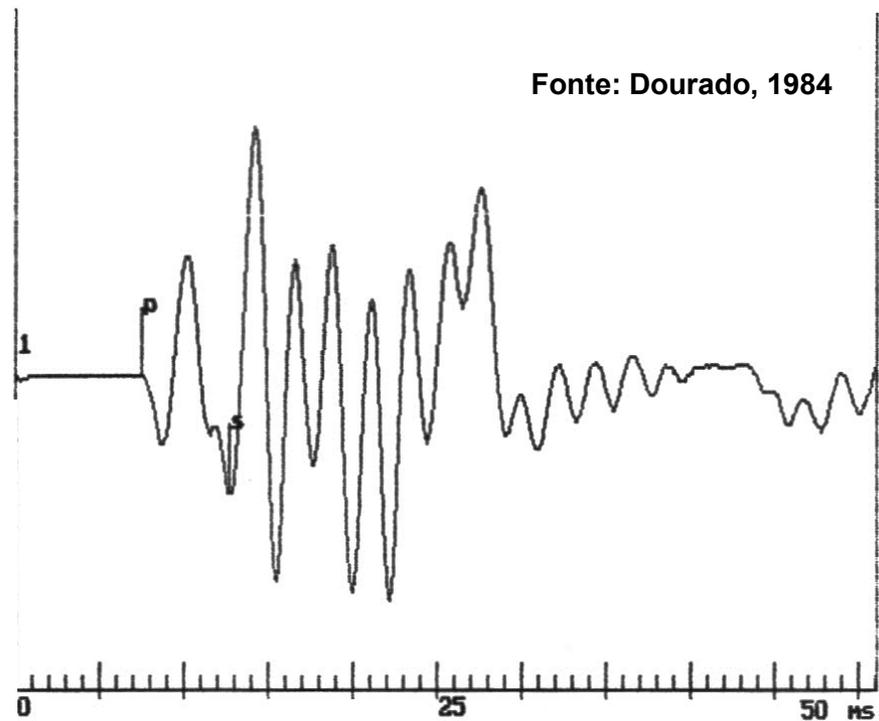
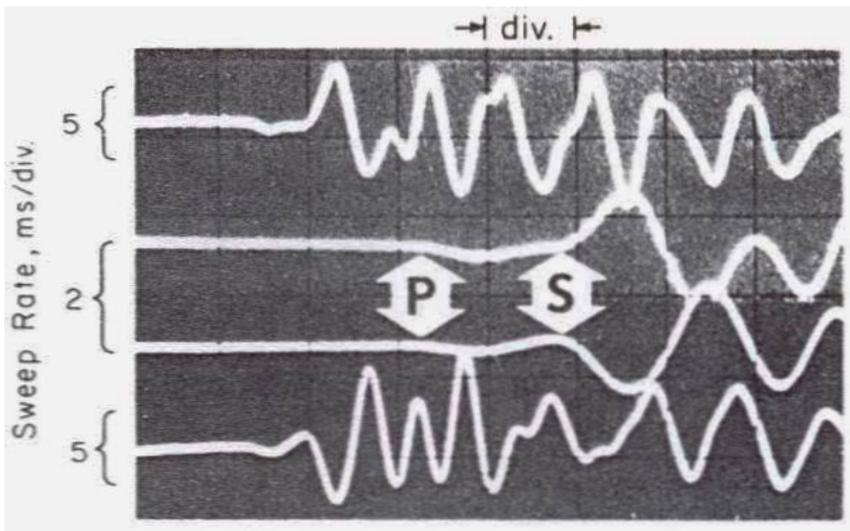
- ◆ Fonte de ondas sísmicas (P e S)
- ◆ Geofone triaxial
- ◆ Sismógrafo



Não existe uma fonte sísmica que gere de modo eficaz ondas P e ondas S ao mesmo tempo

⇒ Devem ser utilizadas fontes distintas!

Visualização da onda P e S em um mesmo registro de um ensaio *crosshole* (não muito comum)



1) Fonte de ondas sísmicas

Martelo de furo → gera preferencialmente onda S

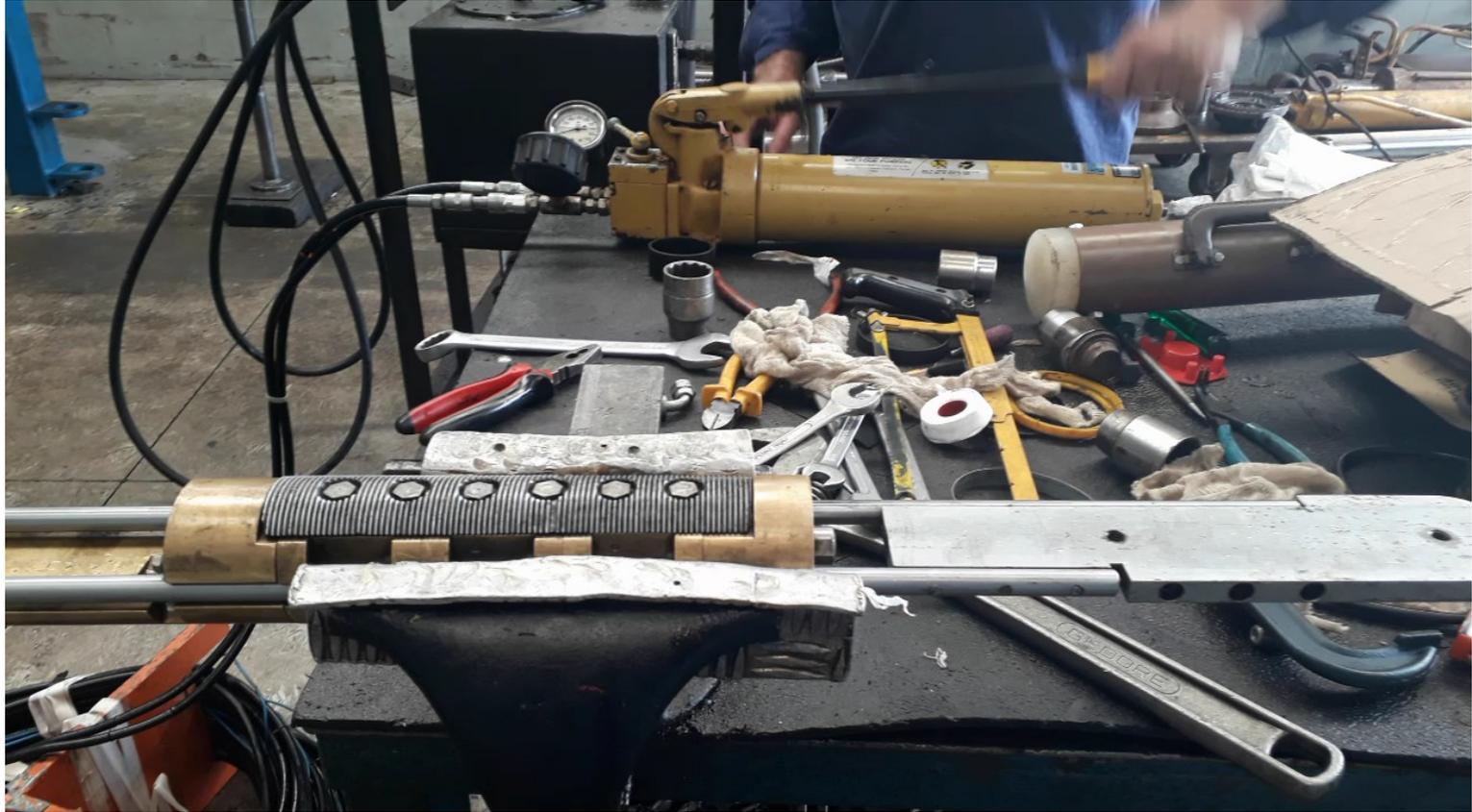
- Constituída de um martelo com um corpo fixo e um batedor corrediço, com mecanismo de fixação por meio de sapata ativada hidraulicamente
- As ondas são geradas pelo impacto do batedor que golpeia o corpo fixo
→ Este impacto pode ser “de cima para baixo” ou de “baixo para cima” gerando a inversão de polaridade da onda S



Fonte BISON-modelo 1465-1



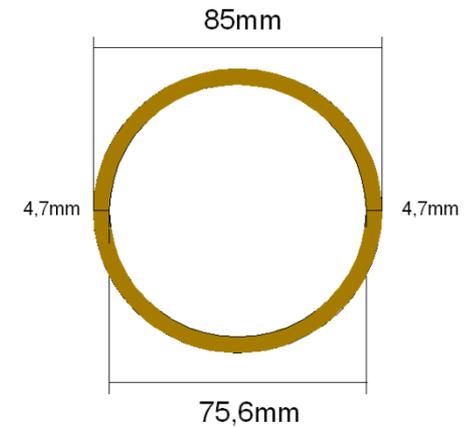
Vídeo





Batedor corrediço
que golpeia

Corpo que fica fixado
na parede do furo



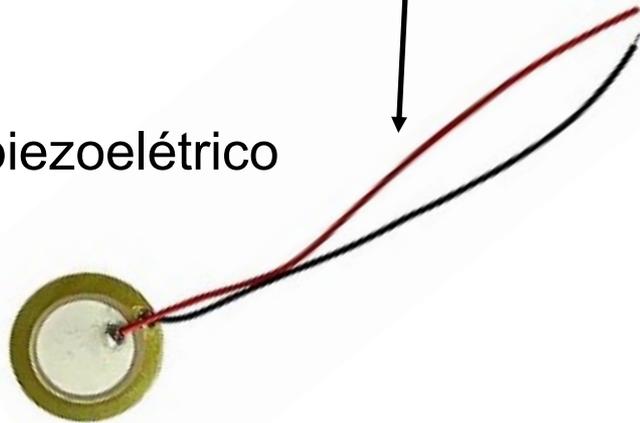
diâmetro externo = 85mm
diâmetro interno = 75,6mm
parede = 4,7mm
(marrom, parede grossa)

Bomba hidráulica



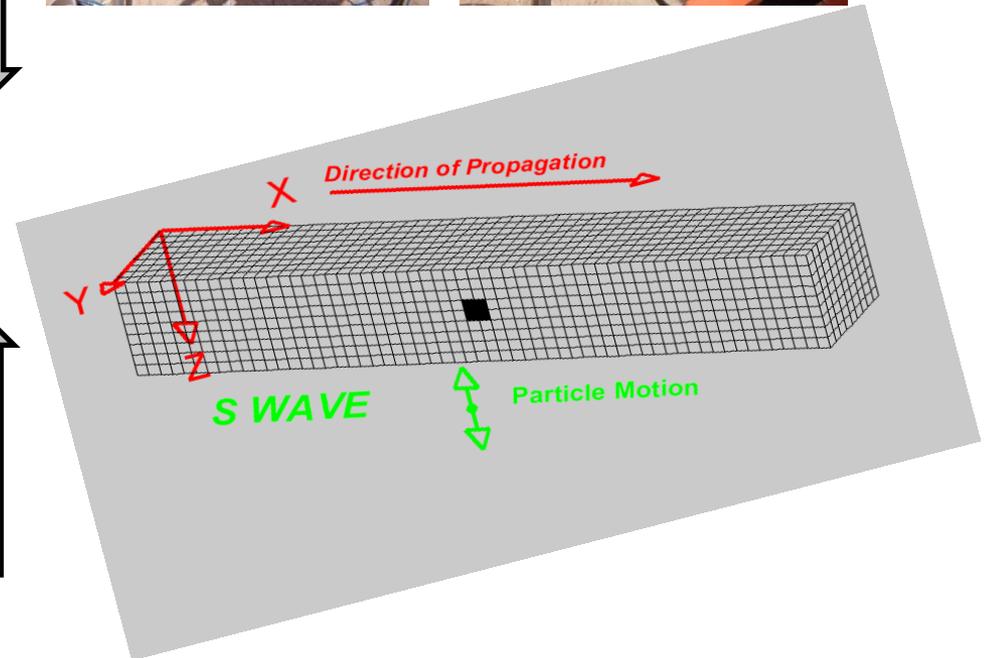
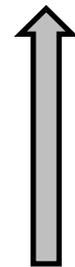
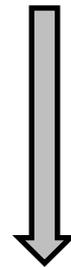


Pastilha transdutor piezoelétrico

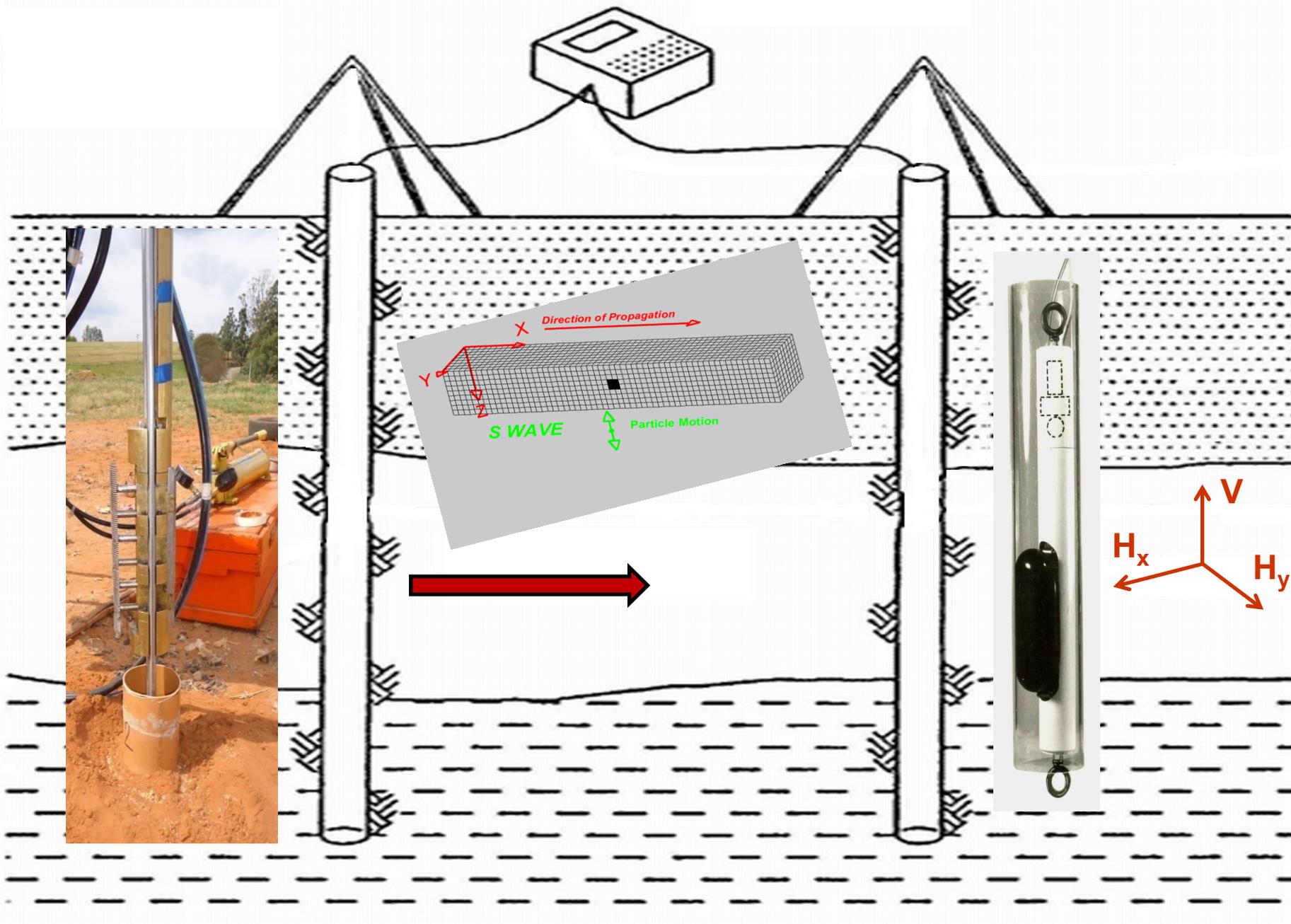


1) Fonte de ondas sísmicas

Martelo de furo → gera preferencialmente onda S



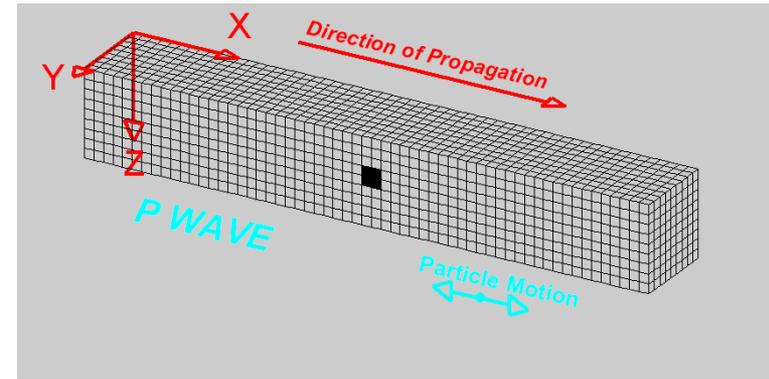
MARTELO DE FURO - GERA PREFERENCIALMENTE ONDAS CISALHANTES (S)



1) Fonte de ondas sísmicas

Canhão de ar comprimido (*air gun*)

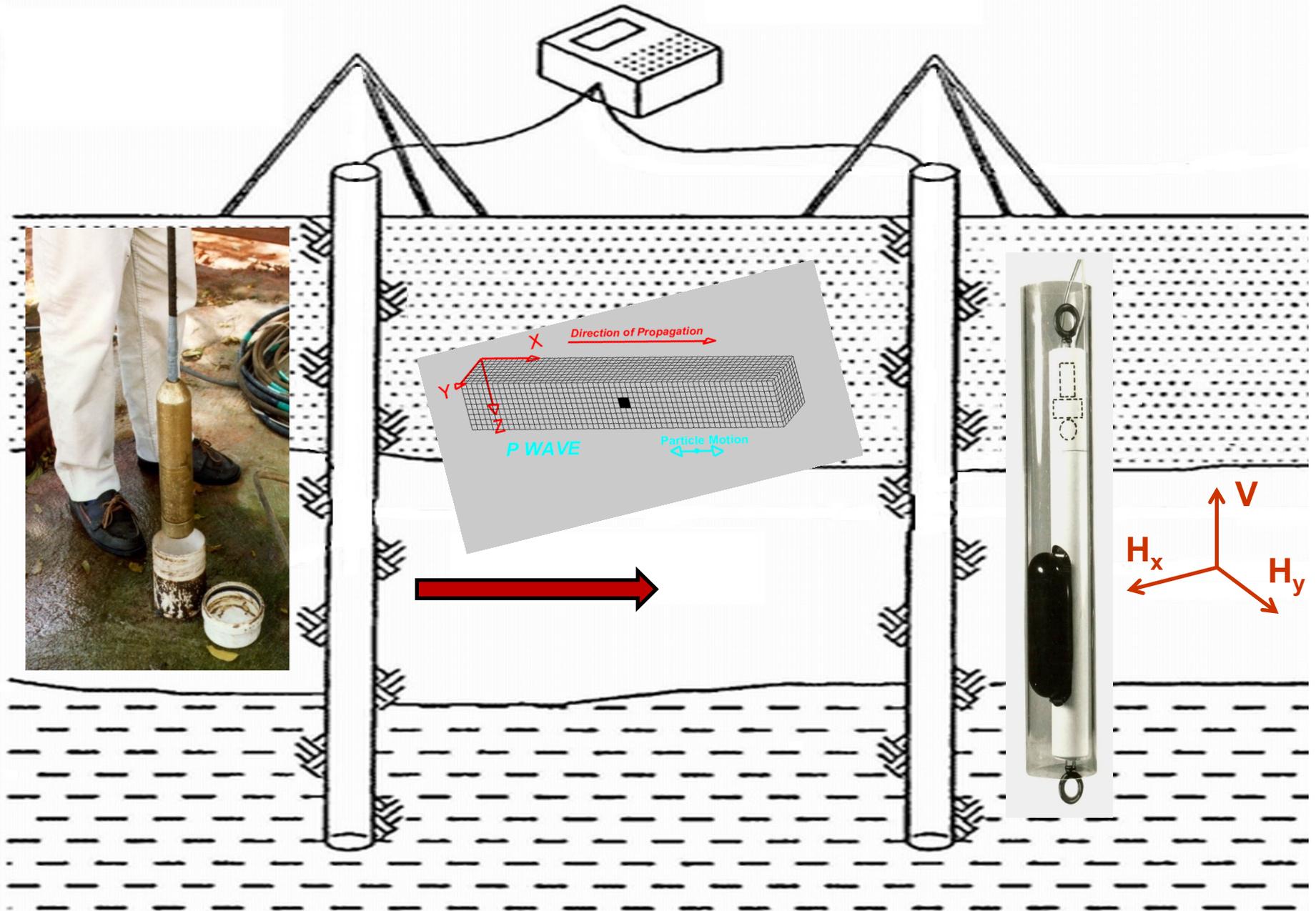
→ gera preferencialmente onda P



Canhão de ar comprimido (air gun)



AIR GUN - GERA PREFERENCIALMENTE ONDAS COMPRESSONAIS (P)



Os registros das ondas P e S são feitos separadamente

I) Fonte de onda S: furo deverá estar seco



Os registros das ondas P e S são feitos separadamente

II) Fonte de onda P: furo com água

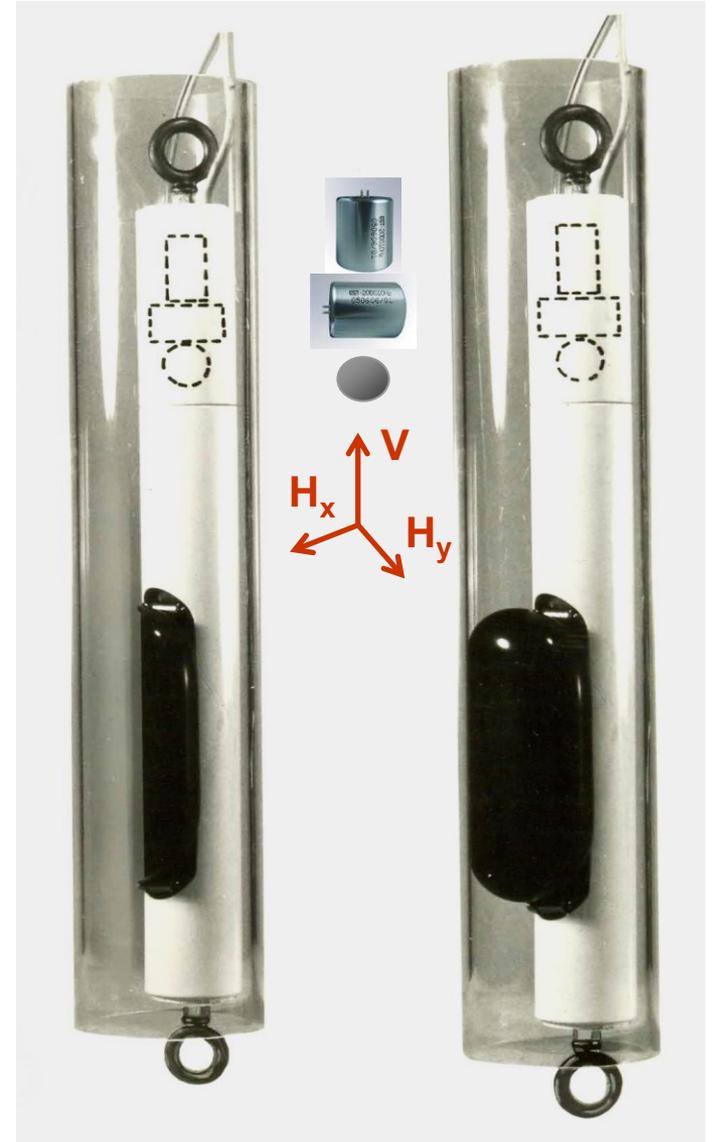


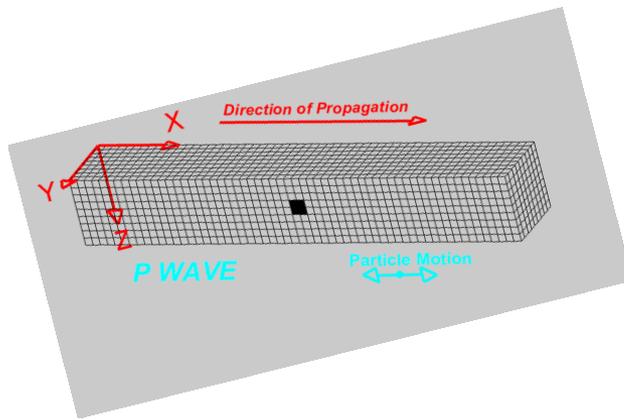
2) Geofones



2) Geofones

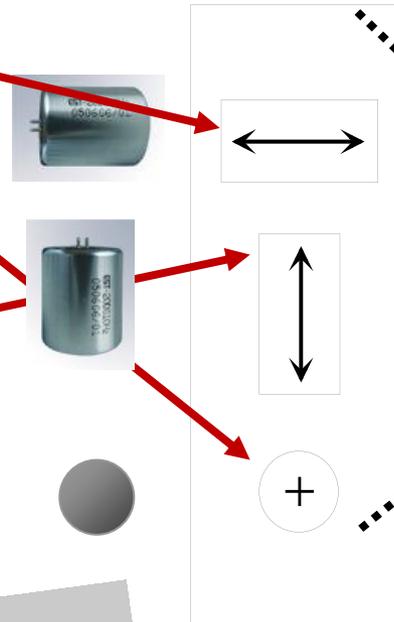
→ Devem ser geofones de furo e do tipo “triaxial”
(3 componentes dispostas ortogonalmente entre si)





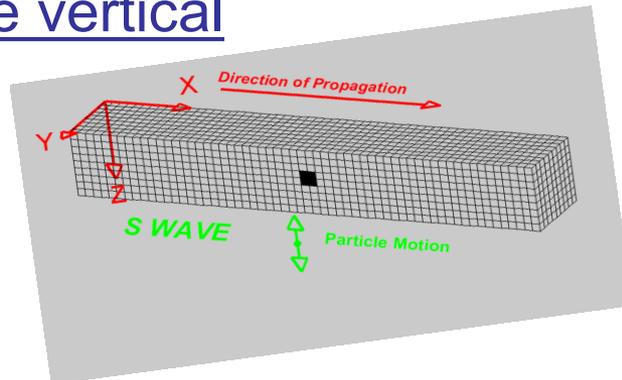
Ondas P

→ captadas preferencialmente pelas componentes horizontais



Ondas S

→ captadas com maior eficiência pela componente vertical



3) Sismógrafo

→ Deve ter pelo menos 6 canais
(3 canais para cada uma das 3 componentes de 2 geofones)



BISON modelo 1580-2
(seis canais)

IPT

1983

Relatório N° 19.410

Natureza do Trabalho Ensaios "cross-hole" na área de fundações da Usina Nuclear de Angra III - Angra dos Reis - RJ.

Interessado Nuclebrás Construtora de Centrais Nucleares S.A. - NUCON

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Proposta DMGA-3686/83 "Ensaios "cross-hole" na área de fundações da Usina Nuclear de Angra III - Angra dos Reis - RJ", devidamente aprovada pela Interessada, o Agrupamento de Geofísica da Divisão de Minas e Geologia Aplicada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT, executou ensaio "cross-hole" na área de fundações da Usina Nuclear de Angra III.

Os ensaios "cross-hole" foram realizados nos dias 20 e 21 de setembro de 1983 e tiveram como objetivo determinar as velocidades de propagação das ondas cisalhantes (S) em diversos tipos de sedimentos.

Sismógrafo
BISON modelo 1580-2



Fonte BISON modelo 1465-1



3) Sismógrafo

→ Deve ter pelo menos 6 canais
(3 canais para cada uma das 3 componentes de 2 geofones)



SmartSeis SE12 (doze canais)





- Ensaios:
- Crosshole
 - CPTu

Angra 3
12/2012

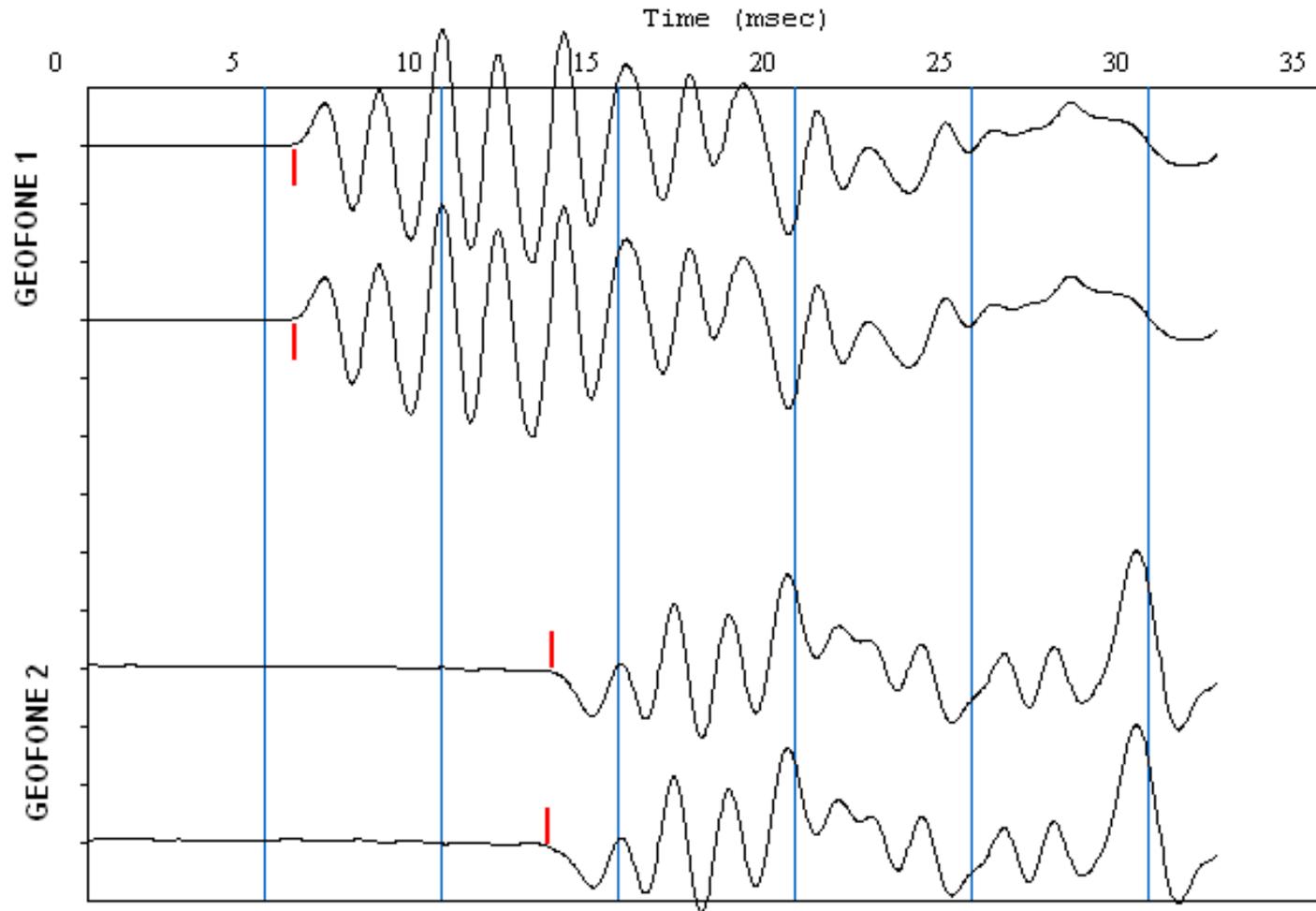


Vídeo



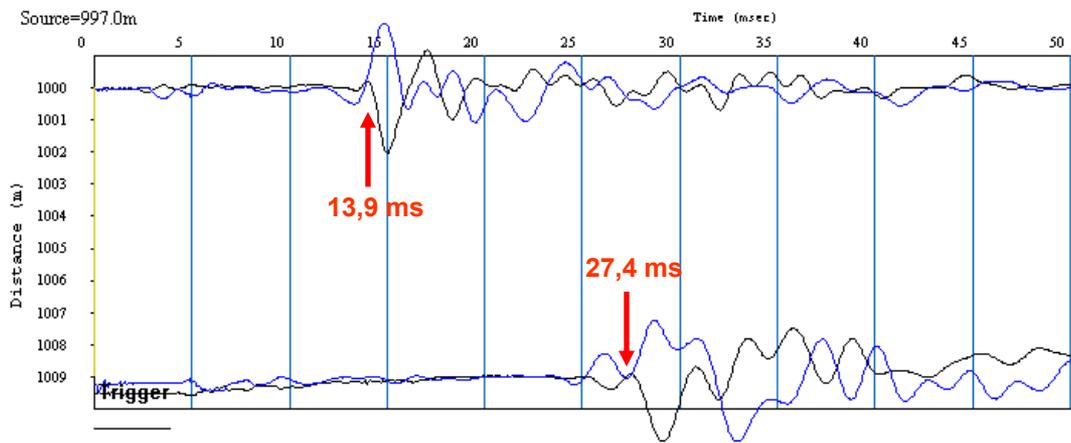
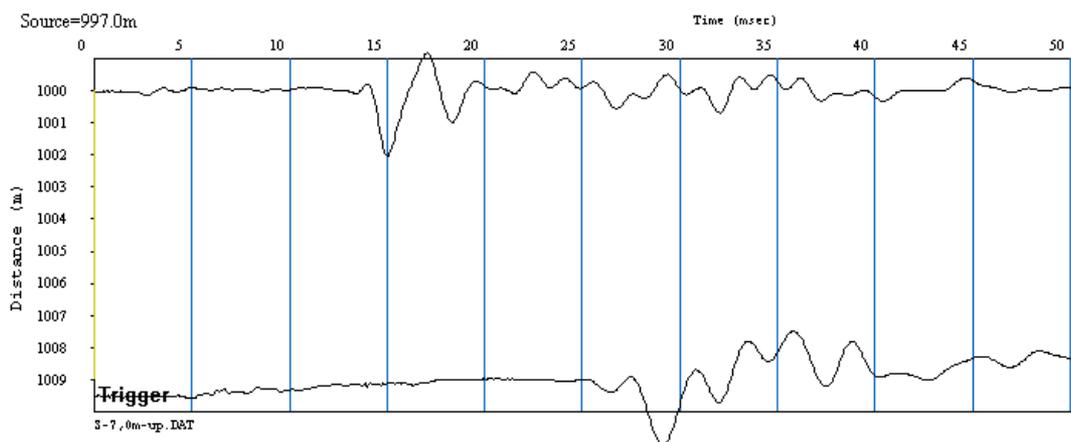
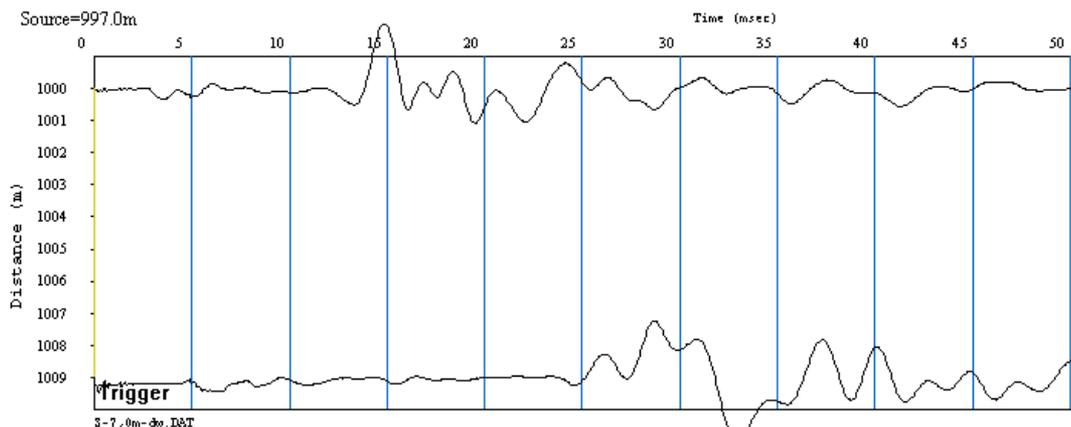
REGISTRO DA ONDA P EM 2 GEOFONES

(nas 2 componentes horizontais)



REGISTRO DA ONDA S EM 2 GEOFONES

(componente vertical)



+



Projeto Níquel do Vermelho, Canaã dos Carajás-PA, 07/2006

Área de britagem e área industrial



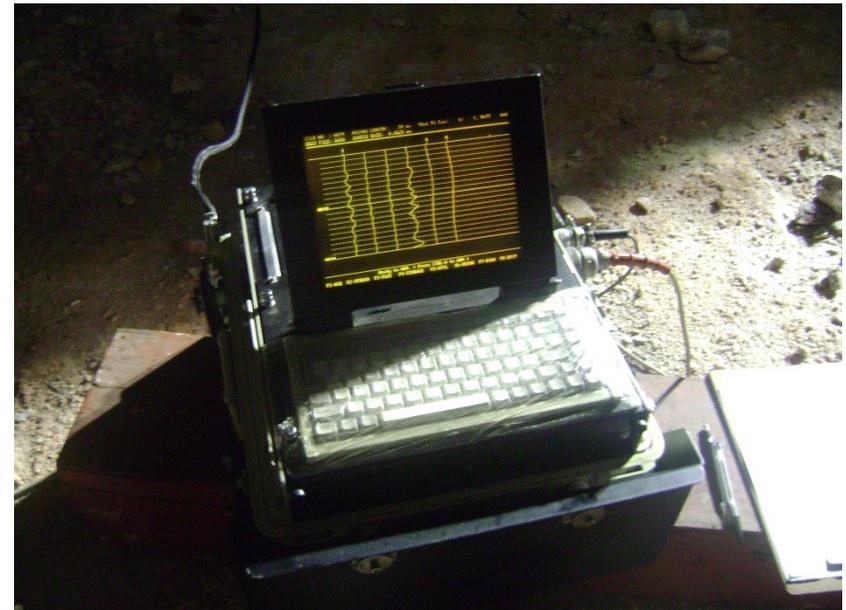
Projeto Salobo, Marabá-PA, 02/2009

Área do moinho de bolas



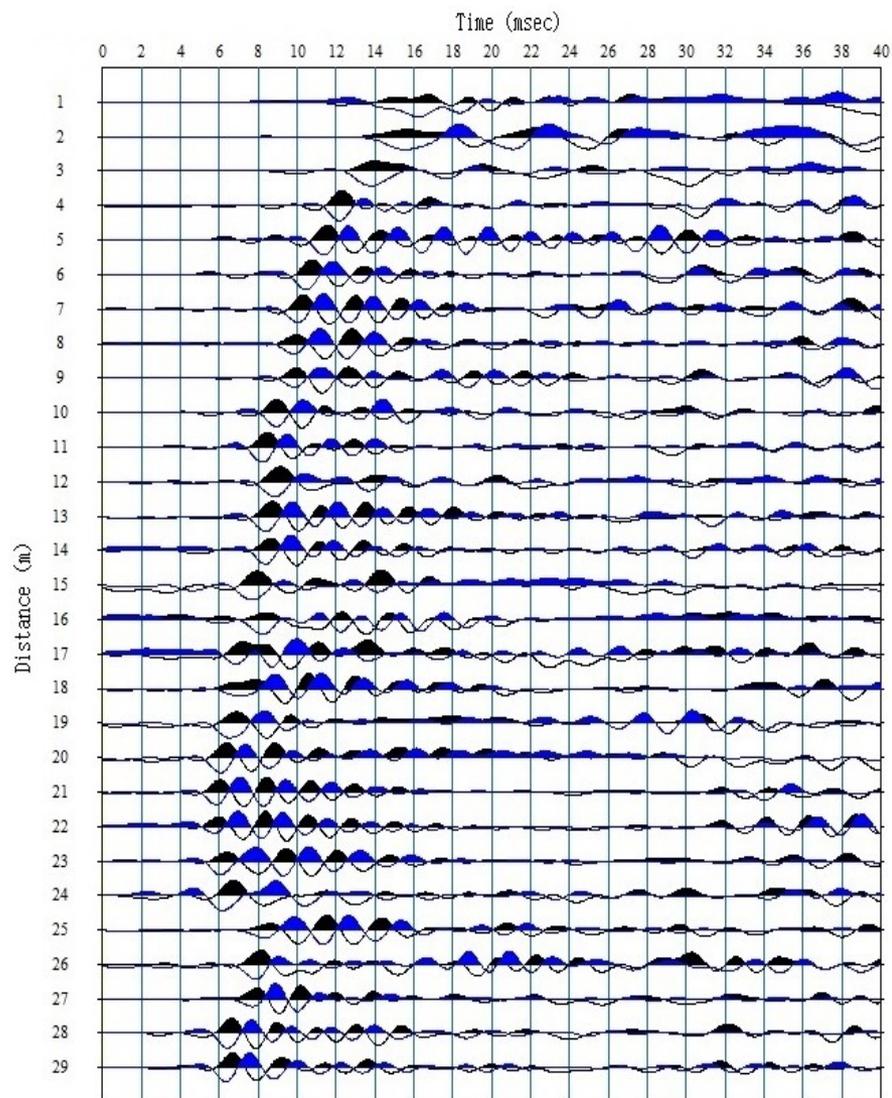
Projeto Salobo, Marabá-PA, 02/2009

Área do moinho de bolas

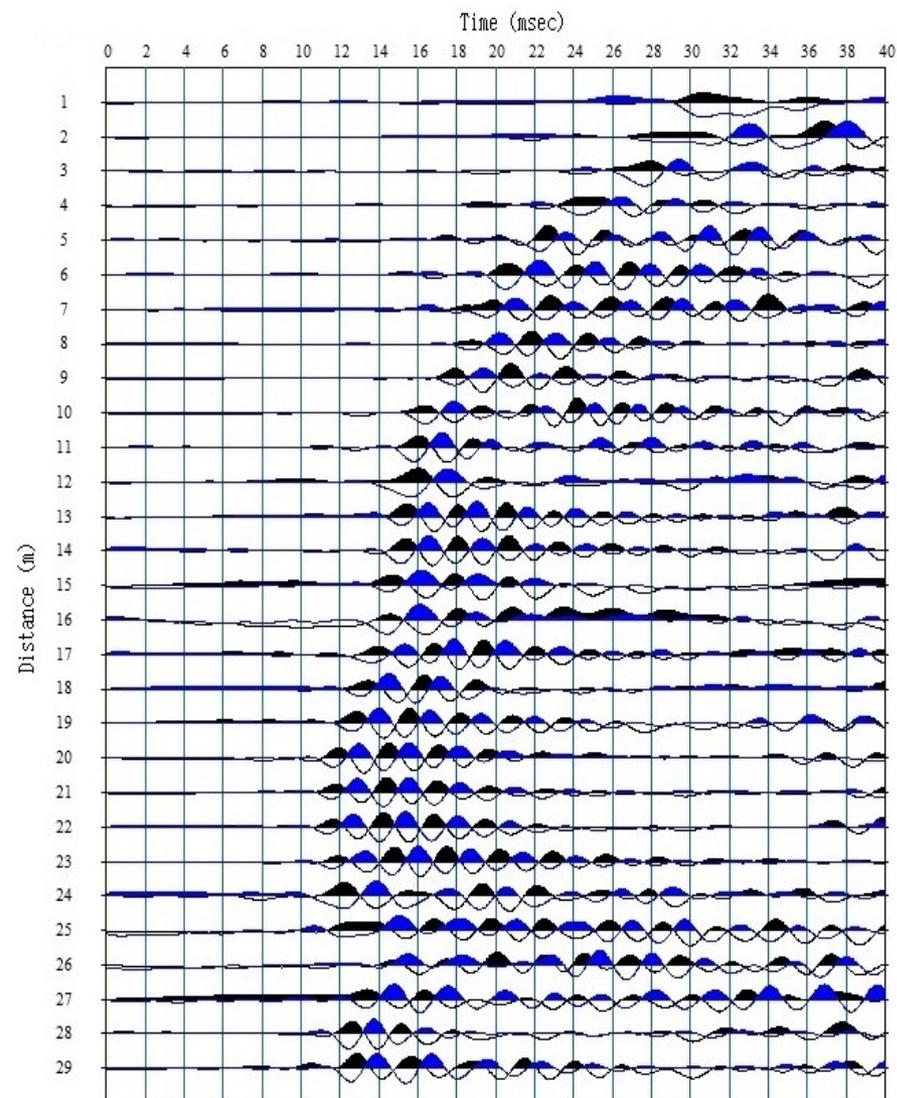


APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Geofone 1



Geofone 2



Furo = 30 m (registro da onda S)

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

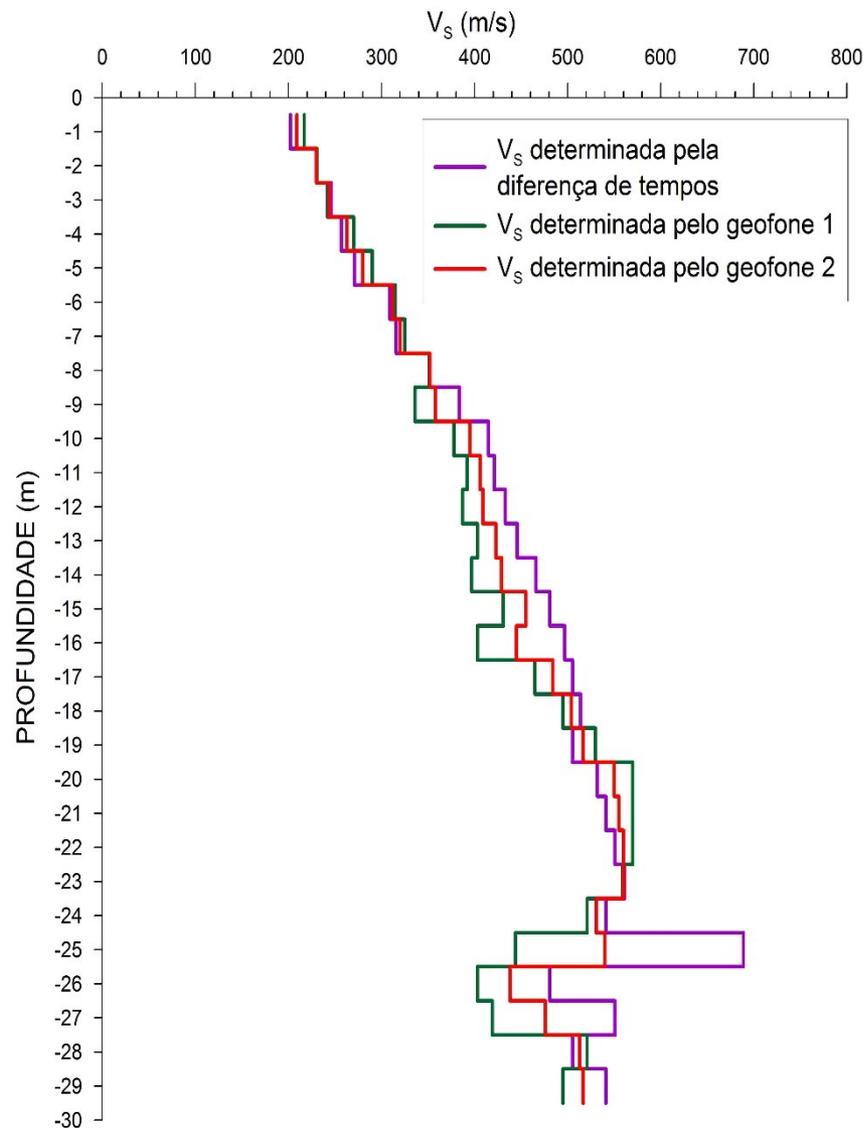
Distância fonte-geofone 1 = 3,02 m.
Distância fonte-geofone 2 = 6,05 m.

| Prof. (m) | GEOFONE 1 | | GEOFONE 2 | | GEOFONE 2 - GEOFONE 1 | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-------------|
| | Ts1 (ms) | Vs1 (m/s) | Ts2 (ms) | Vs2 (m/s) | Ts2-Ts1 (ms) | Vs2-1 (m/s) |
| 1 | 13,9 | 217 | 28,9 | 209 | 15,0 | 202 |
| 2 | 13,1 | 231 | 28,3 | 230 | 13,2 | 230 |
| 3 | 12,5 | 242 | 24,8 | 244 | 12,3 | 246 |
| 4 | 11,2 | 270 | 23,0 | 283 | 11,8 | 257 |
| 5 | 10,4 | 290 | 21,8 | 280 | 11,2 | 271 |
| 6 | 9,6 | 315 | 19,4 | 312 | 9,8 | 309 |
| 7 | 9,3 | 325 | 18,9 | 320 | 9,6 | 316 |
| 8 | 8,8 | 351 | 17,2 | 352 | 8,6 | 352 |
| 9 | 9,0 | 338 | 16,9 | 358 | 7,9 | 384 |
| 10 | 8,0 | 378 | 15,3 | 395 | 7,3 | 415 |
| 11 | 7,7 | 392 | 14,9 | 406 | 7,2 | 421 |
| 12 | 7,8 | 387 | 14,8 | 409 | 7,0 | 433 |
| 13 | 7,5 | 403 | 14,3 | 423 | 6,8 | 446 |
| 14 | 7,8 | 397 | 14,1 | 429 | 6,5 | 468 |
| 15 | 7,0 | 431 | 13,3 | 455 | 6,3 | 481 |
| 16 | 7,5 | 403 | 13,8 | 445 | 6,1 | 497 |
| 17 | 6,5 | 465 | 12,5 | 484 | 6,0 | 505 |
| 18 | 6,1 | 495 | 12,0 | 504 | 5,9 | 514 |
| 19 | 5,7 | 530 | 11,7 | 517 | 6,0 | 505 |
| 20 | 5,3 | 570 | 11,0 | 550 | 5,7 | 532 |
| 21 | 5,3 | 570 | 10,9 | 555 | 5,6 | 541 |
| 22 | 5,3 | 570 | 10,8 | 560 | 5,5 | 551 |
| 23 | 5,4 | 559 | 10,8 | 560 | 5,4 | 561 |
| 24 | 5,8 | 521 | 11,4 | 531 | 5,6 | 541 |
| 25 | 6,8 | 444 | 11,2 | 540 | 4,4 | 689 |
| 26 | 7,5 | 403 | 13,8 | 438 | 6,3 | 481 |
| 27 | 7,2 | 419 | 12,7 | 478 | 5,5 | 551 |
| 28 | 5,8 | 521 | 11,8 | 513 | 6,0 | 505 |
| 29 | 6,1 | 495 | 11,7 | 517 | 5,6 | 541 |

Onde:

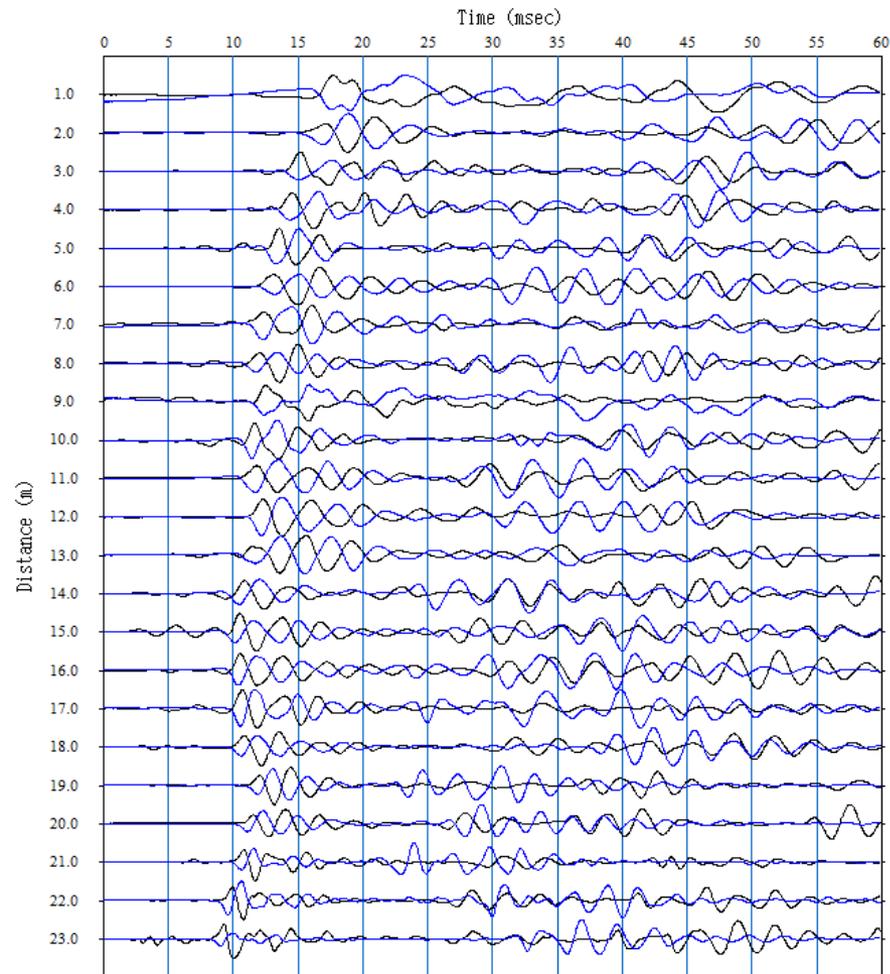
- T_{s1} = tempo de propagação da onda S (geofone 1).
- V_{s1} = velocidade da onda S (geofone 1).
- T_{s2} = tempo de propagação da onda S (geofone 2).
- V_{s2} = velocidade da onda S (geofone 2).
- T_{s2} - T_{s1} = diferença de tempos para o intervalo entre os geofones 2 e 1.
- V_{s2-1} = velocidade calculada para o intervalo entre os geofones 2 e 1.

ENSAIO CROSSHOLE

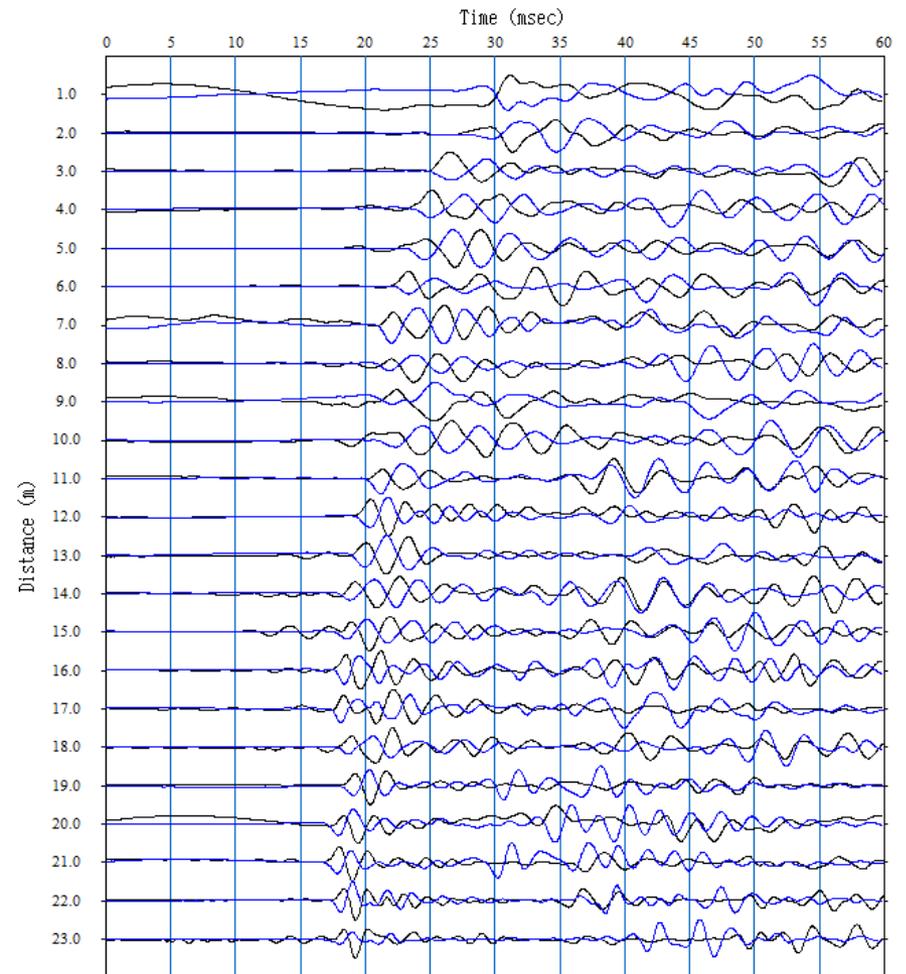


APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Geofone 1

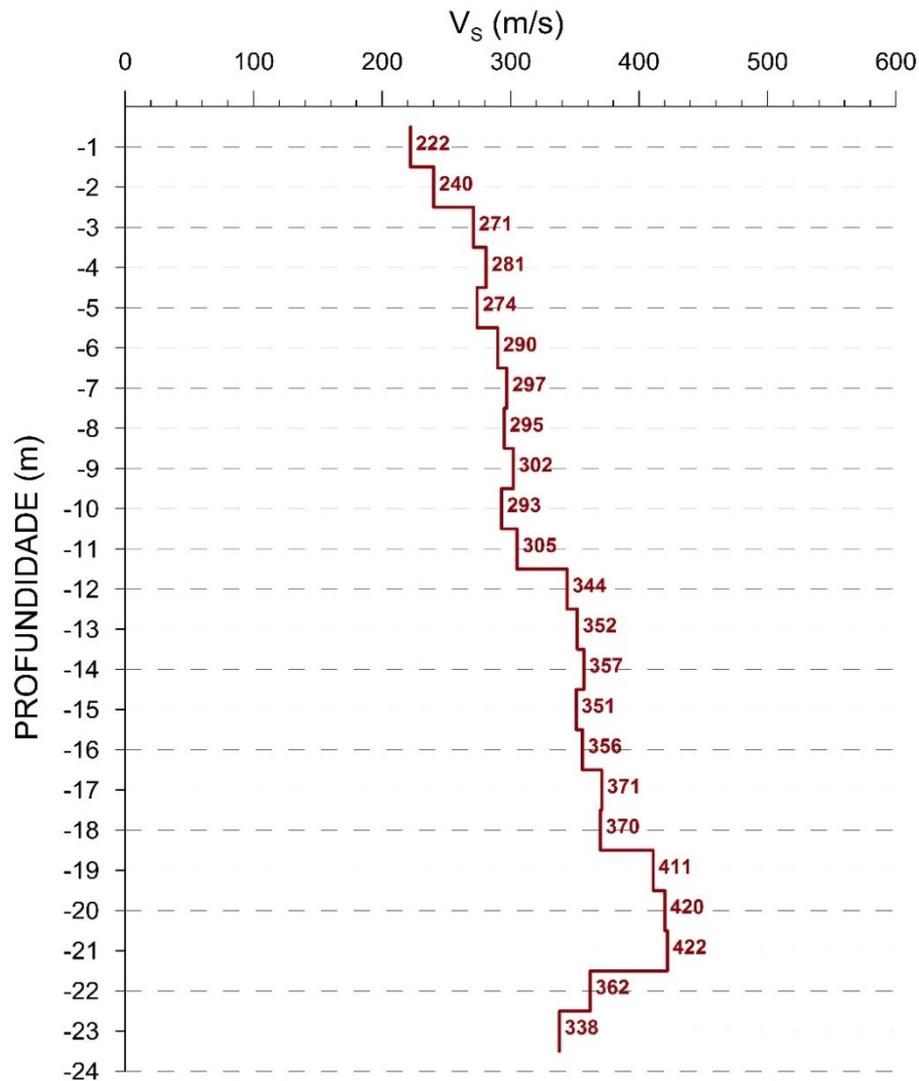


Geofone 2

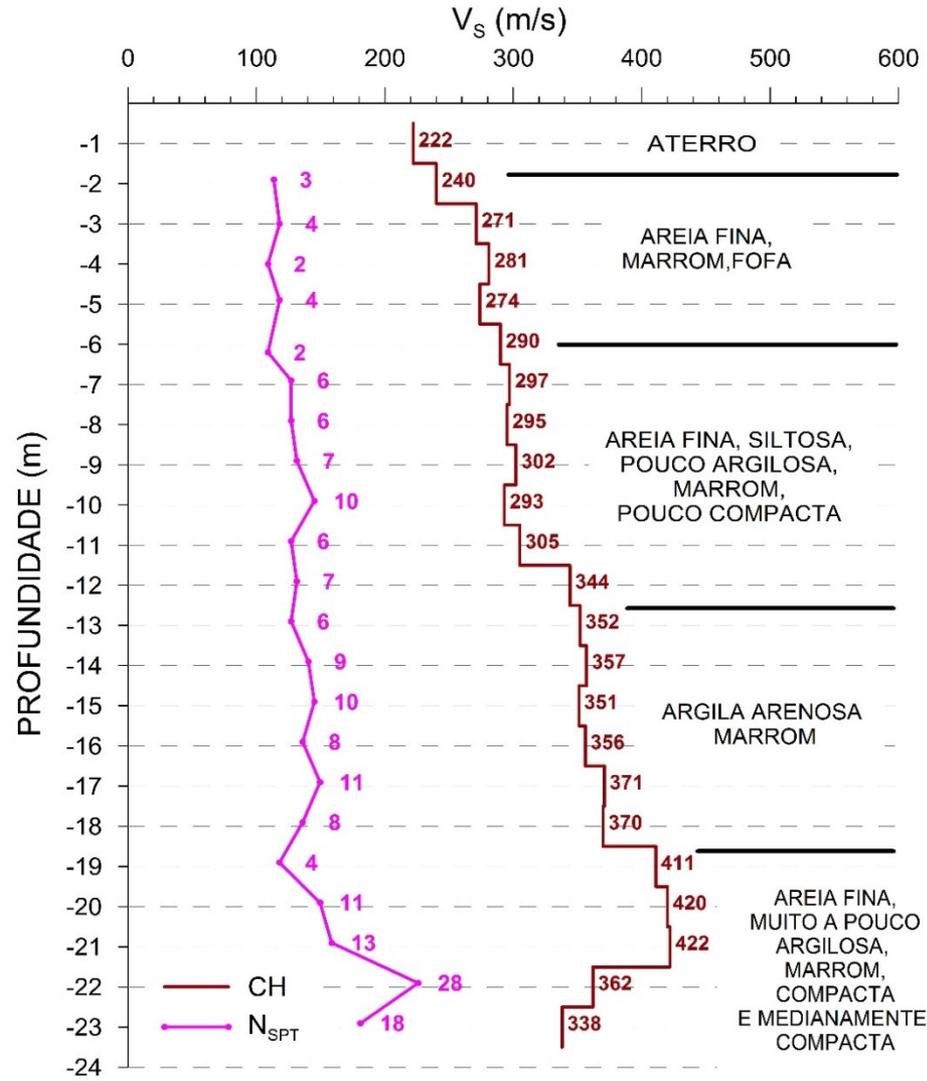


Furo = 25 m (registro da onda S)

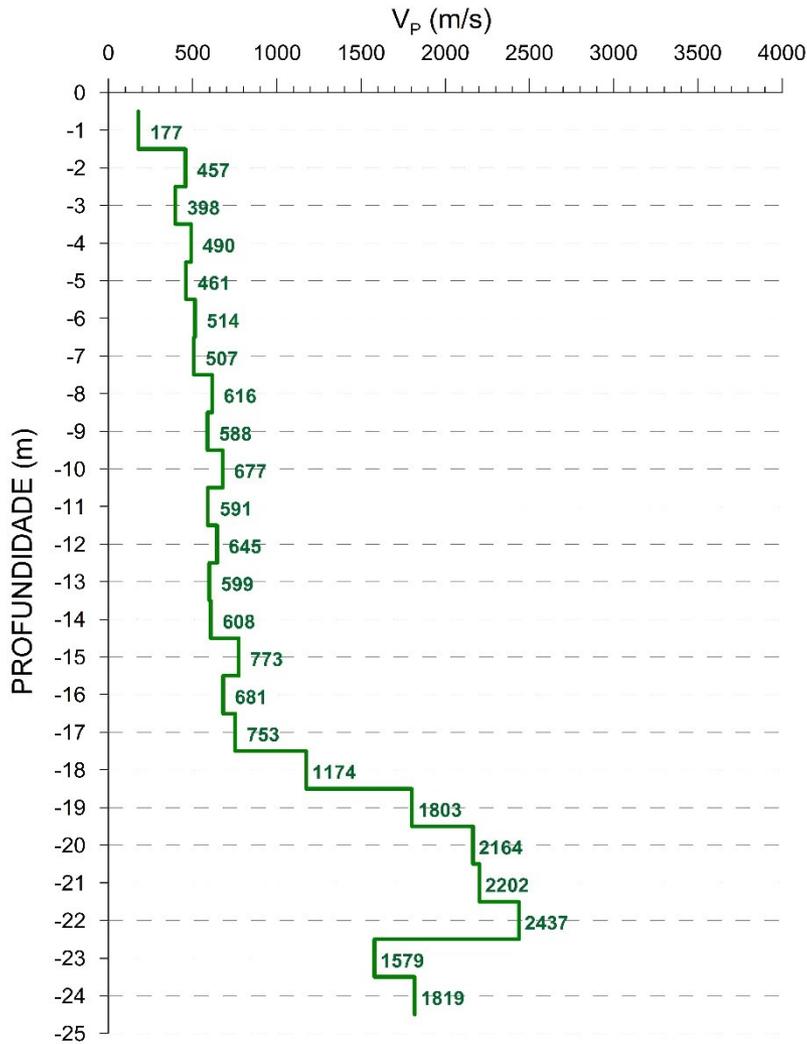
ENSAIO CROSSHOLE - PERFIL DE VELOCIDADE DA ONDA S



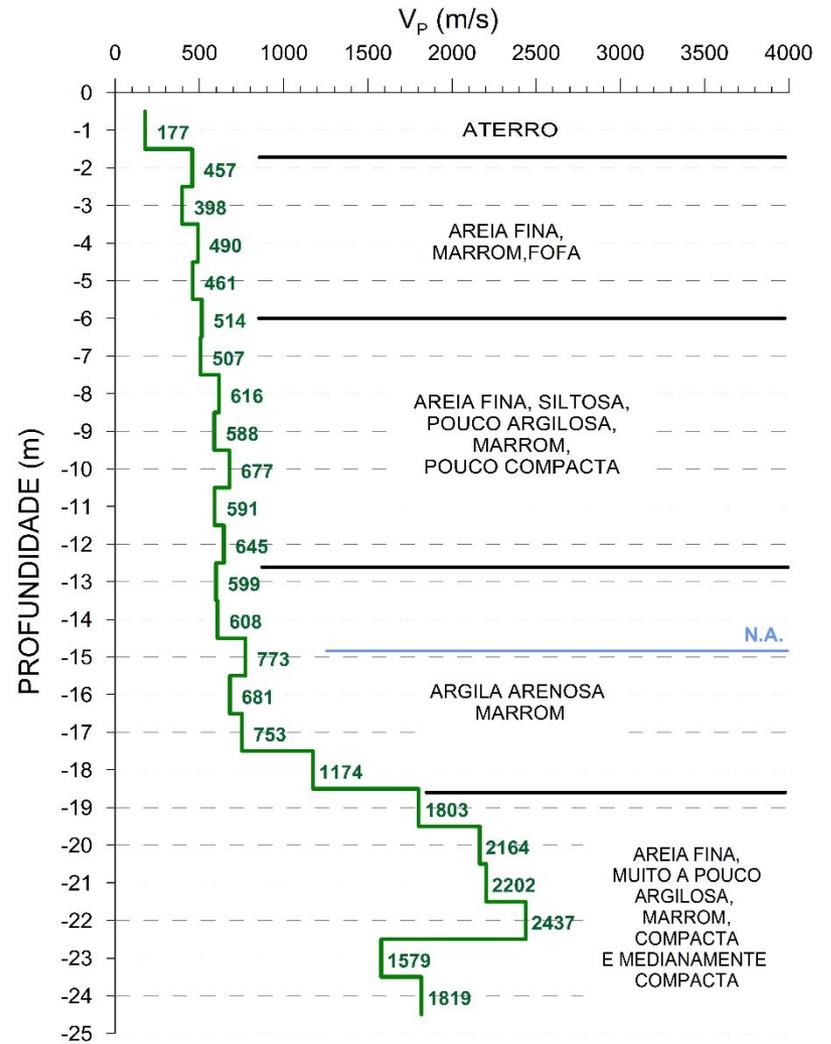
ENSAIO CROSSHOLE - PERFIL DE VELOCIDADE DA ONDA S



ENSAIO DOWNHOLE - PERFIL DE VELOCIDADE DA ONDA P



ENSAIO DOWNHOLE - PERFIL DE VELOCIDADE DA ONDA P



$E_{MÁX}$

σ

$G_{MÁX}$

MÓDULO DE YOUNG X PROFUNDIDADE

COEFICIENTE DE POISSON X PROFUNDIDADE

MÓDULO DE RIGIDEZ/CISALHAMENTO X PROFUNDIDADE

$E_{MÁX}$ (MPa)

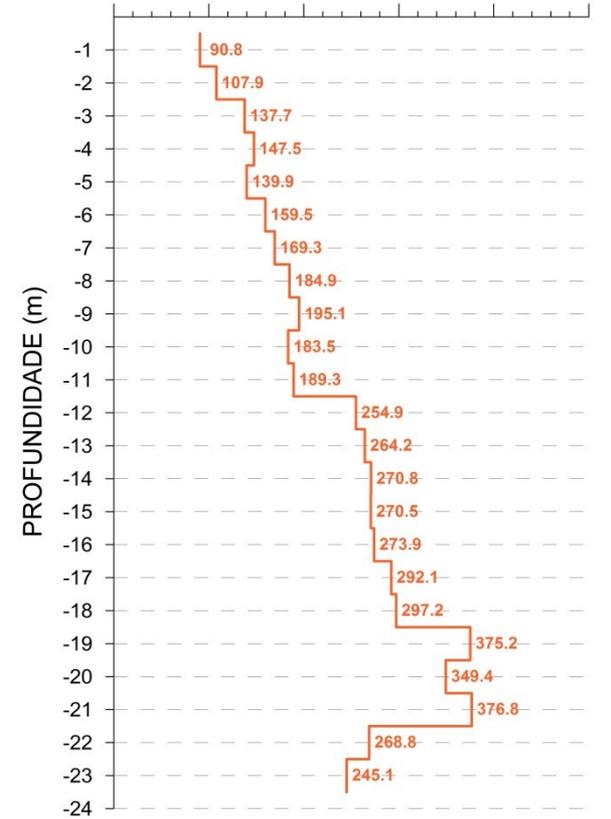
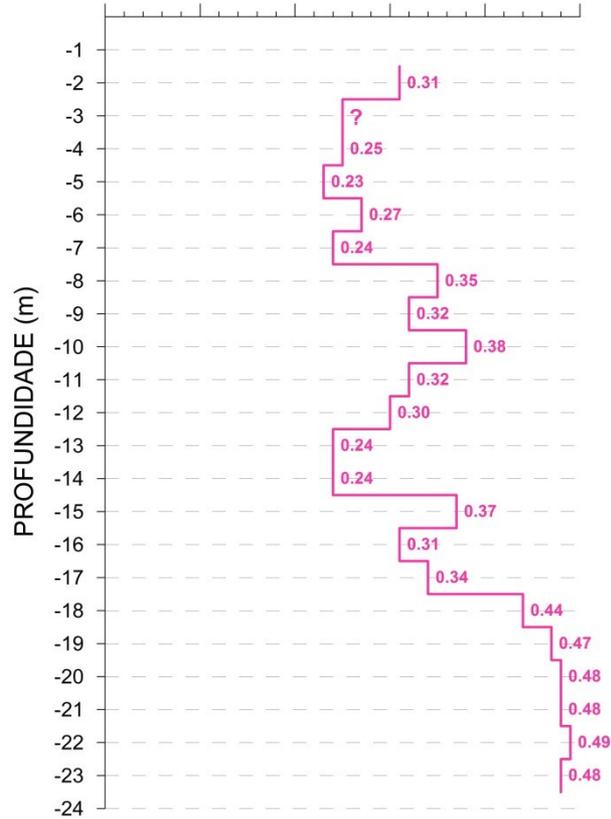
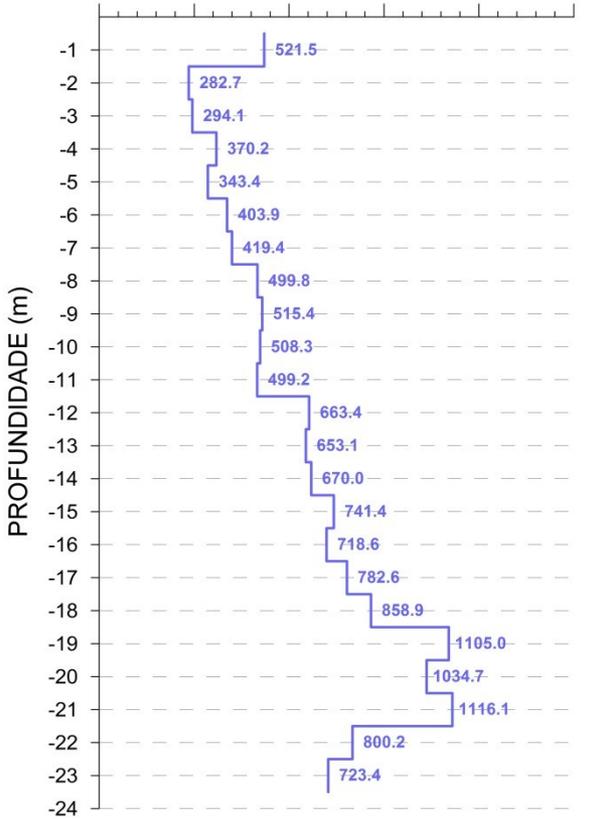
POISSON (σ)

$G_{MÁX}$ (MPa)

0 300 600 900 1200 1500

0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

0 100 200 300 400 500



PERSPECTIVAS NO BRASIL

- ✓ Poucas empresas no Brasil executam o ensaio *crosshole*
- ✓ Preço dos equipamentos: caro!
- ✓ Mesmo não executando o ensaio *crosshole*, outros ensaios que determinam V_s deveriam ser utilizados na investigação geotécnica:
 - SCPT_u
 - SDMT
 - MASW

$N_{SPT} \rightarrow$ **RESISTÊNCIA**



V_s (ou G_0) \rightarrow **RIGIDEZ**



Ensaio *crosshole*

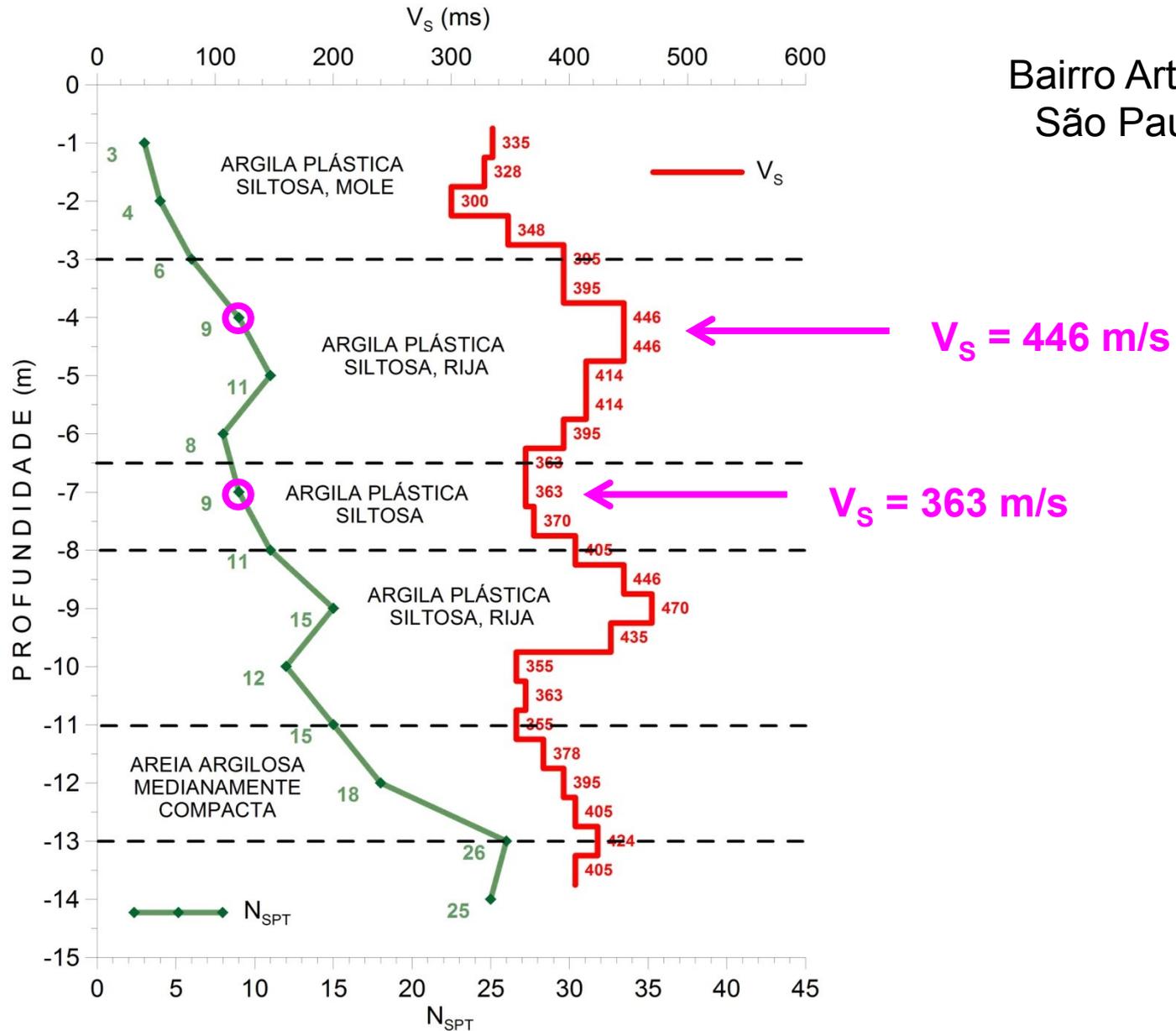
$$V_s = A \cdot N_{SPT}^B$$

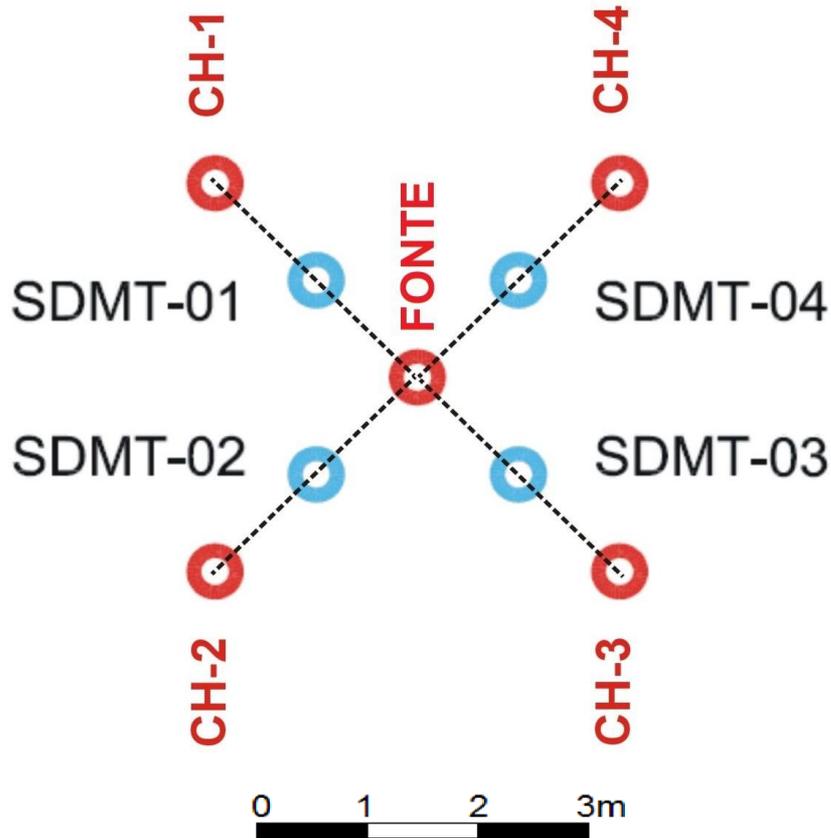
$$V_s = A + B \cdot N_{SPT}$$

A, B = constantes empíricas

SPT & crosshole

Bairro Artur Alvim
São Paulo, SP



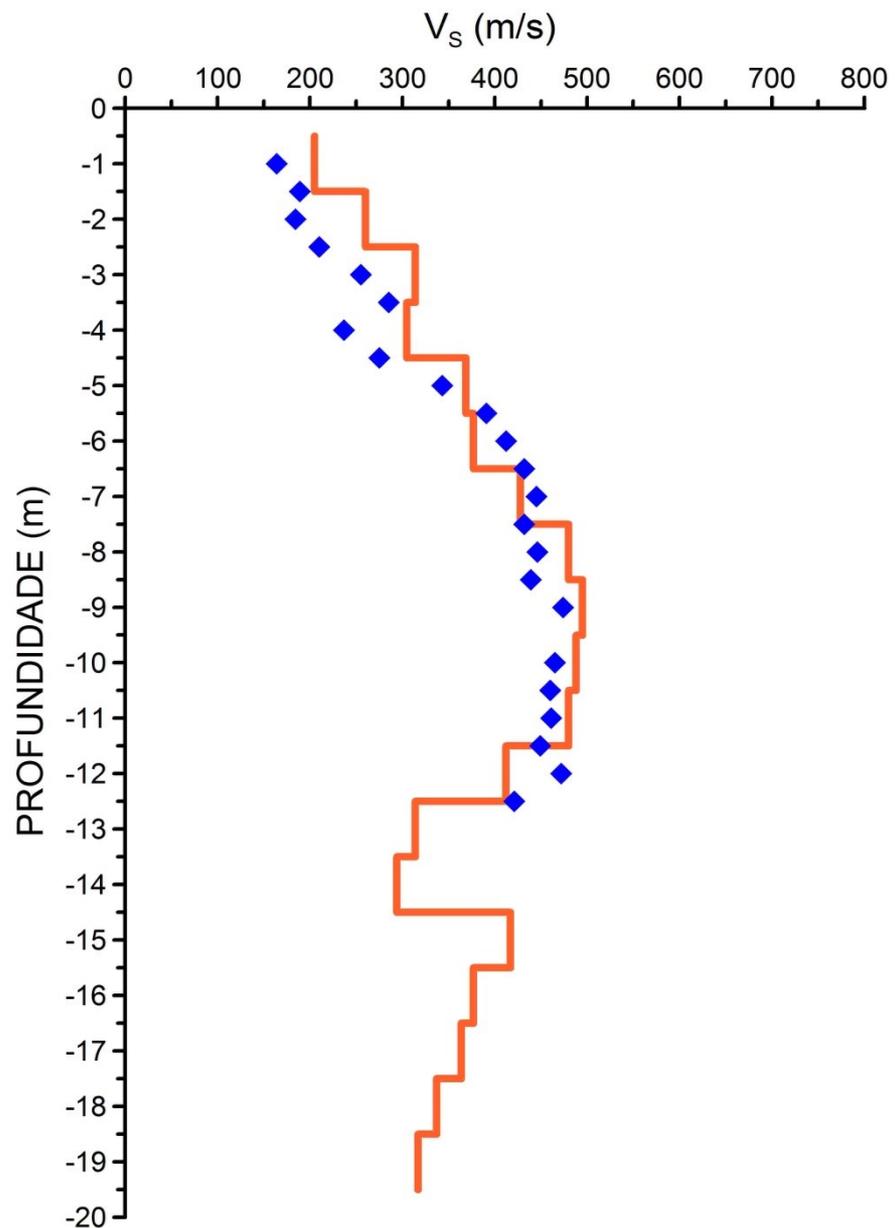


Layout dos ensaios de campo

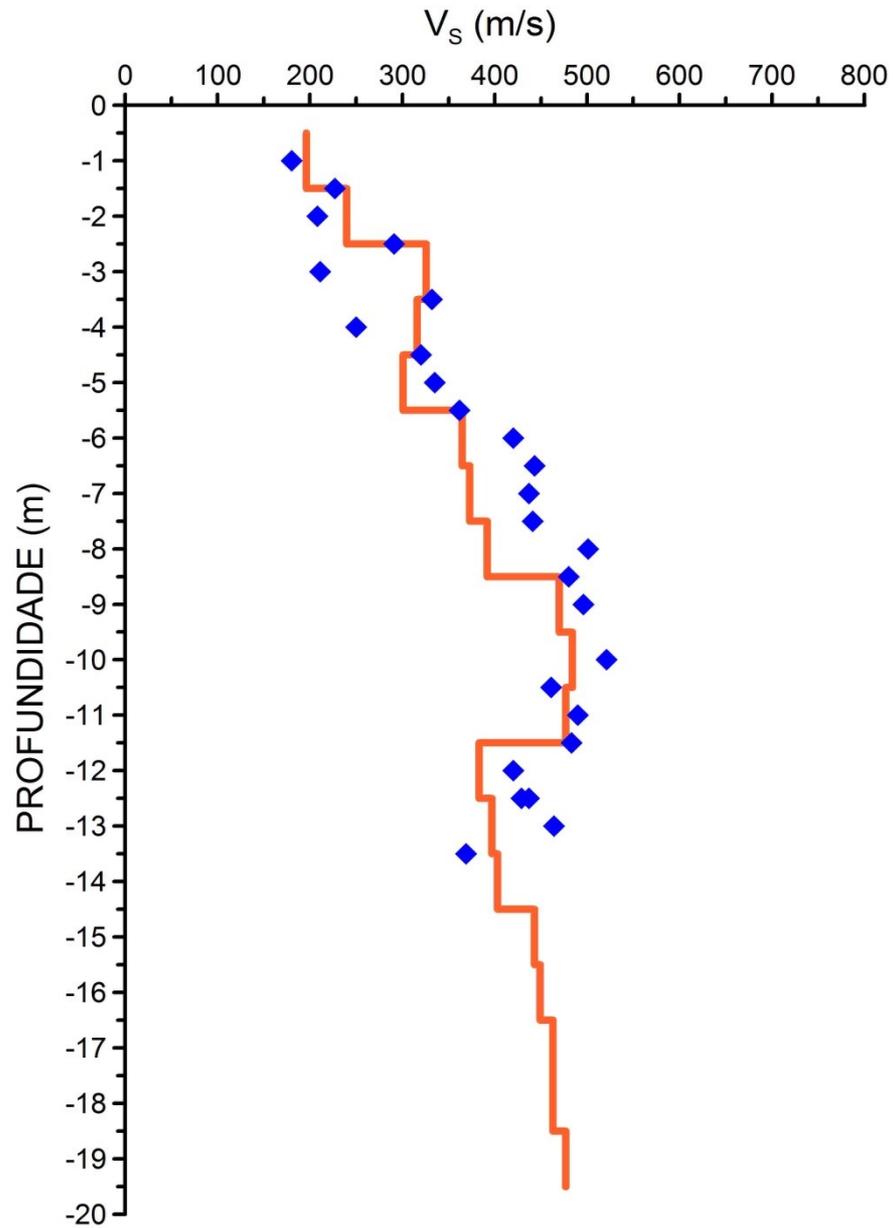
| QUADRO RESUMO DE PERFURAÇÕES | |
|------------------------------|--------------|
| Sondagens | Profundidade |
| SDMT - 01 | 16,20 |
| SDMT - 02 | 15,20 |
| SDMT - 03 | 14,40 |
| SDMT - 04 | 17,20 |
| Total perfurado | 63,00 |

CROSSHOLE : 5 FUROS DE 20 m

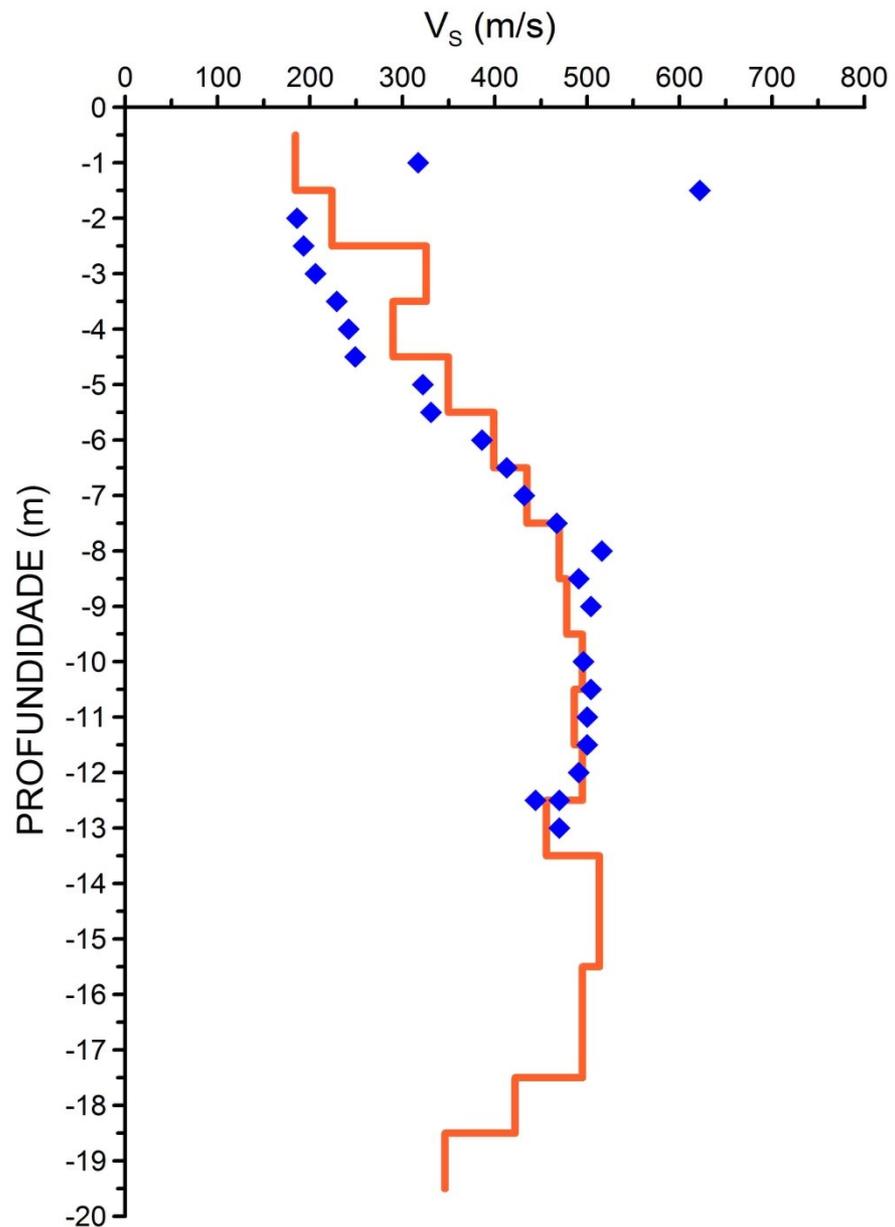
CH-1 & SDMT-1



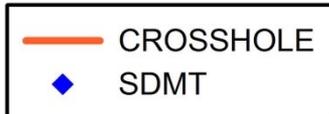
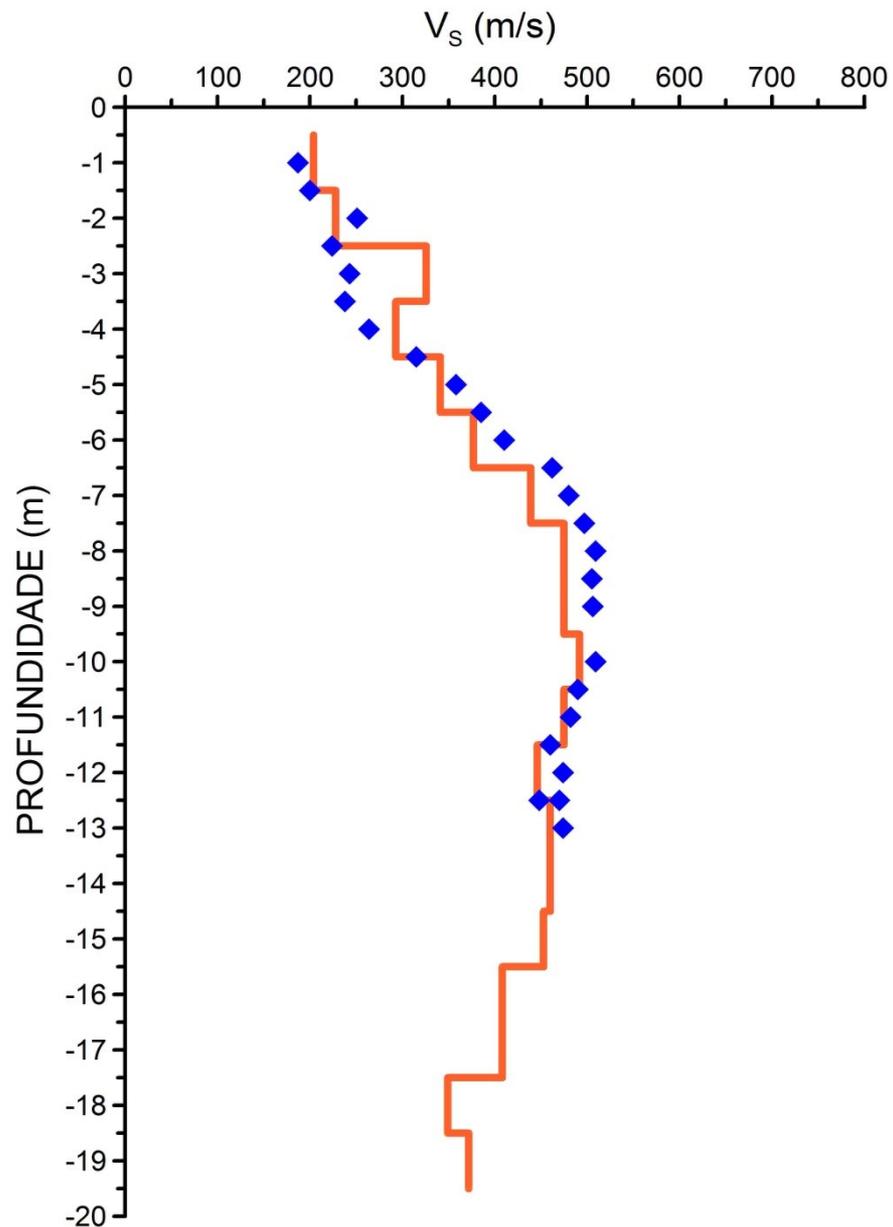
CH-2 & SDMT-2



CH-3 & SDMT-3



CH-4 & SDMT-4



Campinas-SP 08/2022



Course: Seismic Dilatometer Test (SDMT)

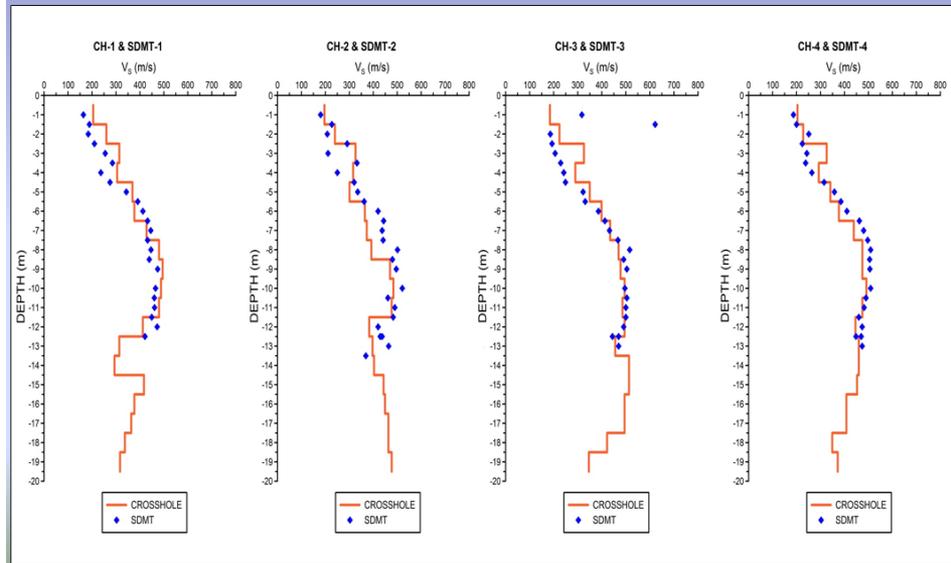
Eng. Diego Marchetti
(diego@marchetti-dmt.it)

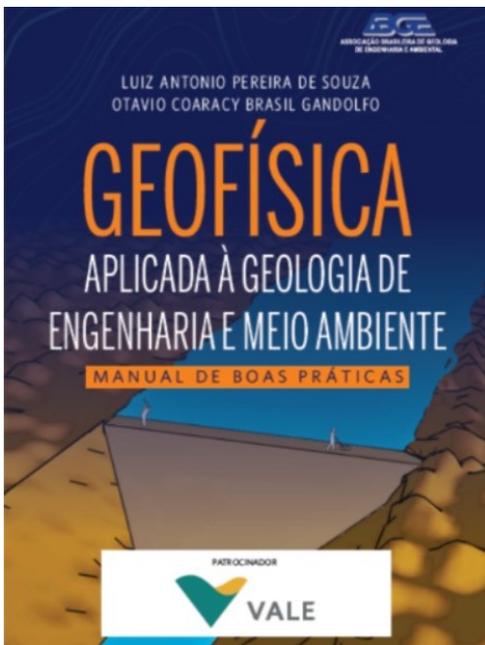


www.marchetti-dmt.it



Santo André-SP / Brazil Comparing the results: SDMT x Cross Hole Test





ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL

<https://www.abge.org.br/abge-normas>

Normas ABGE

Situação em 10.05.2024

João Jeronimo Monticelli
Editor de Normas ABGE

SÉRIE 200 - Geofísica aplicada (investigações indiretas)

NORMA ABGE 200/2023: Geofísica aplicada – Métodos e técnicas

NORMA ABGE 201/2023: Investigação geofísica em terra - Métodos sísmicos

NORMA ABGE 202/2023: Investigação geofísica em terra - Métodos elétricos

NORMA ABGE 203/2023: Investigação geofísica em terra – Métodos eletromagnéticos e potenciais

NORMA ABGE 204/2023: Investigação geofísica em água – Métodos acústicos: batimetria e sonar de varredura lateral para investigação de superfícies submersas e perfilagem sísmica contínua para investigação de subsuperfícies submersas

NORMA ABGE 205/2023: Investigação geofísica em água – Investigação de superfície e subsuperfície submersas através de radar de penetração no solo, eletrorresistividade, magnetometria, câmeras acústicas, *laser scanner* subaquático e filmagem



BH, 07/06/2024

WORKSHOP:

AVANÇOS, PROBLEMAS E SOLUÇÕES EM
SONDAGENS NO BRASIL

OBRIGADO!

PATROCÍNIO:



APOIO:

