



Departamento de Construção Civil
Curso de Engenharia Civil



Geotecnia de Fundações TC 041

8º Semestre

Organizado por:

Profa. Caroline Tomazoni Santos

Prof. Eduardo Dell'Avanzi

Profa. Liamara Paglia Sestrem

Prof. Vítor Pereira Faro

Eng. Civil Isabel Cristina Salah, Mestranda PPGECC

Eng. Civil Isabela Grossi da Silva, Mestranda PPGECC

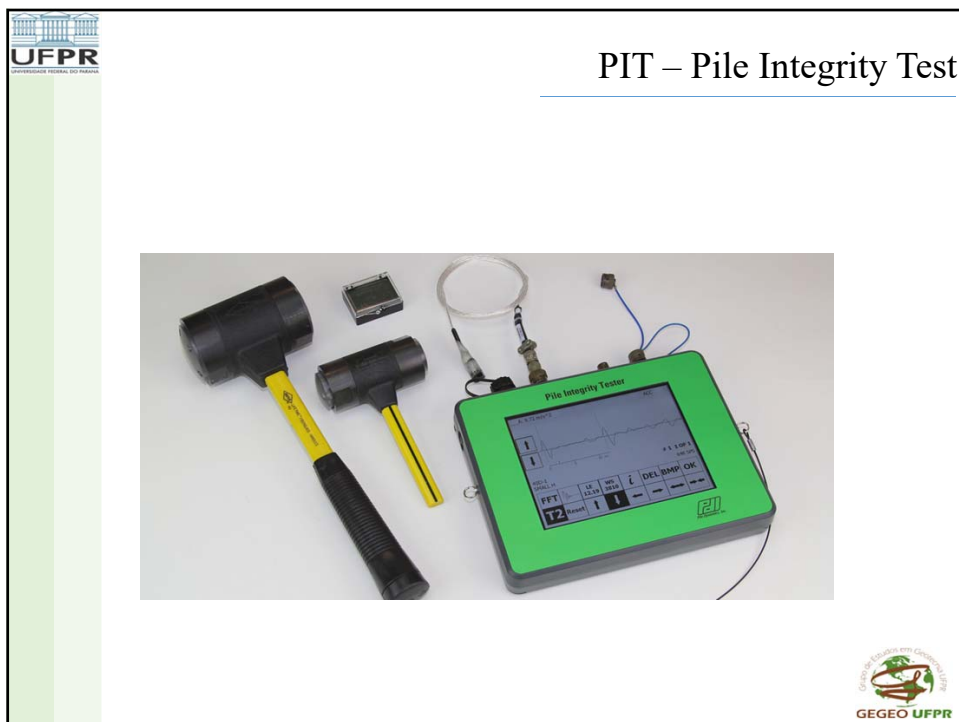
1



VERIFICAÇÃO DE INTEGRIDADE



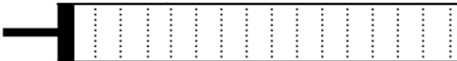
2



3

PIT – Pile Integrity Test

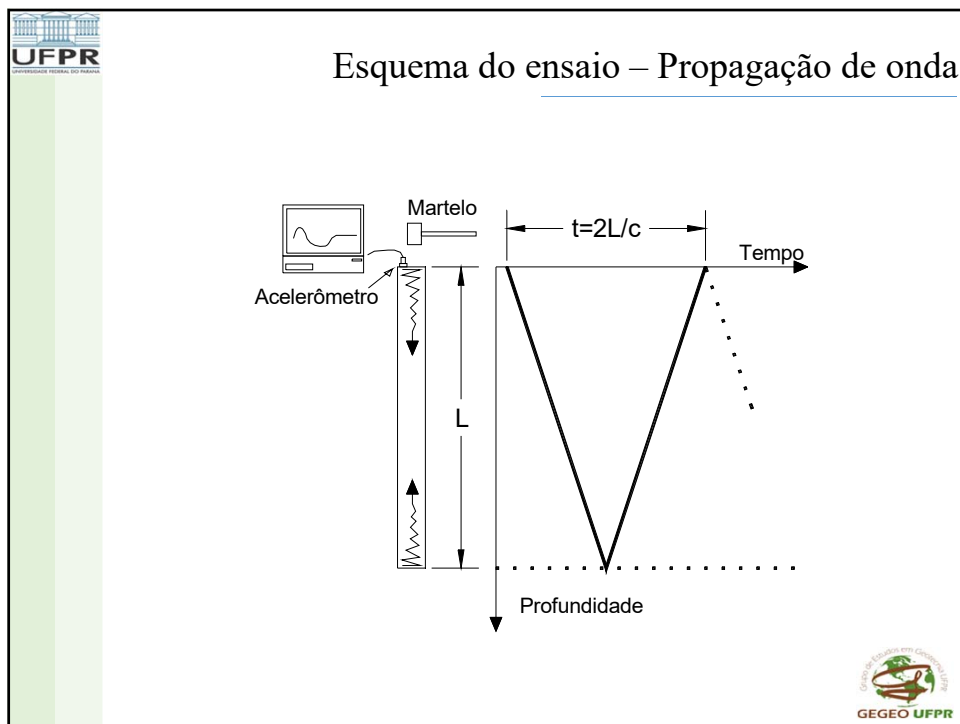
- **Objetivo:**
 - Avaliar a integridade e comprimento de estacas.
- **O ensaio:**
 - Baseia-se na emissão/recepção de pulsos sônicos;
 - A onda é gerada através da batida de um martelo de mão e se usa, normalmente, um acelerômetro para o recebimento da resposta que é armazenada em um *software*.



The diagram shows a horizontal pile with a vertical line representing a sensor or measurement point along its length.

Primeira forma de propagação de uma onda sônica (mecânica)

4



5

UFPR

Formulação Matemática

Lei de Hooke

$$\sigma = E \varepsilon$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta u}{\Delta x} = E \frac{\Delta u}{\Delta t} \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Como:

$$c = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$V = \frac{\Delta u}{\Delta t}$$

Tem-se:

$$F = \frac{EA}{c} V$$

GEORGIO UFPR

6



Formulação Matemática

Onde:

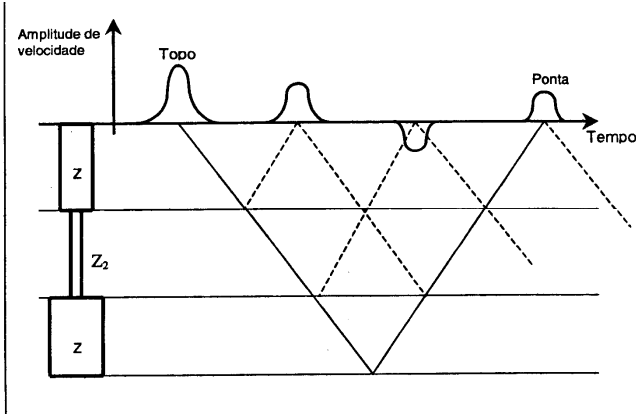
$Z = \frac{EA}{c}$	Impedância da estaca
A	Área da seção da estaca
c	Velocidade de propagação da onda na estaca: • c = 5120 m/s no aço • c = 3000 a 3400 m/s no concreto armado • c = 3400 a 4000 m/s no concreto protendido
V	Velocidade da partícula animada pela passagem da onda



7



Interpretação





8

Interpretação

- Exemplos:

GEGEO UFPR

9

Interpretação

- Kormann (2002):

GEGEO UFPR

10

The figure displays two seismic waveforms side-by-side, labeled 'GOOD' and 'BAD'. Both waveforms show ground motion over a distance of 35 meters, with a scale bar indicating 25.00m (4150m/s) x 40. The 'GOOD' waveform shows a smooth, continuous signal. The 'BAD' waveform shows a sharp peak labeled 'DEFECT' at approximately 20 meters. Below each waveform, there is a scale bar and a label '3: # 61 63 64' for the 'GOOD' waveform and '3: # 51 54 55' for the 'BAD' waveform.

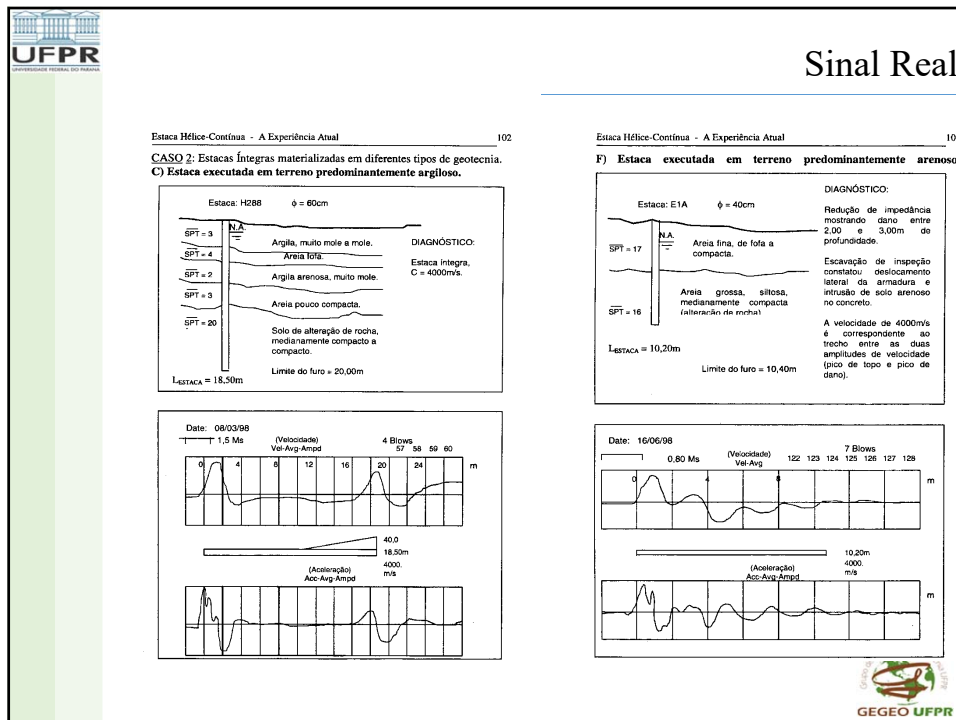
11

Interpretação

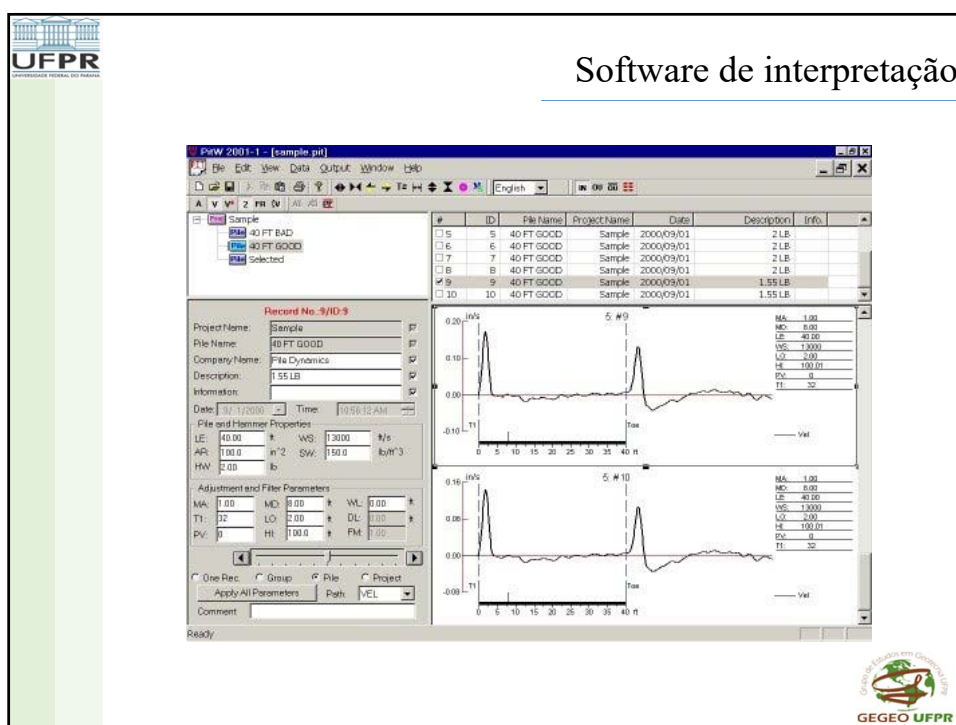
- Kormann (2002):

O diagrama ilustra o teste de estaca com um martelo de mão e um acelerômetro. À esquerda, uma estaca íntegra é mostrada com uma linha de onda única que representa a resposta ao impacto. À direita, uma estaca com defeito é mostrada com uma linha de onda múltipla, indicando reflexões devido ao defeito. Os componentes rotulados são: Martelo de mão, Acelerômetro, Estaca íntegra e Estaca com defeito.

12



13



14



PIT – Pile Integrity Test

- **Vantagens:**
 - Execução fácil e rápida;
 - Baixo custo por estaca;
 - Pode-se ensaiar todas as estacas da obra → Ensaio não-destrutivo;
 - Única técnica para uso intensivo na prática.
- **Desvantagens**
 - Método Indireto – Interpretação Complexa;
 - Em estacas esbeltas ($L/D > 30$) a energia do golpe pode-se dissipar antes de alcançar a ponta;
 - Grande interferência da rigidez do solo em torno.



15



Ensaio Cross-Hole

- **Objetivo:**
 - Avaliar a integridade e comprimento de estacas.
- **O ensaio:**
 - Baseia-se na emissão e recepção de pulsos ultrassônicos;
 - Ensaios em pares de tubos, medindo-se o tempo que o pulso emitido leva para alcançar o receptor.



16

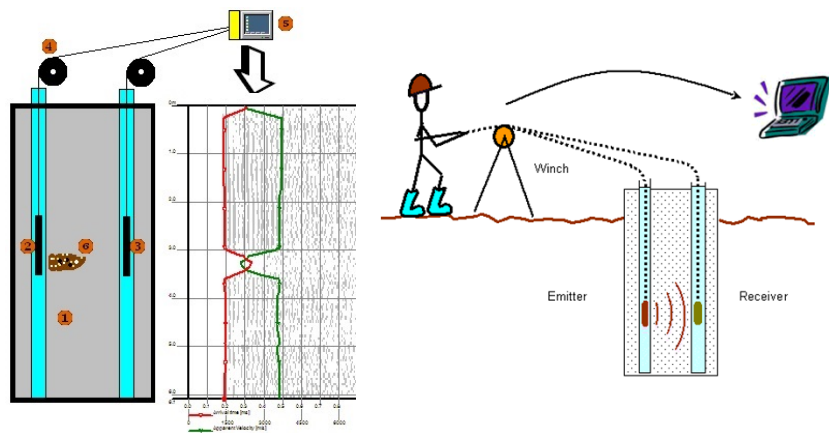
Ensaio Cross-Hole

- **Detalhes:**
 - As sondas (transmissor e receptor) descem ao longo da estaca por um tubo instalado durante a concretagem da estaca (tubo preenchido com água);
 - O ensaio está fundamentado no tempo de propagação da onda no concreto;
 - Os tubos são geralmente instalados em um número de 1 a cada 20 ou 30 cm de diâmetro da estaca disposto em formato circular ao longo da periferia da estaca.
 - Os tubos podem ser metálicos ou de PVC (50 mm de diâmetro).
- **Execução:**
 - Os sensores são movimentados de forma ascendente ao longo da estaca, de forma manual ou mecanizada, posicionados e efetuadas as leituras.
 - O ensaio é repetido de modo a varrer todas as combinações de posicionamento.



17

Ensaio Cross-Hole





18

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Ensaio Cross-Hole

Transmissor (receptor)

Direção da onda

Transmissor (emissor)

Concreto

Tubos (preenchidos com água)

Disposição dos tubos na estaca

Fonte: Kormann, A.C.M. et al (2009) Tomografia de estacas – exemplo do controle de qualidade de fundações profundas – 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Ibracon.

GEOTECNIA EM CONSTRUÇÃO
GEGEO UFPR

19

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Ensaio Cross-Hole

Cross-Hole Sonic Logging

GEOTECNIA EM CONSTRUÇÃO
GEGEO UFPR

20



Ensaio Cross-Hole

- Vantagens:
 - Execução fácil e rápida;
 - Interpretação objetiva.
- Desvantagens:
 - Necessidade de instalar os tubos previamente à concretagem.



21

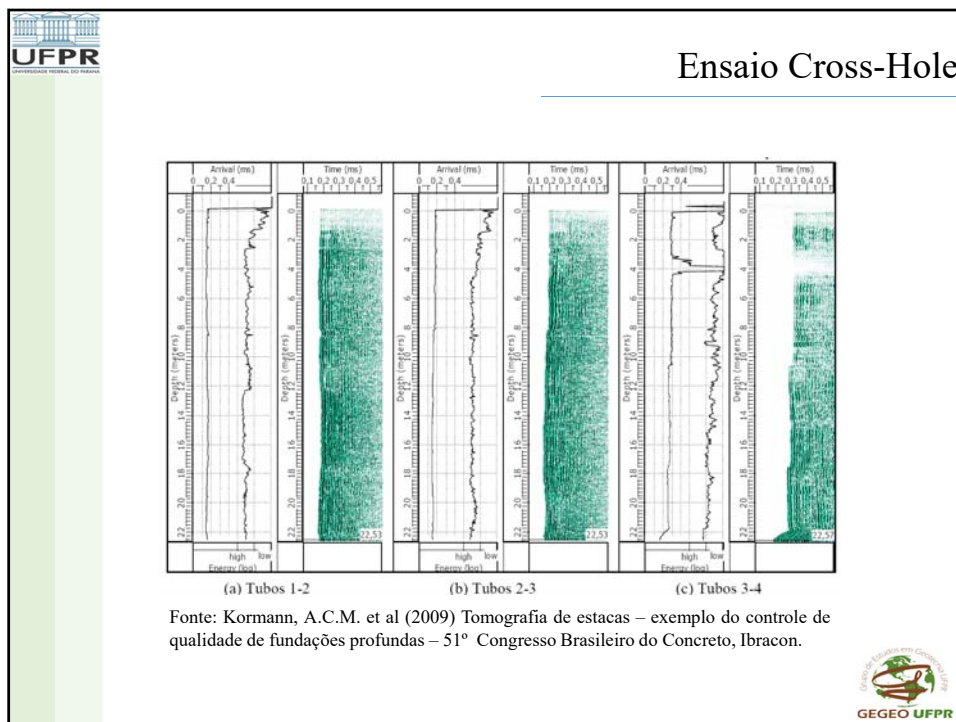


Ensaio Cross-Hole

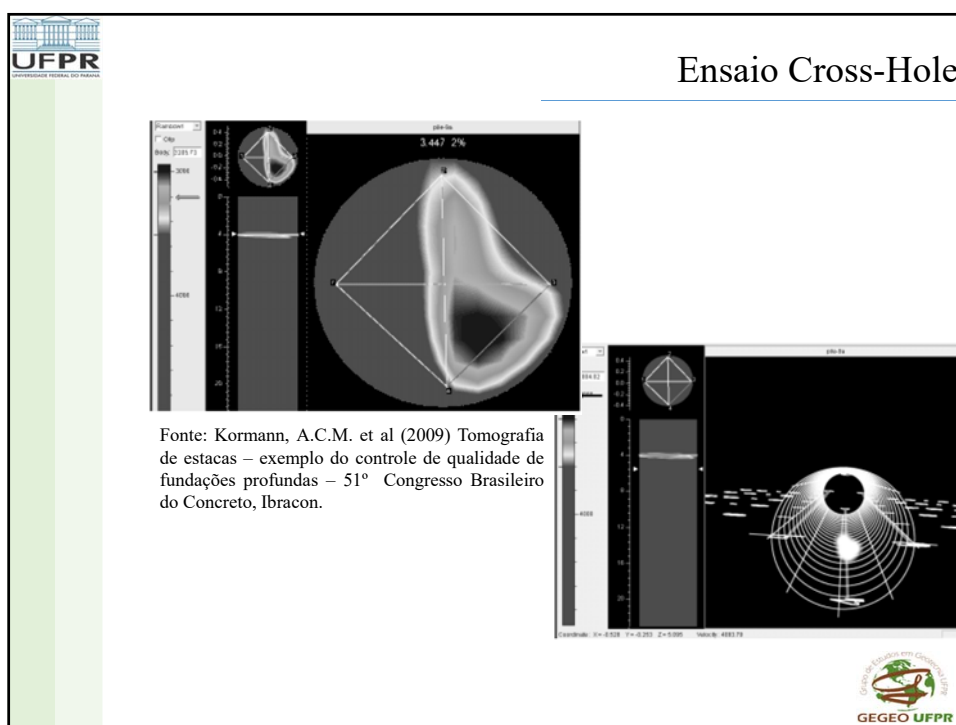
- Interpretação:
 - Com auxílio de *software* específico é possível analisar todas as combinações de leituras e gerar uma imagem bi ou tridimensional da estaca.
- Exemplo:
 - Estaca escavada com lama bentonítica de 1,60m de diâmetro e 22 m de comprimento.
 - Foram instalados 4 tubos de PVC com 50 mm de diâmetro cada tubo.



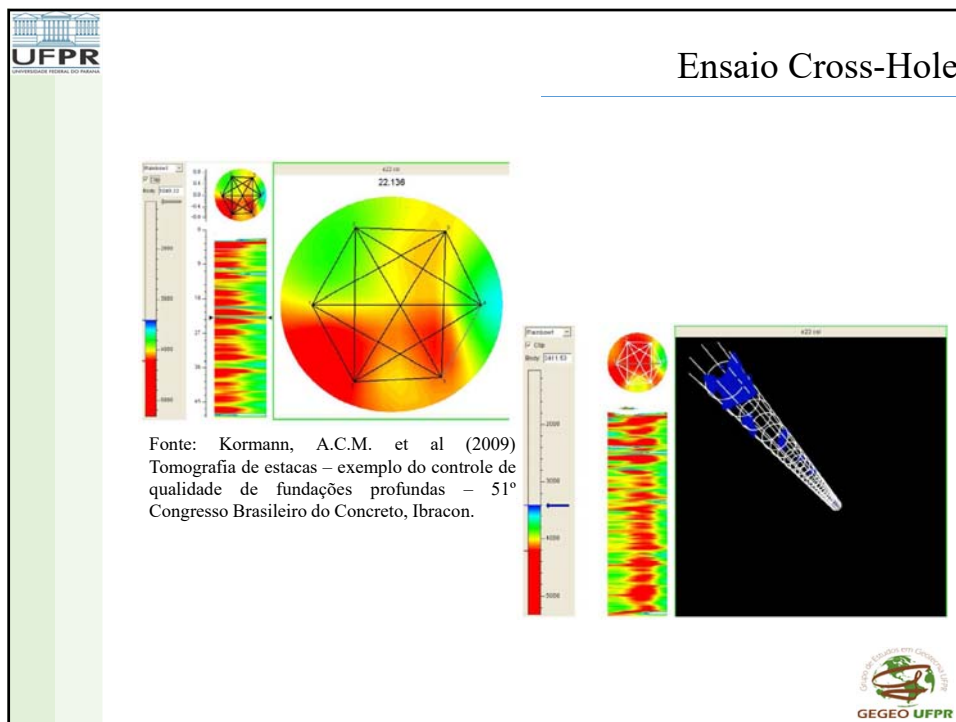
22



23



24



25

Ensaio Cross-Hole

- A grande vantagem deste método é permitir a quantificação, extensão e posição das eventuais anomalias no concreto.
- Permite a tomada de decisão e tanto no que se refere a aprovação ou não do elemento estrutural como na definição da metodologia ou do procedimento de recuperação.
- Fornece ao executante, contratante e ao projetista uma informação da qualidade da estaca.

GEGEO UFPR

26



UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Links para vídeos

- PIT:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=20KEVCsqb8g>
- Cross Hole:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=BizuFqt8X5c>
 - https://www.youtube.com/watch?v=IgNE_fqlRnc



GEGEO UFPR