

# ENSAIOS DINÂMICOS DE ESTACAS — AS JORNADAS 87 (BRUXELAS, NOVEMBRO)\*

## Dynamic testing of piles — The workshop 87 (Brussels, November)

por

JOSÉ FOLQUE\*\*

FIALHO RODRIGUES\*\*\*

RESUMO — Recentemente tiveram lugar, em Bruxelas, as Jornadas 87 referentes a ensaios dinâmicos de estacas, para determinação da sua integridade e capacidade de carga. Apresenta-se um resumo e comentários relativos às mencionadas Jornadas.

Synopsis — The 23 and 24th November 1987 a workshop was held in Brussels concerning dynamic testing of piles aimed to determine the integrity and bearing capacity. A summary and a comment on the workshop are presented.

### 1 — A EXPERIÊNCIA QUE DEU SUBSTÂNCIA ÀS JORNADAS

#### 1.1 — Objectivo e "regras do jogo"

O Agrupamento Belga de Mecânica dos Solos, com o apoio doutros organismos oficiais, organizou uma *experiência*, potencialmente riquíssima em informação, como adiante se verá, que envolveu consideráveis e vultuosos meios organizativos, operacionais e financeiros. Foi o caso que, em local adequadamente escolhido às características geotécnicas e condições de desafio (no que se refere a condicionamentos ambientais em meio urbano — a experiência foi realizada em Gand), diversos grupos de estacas foram construídos por firmas reputadas pelo seu prestígio e competência.

Foram instaladas cinco estacas de cada tipo: uma destinada aos gabinetes que iam executar os ensaios dinâmicos experimentarem os seus equipamentos, outra aos ensaios de integridade, outra aos ensaios dinâmicos para avaliação da capacidade de carga e as duas restantes a ensaios de carga estáticos.

As "regras do jogo" consistiram em:

- a) As empresas que construíram as estacas assumiram o compromisso de manter secretos todos os dados relativos às mesmas.
- b) Um certo número de gabinetes de estudo (belgas e estrangeiros — franceses, holandeses), obviamente independentes das empresas que tinham executado as estacas, foram depois encarregados de executar os ensaios *dinâmicos* que entendessem convenientes para

---

\* A discussão do trabalho está aberta por um período de três meses.

\*\* Engenheiro Civil, Investigador-Coordenador, LNEC.

\*\*\* Geólogo, Investigador Principal, LNEC.

concluir sobre o *comprimento* das estacas (o que era uma indicação primordial da sua integridade, pois numa estaca qualquer uma eventual interrupção responde como ponta da estaca) e bem assim sobre outros aspectos de integridade (fissurações, adelgaçamentos, etc.); e ainda sobre respectivas capacidades de carga. Competia aos gabinetes instrumentar as estacas como achassem conveniente.

- c) Os elementos informativos fornecidos pela Comissão Organizadora aos gabinetes de estudo consistiam no relatório da caracterização geotécnica e dados relativos ao tipo de estacas e seu diâmetro.

As Jornadas consistiram na apresentação e relato das operações de prospecção e construção de estacas, na apresentação dos relatórios dos gabinetes de estudo e na discussão, pelos presentes, das matérias em causa. No início foram apresentadas duas comunicações sobre bases teóricas dos métodos dinâmicos de ensaios de estacas (integridade e capacidade de carga). No final a Comissão Organizadora (subcomissão de avaliação) apresentou conclusões.

Trata-se, como se vê, de uma experiência valiosíssima e cujo valor informativo é de realçar com particular ênfase.

## 1.2 — O local dos ensaios; estudos geotécnicos

A caracterização geotécnica do local foi feita à custa de uma sondagem mecânica, ensaios CPT, SPT e pressiométricos.

Uma descrição geral, sumária, da geotecnia do local conjuntamente com os resultados dos ensaios é apresentada no Anexo 1.

## 1.3 — As estacas construídas

Foram construídos 4 grupos de 5 estacas, correspondendo cada grupo a um tipo particular de estacas. Há assim a distinguir os seguintes grupos:

- a) Estacas *De Waal* — Trata-se de estacas prefabricadas, de betão, com secção quadrada de 32 × 32 cm.
- b) Estacas *Socofonda* — São estacas moldadas no terreno; a furação é feita com trado; a betonagem faz-se à pressão enquanto o trado é retirado continuamente e de forma a "apagar" as marcas helicoidais deixadas no terreno. Resulta portanto uma estaca que, na sua conformação geral, é semelhante às estacas moldadas convencionais.
- c) Estacas *Atlas* — São estacas moldadas no terreno com furação feita por meio de uma ponteira helicoidal. A betonagem é feita por meio de injeção central, sendo também na zona central da estaca que é colocada a armadura. A ponteira helicoidal é retirada com rotação inversa da descida e com a mesma velocidade de forma a *preservar* os sulcos helicoidais impressos no terreno. Resulta assim uma estaca com fuste em hélice.
- d) Estacas *Fundex* — São estacas moldadas no terreno efectuando-se a furação por meio de cravação, acompanhada de rotação, do tubo obturado, com ponteira perdida. A betonagem faz-se enquanto a tubagem é retirada com movimento oscilatório ascendente-descendente.

No Anexo 1 representam-se esquematicamente os processos de execução das estacas descritas.

## 2 — AS JORNADAS

### 2.1 — Exposição de bases teóricas

#### a) *Integridade*

A exposição foi apresentada em holandês o que, pelo menos para os portugueses, se apresentou bastante inconveniente. Mas a consulta dos elementos escritos e respectivas figuras que estão incluídos nos Proceedings permite fazer ideia de que se trata de um resumo muito bem elaborado, compacto mas muito completo.

Como acontece que é abundante a bibliografia referente a este tema não há grande inconveniente em não ter acesso fácil à exposição apresentada nas Jornadas.

Quanto aos aspectos teóricos envolvidos recordar-se-á que eles respeitam a dois métodos fundamentais: o método de eco e o de admitância mecânica.

No método de eco, arbitrada ou determinada a velocidade de propagação de ondas no betão, a determinação da distância à cabeça da estaca da sua ponta ou de qualquer interrupção efectua-se medindo o tempo gasto no percurso de ida e volta de uma onda de choque que se propaga ao longo da estaca e é *reflectida* na ponta ou interrupção.

No método de admitância mecânica toma-se por base esta grandeza, que se define como sendo  $V/F$ , relação entre os módulos da velocidade de deslocamento da cabeça da estaca e da força que pôs a estaca em vibração, em função da frequência. Para obter uma curva de admitância versus frequência pode-se acoplar à cabeça da estaca um vibrador com frequência variável e regulável (método hoje abandonado) ou simplesmente percutir a estaca e, usando as transformadas de Fourier, decompor a vibração registada (em que se sobrepõem numerosas vibrações sinusoidais) nas diversas vibrações elementares, traçando depois a curva de admitâncias em função das frequências. Dispondo de tal curva pode-se determinar a distância entre singularidades, por exemplo entre cabeça e ponta (se não houver qualquer interrupção) a partir de

$$L = V_c / 2 \Delta f \quad (1)$$

em que  $V_c$ , velocidade de propagação das ondas no meio, é expressa em m/s e  $\Delta f$ , diferença em frequência entre dois máximos ou dois mínimos, é expressa em Hz.

A curva de admitância em função das frequências permite ainda determinar a "admitância característica" que se toma como a admitância para 16 Hz.

$$N = 1/\rho_c \cdot A_c \cdot V_c \quad (2)$$

em que

$A_c$  — secção real da estaca

$\rho_c$  — densidade do betão.

A "admitância característica" dá indicações sobre a qualidade do betão e a secção real da estaca pois que, obviamente, um valor de  $N$  anormalmente alto corresponderá a um  $\rho_c$  baixo (e portanto a um betão de má qualidade) ou, sobretudo se não houver razões para duvidar da qualidade do betão, a uma forte redução de  $A_c$ , secção real da estaca.

## b) Capacidade de carga

Os ensaios dinâmicos para averiguar a capacidade de carga consistem fundamentalmente em percutir a estaca com um pilão de algumas toneladas, com apreciável altura de queda, e observar o comportamento da estaca. Evidentemente que tem de se arranjar um compromisso, pois se uma grande energia de impacto forneceria informações mais facilmente mensuráveis, por outro lado haveria o risco de ocorrerem danificações nas estacas, o que evidentemente não é aceitável pois interessa fundamentalmente realizar estes ensaios tomando todas as precauções para que eles sejam "não-destrutivos".

A título de curiosidade refere-se que, apesar das precauções tomadas, os ensaios de carga dinâmicos introduziram fissurações numa das estacas, as quais foram detectadas através de ensaios de integridade executados depois de terminados os ensaios de carga dinâmicos.

Os clássicos ensaios de cravação foram antepassados deste método e ainda hoje, em certa medida, as fórmulas usadas para sua interpretação, com algumas alterações, poderiam ser revalidadas. Acontece porém que as antigas formulações de interpretação não consideravam, por simplificação, o que é de presumir que se passe ao longo do fuste da estaca, até à ponta, quando ela é percorrida pela onda de choque e depois, quando actua a onda ascendente gerada pelas forças reactivas.

A equação de onda, para um meio elástico, é sabido que leva a

$$V_c = \sqrt{E/\rho} \quad (3)$$

em que  $V_c$  é a velocidade de propagação das ondas no meio,  $E$  o módulo de Young e  $\rho$  a massa específica. Na cabeça da estaca e nos primeiros instantes após o impacto, enquanto só a onda descendente está a actuar, a força actuante  $F$  e a velocidade de deslocamento da cabeça,  $v$ , são proporcionais

$$F = v \cdot I \quad (4)$$

O coeficiente de proporcionalidade,  $I$ , designa-se por impedância mecânica do sistema e tem o valor

$$I = E \cdot A / V_c = \rho_c V_c \cdot A \quad (5)$$

pois que

$$E = \rho_c \cdot V_c^2 \quad (6)$$

Vem então que multiplicando a velocidade de deslocamento da estaca pela impedância tem-se a força actuante, contanto que o fenómeno não seja perturbado pela onda ascendente. Porque a onda ascendente é gerada pelas forças reactivas o seu exame propicia informações sobre o valor dessas forças. E este, ao fim e ao cabo, é o objectivo do estudo pois as forças reactivas, no limite, são a capacidade de carga da estaca. Quer isto dizer que a observação dos "desvios" que o comportamento *real* exhibe em comparação com o comportamento de uma estaca actuada só pela onda descendente fornece uma via para chegar à capacidade de carga. O seguimento dessa via implica contudo a necessidade de uma *modelação* reológica do meio em que se geram as forças reactivas.

Tomando a questão com outro enfoque poder-se-á acrescentar ao que já foi dito que, conhecida a força que actua a cabeça da estaca e medindo a sua velocidade de deslocamento, obter-se-á um resultado que *difere* do que corresponde ao esquema simples da carga actuante com onda supostamente só descendente. A interpretação dessa *diferença* conduz a uma estima da capacidade de carga com mediação da consideração de um modelo reológico para o meio em que se desenvolvem forças reactivas.

A Fig. 1 mostra um dos primeiros modelos propostos para concretização do que ficou exposto. Trata-se, como se vê, de um modelo em que quer as forças de atrito lateral quer a força de ponta são tomadas como tendo comportamento elástico unidireccional.

Apresentou-se este modelo por ser o mais simples e o primeiro a ser utilizado. Pouco depois de ele ser apresentado foram propostos modelos com elementos viscosos para dar conta dos fenómenos de amortecimento. E em breve se reconhecia que a parcela irreversível do deslocamento da estaca implicava ter de se incluir nos modelos elementos plásticos.

Na solução que actualmente se dá a um problema concreto usam-se métodos numéricos de resolução da equação de onda usando um modelo reológico do tipo dos que ficaram citados. A informação experimental necessária consiste em observações *cinemáticas* (principalmente velocidades de deslocamento da cabeça da estaca), puramente *geométricas*, consistindo na medição dos deslocamentos recuperáveis e irrecuperáveis, e *dinâmicas*, fundamentalmente a força actuante na cabeça da estaca.

A conveniente manipulação destes observáveis, contando com um modelo reológico do sistema, leva a uma estima das forças reactivas e, portanto, da capacidade de carga da estaca.

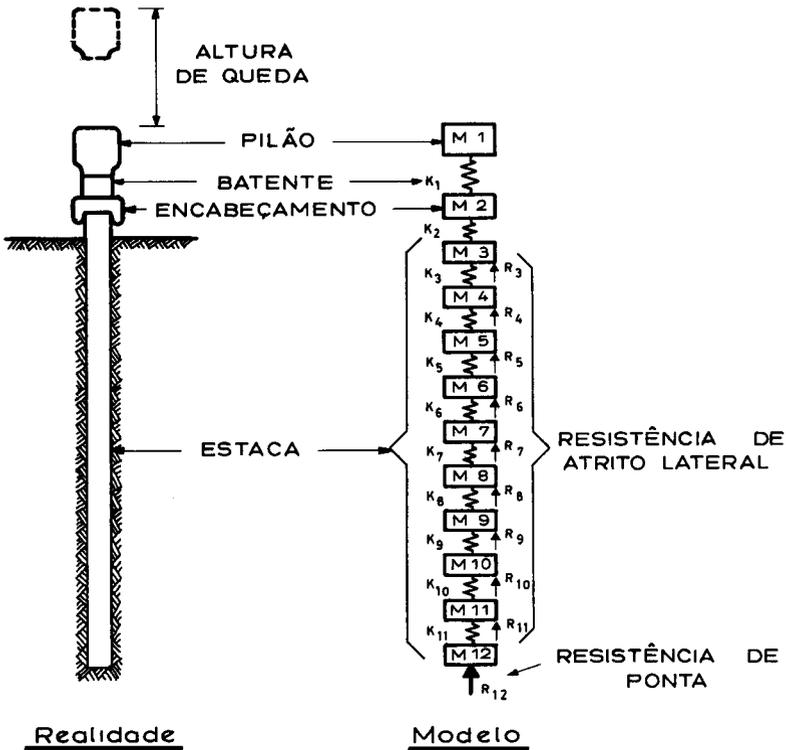


Fig. 1 — Modelo para análise de estacas através da equação de onda

## 2.2 — Relatos das entidades que realizaram os ensaios

### a) Integridade

Foram as que a seguir se indicam as entidades que participaram nestes estudos:

- FUGRO Geotechniek B. V., Holanda
- FRANKI s.a., Bélgica
- Laboratório MAGNEL, Bélgica
- TNO, Holanda
- CEBTP (Centre d'Études du Bâtiment), França.

As três primeiras usaram o método de eco enquanto que o CEBTP utilizou o método de admitância mecânica.

A título de exemplo dos trabalhos realizados pelo método de eco vai-se apresentar o resumo de um fragmento do relato da FRANKI s.a.

O conjunto de instrumentação utilizada está esquematizada na Fig. 2. Como na figura se vê o aparelho utilizado para captar a "resposta" da estaca foi um acelerómetro.

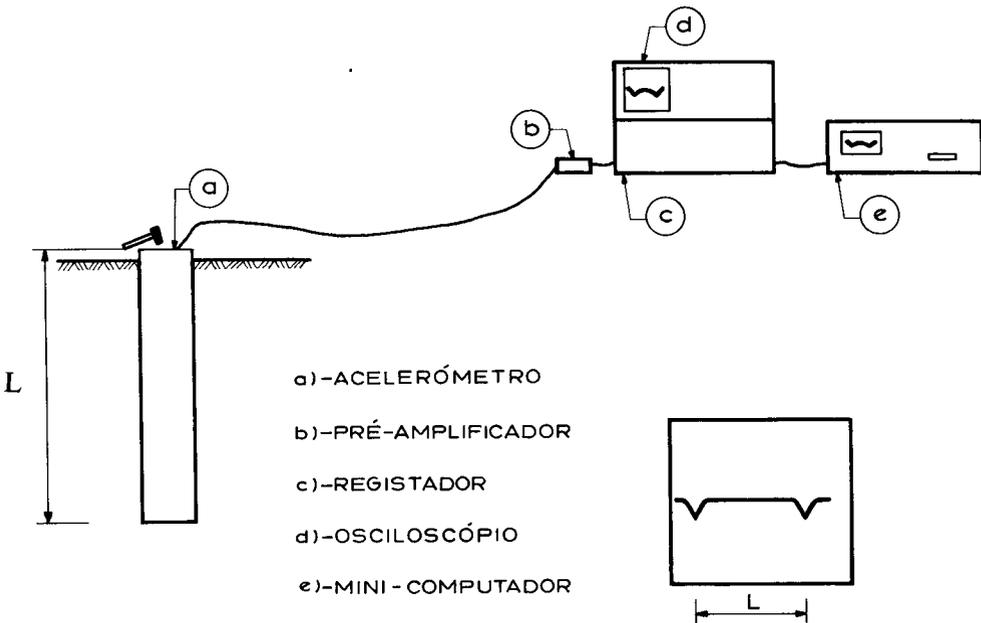


Fig. 2 — Representação esquemática do método de eco

Na Fig. 3 apresenta-se o resultado de um dos ensaios. O diagrama apresentado na parte superior mostra as acelerações em função do tempo. A integração da curva de acelerações dá a curva de velocidades de deslocamento da cabeça, curva que está representada na parte inferior da mesma figura. Detectou-se um eco principal (na figura representado por  $L$ ) que dá o comprimento da estaca — 16,7 m. Também se detectou um eco secundário — representado na figura por  $L_1$  — a 7,5 m de profundidade, que corresponde a um defeito da estaca, um defeito certamente sem grande gravidade, visto que se assim não fosse não se conseguiria detectar o eco que corresponde à ponta da estaca.

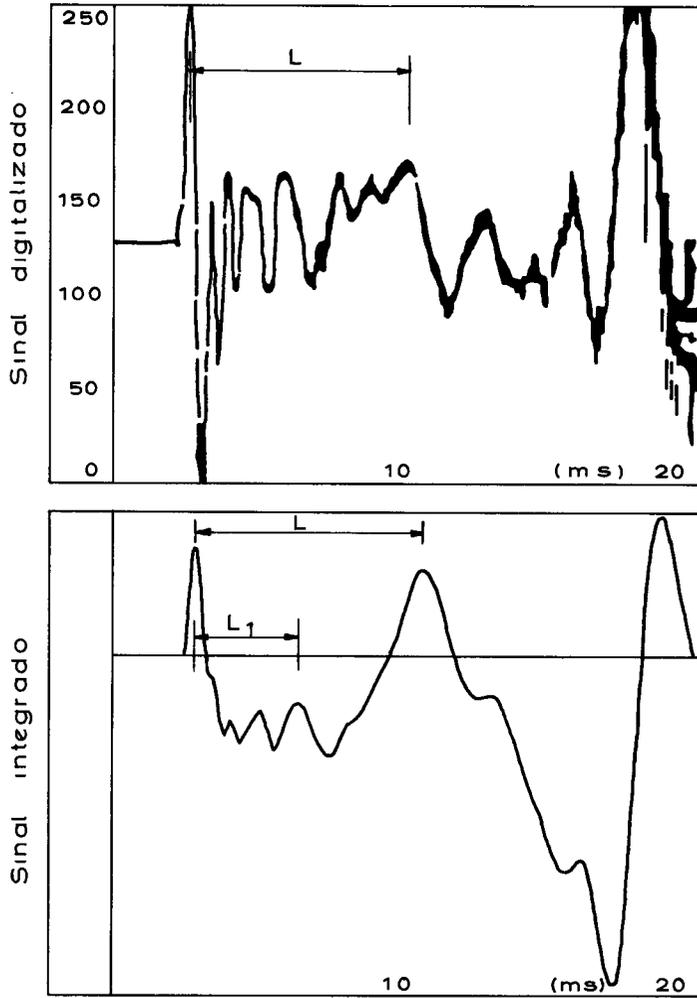


Fig. 3 — Resultado de um ensaio com o método de eco

Para exemplificar a utilização do método de admitância mecânica a seguir se resume uma parte do relatório do CEBTP.

A Fig. 4 mostra a instrumentação utilizada. As velocidades e forças captadas, analisadas no computador MIMP (transformada de Fourier), permitem obter curvas de admitância,  $V/F$ , em função da frequência.

A Fig. 5 mostra a curva correspondente a um dos ensaios. Deduz-se dessa curva, por aplicação de (1), art. 2.1, que a estaca a que ela se refere tem um comprimento de 15,5 m e que apresenta uma ligeira variação de secção por volta da profundidade 2,2 m.

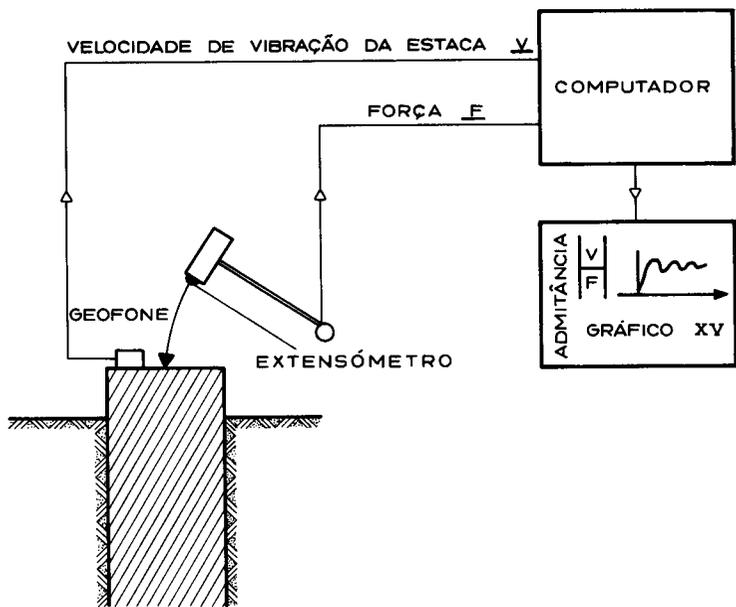


Fig. 4 — Representação esquemática do método de admitância mecânica

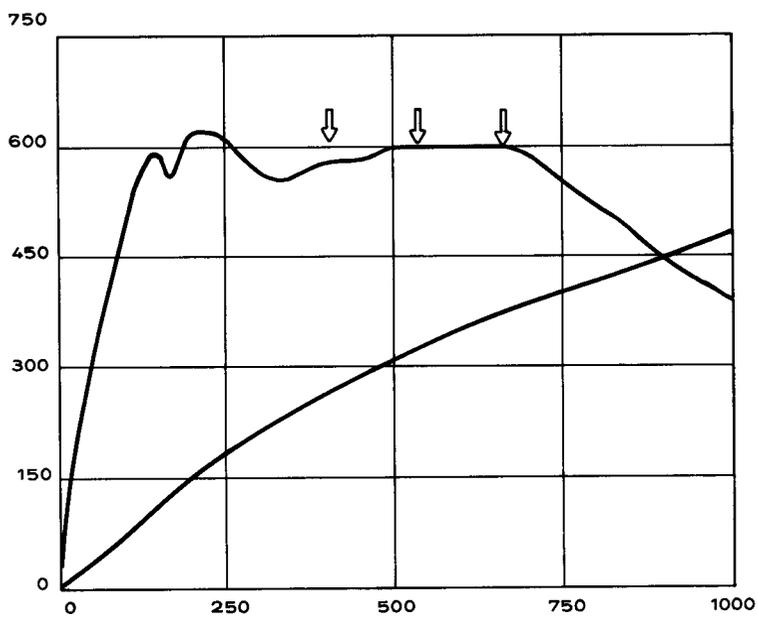


Fig. 5 — Curva obtida num ensaio com o método de admitância mecânica

A admitância específica (que é definida como a admitância a 16 Hz) é superior à teórica e corresponde a um diâmetro real da estaca de 45 cm (ligeiramente superior ao diâmetro nominal). Note-se de passagem que a admitância específica foi calculada para  $\rho_c = 24 \text{ kN/m}^3$  e  $V_c = 4000 \text{ m/s}$ .

Os sinais são fortemente amortecidos para as baixas frequências, por outras palavras, são fracos os sinais provenientes da ponta da estaca. Isto significa que há bom contacto solo-estaca (no caso de um contacto solo-estaca com aderência elevadíssima é óbvio que os sinais provenientes da ponta poderiam ser totalmente "apagados", isto é, não chegariam ao captor instalado na cabeça da estaca pois que esta responderia como *encastramento perfeito* instalado até bastante acima da ponta).

b) *Ensaio de determinação de capacidade de carga*

As organizações que participaram nos ensaios foram:

- BALKEN Piling System, Suécia
- CEBTP, França
- LCPC (Lab. Central des Ponts et Chaussées), França
- FRANKI s.a., Bélgica
- TNO, Holanda.

O quadro reproduzido na Fig. 6 resume os métodos adoptados e dá indicações sobre os modelos reológicos utilizados pelas organizações que efectuaram cálculos com "simulação numérica".

Firmas método de interpretação	BALKEN	CEBTP	LCPC	FRANKI	TNO
Manipulação dos sinais de força e de velocidade	-	x	x	x	x
Fórmulas de cravação	-	-	-	Hiley com FS = 2	-
Impedância mecânica	-	-	-	sim	-
Simulação numérica	Resistência estática elasto-plástica	-	Resistência: patim rígido plástico aco- plado a mola e amortecedor	Sólido equi- valente na base	Smith ou Case generalizado
Modelo utilizado	Amortecimento linear $J_c = 0.1-0.3$			Patim rígido plástico aco- plado a mola e amortecedor não linear	
Esquema de integração	Integração explícita		Método das ca- racterísticas	Integração explícita	Método das ca- racterísticas

Fig. 6 — Modelos reológicos para cálculos com simulação numérica

Para exemplificar as técnicas utilizadas pelas entidades que efectuaram estudos de "manipulação de sinais de força e velocidade" a seguir se resume uma parte do relatório do CEBTP. A instrumentação utilizada foi:

- Extensómetros colados ao betão, nas proximidades da cabeça da estaca, para determinação de forças.
- Acelerómetros.
- Teodolito electrónico para medir deslocamentos, dinâmicos e estáticos.

A utilização dos sinais foi feita usando a seguinte técnica:

- as indicações dos acelerómetros, uma vez integradas, forneciam velocidades, descendentes e ascendentes;
- a resistência dinâmica do solo pode obter-se comparando a velocidade ascendente observada com a velocidade ascendente de uma estaca livre. Esta última, como se mostra na Fig. 7, pode obter-se por simples translação no eixo dos tempos da velocidade descendente observada.

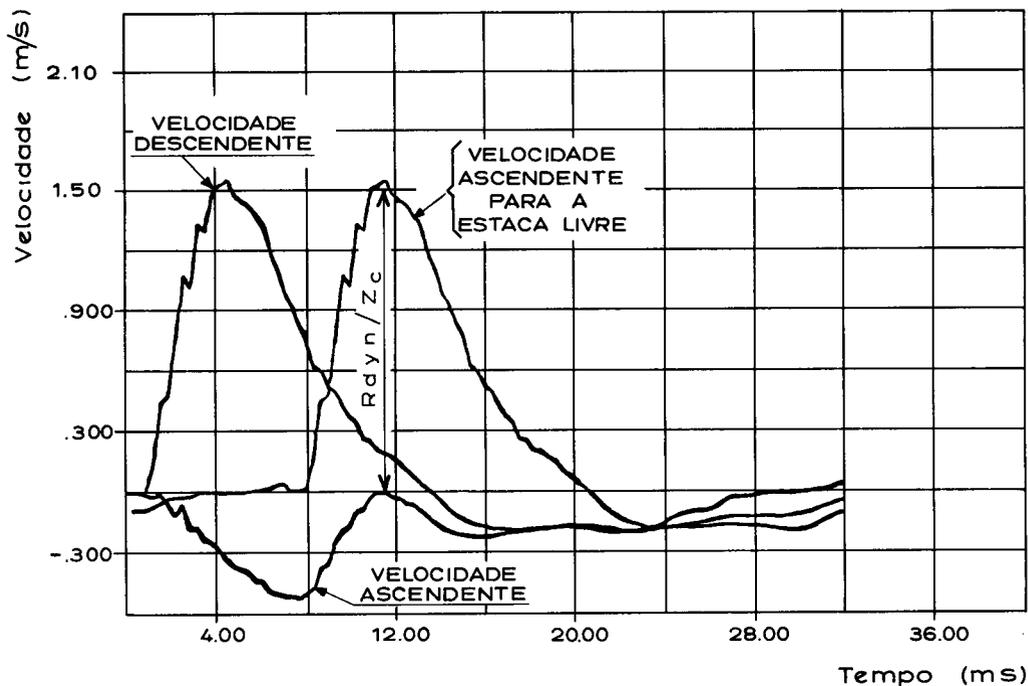


Fig. 7 — Ensaio de carga dinâmica utilizando "manipulação dos sinais de força e velocidade"

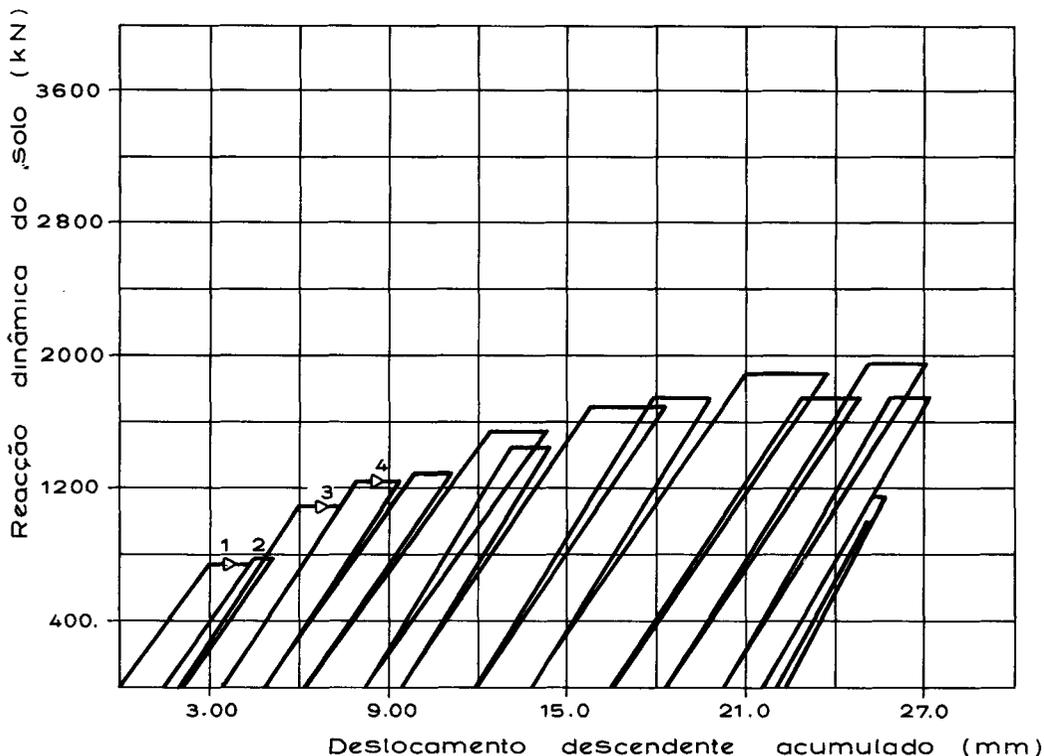


Fig. 8 — Resistências dinâmicas em função de deslocamentos descendentes

O diagrama da Fig. 8 mostra curvas de resistências dinâmicas em função de deslocamentos descendentes de uma estaca submetida a sucessivos golpes de pilão.

Uma conveniente manipulação dos resultados de diagramas deste tipo permite chegar a previsões que, para o conjunto de estacas, apresenta o aspecto que se mostra na Fig. 9.

Para exemplificar os estudos realizados usando "simulação numérica" vai-se resumir uma parte do relatório do LCPC.

Os sinais utilizados foram fornecidos pelo CEBTP e recorda-se que consistiram em:

- velocidades (por integração de acelerações);
- deslocamentos;
- forças aplicadas na cabeça da estaca.

A Fig. 10 mostra o modelo reológico utilizado para simular as forças de aderência lateral. A força de ponta era simulada por idêntico modelo. A Fig. 11 mostra os sinais registados.

O cálculo numérico, isto é, a integração da equação de onda, por métodos numéricos, para uma estaca com interacção no meio envolvente de acordo com o modelo reológico da Fig. 10, leva a uma força total estimada em 3600 kN com uma parcela correspondente à aderência de 2400 kN.

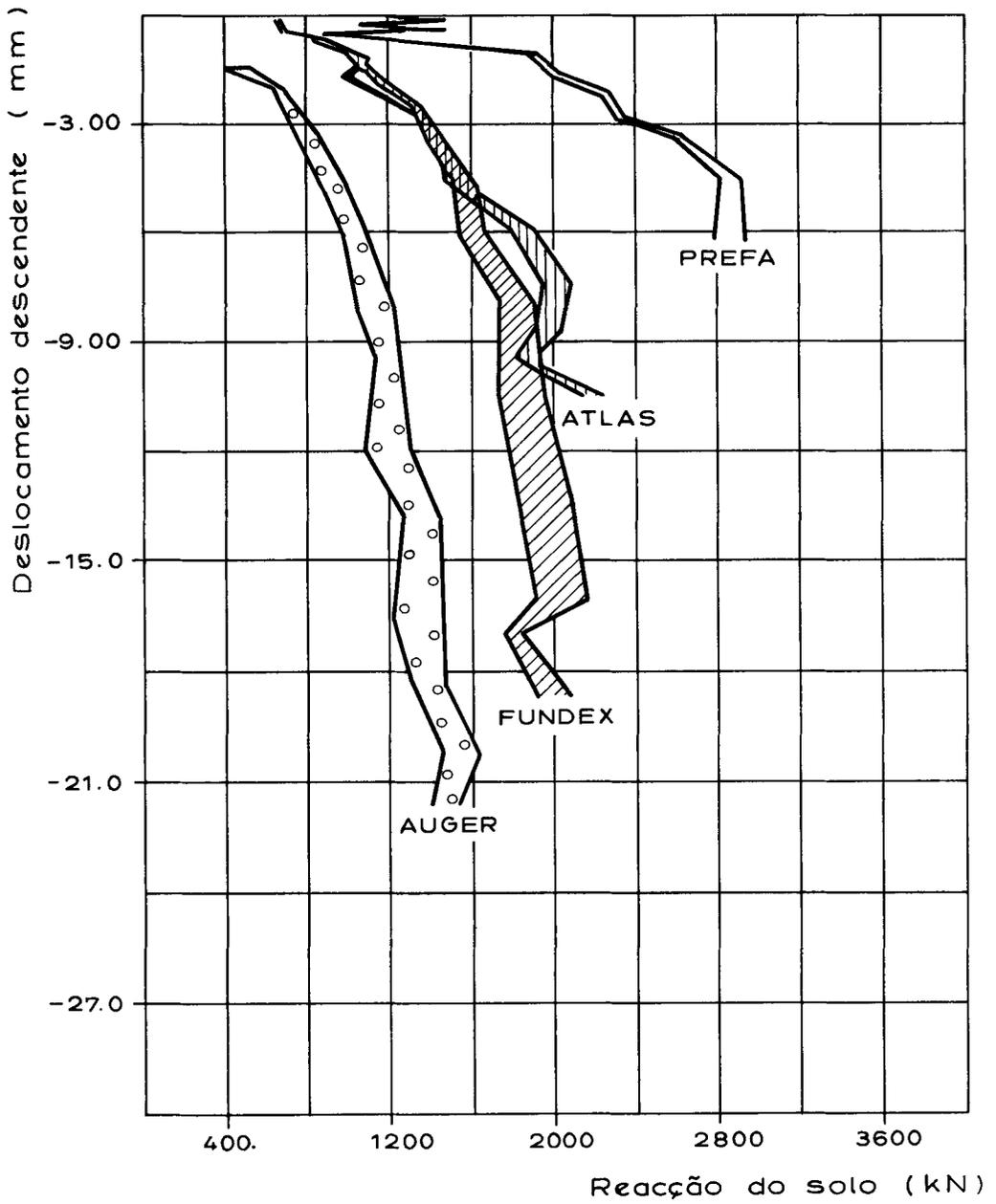


Fig. 9 — Resultados dos ensaios de carga dinâmica para os 4 tipos de estacas

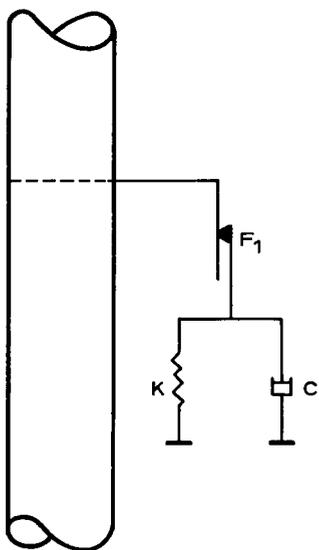


Fig. 10 — Modelo reológico para simulação das forças de aderência lateral

Programa  
Dados pré-tratados

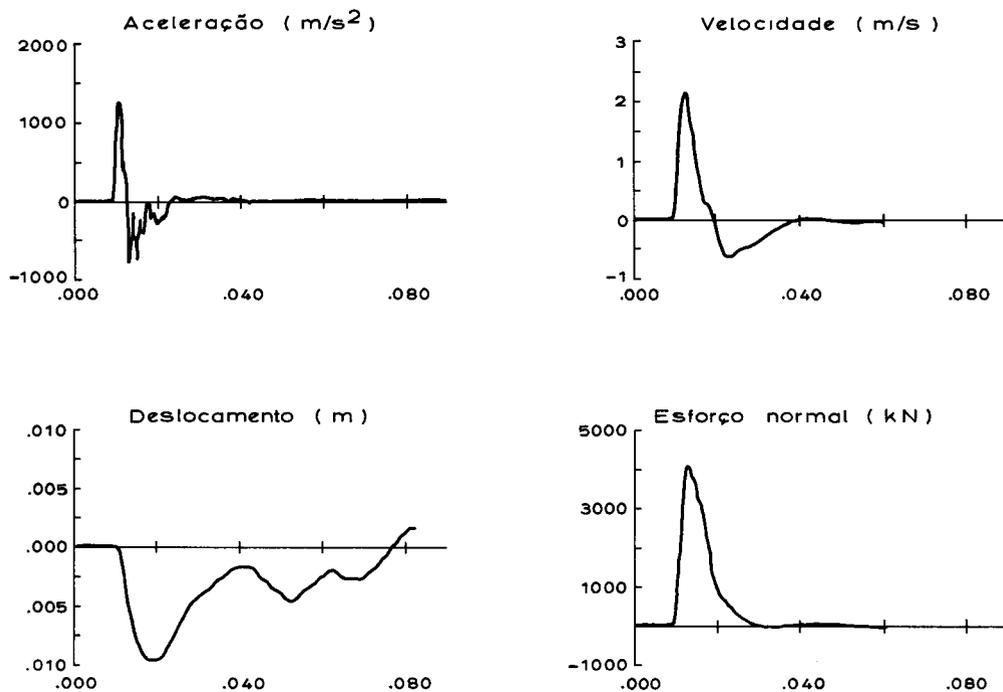


Fig. 11 — Sinais obtidos em ensaios de carga dinâmicos de estacas Fundex

## 2.3 — Conclusões

A Subcomissão de Avaliação apresentou conclusões parcelares para os ensaios de integridade e para os ensaios de determinação de capacidade de carga.

Afigura-se que, num relato de síntese como o presente pretende ser, terá mais cabimento apresentar só as conclusões gerais. As conclusões parcelares, que incidem muito em aspectos de pormenor, interessarão, como é evidente, os que pretendem estudar o assunto com profundidade; para esses existem as conclusões apresentadas nos Proceedings das Jornadas.

As conclusões gerais, da autoria do Prof. De Beer, permitem uma visão globalizante e constituem um adequado resumo do "estado-da-questão".

Começa o capítulo em que estão incluídas as conclusões gerais com um breve resumo do programa de trabalhos. Passa-se em seguida a analisar, em separado, os estudos de "integridade" e os de "averiguação de capacidade de carga".

### a) *Integridade*

No julgamento da integridade, implícito na determinação do comprimento das estacas, constata-se que os resultados apresentam-se em conformidade com o que a seguir se aponta:

#### 1 — *Estacas prefabricadas*

Erros relativos

FUGRO. . . . .	18 a 20%
Lab. MAGNEL . . . . .	8 a 19%
FRANKI . . . . .	2 a 9%
TNO. . . . .	0 a 13%

O CEBTP, usando o método da admitância mecânica, considerou impossível determinar o comprimento das estacas.

Pode concluir-se que os resultados obtidos são muito imprecisos, dando por isso indicações sem utilidade prática. É o facto de atribuir, pode-se dizer que com elevado grau de certeza, a perturbações inerentes a muito altas pressões de contacto na interface solo-estaca.

#### 2 — *Estacas moldadas com fuste quase liso (SOCOFONDA e FUNDEX)*

Todos os gabinetes de estudo apresentaram resultados e com erros relativamente pequenos. Para as estacas SOCOFONDA o erro médio é de 3% com um desvio padrão de 2; nas estacas FUNDEX o erro médio é de 1,6% com desvio padrão de 2.

#### 3 — *Estacas moldadas com fuste helicoidal (ATLAS)*

Os resultados obtidos foram muito inconsistentes. Algumas organizações não conseguiram mesmo obter resultados. O método de admitância não mostrou maior capacidade informativa do que o método de eco.

Parece evidente que a dificuldade em obter resultados deve atribuir-se à grande irregularidade de forma do fuste e à conseqüente dificuldade em estimar um valor aceitável para a velocidade de propagação das ondas.

### b) *Determinação da capacidade de carga*

Os métodos mostraram-se promissores mas, por enquanto, ainda não estão afinados de forma a se poder confiar neles exclusivamente. Necessitam de ser complementados com ensaios de carga convencionais. Apresentam uma grande vantagem: a possibilidade de obter em separado informação sobre as parcelas de resistência atribuíveis a aderência lateral e a resistência de ponta.

Insiste-se em que, no futuro, os métodos de estudo terão de ser muito aperfeiçoados; deverão ser utilizados equipamentos de observação mais precisos e mais informativos; ter-se-á de usar técnicas de interpretação muito mais requintadas.

## 3 — COMENTÁRIO FINAL

É de indiscutível interesse tentar aproveitar as lições das Jornadas para situar a problemática dos ensaios dinâmicos de estacas no circunstancialismo português. Há certas peculiaridades que se deve começar por realçar:

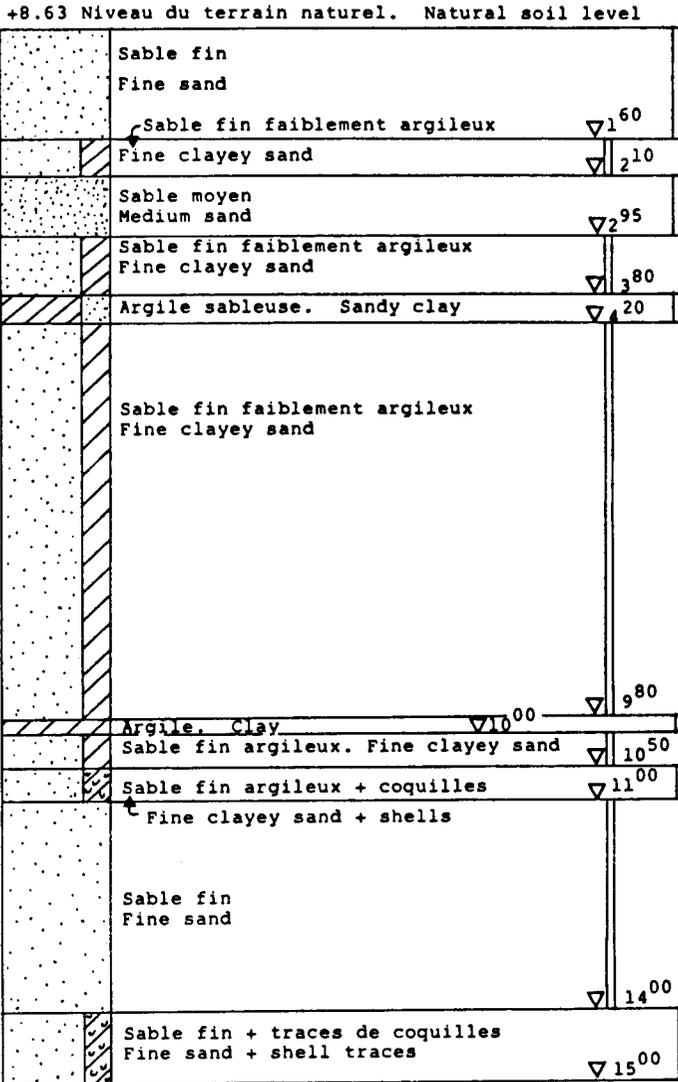
- a) Na esmagadora maioria dos casos as estacas construídas são estacas de ponta, que atingem uma formação de muito alta resistência, fortemente contrastante com as formações moles que envolvem o fuste.
- b) Poder-se-á dizer, o que é o mesmo que se disse em a) mas por outras palavras, que muito poucas vezes se constroem estacas flutuantes em que se tire partido substancial da resistência por aderência lateral.
- c) As circunstâncias apontadas fazem com que, nos poucos casos em que utilizam estacas prefabricadas, estas fiquem a trabalhar como estacas de ponta, com pequena pressão no contacto fuste-solo.
- d) Ainda em consequência de circunstâncias já apontadas também acontece que em Portugal não se adoptam, nem é de prever que se venham a adoptar, estacas de fuste fortemente "vincado", como é o caso das estacas ATLAS; estas estacas só interessam quando se deseja mobilizar conspícuas resistências laterais.

Analisando seriamente as conclusões das Jornadas e aplicando-as ao caso português vem:

- O inêxito que se verificou no que se refere aos estudos de integridade de estacas prefabricadas não é de esperar que seja extensível ao caso português; esse inêxito é atribuído a altas pressões no contacto solo-fuste, circunstância que no caso português não se verifica.
- A crueza que por enquanto ainda existe no que se refere a estudos de determinação de capacidade de carga é questão que em Portugal não tem relevância. Com efeito, acontecendo, como se disse, que as estacas construídas são, praticamente na totalidade, estacas trabalhando de ponta em formações muito resistentes, a sua capacidade de carga está garantida, *uma vez que se verifique a sua integridade*.
- O êxito dos estudos de integridade das estacas moldadas com fuste liso pode-se dizer que interessa à totalidade das estacas que em Portugal se constroem.
- Pode-se dizer, como conclusão predominante e envolvente, que os estudos de integridade bastam, por enquanto, para as necessidades práticas portuguesas; e dentro destes afigura-se suficiente usar o método de eco, que exhibe boa eficácia e requer equipamentos mais simples e menos dispendiosos do que os utilizados no método de admitância mecânica.

Ensaaios geotécnicos e processos construtivos das estacas

	<h1 style="margin: 0;">Smet-Boring</h1>	Oude Markt 1 B-2480 Dessel	Tel. (014) 37 76 84 Telex smetbo b 33 188
---	---	-------------------------------	--



GENT - VOSKENS LAAN FORAGE 1 / BORING 1

Fig. A.1 — Sondagens de percussão

RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA

APPARAAT HYDRAULISCH 200 kN KONUS 5-M4 MANOMETRIJING OP 15/86/86 SONDEERPLOEG DINAEMENS IR DESCHRIJVER (18/12/86)	GROND AAN DE KONUS : groen zand, leemhoudend WATER OP .85 m (88/12/86) BEMERKINGEN :	UITGEVOERD OP 88/12/86 TE GENT OPDRACHT 9188-86/276 SONDERING II deel 1 / 1
---	---	---

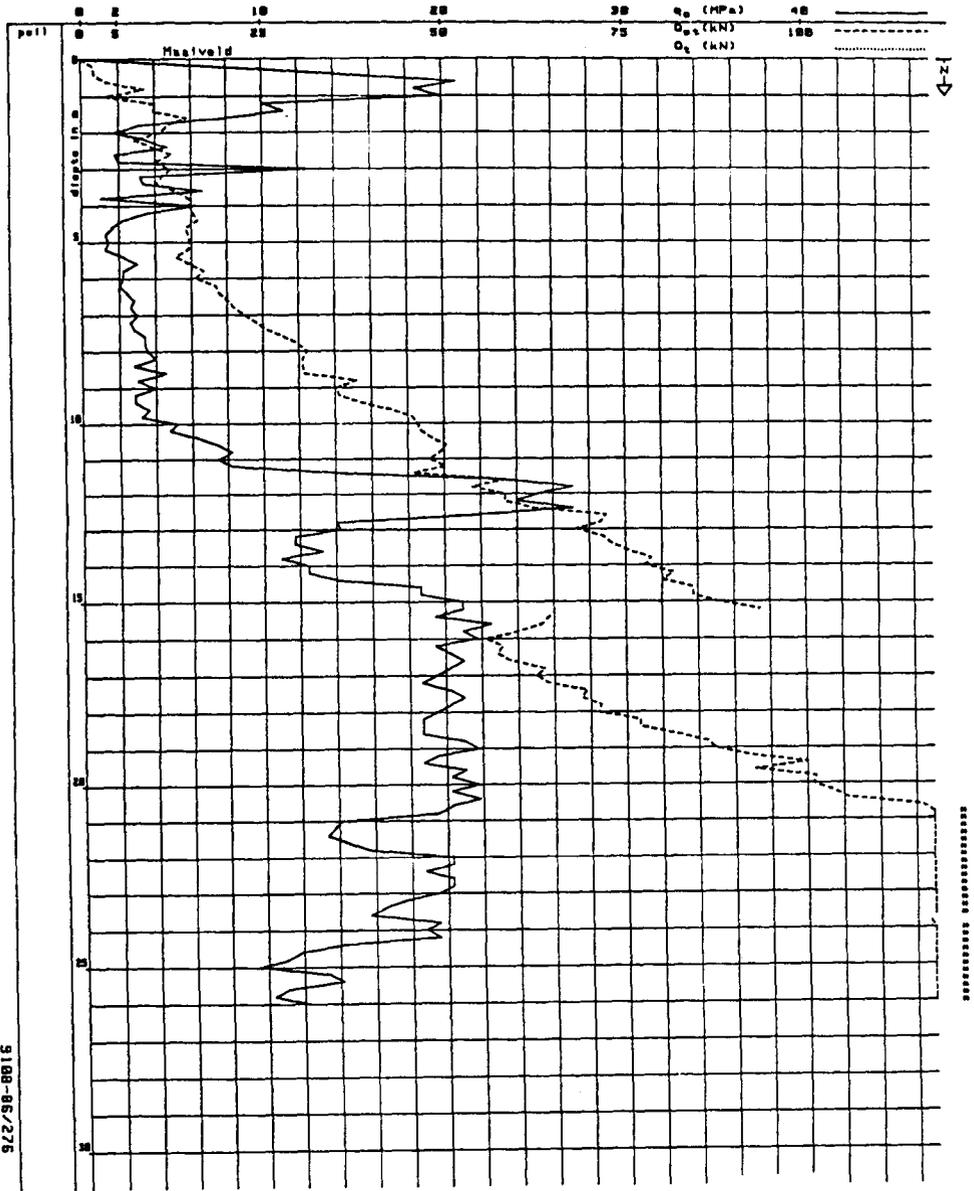


Fig. A.2 — Ensaio CPT



N° D'EXECUTION : 1320/0/87.357/2  
 CHEF SONDEUR : PENASSE  
 LIEU D'EXECUTION : GENT - VOSKENS LAAN  
 COMMETTANT : C.S.T.C.

SONDAGE N° : 1  
 COTE DE DEPART :

## STANDARD PENETRATION TEST

### CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

POIDS DU MOUTON : 63,5 KG (140 lbs)  
 HAUTEUR DE CHUTE : 76,2 CM (30 inch)  
 LONGUEUR DU CAROTTIER : 615 mm  
 DIAMETRE EXTERIEUR : 50,8 mm  
 DIAMETRE INTERIEUR : 34,92 mm

I.D.  $\phi$  34,92 mm (1 3/8")  
 O.D.  $\phi$  50,8 mm (2")

### MODE OPERATOIRE :

- Avant l'essai le fond de forage est soigneusement nettoyé.
- Le tube de prélèvement reposant sur le fond du trou, le niveau d'eau dans le forage est maintenu.
- Le tube de prélèvement est enfoncé de 15 cm dans le sol par quelques coups légers.
- Il est ensuite enfoncé de 30 cm ou à refus par chute du mouton de la hauteur de 76,2 cm.
- On note la position de la nappe phréatique

Date	Essai n°	Profondeur	Profondeur du tube de forage en-dessous du terrain naturel	Niveau de la nappe pendant l'essai	Niveau de la trousse coupante de l'appareil en-dessous du terrain naturel	Nombre de coups pour un enfoncement de ..... cm						
						0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	Total
1987												
04.06.	1	0,80m	0,79m	/	0,94m	2	3	2	2	2	3	14
"	2	2,10m	2,10m	1,47m	2,36m	5	5	5	6	5	3	29
"	3	4,30m	4,28m	2,34m	4,47m	1	1	2	1	2	4	11
05.06.	4	6,40m	6,40m	3,10m	6,56m	2	2	2	3	3	3	15
"	5	8,90m	8,90m	4,20m	9,06m	2	3	4	3	4	4	20
09.07.	6	12,00m	12,00m	1,03m	12,15m	4	7	8	12	13	15	59
"	7	13,00m	12,98m	1,02m	13,16m	5	6	8	7	10	9	45
"	8	15,00m	14,99m	0,58m	15,16m	10	7	8	10	10	13	58

Fig. A.3 — Ensaio SPT

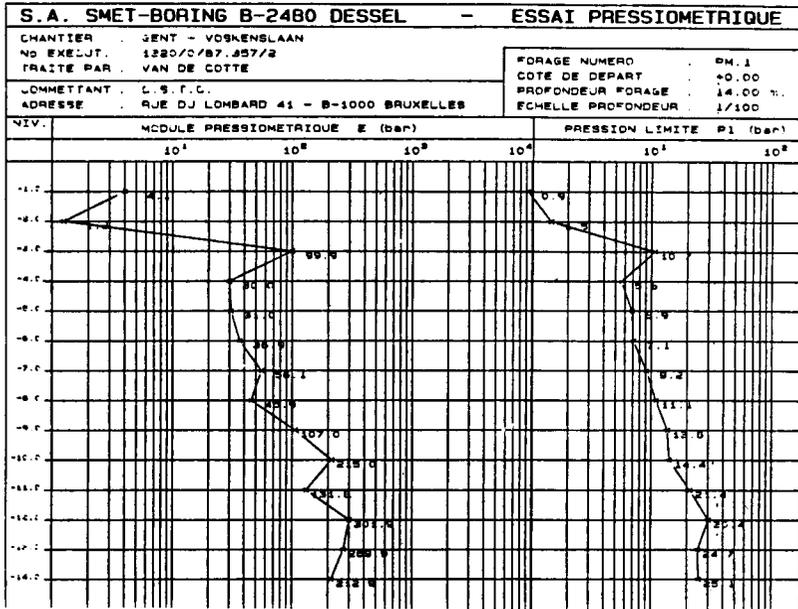


Fig. A.4 — Ensaio pressiométrico

GENERAL DESCRIPTION OF THE SOIL IN THE SITE OF THE SHOLENCAMPUS NEAR THE VOSKENS LAAN AT GHENT (Gent-Sint-Pieters).

<u>Description of the layer</u>	<u>Thickness</u>	<u>Relative level (top)</u>	<u>Absolute level (top)</u>
	(m)	(m)	(m)
1. Backfill (sand)	1.25	0.00	+7.50
2. Sand & clay (Holocene) and sand (Pleistocene)	2.25	-1.25	+6.25
3. Sand & clay (Paniselian)	6.00	-3.50	+4.00
4. Clay (Paniselian): the site is situated just north-west of the limit of a slip surface in the sandy-clayey Paniselian	0..1	-9.50	-2.00
5. Sand & clay (Ypresian) with glauconite and sandstones	16.00	±-10.00	±-2.50
6. Clay & silty clay (Ypresian)	-	±-26.00	±-18.50

(\*) Extract from the soil mechanical map n° 22.1.6 of Ghent.

Fig. A.5 — Corte geotécnico esquemático

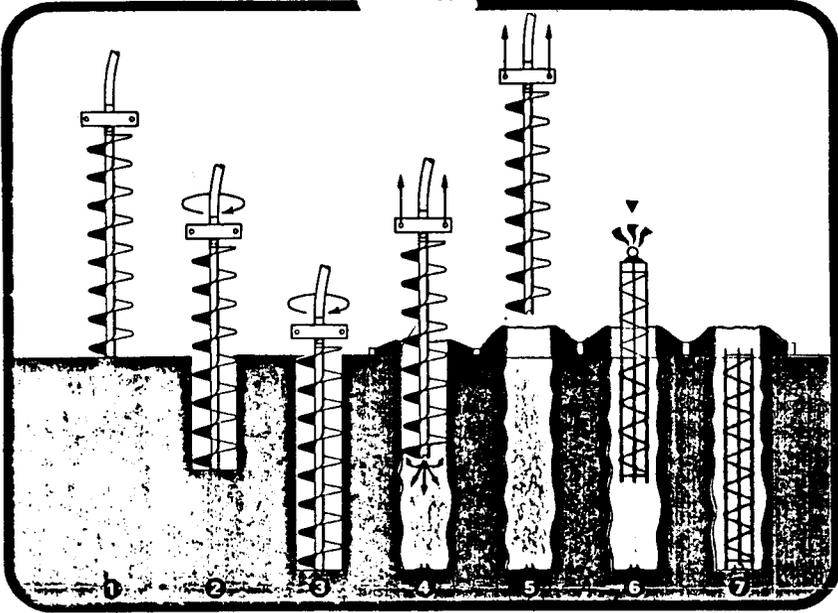


Fig. A.6 — Estacas Socofonda

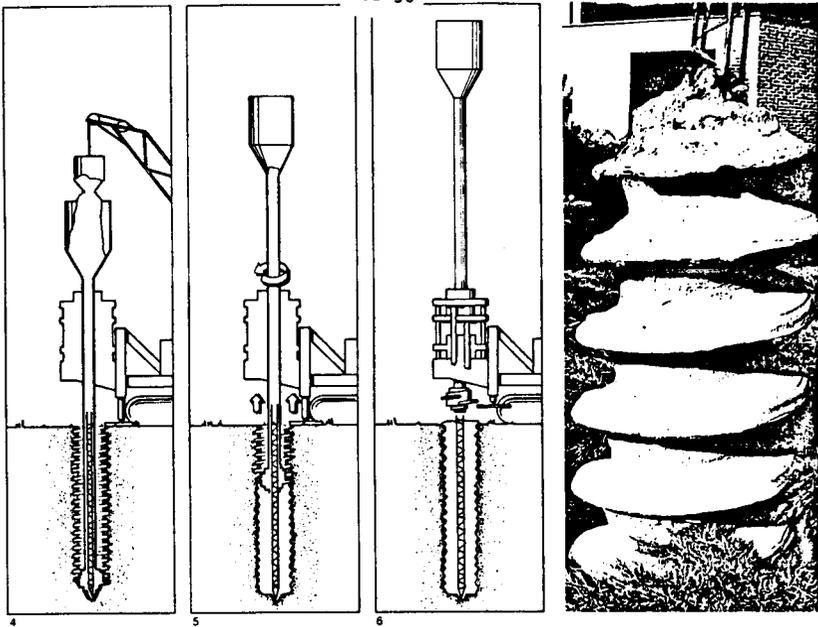
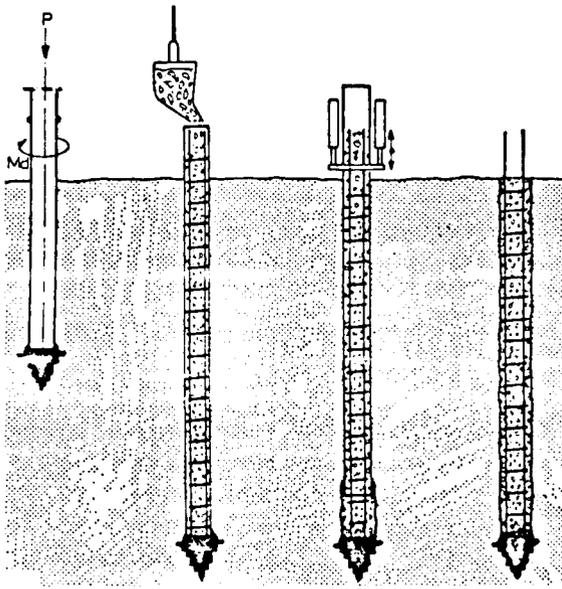


Fig. A.7 — Estacas Atlas



## Procedure

### STAGE 1

The drill tube is drilled into the ground with a load on the axis ( $F = 200 \text{ kN}$ ) and a torque ( $M_t = 400 \text{ kNm}$ ) while the ground is being displaced.

### STAGE 2

After ensuring that the drill tube is dry, the reinforcing is placed in position and sufficient concrete for the complete pile is poured into the drill tube.

### STAGE 3

The drill tube is extracted with an upward and downward movement. The pile shoe forms an enlarged pile base and stays in the soil.

### STAGE 4

The pile with reinforcing is complete.

Fig. A.8 — Estacas Fundex