

COBRAMSEG' 2006

XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IV Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
III Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia



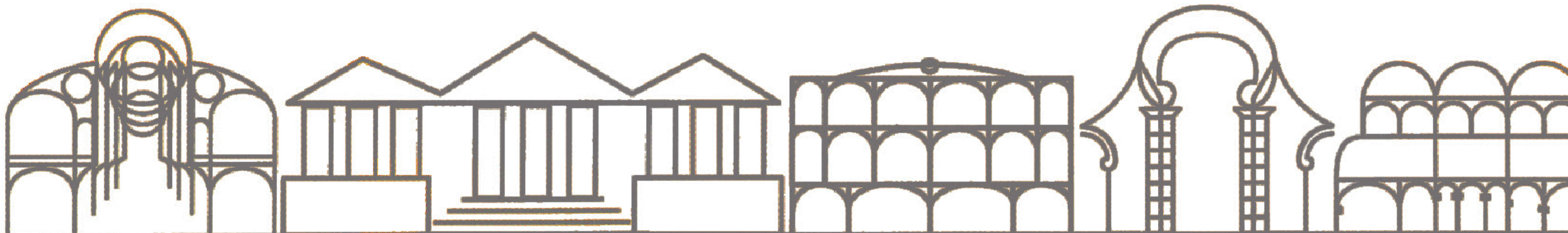
COBRAMSEG

Anais do

**XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos
e Engenharia Geotécnica**

IV Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas

Volume 2



Ensaio de Integridade em Estacas Contendo Múltiplos Bulbos Utilizadas na Cidade de Maceió

Jorge W. Beim
Pile Dynamics, Inc., Cleveland, Ohio, EUA

Yuri D. Costa
Geosenge Engenharia Ltda, Maceió, AL

Antonio Colatino Ferreira
Geosenge Engenharia Ltda, Maceió, AL

RESUMO: O método sônico de ensaios não destrutivos de integridade de estacas tem uma longa tradição de aplicabilidade em estacas escavadas de fuste relativamente homogêneo. A grande maioria das estacas usadas na cidade de Maceió, Alagoas é do tipo escavada. Algumas destas estacas sofrem alargamentos intencionais ao longo do fuste, criando bulbos, podendo ser confeccionadas com até três bulbos ao longo do fuste. O presente trabalho investiga a aplicabilidade deste método nas estacas não homogêneas rotineiramente usadas na cidade de Maceió. A investigação da aplicabilidade do método nestes elementos de fundação consistiu na execução de uma simulação do provável sinal que seria obtido tendo em vista o formato previsto para as estacas e as características do solo. A investigação prosseguiu com o ensaio de dez estacas em duas obras diferentes na região costeira da cidade, e o estudo foi concluído com a análise posterior dos dados, através da comparação dos sinais obtidos em campo com os sinais gerados pelo programa de simulação. Sinais simulados razoavelmente parecidos com os sinais obtidos em campo foram obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Estaca, Ensaio de Integridade, Método Sônico, PIT.

1 INTRODUÇÃO

O método sônico ou de baixa deformação para ensaio de integridade em estacas de concreto, também denominado ensaio PIT (Likins et al. 2000), vem se tornando bastante popular devido à sua simplicidade e rapidez de execução e conseqüente baixo custo. Uma reconhecida limitação do método, no entanto, é sua incapacidade de detectar falhas abaixo de uma grande variação de área de seção, seja esta devida a um estreitamento ou a um alargamento. Outra limitação deste tipo de ensaio é a sua sensibilidade a variações de características do solo, especialmente quando a estaca atravessa camadas de alta resistência seguidas de camadas de baixo atrito.

A grande maioria das estacas usadas na cidade de Maceió, Alagoas são do tipo

escavada. É comum que estas estacas sejam executadas com alargamentos intencionais ao longo do fuste, formando vários bulbos. Além disto, o subsolo local geralmente consiste de camadas alternadas de areia compacta e areia fofa. Esses dois fatores normalmente dificultam a interpretação dos sinais obtidos pelo ensaio PIT.

Desejava-se verificar a viabilidade do ensaio sônico nestas circunstâncias. Para isto contava-se com as características de algumas estacas experimentais, das quais conheciam-se as dimensões ao longo do fuste com grande precisão, além das respectivas características do solo. Isto permitiu um estudo preliminar do tipo de sinal que poderia ser esperado do ensaio. Em seguida foram feitos dez ensaios em duas obras diferentes na região, o que permitiu um estudo bem detalhado dos resultados do ensaio PIT

para este tipo de estaca neste tipo de solo.

2 ANÁLISES PRELIMINARES

Uma ferramenta muito útil na análise dos ensaios sônicos consiste em um programa capaz de simular os sinais que seriam obtidos pelo ensaio, tendo como dados de entrada as características do solo e da estaca (Pile Dynamics, Inc. 2005). No presente caso, dispunha-se dos dados referentes a quatro estacas experimentais executadas na cidade de Maceió (Marques 2004). As estacas foram posteriormente extraídas, sendo então possível medir os diâmetros ao longo do fuste com bastante precisão. A partir dos dados referentes a uma destas estacas, executada com dois bulbos, foi feita a simulação mostrada na figura 1.

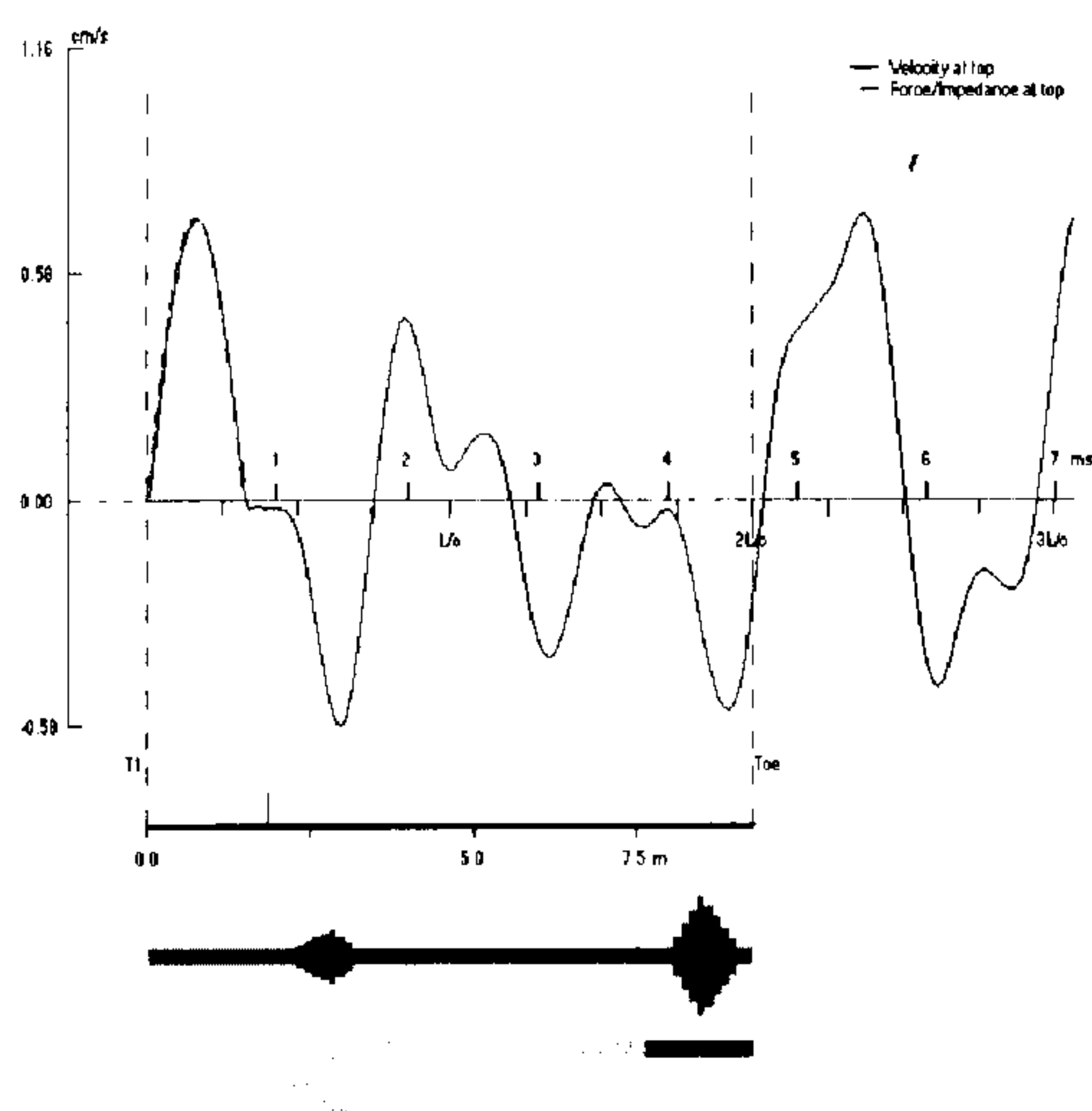


Figura 1: Estaca c/ dois bulbos, íntegra

A estaca em questão possuía 10 m de comprimento, com um bulbo superior com alargamento máximo de 205%, e um bulbo inferior com alargamento máximo de 560%, ambos em relação à área da seção no topo ($706,9 \text{ cm}^2$, correspondente a um diâmetro de aproximadamente 0,30 m). O solo consistia de uma camada superior de areia fofa a medianamente compacta, seguida de uma

camada de areia muito compacta, seguida de silte arenoso fofa (três camadas superiores mais claras na parte inferior da Figura 1, representando o material granular). A ponta estava alojada em uma camada de silte argiloso mole (camada mais escura na parte inferior da Figura 1).

O sinal da Figura 1 representa uma estaca íntegra. Para verificar a viabilidade do ensaio, simulou-se também o sinal correspondente a esta mesma estaca, porém com uma redução de 40% na área de seção entre 3,9 m e 4,3 m. O resultado pode ser visto na Figura 2.

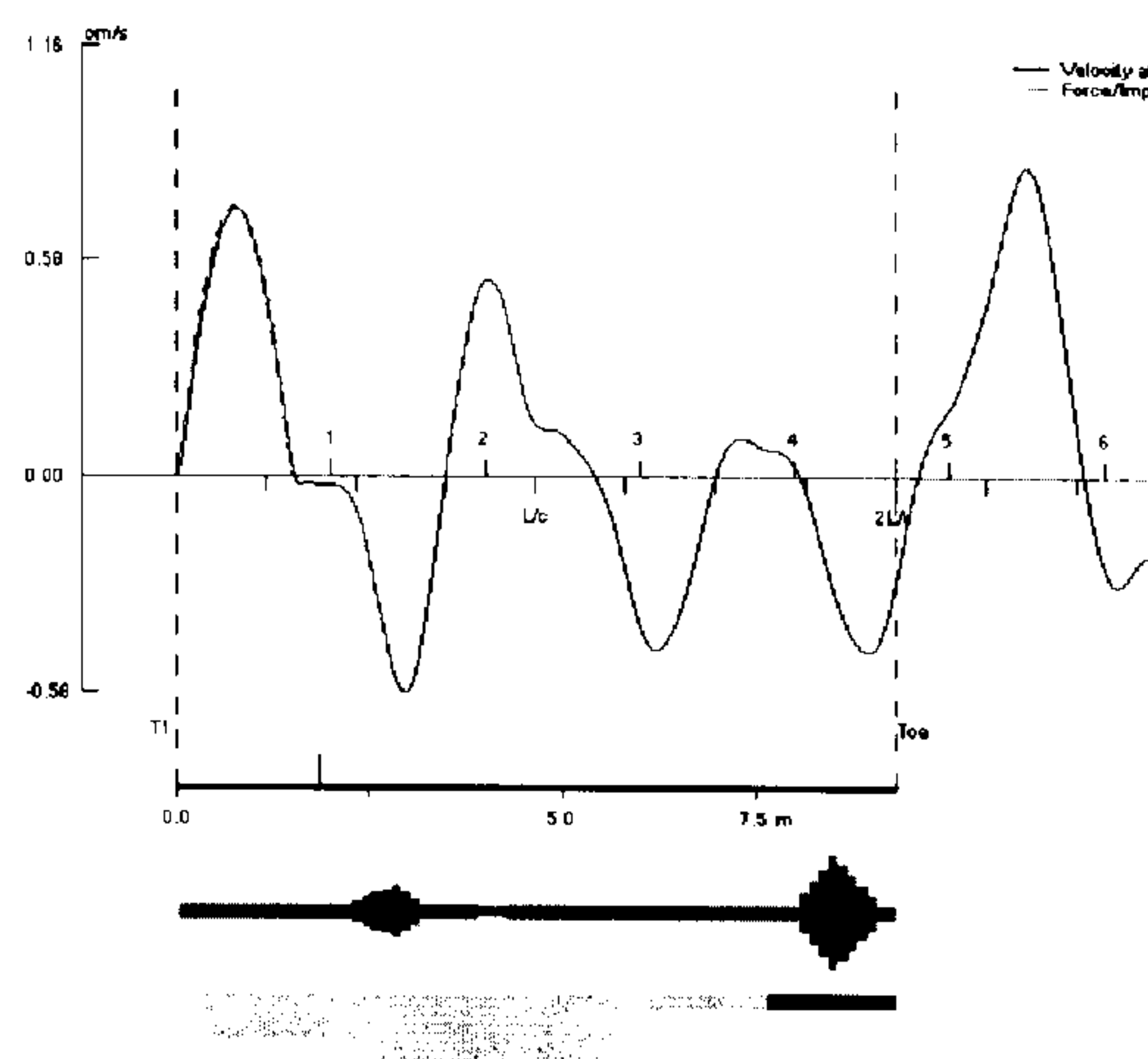


Figura 2: Estaca c/ dois bulbos, com anomalia

Comparando as curvas da Figura 1 com a da Figura 2, realmente nota-se uma alteração na forma do sinal na região da redução. Contudo, a complexidade do sinal mesmo para a estaca íntegra torna difícil a detecção com segurança da uma redução de área como a simulada.

As simulações das Figuras 1 e 2 representam um golpe com largura de pulso correspondente a um comprimento de 1,5 m. O uso de um martelo mais leve provocaria um pulso mais estreito, o qual poderia gerar um sinal em que a reflexão provocada pelo dano aparecesse mais claramente. Para verificar esta hipótese foi feita a simulação mostrada na Figura 3, com largura de pulso de 0,8 m.

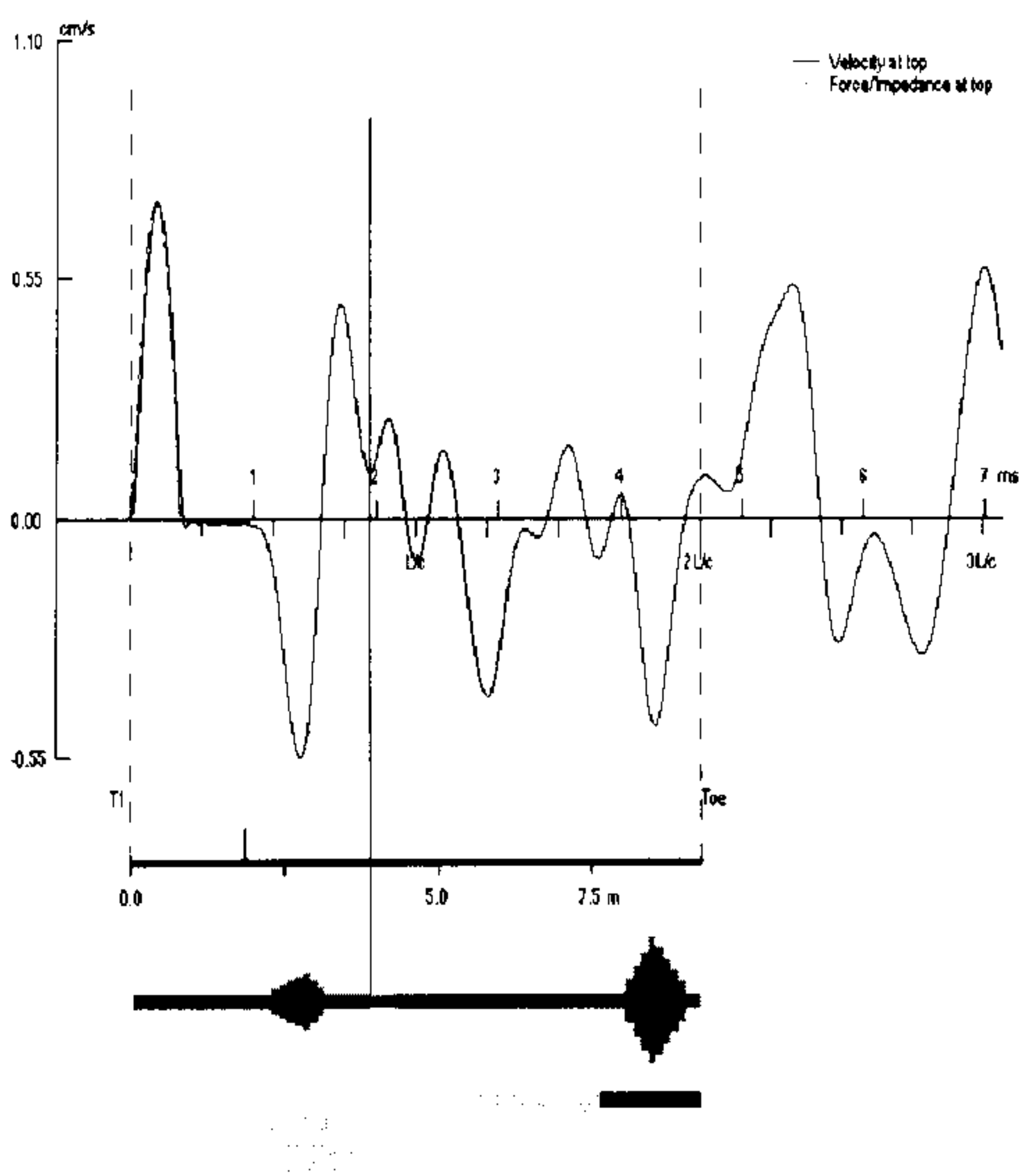


Figura 3: Estaca c/2 bulbos e anomalia, pulso de 0,8 m

Neste caso, o pulso positivo provocado pela reflexão da onda na região da anomalia fica melhor caracterizado, o que mostra a importância de se usar um martelo leve capaz de gerar pulsos estreitos. Para detecção da reflexão de ponta de estacas mais longas talvez fosse necessário empregar um martelo mais pesado. O recomendável portanto, seria fazer o ensaio utilizando diversos pesos de martelo, já que cada um é capaz de mostrar melhor diferentes características. De qualquer maneira, no entanto, a interpretação de sinais deste tipo não é trivial.

3 RESULTADOS OBTIDOS EM CAMPO

Para verificação da eficácia do ensaio em estacas na região, foram ensaiadas um total de dez estacas em duas obras distintas. Na Obra A as estacas tinham 0,28 m de diâmetro nominal, e na obra B tinham 0,30 m de diâmetro também nominal. O comprimento das estacas em ambas as obras foi informado como sendo em torno de 12,0 m, porém o formato exato das estacas não era conhecido previamente. O solo na região das duas obras consistia de camadas intercaladas de areia de vários graus de compactidade. As

Figuras 4 e 5 mostram um dos sinais obtidos referentes a uma estaca de cada obra.

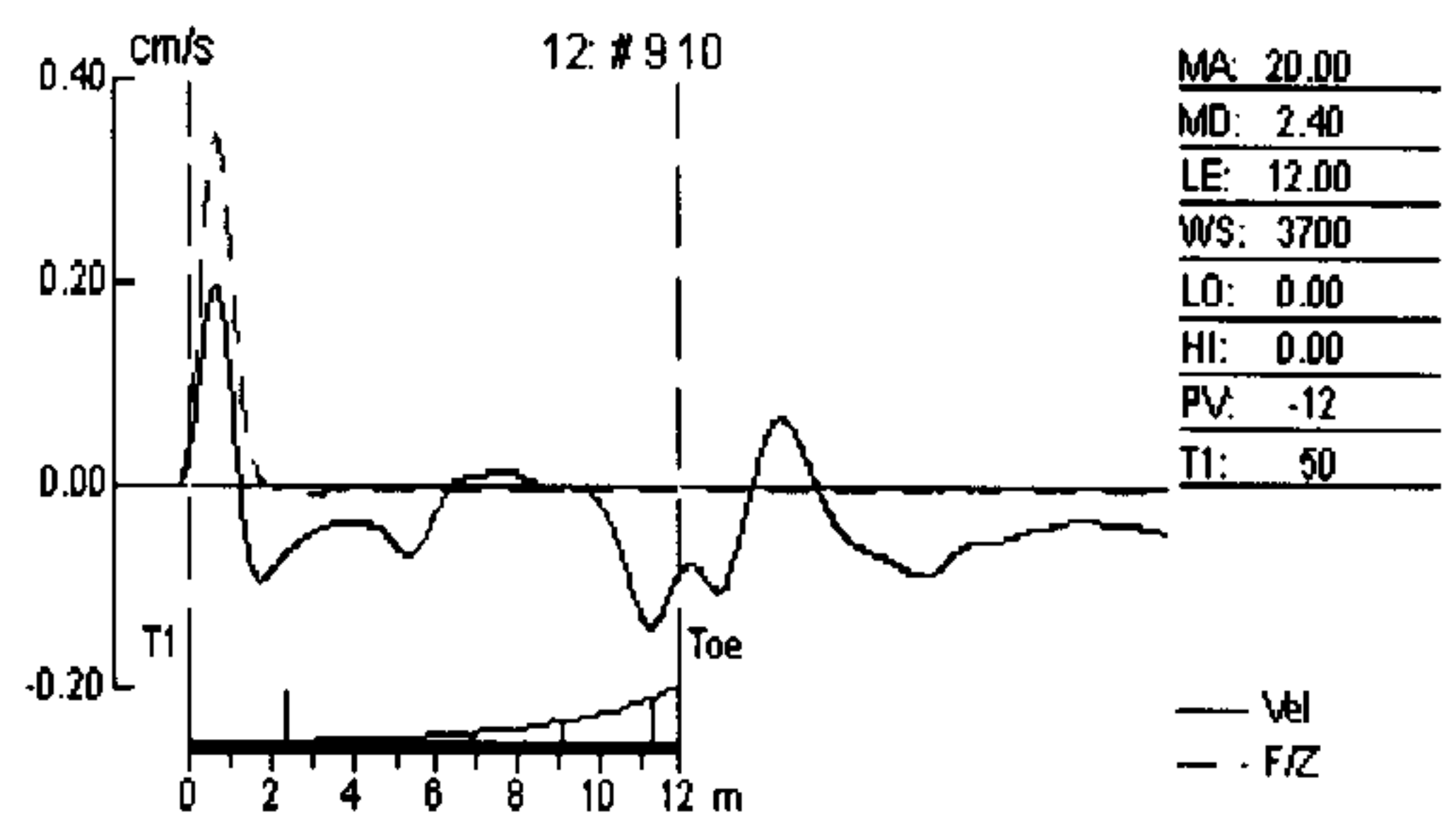


Figura 4: Sinal de campo, Estaca 22, Obra A

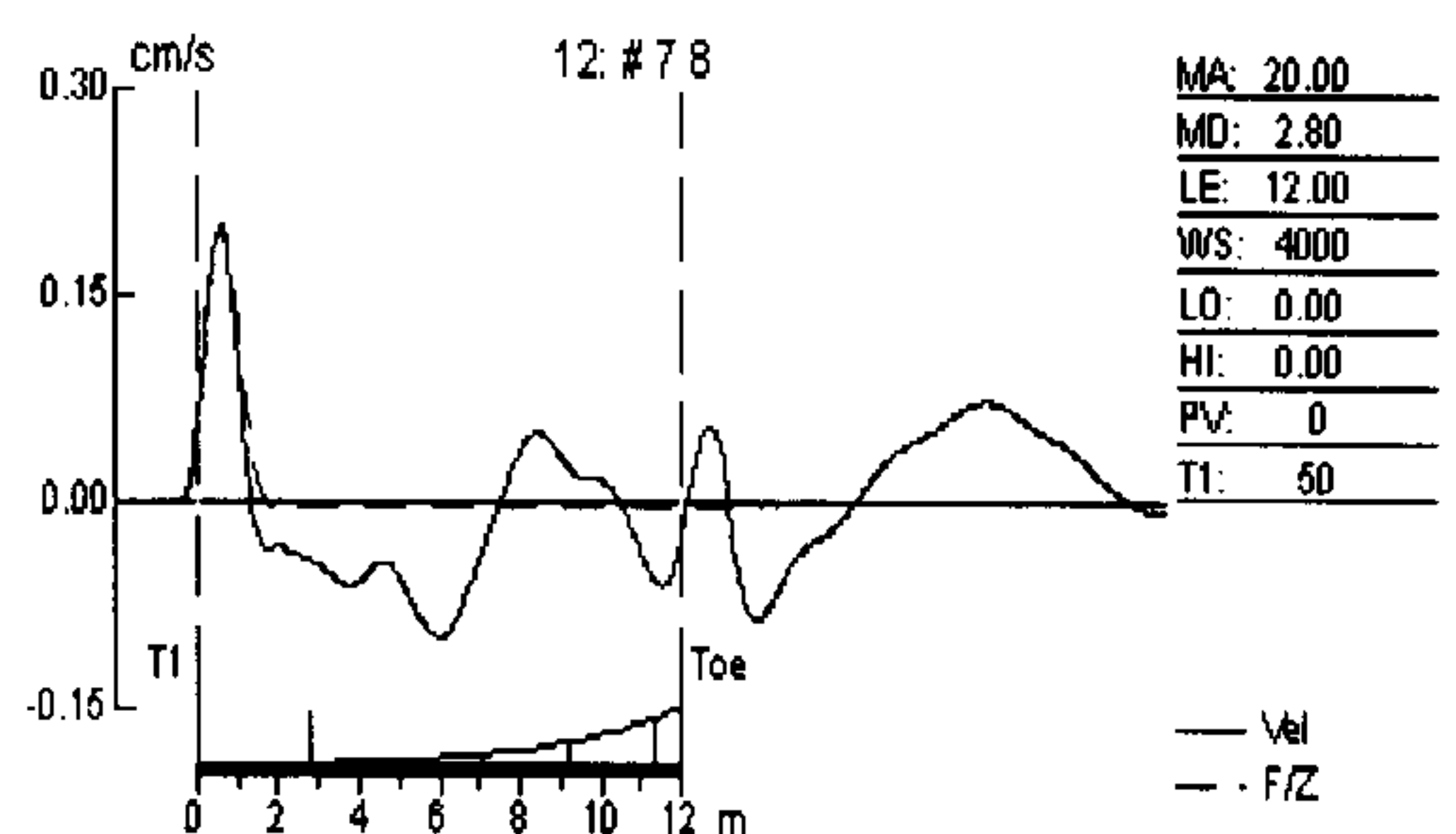


Figura 5: Sinal de campo, Estaca 52, Obra B

As Figuras 6 e 7 mostram simulações que tentam aproximar os sinais obtidos em campo, obtidas através da variação dos parâmetros da estaca, considerando as características do solo descritas nos relatórios de sondagem disponíveis.

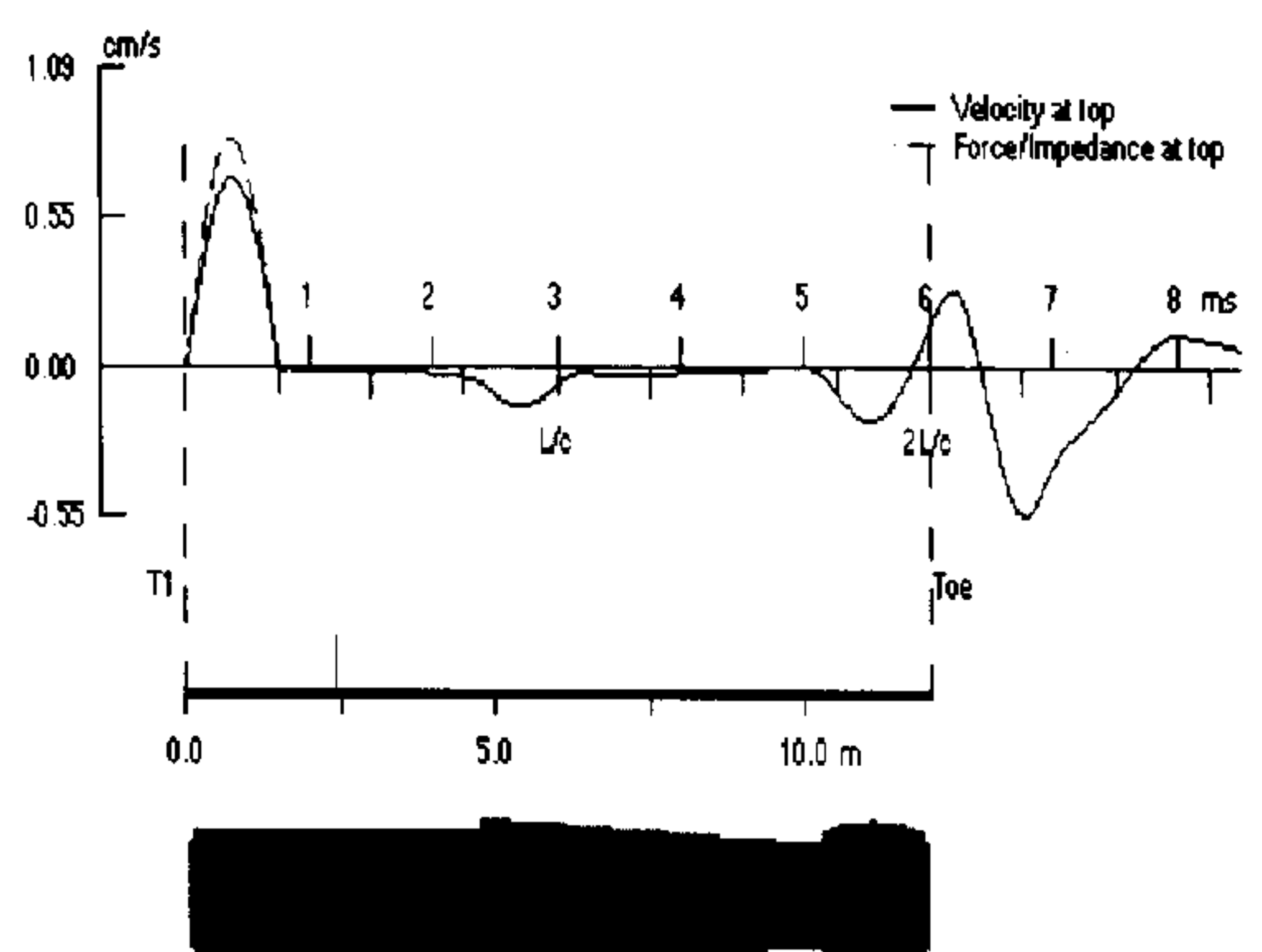


Figura 6: Simulação – Estaca 22 Obra A

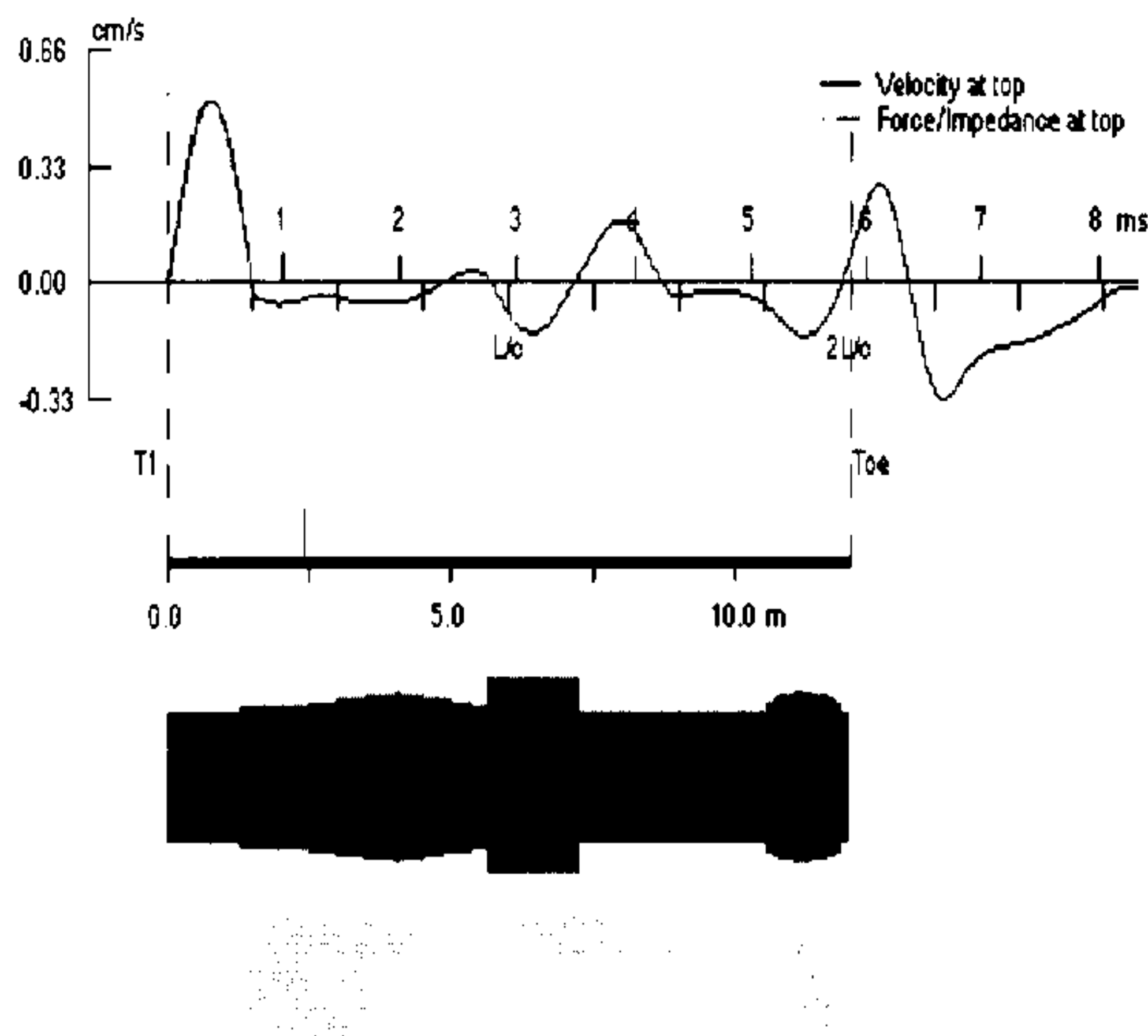


Figura 7: Simulação – Estaca 52 Obra B

Os sinais simulados são razoavelmente parecidos com os sinais obtidos em campo, o que permite concluir que as estacas ensaiadas possuem alargamentos sim, porém com valores máximos da ordem de 50 % em relação à área de seção nominal. Consultas posteriores confirmaram que as estacas nas duas obras não possuíam alargamentos da ordem dos utilizados nas estacas experimentais, mas que as mesmas possuíam bulbo na ponta, como confirmado pelo ensaio.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou a realização de ensaios de integridade sônicos de baixa deformação em estacas executadas com múltiplos bulbos, em solos com camadas alternadas de alta e baixa resistência. As principais conclusões são:

- A presença de grandes alargamentos (acima de 200% em relação à área de seção nominal) dificulta a análise dos sinais. Nesse caso, é indispensável a execução de simulação prévia do sinal esperado, de modo que qualquer discrepância possa ser interpretada como uma possível anomalia. É também recomendável o uso de martelos de diferentes pesos, e que portanto gerem pulsos de diferentes larguras.
- Variações menores, da ordem de até 50% na área de seção, não chegam a gerar sinais de complexidade excessiva, e portanto os ensaios nestas circunstâncias podem ser interpretados da maneira convencional, ou seja, verificando-

se sempre a existência de picos negativos antes de eventuais picos positivos, o que indicaria apenas uma retorno ao diâmetro nominal após um alargamento. As reflexões de ponta aparecem claramente nestes casos, pelo menos para estacas com relações comprimento/diâmetro favoráveis (menores que 50 no caso das duas obras analisadas).

- As reflexões provocadas por variações de resistência das camadas intercaladas de areia de vários graus de compactidade não chegaram a afetar excessivamente os sinais do ensaio sônico.

REFERÊNCIAS

- Lkins, G e Rausche, F. (2000) *Recent Advances and Proper Use of PDI Low Strain Pile Integrity Testing*, Sixth International Conference on the Application of Stress-wave Theory to Piles, São Paulo, Brasil, p. 211-218.
- Marques, J.A.F (2004). *Estudos de estacas escavadas de pequeno diâmetro, com bulbos, instrumentadas em profundidade, em terrenos sedimentares*. 319 p. Tese (Doutorado) - ESC POLITECNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pile Dynamics, Inc. (2005) Manual do programa PIT-S. Disponível em: <<http://www.pile.com>>. Acesso em 29 de março de 2006.