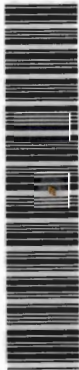


EXECUÇÃO E PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS ROTATIVAS-INJETADAS

DEDALUS - Acervo - EESC



31100006965

JULIANE ANDRÉIA FIGUEIREDO MARQUES

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Geotecnia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Carlos A. Cintra



São Carlos

1997

Class.	TESE-CCSC
Curr.	3393
Tomo	T68/98

311 00006965

S/S 943998

M357e

Marques, Juliane Andréia Figueiredo
Execução e previsão de capacidade de carga
de estacas rotativas-injetadas / Juliane Andréia
Figueiredo Marques. São Carlos, 1997


Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997
Orientador: Prof. Dr. José Carlos A. Cintra

1. Fundações. Estacas rotativas. I. Título

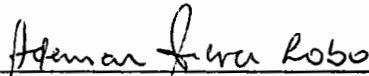
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Engenheira **JULIANE ANDREIA FIGUEIREDO MARQUES**

Dissertação defendida e aprovada em 28-11-1997
pela Comissão Julgadora:



Prof. Associado **JOSÉ CARLOS A CINTRA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **ADEMAR DA SILVA LOBO**
(Universidade Estadual Paulista - UNESP)



Prof. Doutor **DAVID DE CARVALHO**
(Universidade de Campinas - UNICAMP)



JOSÉ CARLOS A CINTRA
Coordenador da Área de Geotecnia e
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

À minha mãe e ao meu irmão

Mercedes e Ricardo,

à minha avó

Júlia,

e especialmente

ao meu pai, meu grande mestre,

Abel.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Carlos A. Cintra pela orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Ao meu pai Prof. Msc. Abel Galindo Marques pela paciência, incentivo e apoio constantes.

Aos meus amigos de Maceió que direta ou indiretamente contribuíram com meu trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Geotecnia da EESC/USP pela amizade, gentileza e colaboração.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	4
2.1 - Recife.....	4
2.2 - Maceió.....	12
2.3 - Aracaju.....	19
3. EXECUÇÃO DAS ESTACAS ROTATIVAS-INJETADAS.....	25
4. METODOLOGIA DE CÁLCULO PROPOSTA.....	42
5. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	47
6. CONCLUSÕES.....	62

ANEXO.....64

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....115

OBRAS CONSULTADAS.....118

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Perfil I-R.....	7
Figura 2.2 - Perfil II-R.....	8
Figura 2.3 - Perfil III-R.....	9
Figura 2.4 - Perfil IV-R.....	10
Figura 2.5 - Perfil V-R.....	11
Figura 2.6 - Seção geológica da Região de Maceió (LIMA, 1990).....	13
Figura 2.7 - Perfil I-M.....	16
Figura 2.8 - Perfil II-M.....	17
Figura 2.9 - Perfil III-M.....	18
Figura 2.10 - Perfil I-A.....	22
Figura 2.11 - Perfil II-A.....	23
Figura 2.12 - Perfil III-A.....	24
Figura 3.1 - Etapas da execução da estaca Rotativa-Injetada.....	25
Figura 3.2 - Início da perfuração da estaca Rotativa-Injetada.....	27
Figura 3.3 - Colocação do tubo guia.....	27
Figura 3.4 - Colocação da armadura.....	28
Figura 3.5 - Preenchimento do fuste com argamassa.....	28
Figura 3.6 - Misturador e bomba de injeção da argamassa.....	29
Figura 3.7 - Execução do alargamento proposital do fuste (“bulbos”).....	29
Figura 3.8 - Broca tipo “Roller-Bits” (tricone).....	34

Figura 3.9 - Sapata cortante, vulgarmente conhecida por carambola”	35
Figura 3.10 - Uma estaca Rotativa-Injetada extraída de subsolo arenoso, de compacidade fofa a compacta.....	36
Figura 3.11 - Detalhe da rugosidade do fuste da estaca extraída, mostrada na Figura 3.10.....	37
Figura 3.12 - Detalhe do afunilamento do fuste da estaca extraída, mostrada na Figura 3.10.....	38
Figura 3.13 - Perfil do subsolo do terreno no qual foi executada e depois extraída a estaca mostrada na Figura 3.10.....	39
Figura 3.14 - Detalhe das formações naturais de “placas”, “joelhos” no fuste de estacas Rotativas-Injetadas.....	40
Figura 3.15 - Detalhe do alargamento proposital do fuste (“bulbos”) da estaca Rotativa-Injetada.....	41
Figura 5.1 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25: Métodos analisados x VDV.....	50
Figura 5.2 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25: MCP x VDV.....	51
Figura 5.3 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25: MCP x NBR.....	51
Figura 5.4 - Carga admissível das estacas E1 a E25: MCP x VDV.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Coluna Estratigráfica da Planície do Recife (COUTINHO, 1988).....	5
Tabela 2.2 - Coluna Estratigráfica da Região de Maceió (CARVALHO FILHO <i>et al.</i> , 1990; LIMA, 1990).....	14
Tabela 2.3 - Coluna Estratigráfica da Região de Aracaju (CAVALCANTI & CASTOR, 1996; SCHALLER, 1969).....	20
Tabela 4.1 - Valores do fator característico dos solos.....	46
Tabela 5.1 - Dados das estacas ensaiadas.....	48
Tabela 5.2 - Valores de carga de ruptura obtidos nas provas de carga (VDV;NBR), pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP) e pelos demais métodos de previsão.....	49
Tabela 5.3 - Carga de ruptura das estacas E1 a E13, com diâmetro real (R) e diâmetro nominal (N), obtidos pelos critérios de VDV e NBR, pela MCP e os demais métodos de previsão.....	53
Tabela 5.4 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura da MCP e dos demais métodos, em relação a VDV, para as estacas E1 a E13.....	54

Tabela 5.5 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura da MCP e dos demais métodos, em relação a NBR, para as estacas E1 a E13.....	54
Tabela 5.6 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25 obtidos pela Metodologia de Cálculo Proposta e os demais métodos, em relação a VDV.....	56
Tabela 5.7 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25 obtidos pela Metodologia de Cálculo Proposta e os demais métodos, em relação a NBR.....	56
Tabela 5.8 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25, separadas por região, obtidas pela MCP e os demais métodos.....	57
Tabela 5.9 - Cargas admissíveis obtidas por Van der Veen (VDV) e pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP), e os recalques correspondentes.....	59

LISTA DE SÍMBOLOS

- A - área da base da estaca
- Acc - área da coroa circular
- AV - método Aoki-Velloso
- C - fator característico do solo
- CV - coeficiente de variação (%)
- D - diâmetro nominal da estaca
- DP - desvio padrão (%)
- DQ - método Décourt-Quaresma
- Emáx - erro percentual máximo
- Eméd - erro percentual médio
- Emín - erro percentual mínimo
- L - comprimento da estaca
- MCP - Metodologia de Cálculo Proposta
- N - índice de resistência à penetração (SPT)
- \bar{N} - SPT médio
- NBR - Norma Brasileira
- \bar{N}_a - SPT médio no afunilamento do fuste da estaca
- \bar{N}_l - SPT médio ao longo do fuste da estaca
- \bar{N}_p - SPT médio na ponta da estaca
- PadmVDV - carga admissível de Van der Veen

PadmMCP - carga admissível da Metodologia de Cálculo Proposta

Pmáx - carga máxima aplicada à estaca

PPV - método Pedro Paulo Velloso

PuMCP - carga última da MCP

Pumétodos - carga última dos métodos analisados

PuNBR - carga última da NBR

PuVDV - carga última de VDV

ri - tensão de atrito lateral

rp - pressão na base da estaca

RQD - "Rock Quality Designation"

SPT - "Standart Penetrecion Test"

TT - método teórico de Terzaghi

U - perímetro da seção transversal do fuste da estaca

VDV - Van der Veen

ρ - recalque

$\rho_{máx}$ - recalque máximo atingido na prova de carga

RESUMO

MARQUES, J. A. F. (1997). *Execução e previsão de capacidade de carga de estacas Rotativas-Injetadas*. São Carlos, 1997. 124p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho trata de um tipo de estaca escavada de pequeno diâmetro (máximo de 45 cm) conhecida por Estaca Rotativa-Injetada, a qual tem sido projetada e executada em centenas de obras de pequeno a médio porte (edifícios, pontes, silos, etc.) em alguns estados do norte e nordeste brasileiro. São apresentados alguns detalhes quanto a sua aplicação, execução e desempenho, e propõe-se uma formulação para a previsão da capacidade de carga desse tipo de estaca conhecendo-se, apenas, os dados fornecidos pelos perfis de sondagens, com SPT. Dentre suas peculiaridades, mostra-se, por exemplo, que em terrenos onde ocorrem camadas intercaladas de areias fofas, médias, o fuste da estaca Rotativa-Injetada sofre um aumento gradativo de diâmetro (da ordem de 30%). Além disso, são efetuados intencionalmente alargamentos de fuste ("bulbos") em profundidades previamente escolhidas nos estratos mais densos. No cálculo da capacidade de carga estes dois aspectos (aumento natural e alargamento intencional do diâmetro) são levados em conta, através de uma formulação que se constitui numa adaptação do método Décourt-Quaresma (1978). A metodologia de cálculo proposta é confrontada com 25 provas de carga realizadas nas cidades de Aracaju, Maceió e Recife e na observação do bom comportamento de obras assentes sobre essas estacas ao longo dos últimos 10 anos.

Palavras-chaves: Estaca Rotativa-Injetada; prova de carga; capacidade de carga.

ABSTRACT

MARQUES, J. A. F. (1997). *Execution and forecast of bearing capacity of "Rotative-Injected Pile"*. São Carlos, 1997. 124p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work deals with a new type of small diameter drilled pile (maximum of 45 cm) known as "Rotative-Injected Pile". It has been designed and used in many plants in the North and Northeastern states of Brazil. Some aspects of their applicability, behavior and construction peculiarities are presented and discussed. As far as construction is concerned in looser layers of sand the constructive method gives rise to pile shaft enlargement. In addition, shaft can be intentionally enlarged in dense sand (bulb effect) in order to improve pile bearing capacity. Bearing capacity has been calculated using a variation of Décourt-Quaresma Method and uses solely SPT data. Variations on shaft diameter in loose sand or enlargement (bulb effect), imposed at specific depths in dense soil are taken into account. The reliability of the proposed method is verified using data from 25 pile load tests performed at the cities of Aracaju, Maceió and Recife and past experience of pile behavior during the last ten years.

Keywords: Rotative-Injected Pile; load test; bearing capacity.

1. INTRODUÇÃO.

A estaca Rotativa-Injetada originou-se na cidade de Maceió, na segunda metade da década de 80, em decorrência das grandes dificuldades existentes na execução de estacas convencionais, na região praieira daquela cidade. Essas dificuldades residiam na necessidade que se tinha de atravessar uma camada de areia (eventualmente calcário arenítico) de compactidade média à compacta (SPT superior a 20 golpes) a dois ou três metros de profundidade, com espessura média estimada em 4 m, para assentar a ponta das estacas em profundidade média da ordem de 12 m.

As estacas pré-moldadas dificilmente conseguiam ultrapassar a tal camada. As do tipo Franki ultrapassavam, mas provocavam rachaduras nas edificações vizinhas e as metálicas eram economicamente inviáveis porque necessitavam de grandes profundidades para atender às cargas de projeto. Diante dessas dificuldades a estaca raiz surgiu como possível solução.

Entretanto, os altos custos operacionais de execução da estaca raiz (principalmente quando executada por equipamentos pouco apropriados), incompatíveis com o mercado da região, fizeram com que ocorressem mudanças gradativas na forma de execução da estaca raiz até chegar às estacas Rotativas-Injetadas, as quais nada mais são do que estacas escavadas de pequeno diâmetro (diâmetro máximo de 45 cm) executadas com perfuratrizes comuns. As perfurações são feitas com circulação d'água quando o terreno permite, ou com lama de argila

caolinita, ilita ou motmorilonita, e o fuste é preenchido pelo processo submerso, com argamassa por meio de bombeamento.

A falta de experiência e do conhecimento quanto ao desempenho dessas estacas implicaram, naturalmente, nos primeiros anos, projetos de fundações sobre estacas Rotativas-Injetadas, na maioria das vezes, muito conservadores. O processo de execução com peças cortantes e bombas capazes de provocarem pequenas e grandes rupturas hidráulicas ao longo da perfuração com a conseqüente variação do diâmetro do fuste e a capacidade de atravessar estratos de altíssima resistência à penetração, como o arenito, por exemplo, transmitiam segurança na previsão da capacidade de carga. Por outro lado, nos terrenos em que a natureza do subsolo não permitia a variação natural do fuste, pela capacidade erosiva da bomba, resultava em estacas de baixa capacidade de carga.

Os critérios de cálculo da carga admissível eram indefinidos e por vezes inseguros. Ora, se o cálculo da capacidade de carga de estacas convencionais, executadas em regiões diferentes daquelas para as quais os métodos de cálculos foram estabelecidos, é restritivo, quanto mais para estacas que além de serem executadas em regiões desconhecidas àqueles métodos, têm peculiaridades que as estacas conhecidas (Pré-Moldadas, Franki, etc) não têm. Essa pouca segurança quanto ao método de cálculo da carga admissível empregado e a ocorrência daquela camada de areia de bom suporte de carga próximo à superfície, contribuíram na prática de projetos e execução de fundações em bloco-sapata sobre estacas (Estaca-T), na cidade de Maceió, desde de 1987. Neste trabalho, as 25 estacas analisadas foram ensaiadas com bloco de coroamento comum.

As mesmas dificuldades que se tinha para execução de estacas na área litorânea da cidade de Maceió, também ocorriam em algumas áreas de Recife. Daí a execução dessas estacas nessa cidade. Por essa mesma razão as estacas Rotativas-Injetadas também foram projetadas e executadas na cidade de Aracaju. Seis provas de carga realizadas sobre estacas Rotativas-Injetadas, executadas numa área dessa

última cidade, mostraram, conforme se verá mais adiante, que apesar dos altos valores de SPTs, registrados no subsolo daquela área, a capacidade de carga dessas estacas era bem inferior às obtidas em provas de carga, executadas em Maceió e Recife. Evidentemente que essas comparações referem-se a subsolos com perfis e SPTs equivalentes.

A eficiência comprovada das estacas Rotativas-Injetadas em outras regiões, nas fundações de edificações, tais como as dos três edifícios e de um centro comercial em Teresina-PI e dos cinco grandes silos para armazenagem de caulim, localizados em Barcarena, estado do Pará, é razão para se afirmar que elas podem ser adotadas em regiões com perfis de subsolo diferentes aos que são analisados e discutidos neste trabalho. No caso de Barcarena, o subsolo é predominantemente laterítico. As regiões para as quais se propõe a metodologia de cálculo apresentada nesse trabalho, são geologicamente sedimentares do Quaternário e Terciário e têm em sua maioria, subsolos arenosos, pouco argilosos e com ocorrência de solos orgânicos. O lençol freático, quase sempre ocorre próximo à superfície (0,5 m a 3,0 m).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.

2.1 - RECIFE.

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, tem coordenadas geográficas 8°03'00" latitude S e 34°52'00" de longitude W de Greenwich, e é banhada pelo Oceano Atlântico.

A chamada grande Recife, que inclui o município de Jaboatão, assenta-se sobre uma planície com aproximadamente 260 km², cuja origem é flúvio-marinha formada no período Quaternário, constituída por dois terraços marinhos arenosos, um do Pleistoceno e outro do Holoceno. Também constituem mangues, sedimentos flúvio-lagunares e aluviões. Os depósitos constituídos por argilas orgânicas, mangues e outros solos orgânicos, formados no Holoceno mais recente, têm idade máxima, estimada em dez mil anos (LIMA FILHO & ALHEIROS, 1990). A Tabela 2.1 mostra a estratigrafia da planície do Recife.

TABELA 2.1 - Coluna Estratigráfica da Planície do Recife (COUTINHO, 1988).

	PERÍODO- IDADE	UNIDADE ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	ESPESSURA (m)
QUATERNÁRIO	HOLOCENO	-	Argilas Orgânicas (Lagunares e/ou de Mangues), Intercaladas em Areias Litorâneas (Terraços Marinhos) e Aluviais (Fluviodeltáicas).	0 - 60
	PLEISTOCENO	FORMAÇÃO BARREIRAS	Sedimentos Areno - Argilosos e Arcósios.	0 - 50
TERCIÁRIO	PLIOCENO			
CRETÁCEO	MAASTRICHTIANO/ CAMPANIANO	FORMAÇÃO GRAMAME	Calcários Argilosos, Arenitos Calcáreos e Calcarenitos Fosfáticos.	0 - 80
	SANTONIANO	FORMAÇÃO BEBERIBE	Siltitos e Arenitos Médios a Conglomeráticos.	0 - 200
	APTIANO	FORMAÇÃO CABO	Arcósios e Arcósios Conglomeráticos.	0 - 100
	PRÉ - CAMBIANO	-	Milonitos e Gnaisses Cataclásticos.	

Essa planície é limitada pelo mar e pelas formações terciárias Barreiras e tem seu subsolo constituído por camadas de argilas orgânicas, camadas de areia, de argilas não orgânicas de consistência e cores variadas, siltes e camadas constituídas pelas misturas desses materiais. Sua altitude situa-se na faixa de - 0,50 m a 2,50 m, aproximadamente, e o lençol freático tem profundidade média da ordem de 2 m.

Nesse trabalho, são destacados cinco perfis característicos dos subsolos de algumas áreas da grande Recife. O perfil I-R, localiza-se no bairro de Boa Viagem à rua Padre Bernardino Pessoa, o II-R e o III-R à Av. Bernardino Vieira de Melo, sendo o primeiro no bairro de Piedade e outro em Candeias (Figuras 2.1, 2.2 e 2.3, respectivamente).

No perfil I-R (Figura 2.1), tem-se uma camada de areia fina e média siltosa, eventualmente com pouca matéria orgânica, fragmentos de conchas, cor variegada, fofa a compacta, espessura em torno de 10 m, seguida de argila orgânica com turfa, com muito fragmentos de conchas, escura, muito mole, com espessura superior a 10 m (na maioria das vezes) sobrejacente a argila siltosa, cinza, consistência muito mole a rija espessura média de 8 m (parte dessa camada poderá ser orgânica, também). Abaixo desta, tem-se areia fina a média, pouco argilosa, medianamente compacta a compacta.

Os perfis II-R (Figura 2.2) e III-R (Figura 2.3) são característicos da região praieira sul, da grande Recife. No perfil II-R tem-se 3 a 6 m de areia pouco siltosa, fofa a compacta, seguida de arenito ou calcário arenítico de 1 a 5 m de espessura, sobrejacente à argila orgânica turfosa (ou não), muito mole a média, espessura média de 2 m sequenciada por areia fina siltosa pouco argilosa, argila siltosa ou arenosa e areia fina siltosa, com espessuras médias de 3 m e compacidades ou consistências variáveis.

No perfil III-R (Figura 2.3), também ocorre inicialmente areia fina pouco siltosa, com fragmentos de conchas, espessura média de 7 m e compactidade fofa a compacta, seguida de calcário arenítico (ou arenito) em estado de decomposição variável, espessura média de 3 m, sobrejacente à camada de areia fina ou média siltosa, com pouca matéria orgânica, com ou sem fragmentos de conchas, compactidade de pouco compacta a muito compacta, espessura variável entre 3 a 10 m, seguida de argila siltosa ou arenosa orgânica ou não, de consistência muito mole a rija, espessura média da ordem de 2,0 m, sobrejacente à areia fina siltosa, pouco argilosa, fofa a compacta.

O perfil IV-R (Figura 2.4) é típico de terrenos que ficam um pouco mais distante (da ordem de 400 m) da orla marinha dos bairros de Piedade e Candeias (perfis II-R e III-R). O perfil V-R (Figura 2.5) é característico da área em que está situado o Clube Internacional de Recife (bairro do Derbi).

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 <u><u>1,80</u></u> (NA) 10,00	<p>AREIA fina, siltosa, com ou sem matéria orgânica, fragmentos de conchas, fofa a compacta.</p> <p>SPT: 2 a 30</p>
20,00	<p>ARGILA orgânica com turfa e muitos fragmentos de conchas, cor escura, consistência muito mole.</p> <p>SPT: 0 a 2</p>
28,00	<p>ARGILA muito siltosa, cinza escuro, consistência muito mole a rija.</p> <p>SPT: 2 a 12</p>
	<p>AREIA fina a média, siltosa, pouco argilosa, medianamente compacta.</p> <p>SPT: 10 a 18</p>

FIGURA 2.1 - Perfil I-R.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 <u><u>2,00</u></u> (NA) 5,00	AREIA fina, pouco siltosa, fofa a compacta. SPT: 1 a 25
8,00	ARENITO com RQD variável entre 0 e 60% .
10,00	ARGILA orgânica turfosa, consistência muito mole a média. SPT: 2 a 6
13,00	AREIA fina a média, siltosa, pouco argilosa, fofa a compacta. SPT: 4 a 20
16,00	ARGILA siltosa, consistência média a rija. SPT: 6 a 12
	AREIA fina siltosa, pouco compacta a compacta. SPT: 8 a 30

FIGURA 2.2 - Perfil II-R.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 1,00 (NA) <hr/> 7,00	<p>AREIA fina, pouco siltosa, com poucos fragmentos de conchas e fragmentos de calcário, creme ou cinza, fofa a compacta.</p> <p>SPT: 4 a 20</p>
11,00	<p>AREIA fina, com fragmentos de conchas, com concreções de corais (ou arenito).</p> <p>SPT: 0 a 60</p>
18,00	<p>AREIA fina siltosa com ou sem matéria orgânica, pouco compacta a muito compacta.</p> <p>SPT: 6 a 60</p>
20,00	<p>ARGILA siltosa, orgânica, com areia fina e fragmentos de conchas, cinza escuro, consistência mole a média.</p> <p>SPT: 2 a 15</p>
	<p>AREIA fina, siltosa, pouco argilosa, com pouca matéria orgânica, cinza, fofa a compacta.</p> <p>SPT: 4 a 40</p>

FIGURA 2.3 - Perfil III-R.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 1,00 (NA) =	AREIA grossa escura, com ou sem matéria orgânica, fofa a pouco compacta.
4,00	SPT: 1 a 5
20,00	ARGILA orgânica com turfa e fragmentos de conchas, escura, muito mole. SPT: 0 a 1
	SILTE argiloso ou ARGILA arenosa, consistências variáveis. SPT: 8 a 30

FIGURA 2.5 - Perfil V-R

A profundidade média das sondagens analisadas é de 25 m. Na área do perfil I-R, bairro de Boa Viagem, a maioria das sondagens alcança profundidades máximas em torno de 35 m. Furos mais profundos mostram que o estado de compacidade ou de consistência das camadas situadas abaixo das profundidades citadas crescem com a profundidade ou permanecem constantes com compacidades ou consistências iguais ou superiores à média. De acordo com as informações contidas na Tabela 2.1, estima-se em 60 m a profundidade máxima dessas camadas.

2.2 - MACEIÓ.

A cidade de Maceió, capital do estado de Alagoas, localiza-se geograficamente, entre os meridianos de 35°40'00'' e 36°02'00'' e os paralelos de 9°28'00''S e 9°50'00''S, e situa-se às margens do Oceano Atlântico. Seu núcleo urbano ocupa planícies e tabuleiros situados entre a lagoa Mundaú (a oeste) e o Oceano Atlântico (a leste).

As planícies são constituídas por sedimentos quaternários recentes, do período Holoceno. Esses sedimentos, ou depósitos, formam planícies de origens aluviais, flúvio-marinhas, flúvio-lacustres, terraços, dunas e recifes. Litologicamente se constituem de areias, siltes e poucas argilas inorgânicas nas planícies aluvionais, flúvio-marinhas, terraços e dunas de areias, siltes argilos orgânicos e turfas nas áreas flúvio-lacustres e de calcários e arenitos, nas áreas dos arrecifes (ou recifes). Essas planícies formam uma única planície que desaparece ao norte de Maceió entre o mar e as barreiras e termina em forma de triângulo, onde o mar é separado da lagoa Mundaú, por um pontal (Pontal da Barra). Essa planície tem largura máxima na ordem de 3 km e área de 35 km², aproximadamente. Sua espessura média é de 45 m.

Os tabuleiros são formados de sedimentos Terciários-Quaternários (formação Barreiras) do Plioceno e Pleistoceno. São constituídos de areias, argilas e siltes, misturados entre si, concreções ferruginosas, seixos de tamanhos variados e cores variadas. O mineral argílico predominante é o caulim. Esses tabuleiros perfazem uma área em torno de 150 km², tem espessura média de 40 m e sobrepõe-se aos sedimentos do Terciário e da formação Marituba (Figura 2.6). A estratigrafia e litologia de toda Maceió e áreas adjacentes, estão descritas e representadas na Figura 2.6 e Tabela 2.2.

TABELA 2.2 - Coluna Estratigráfica da Região de Maceió (CARVALHO FILHO *et al.*, 1987; LIMA, 1990).

PERÍODO-IDADE		UNIDADE ESTRATIGRAFICA	LITOLOGIA	
QUATERNÁRIO	HOLOCENO	-	Areias, siltes, calcário e pouca argila na área praieira (terraços marinhos), areias e argilas orgânicas, turfas (áreas próximas à lagoa).	
	PLEISTOCENO	FORMAÇÃO BARREIRAS	Sedimentos areno-argilosos, ocorrência de seixos, concreções ferruginosas, etc.	
TERCIÁRIO	PLIOCENO	FORMAÇÃO PIAÇABUÇU	Folhelhos cinzas esverdeados calcíferos, clásticos médios a grossos. Calcários e dolomíticos. Arenitos, siltitos e argilitos.	
	SUPERIOR			
CRETÁCEO	INFERIOR	FORMAÇÃO MURIBECA (MEMBRO)	Ibura	Salgema, gesso, anidrita, folhelhos e calcário dolomítico.
			Carmópolis	Sedimentos grossos e finos, tipo cascalheiros, calhaus graníticos.
			Tabuleiro dos Martins	Folhelhos e calcários em folhas e arenito.
			Maceió	Intercalações de folhelhos, salgema e arenitos com petróleo ou gás.
		FORMAÇÃO PONTA VERDE	Folhelho verde a circular.	
		FORMAÇÃO COQUEIRO SECO	Intercalações de folhelho betuminoso em arenito, com argilas e feldspato róseo. Calcários na parte superior e inferior.	

Geotecnicamente o subsolo de Maceió pode ser representado pelos perfis I-M, II-M e III-M (Figuras 2.7, 2.8 e 2.9, respectivamente). O perfil I-M (Figura 2.7) é característico de toda área praieira, numa extensão de uns 20 km. Ele é composto por quatro camadas. Inicia com areia fina a média, fofa a medianamente compacta, espessura média de 3 m seguida de outra camada de areia com textura igual a primeira, às vezes pouco siltosa de média compactidade a muito compacta e espessura que pode variar de 1 a 10 m. Essa camada pode ocorrer concomitantemente com o calcário arenítico. Sotoposta a esta, aparece uma areia fina siltosa com fragmentos de

conchas, eventualmente pouco argilosa, fofa, espessura variável entre 1 a 12 m. A quarta camada, que ocorre em profundidades superiores a 10 m, é constituída de areia fina a grossa de média compactidade a muito compacta ou arenito. O lençol freático tem profundidade variável entre 1 e 3 m. A cor predominante é o cinza.

O perfil II-M (Figura 2.8) é característico da parte alta da cidade. É constituído por camadas de argilas arenosas ou areias argilosas, com textura fina a grossa, às vezes siltosas, com ocorrência de concreções ferruginosas em profundidades abaixo dos 8 m. Esses solos têm consistência ou compactidade crescente com a profundidade, indo de mole ou fofa a dura ou muito compacta. Tem cores típicas das formações Barreiras (creme, cinza, vermelha, amarela) e o lençol freático encontra-se em profundidades superiores a 35 m.

O perfil III-M (Figura 2.9) é típico das áreas lacustres. Apresenta inicialmente uma camada de areia fina siltosa (ou não), fofa a medianamente compacta de 1 a 5 m de espessura sobrejacente a uma camada de argila orgânica, eventualmente turfosa muito mole, espessura variável entre 2 a 15 m, seguida de areias siltosas ou argilosas, fofa a medianamente compacta, de espessura variável. O lençol freático encontra-se em profundidades de 0,5 a 2,0 m. Nas áreas de mangues, a camada superficial é constituída de solo orgânico com espessura variável entre 2 a 6 m, seguida de camadas intercaladas de areias e argilas orgânicas ou não, espessuras e compactidades ou consistências variáveis.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 2,00 (NA) <hr/> 3,00	<p>AREIA fina (siltosa), fofa a medianamente compacta.</p> <p>SPT: 1 a 10</p>
8,00	<p>AREIA fina a média, pouco siltosa (com ou sem calcário arenítico), medianamente compacta a muito compacta.</p> <p>SPT: 15 a 50</p>
14,00	<p>AREIA fina siltosa, com fragmentos de conchas, pouco argilosa, fofa.</p> <p>SPT: 1 a 4</p>
	<p>AREIA fina a grossa (ou arenito), medianamente compacta a muito compacta.</p> <p>SPT: 12 a 50</p>

FIGURA 2.7 - Perfil I-M.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00	<p>ARGILA areno-siltosa, consistência média a rija, ou AREIA argilosa, fofa a medianamente compacta.</p> <p style="text-align: center;">SPT: 4 a 15</p>
10,00	<p>AREIA argilosa ou siltosa, com ou sem concreções ferruginosas, com pedregulhos, medianamente compacta a compacta.</p> <p style="text-align: center;">SPT: 15 a 25</p>
15,00	<p>AREIA argilo-siltosa, com pouco pedregulho, ferruginosa, medianamente compacta a muito compacta.</p> <p style="text-align: center;">SPT: 15 a 50</p>
20,00	<p>ARGILA ferruginosa, pouco arenosa, consistência dura.</p> <p style="text-align: center;">SPT: 20 a 60</p>

Obs. : NA não localizado.

FIGURA 2.8 - Perfil II-M.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00	AREIA fina (siltosa), fofa a medianamente compacta.
<u>2,00</u> _(NA)	SPT: 1 a 10
12,00	ARGILA orgânica (turfosa), consistência muito mole. SPT: 0 a 1
15,00	AREIA siltosa (argilosa), pouco compacta a medianamente compacta. SPT: 4 a 15
18,00	ARGILA arenosa ou siltosa, consistência média a rija. SPT: 6 a 12
	AREIA fina com ou sem argila, medianamente compacta. SPT: 15 a 18

FIGURA 2.9 - Perfil III-M.

2.3 - ARACAJU.

Aracaju, capital do estado de Sergipe, está localizada a 10° 59' 60" de latitude sul e a 37° 04' 24" de longitude oeste. É banhada pelo Oceano Atlântico a leste. Tem área urbana de 176 km² e geologicamente situa-se na bacia sedimentar Sergipe/Alagoas. Esta ocupa a faixa litorânea dos referidos estados, mede quase 400 km de comprimento e se estende desde a área da cidade de Estância (Sergipe), onde é muito estreita, até as proximidades da fronteira de Alagoas com Pernambuco e tem largura máxima de 50 km, no Rio São Francisco.

Sua história geológica, pode ser dividida em duas etapas: A primeira do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior; a segunda do Cretáceo Inferior ao Terciário Inferior a qual é constituída por formações marinhas. Estima-se a profundidade máxima de ocorrência dessas formações mais antigas (da 2ª etapa) em torno de 1300 m. A Tabela 2.3 mostra idade, estratigrafia e litologia dessas formações.

A área urbana da cidade de Aracaju é composta por uma planície constituída por sedimentos de praia, aluvião e mangues, banhada pelo mar e pelo rio Sergipe (mais pelo rio do que pelo mar) e por planaltos, inclinados em direção a costa e distantes da praia (0,5 a 5 km), constituídos por sedimentos do grupo Barreiras.

Os sedimentos da planície foram depositados no quaternário e são constituídos por areias, siltes, argilas e solos orgânicos, podendo ainda ocorrer misturados entre si. Os planaltos constituem-se por sedimentos depositados no Terciário-Quaternário e são formados por areias, argilas, misturadas entre si, com diversas colorações, camadas de seixos, concreções ferruginosas e areias finas contendo caulim e têm espessura que pode alcançar até 100 m no Estado sergipano. Os sedimentos de praia e aluvião desaparecem gradualmente a medida que se aproximam dos sedimentos da formação Barreiras.

A planície tem altitude média de 2 m e o lençol freático encontra-se, normalmente, em profundidades entre 0,5 a 2,0 m. Eventualmente pode ocorrer em profundidades um pouco maiores. Os planaltos têm altitude média da ordem de 30 m. Nas áreas mais baixas, em que a formação Barreiras ocorre, a profundidade do nível d'água é superior a 4 m.

TABELA 2.3 - Coluna Estratigráfica da Região de Aracaju (CAVALCANTI & CASTOR, 1996; SCHALLER, 1969).

PERÍODO-IDADE		UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Sedimentos de praia e Aluvião	Areias, siltes, argilas orgânicas e inorgânicas e calcários.
	PLEISTOCENO	Formação Barreiras	Sedimentos de argilas arenosas ou areias argilosas de colorações variadas, seixos e concreções ferruginosas.
TERCIÁRIO	PLIOCENO		
CRETÁCEO	CAMPANIANO/EOCENO INFERIOR	Membro Calumbi da Formação Piaçabuçu	Argilitos e folhelhos cinzentos a esverdeados, intercalações de horizontes siltíticos e arenosos Arenito fino à médio, ocasionalmente grosso e calcífero.
	TURANIANO/SANTONIANO INFERIOR	Membro Aracaju da Formação Catinguiba	Intercalações de folhelhos e calcários, creme a cinza claro. Microcristais argilosos, meio laminados intercalados com folhelhos castanho escuro, sub - betuminoso, cinza a esverdeado.
	APTIANO SUPERIOR/ALBINO SUPERIOR	Membro Taquari da Formação Riachuelo	Dolomitos, calcários e clásticos finos a grosseiros. Folhelhos marinhos intercalados de calcários, brancos a cinzas criptocristalinos e em parte magosos. Os folhelhos são cinzentos, calcíferos micromicáceos e físseis.

Três tipos de perfis geotécnicos podem, de forma genérica, fornecer uma boa noção do subsolo da planície de Aracaju. No primeiro, representado pelo perfil I-A (Figura 2.10), tem-se a ocorrência inicial de areia fina, eventualmente média ou com pedregulhos, fofa a pouco compacta de espessura média da ordem de 4 m.

Abaixo desta, encontra-se areia cinza e ou marrom escuro, de compactidade média a muito compacta e espessura variável entre 1 a 8 m, sobreposta a camadas de areia fina a média, siltosa (ou não), eventualmente com matéria orgânica, podendo ocorrer com intercalações de argilas siltosas ou arenosas, de espessuras média da ordem de 5 m, seguida, por último, de areia fina argilo-siltosa medianamente compacta a muito compacta ou argila arenosa de consistência rija a dura.

O perfil II-A (Figura 2.11) inicia-se com uma camada de areia fina pouco siltosa, às vezes com cascalho e/ou matéria orgânica seguida por intercalações de argila orgânica muito mole e areia fina a média, siltosa (ou não), fofa a medianamente compacta e espessuras variáveis entre 1 e 3 m. Na profundidade de 12 a 18 m, ocorrem argilas arenosas de consistência rija a dura, por vezes há ocorrência também de calcário. Esses calcários podem ocorrer em profundidades de até 30 m e têm espessura da ordem de 5 m.

No terceiro perfil (perfil III-A, Figura 2.12), a presença de argila orgânica de consistência mole a muito mole é dominante. Geralmente inicia-se com areia fina a média, algumas vezes com cascalhos de espessura média de 1,50 m, seguida de argila orgânica de grande espessura (8 a 15 m), sobreposta ao mesmo material que se encontra no perfil II-A (argila arenosa, cinza ou creme com ocorrência ou não de calcário).

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 2,00 (NA) <hr/> 4,00	<p>AREIA fina a média, com ou sem pedregulhos, fofa a pouco compacta.</p> <p>SPT: 0 a 8</p>
9,00	<p>AREIA fina, cinza ou marrom, medianamente compacta a muito compacta.</p> <p>SPT: 15 a 60</p>
16,00	<p>AREIA fina a média (siltosa ou não), com ou sem matéria orgânica, fofa a pouco compacta, intercalada por camadas de argila siltosa ou arenosa, consistência mole a média.</p> <p>SPT: 4 a 8</p>
	<p>AREIA fina argilo-siltosa, medianamente compacta a muito compacta ou ARGILA arenosa, consistência rija a dura.</p> <p>SPT: 15 a 60</p>

FIGURA 2.10 - Perfil I- A.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 1,00 (NA) <hr/> 1,50	<p>AREIA fina, pouco siltosa, com ou sem cascalho, com ou sem matéria orgânica, fofa.</p> <p>SPT: 0 a 4</p>
12,00	<p>Intercalações de argila orgânica muito mole e areia fina a média (siltosa ou não), fofa a medianamente compacta, espessuras variáveis entre 1 e 3 m.</p> <p>SPT: 2 a 12</p>
18,00	<p>ARGILA arenosa, cinza ou creme, rija a dura, com ocorrências eventuais de calcário.</p> <p>SPT: 15 a 50</p>
	<p>Intercalações de camadas de areias e argilas, compacidades e consistências variáveis.</p>

FIGURA 2.11 - Perfil II- A.

Profundidade estimada (m)	Classificação do Material
0,00 <u>1,00 (NA)</u> <u>1,50</u>	AREIA fina a média com ou sem conchas, cinza, fofa a medianamente compacta. SPT: 1 a 10
15,00	ARGILA orgânica, eventualmente com pouca areia fina, consistência muito mole a mole. SPT: 1 a 4
	ARGILA arenosa, cinza ou creme, rija a dura, com ocorrências eventuais de calcário. SPT: 15 a 50

FIGURA 2.12 - Perfil III- A.

As sondagens a percussão, com SPT, executadas em Aracaju, normalmente atingem profundidades entre 15 e 30 m. Especialmente, executaram-se sondagens com quase 50 m de profundidades e registraram-se areias medianamente compactas a muito compactas, com algumas intercalações de argilas orgânicas ou inorgânicas.

3. EXECUÇÃO DAS ESTACAS ROTATIVAS-INJETADAS.

As estacas Rotativas-Injetadas são executadas por meio de perfuratrizes capazes de perfurar mais de 30 m em terrenos de solos em que ocorrem estratos de alta resistência, com diâmetros de 10 a 45 cm. As perfurações são feitas com circulação de lama de argila ou com água (quando o terreno permite), injetada por meio de motor-bomba. A execução, cujos detalhes são mostrados na Figura 3.1, seguem as seguintes etapas:

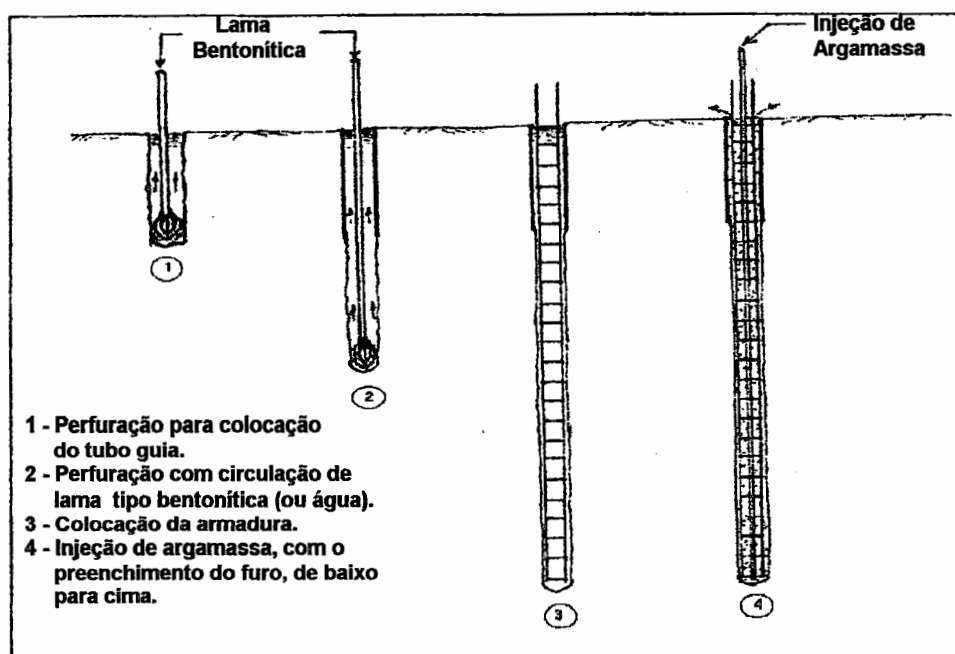


FIGURA 3.1 - Etapas da execução da estaca Rotativa-Injetada.

- 1.a. Execução de um furo com diâmetro um pouco maior que o do tubo guia, de profundidade média de 1,5 m (Figura 3.2).
- 1.b. Colocação do tubo guia (1,5 m), com diâmetro interno um pouco maior que o nominal da estaca (Figura 3.3).
- 2 - Perfuração, com circulação de lama, com sapatas cortantes, com diâmetro igual ao nominal da estaca até a profundidade desejada.
- 3 - Colocação da armadura (Figura 3.4).

4 - Injeção de argamassa, através de um tubo de 38 mm (1 1/2"). A argamassa desce por este tubo, atinge o fundo da escavação e sobe ocupando o espaço existente, entre o tubo e a parede do furo, até transbordar na superfície. Ao subir, empurra para fora da escavação toda lama que existia dentro do furo (Figura 3.5). A Figura 3.6 mostra o misturador e a bomba de injeção da argamassa.

Quando ocorrem estratos, próximos à superfície, de maior compacidade ou consistência, pode-se, através de um movimento para frente e para trás da base móvel, sobre a base fixa da perfuratriz, alargar o fuste da estaca criando "bulbos", dentro daqueles estratos. Com isto obtém-se uma estaca com maior capacidade de carga. Na Figura 3.7 observa-se que a haste de perfuração está deslocada em relação ao centro do furo.



FIGURA 3.2 - Início da perfuração da estaca Rotativa-Injetada.



FIGURA 3.3 - Colocação do tubo guia.



FIGURA 3.4 - Colocação da armadura.



FIGURA 3.5 - Preenchimento do fuste com argamassa.



FIGURA 3.6 - Misturador e bomba de injeção de argamassa.



FIGURA 3.7 - Execução do alargamento proposital do fuste ("bulbos").

Os bulbos têm saliências, em relação à parede do furo, de aproximadamente 10 cm, o que corresponde à diferença entre o raio da haste de perfuração e o raio do fuste. O comprimento deles é da ordem de 35 cm. As observações do dia-a-dia, resultados de provas de carga, etc., demonstram que não se obtém bulbos, quando executados em profundidades superiores a 3 m. Isto ocorre porque à medida que a profundidade aumenta, a força de compressão horizontal, que o conjunto haste-peça cortante exerce sobre a parede do furo, diminui.

É perfeitamente compreensível que quanto maior o comprimento da haste de perfuração maior será sua flexibilidade. A perfuração com uma haste de 0,5 m de comprimento tem capacidade de perfurar a parede do furo muitas vezes maior que uma haste de 10 m de comprimento (estando a haste na posição vertical com a “carambola” na sua extremidade e a base móvel da máquina se deslocando vagarosamente para frente ou para trás, em processo de perfuração). Por essa razão, quando o terreno oferece vantagens para alargamento do fuste, executa-se um bulbo em torno do centro daquela camada de boa compacidade, o qual normalmente fica situado entre 1 a 3 m de profundidade.

O problema de estabilidade das perfurações com fluido estabilizante é, naturalmente, fundamental na execução das estacas escavadas. A permanência de restos de lama, dentro do fuste de estacas perfuradas, com diâmetros da ordem de 30 cm, só ocorre diante de erros grosseiros de execução, como por exemplo, injetar argamassa (ou concreto), após longo tempo de conclusão da perfuração, com a lama já geilificada, sem antes promover a sua volta ao estado líquido, por meio da recirculação. E se a injeção da argamassa for por gravidade e não por bombeamento, a probabilidade de insucesso é muito grande.

Sendo o processo de perfuração com lama, utilizado na execução das estacas Rotativas-Injetadas, igual ao de poços, a lama de argila, entre outras funções, tem a de carregar para a superfície os fragmentos de materiais triturados pela broca. Esse fato torna muito difícil, se não impossível, adotar para as lamas utilizadas nas

perfurações dessas estacas, as mesmas especificações e controle executivo da lama bentonítica empregadas na execução das estacas escavadas convencionais.

A lama de perfuração das estacas Rotativas-Injetadas é preparada de tal forma que sua qualidade atenda aos seguintes itens:

- a) Seja capaz de manter as paredes do furo estáveis.
- b) Que seja expulsada, facilmente, pela argamassa de enchimento do fuste.

Argilas “in natura”, com baixo teor de areia (< 2%), obtidas em jazidas que abastecem fábricas de cerâmica (olarias), podem ser dissolvidas em recipientes próprios, por processos manuais e transformadas em lamas estabilizantes de perfurações.

Essas lamas, em estado virgem (antes do uso), têm peso específico variável em 10,5 a 10,8 kN/m³, teor de areia de 0,1 a 2,0%, pH médio de 9 e viscosidade média de 34s (funil de Marsh). Em geral após a perfuração, apresentam peso específico que varia entre 11,0 a 15,0 kN/m³, teor de areia de 2 a 20%, pH médio de 7,5 e viscosidade média de 33s.

Na prática, a experiência de quem trabalha com perfurações com lama é determinante na boa qualidade da lama. A densidade é controlada pelo encarregado de campo, observando o estado de fluidez da lama no retorno. Ao ser injetada, ela lubrifica a peça cortante e sobe pelo espaço entre a haste e o furo trazendo consigo os detritos (solos) para a superfície. À medida que ela vai ficando mais “fina”, adiciona-se mais lama virgem, melhorando a sua qualidade estabilizante.

Os conhecedores desse ofício, ao lerem o boletim de sondagem, já sabem como será o consumo de lama. Conhecem que quanto mais granular (mais permeável) é o solo que constitui o perfil, maior será o consumo e mais “grossa” deverá ser a lama para garantir a estabilidade das paredes do furo. Sabem também, que existem

regiões, onde o subsolo é bastante arenoso, mas a estabilidade das paredes do furo requer pouco consumo de lama. Quando se tem, por exemplo, areia fina cálcica, observa-se que existe uma espécie de “goma” que lhe confere qualidade coesiva e, conseqüentemente, melhores resultados de perfuração.

A argamassa de enchimento do fuste é confeccionada, em geral, com traço de 1:2 (cimento : areia) e fator água/cimento, variável entre 0,8 a 1,0. Nessas condições, apresenta um f_{ck} médio de 22 MPa, peso específico variável em estado fluido de 1,9 a 1,95 kN/m³ e sólido de 2,0 a 2,05 kN/m³.

Sabe-se que uma lama com alta concentração de detritos, pode ter peso específico de até 15,0 kN/m³. Por outro lado, a recirculação da lama, após a conclusão da perfuração, por mais algum tempo (15 a 20 minutos), lhe confere peso específico entre 10,5 kN/m³ a 11,0 kN/m³. O peso específico maior da argamassa e a força de expulsão da bomba de injeção, garantem a completa substituição da lama que está dentro do furo, pela argamassa.

Na execução das estacas Rotativas-Injetadas, normalmente são utilizadas três tipos de peças cortantes. Brocas tipo Roller-Bits (Figura 3.8), em estratos de resistência alta, tais como, concreções lateríticas, calcário arenítico ou coralíneo (de RQD baixo a médio), etc. Quando se trata de rochas de maior dureza, usa-se a coroa com vídea ou diamantada. Por último, para solos diversos, utiliza-se a peça mostrada na Figura 3.9, que pode ser puramente de aço ou dotada de dentes de vídea, batizada pelos operadores por “carambola”, por se assemelhar à forma da fruta conhecida por este nome.

As estacas Rotativas-Injetadas têm peculiaridades próprias, que são resultantes de seu processo executivo. As Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 mostram detalhes de uma estaca que foi executada num terreno, cujo perfil do subsolo é apresentado na Figura 3.13, e extraída após algum tempo.

Observa-se na Figura 3.10, que a anatomia da estaca, executada num terreno com perfil do subsolo com características semelhantes ao mostrado na Figura 3.13, depende da variação da compactidade das camadas ao longo da profundidade.

Nos primeiros metros, onde se tem uma areia de média compactidade, o diâmetro do fuste é igual ao da peça cortante (ou do revestimento). À medida que se penetra na camada fofa, o diâmetro aumenta, em decorrência dos desmoronamentos naturais, provocados pelo processo de perfuração. O diâmetro volta ao seu valor nominal, gradativamente, ao se penetrar na quarta camada, que é medianamente compacta (Figura 3.12).

A Figura 3.11 mostra as características de rugosidade da estaca, nas camadas de menor compactidade. No caso dessa estaca, o diâmetro do fuste variou de 0,25 m (valor nominal) a 0,40 m. Fica evidente que, quando se passa de uma camada de compactidade baixa (fofa a pouco compacta), para uma outra de compactidade maior, ocorre um afunilamento do fuste, o que é muito importante para a capacidade de carga da estaca.

Quando, ao longo da perfuração, ocorrem bolsões arenosos de baixíssima resistência ou vazios (típicos das formações calcárias) ou pequenas falhas, formam-se no fuste placas, “joelhos” ou “cotovelos” (Figura 3.14), que duplicam e até triplicam a carga de ruptura prevista. Evidentemente que essas ocorrências são de difícil previsão. A Figura 3.15 mostra o detalhe do alargamento proposital do fuste da estaca Rotativa-Injetada (“bulbos”).



FIGURA 3.8 - Broca tipo "Roller-Bits" (tricone).

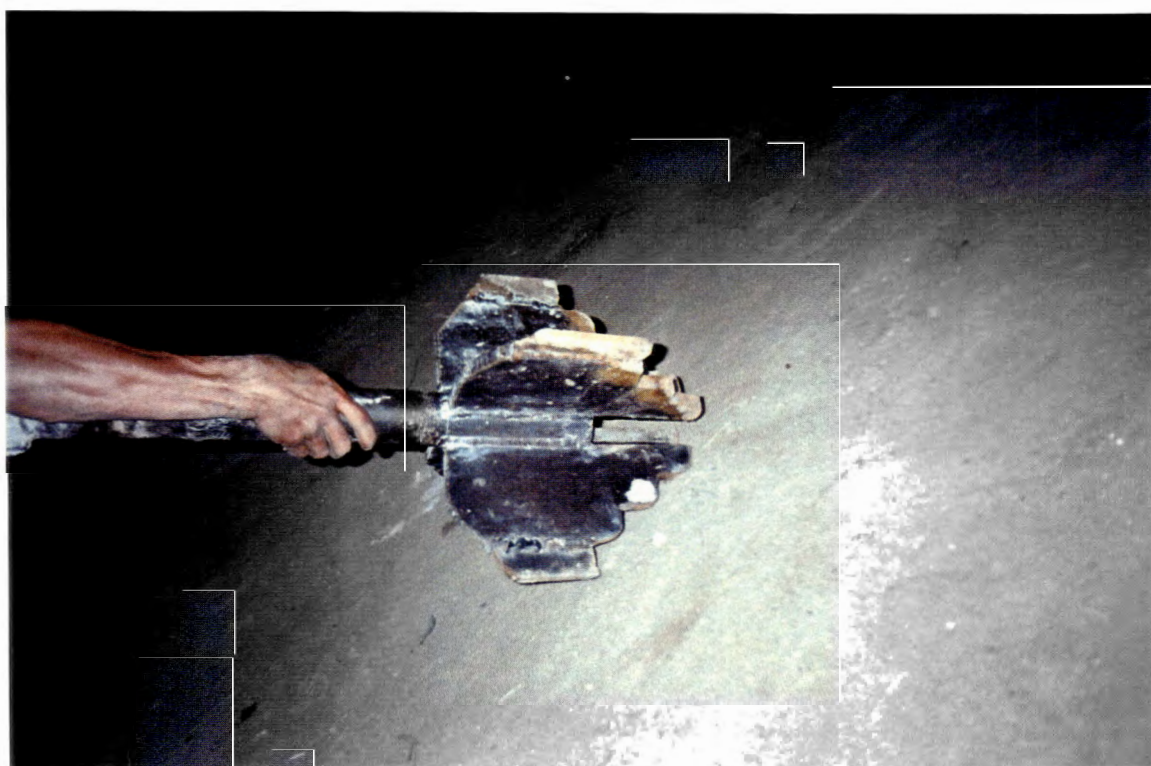


FIGURA 3.9 - Sapata cortante, vulgarmente conhecida por “carambola”.



FIGURA 3.10 - Uma estaca Rotativa-Injetada extraída de subsolo arenoso, de compacidade fofa a compacta.



FIGURA 3.11 - Detalhe da rugosidade do fuste da estaca extraída, mostrada na Figura 3.10.



FIGURA 3.12 - Detalhe do afunilamento do fuste da estaca extraída, mostrada na Figura 3.10.

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	5	Areia fina a média, pouco compacta a medianamente compacta.
1	12	
2	20	Areia média a grossa, medianamente compacta a compacta.
3	11	
4	2	Areia fina a média, siltosa com pouco fragmento de crustáceo, fofa.
5	2	
6	2	
7	2	
8	13	Areia fina a média, com pouco fragmento de crustáceo, medianamente compacta a compacta.
9	17/26	
10	22	
11	12	
12	20	

Profundidade do NA: 1,50 m.

FIGURA 3.13 - Perfil do subsolo do terreno no qual foi executada e depois extraída a estaca mostrada na Figura 3.10.



FIGURA 3.14 - Detalhe das formações naturais de “placas”, “joelhos”,
no fuste de estacas Rotativas-Injetadas.



FIGURA 3.15 - Detalhe do alargamento proposital do fuste (“bulbos”) da estaca Rotativa-Injetada.

4. METODOLOGIA DE CÁLCULO PROPOSTA.

O método Décourt-Quaresma foi escolhido para ser adaptado ao cálculo de previsão da capacidade de carga das estacas Rotativas-Injetadas, pela natureza dos dados que se dispõem, que são aqueles fornecidos por perfis de sondagens à percussão com valores de SPT, além de resultados fornecidos pelas provas de carga.

No método Décourt-Quaresma, a adesão média ao longo do fuste (r_1) ou tensão de atrito lateral é dada pela equação:

$$r_1 = 10 \left(\frac{\bar{N}_1}{3} + 1 \right), \text{ (kN / m}^2\text{)}$$

onde \bar{N}_1 é o valor médio do SPT ao longo do fuste, excluindo-se aqueles considerados no cálculo da resistência de ponta.

Para valores de $N < 3$ e $N > 50$, considera-se $N = 3$ e $N = 50$, respectivamente.

A capacidade de carga do solo na ponta da estaca (r_p), nesse método, é obtida pela equação:

$$r_p = C \bar{N}_p$$

onde \bar{N}_p é o SPT médio na ponta da estaca, obtido pela média entre o SPT da ponta, o imediatamente anterior e o imediatamente posterior.

C é um fator característico do solo, que para estacas escavadas, assume os seguintes valores:

- C = 100 kPa, para argilas
- = 120 kPa, para siltes-argilosos
- = 140 kPa, para siltes-arenosos
- = 200 kPa, para as areias.

A Metodologia de Cálculo Proposta (MCP) neste trabalho, para previsão da capacidade de carga das estacas Rotativas-Injetadas, fundamenta-se no seguinte:

- 1 - Adota-se o modelo de cálculo do método Décourt-Quaresma, contudo operam-se adaptações, principalmente nos valores do fator característico dos solos, nos limites dos valores de SPT e na fórmula do cálculo da adesão lateral, em alguns casos.
- 2 - Para solos não coesivos, muito fofos a pouco compactos, considera-se um aumento médio do diâmetro do fuste da estaca, em torno de 30 %, que se inicia e termina nas imediações das divisas entre camadas com as citadas compacidades e camadas com compacidades maiores.
- 3 - No cálculo da resistência de ponta, considera-se o efeito do afunilamento do fuste, nos casos em que a variação natural do diâmetro do fuste ocorre. Para isso, soma-se ao valor da resistência de ponta convencional, a resistência devido ao afunilamento do fuste, a qual se obtém multiplicando-se a capacidade de carga do solo, nas imediações em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, pela área da coroa circular. Esta coroa circular tem para diâmetro interno, o

valor do diâmetro nominal da estaca e para externo, o valor do diâmetro interno, acrescido de, aproximadamente, 30%.

- 4 - No cálculo da resistência lateral, para as regiões sedimentares do Quaternário e do Terciário (Formação Barreiras) semelhantes às de Maceió e Recife, limita-se o SPT médio ao longo do fuste (\bar{N}_l) em 20. De modo semelhante, no cálculo da capacidade de carga do solo na ponta da estaca, limita-se a média dos três valores de SPT (\bar{N}_p) em 15.
- 5 - No cálculo do efeito de afunilamento adota-se a média entre os dois SPTs, registrados no trecho em que ocorre a variação do diâmetro do fuste, mantendo-se o limite $\bar{N}_a = 20$, para $N > 20$.
- 6 - Quando há alargamento proposital do fuste (bulbo), considera-se $N = 20$, para $N \geq 20$.
- 7 - Para o cálculo da aderência lateral em Maceió e Recife, nos casos específicos de argilas arenosas ou areias argilosas e argilas siltosas ou siltes argilosos submersos, adota-se a fórmula:

$$r_l = 10 \left(\frac{\bar{N}}{3} + 0,3 \right), \text{ em kPa, com } \bar{N} \leq 20.$$

Para os demais casos nessas regiões, usa-se a expressão original de Décourt-Quaresma mas limitando o SPT médio ao longo do fuste em $\bar{N}_l \leq 20$:

$$r_l = 10 \left(\frac{\bar{N}}{3} + 1 \right), \text{ em kPa, com } \bar{N} \leq 20.$$

Para a cidade de Aracaju, adota-se a seguinte fórmula:

$$r_1 = 10 \left(\frac{\bar{N}}{5} + 1 \right), \text{ em kPa, com } \bar{N} \leq 20.$$

- 8** - Para o cálculo da resistência de ponta em Aracaju, aplica-se a expressão de Décourt-Quaresma, introduzindo-se porém um limite para o SPT médio na ponta da estaca:

$$\bar{N}_p \leq 15 \text{ quando solo for areia pura e}$$

$$\bar{N}_p \leq 10 \text{ para os demais solos.}$$

- 9** - Não se considera limite inferior para o SPT, em nenhum caso.

- 10** - Para o fator característico dos solos, deve-se considerar os valores da Tabela 4.1, ajustados com provas de carga:

TABELA 4.1 - Valores do fator característico dos solos.

Período Geológico	Regiões	TIPO DE SOLO	C (kPa)
QUATERNÁRIO	RECIFE MACEIÓ	Areia fina ou siltosa cálcica	300
		Areia siltosa	180
		Argila areno siltosa	160
		Silte arenoso	140
		Silte	120
		Areia siltosa argilosa	
		Silte argiloso	
		Argila	100
	ARACAJU	Areia	200
		Areia siltosa ou silte arenoso	140
		Areia argilosa	120
		Areia silte argilosa	
		Argila siltosa ou arenosa	
		Argila ou silte	90
TERCIÁRIO (FORMAÇÃO BARREIRAS)	RECIFE MACEIÓ ARACAJU	Areia argilo siltosa	180
		Argila areno siltosa	
		Silte argilo arenoso	
		Silte argiloso	160
		Argila siltosa	

5. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

A metodologia de cálculo de previsão da carga de ruptura, aqui proposta, foi aplicada a 25 estacas Rotativas-Injetadas (identificadas por E1 a E25), cujos diâmetros, comprimentos e locais onde foram executadas são mostrados na Tabela 5.1.

Essas estacas foram submetidas a provas de carga estáticas, obtendo-se a provável carga de ruptura segundo os critérios de Van der Veen (1953) e NBR-6122/96, pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP) e pelos métodos Décourt-Quaresma (DQ) (1978), Aoki-Velloso (AV) (1975), Teórico de Terzaghi (TT) (1943) e Pedro Paulo Velloso (PPV) (1979) (Tabela 5.2). A curva carga x recalque e o perfil do subsolo na sondagem mais próxima a cada estaca ensaiada são apresentados em Anexo.

Os resultados de carga de ruptura obtidos pelos consagrados métodos de cálculo são apresentados sem o objetivo de avaliá-los. Sabe-se que eles não foram desenvolvidos para esse determinado tipo de estaca e por isso, provavelmente, não devem fornecer resultados satisfatórios.

TABELA 5.1 - Dados das estacas analisadas.

ESTACA	D (m)	L (m)	LOCAL
E1	0,30	12,0	ARACAJU
E2	0,35	8,0	ARACAJU
E3	0,30	12,0	ARACAJU
E4	0,35	8,0	ARACAJU
E5	0,35	8,0	ARACAJU
E6	0,35	16,0	ARACAJU
E7	0,32	11,5	MACEIÓ
E8	0,32	7,0	MACEIÓ
E9	0,40	12,0	MACEIÓ
E10	0,35	21,0	MACEIÓ
E11	0,30	3,0	TERESINA
E12	0,30	29,0	RECIFE
E13	0,30	14,0	ARACAJU
E14	0,32	17,5	MACEIÓ
E15	0,40	10,0	MACEIÓ
E16	0,32	10,5	MACEIÓ
E17	0,32	12,0	MACEIÓ
E18	0,40	8,5	RECIFE
E19	0,32	10,0	MACEIÓ
E20	0,32	13,0	MACEIÓ
E21	0,22	10,5	MACEIÓ
E22	0,32	17,0	RECIFE
E23	0,32	7,0	MACEIÓ
E24	0,30	18,0	RECIFE
E25	0,40	5,5	MACEIÓ

TABELA 5.2 - Valores de carga de ruptura obtidos nas provas de carga (VDV; NBR), pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP) e pelos demais métodos de previsão.

Estaca	VDV(kN)	NBR(kN)	MCP(kN)	DQ(kN)	AV (kN)	TT(kN)	PPV(kN)
E1	721	446	787	703	403	1082	891
E2	388	307	427	415	292	400	390
E3	653	548	668	470	298	206	295
E4	826	610	759	1695	2077	469	610
E5	765	480	608	900	550	527	535
E6	871	571	960	2006	1947	1601	1853
E7	871	664	908	1065	1153	681	675
E8	818	557	692	754	688	455	480
E9	1313	756	1127	1509	973	1045	1105
E10	1601	1528	1455	1220	1367	720	785
E11	490	336	495	1872	1270	980	1115
E12	817	816	786	882	492	715	815
E13	495	184	469	571	193	416	382
E14	864	864	924	1555	1785	798	970
E15	1089	1034	1103	1053	1208	914	935
E16	1252	1252	1127	813	1044	617	675
E17	1260	1230	1334	731	576	484	601
E18	1266	1266	1415	1769	2570	1349	1834
E19	1488	1421	1479	2175	2387	955	1066
E20	1293	1280	1066	1312	1600	1003	1157
E21	686	686	696	604	483	467	470
E22	1132	1132	1219	1424	2101	651	531
E23	1030	750	989	1083	1127	726	682
E24	1213	1213	1274	1510	1436	816	1015
E25	1077	700	919	846	714	721	805

A Figura 5.1 mostra os valores da carga de ruptura obtidos pelos conhecidos métodos de previsão citados versus os obtidos em provas de carga (Van der Veen). Nas Figuras 5.2 e 5.3 tem-se as cargas de ruptura obtidas pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP) versus as encontradas nos ensaios (Van der Veen e NBR-6122/96, respectivamente).

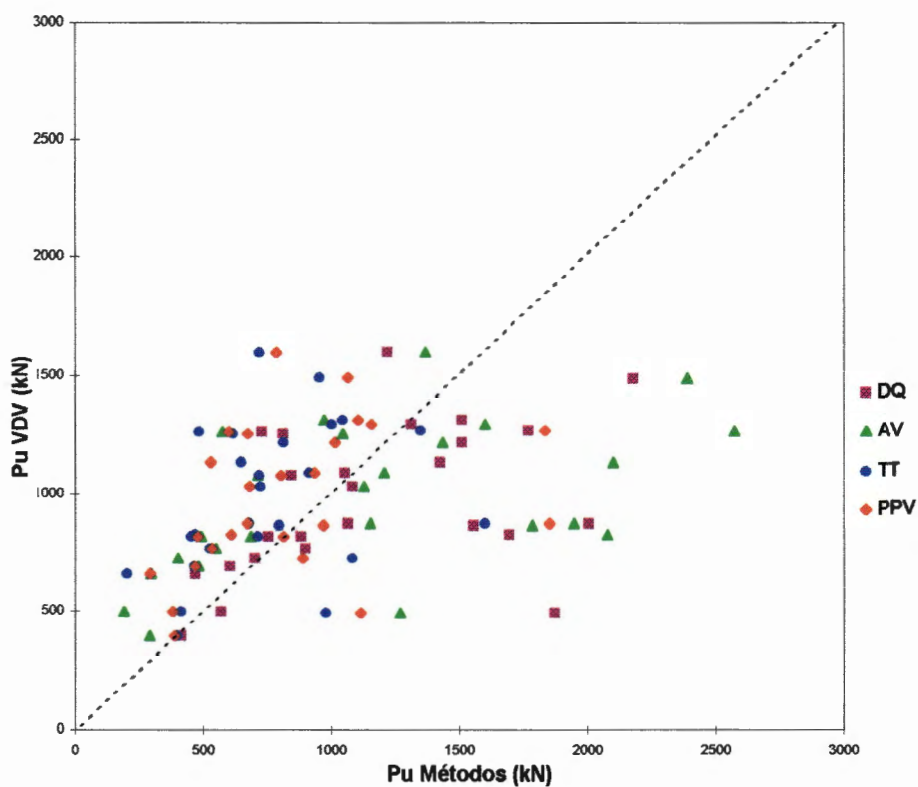


FIGURA 5.1 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25:
Métodos analisados x VDV.

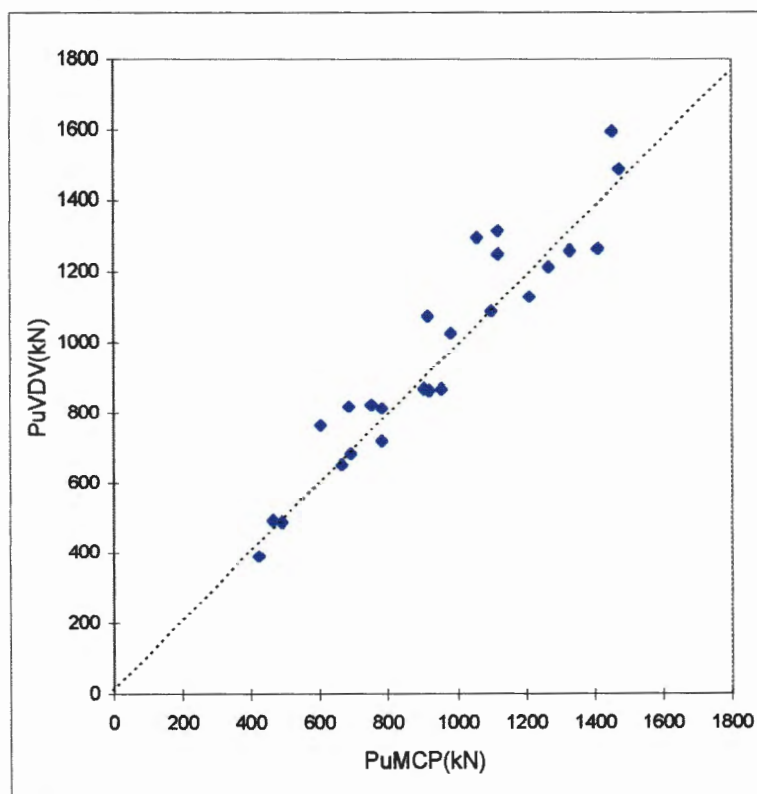


FIGURA 5.2 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25: MCP x VDV.

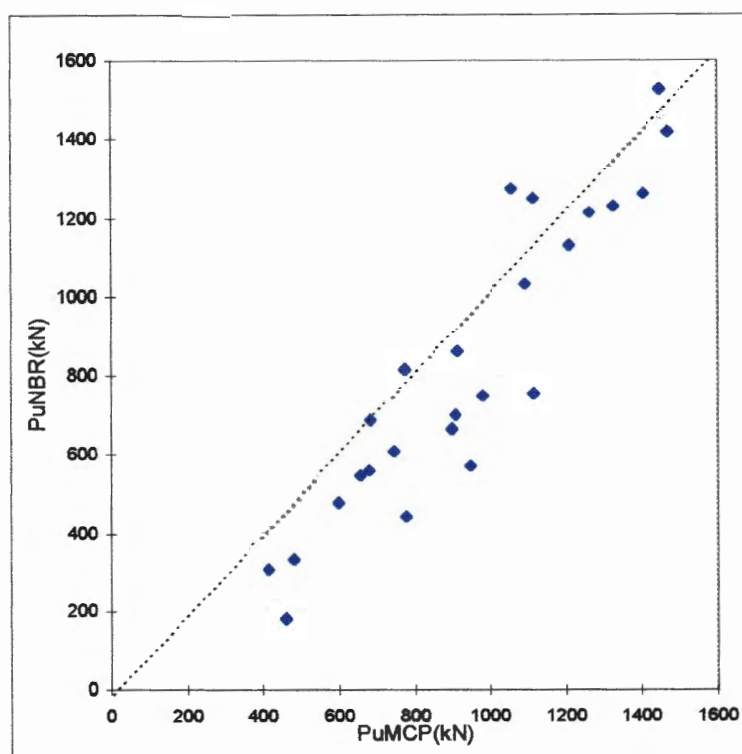


FIGURA 5.3 - Carga de ruptura das estacas E1 a E25: MCP x NBR.

As estacas E_1 a E_{13} constituem a base da formulação proposta para obtenção da carga de ruptura das estacas Rotativas-Injetadas. Isto porque, nessas estacas, a carga de ensaio ou foi muito próxima da carga de ruptura obtida pelos métodos de extrapolação citados, ou o recalque máximo atingido no ensaio foi bem superior a 10 % do diâmetro da estaca e o “mergulho” (pequenos incrementos de carga correspondendo a grandes incrementos de recalques) da curva carga x recalque para a ruptura, ficou bem definido.

Na Tabela 5.3, além dos resultados obtidos nas provas de carga, apresentam-se cargas de ruptura calculadas pela MCP e pelos demais métodos já referenciados com as hipóteses de diâmetro real e nominal. Os cálculos com diâmetro real e nominal decorrem das variações que existem no diâmetro do fuste de uma estaca Rotativa-Injetada, quando se têm camadas de areias fofas e compactas (ou medianamente compactas) intercaladas.

Observa-se nessa tabela que os valores de carga de ruptura obtidos pela NBR são sempre inferiores aos de Van der Veen (o mesmo ocorre nos resultados de carga de ruptura das 25 estacas apresentados na Tabela 5.2). Pode ser visto também que os resultados obtidos pela MCP, Aoki-Velloso e Terzaghi, com diâmetro real, são sempre maiores que os calculados com diâmetro nominal. Entretanto isto nem sempre ocorre com os valores obtidos por Décourt-Quaresma e P.P.Velloso.

TABELA 5.3 - Carga de ruptura das estacas E1 a E13, com diâmetro real (R) e diâmetro nominal (N), obtida pelos critérios de VDV e NBR, pela MCP e pelos demais métodos de previsão.

Estaca	VDV (kN)	NBR (kN)	MCP	MCP	DQ	DQ	AV	AV	TT	TT	PPV	PPV
			(R) (kN)	(N) (kN)	(R) (kN)	(N) (kN)	(R) (kN)	(N) (kN)	(R) (kN)	(N) (kN)	(R) (kN)	(N) (kN)
E1	721	446	787	572	985	703	860	403	1264	1082	1408	891
E2	388	307	427	260	612	415	505	292	538	400	510	390
E3	653	548	668	314	896	470	845	298	418	206	401	295
E4	826	610	759	697	1718	1695	2211	2077	596	469	555	610
E5	765	480	608	535	937	900	806	550	660	527	728	535
E6	871	571	960	719	2164	2006	2178	1947	1788	1601	1975	1853
E7	871	664	908	894	1111	1065	1225	1153	820	681	856	675
E8	818	557	692	660	805	754	874	688	483	455	554	480
E9	1313	756	1127	1127	1509	1509	973	973	1045	1045	1105	1105
E10	1601	1528	1455	1103	1290	1220	1678	1367	1100	720	1205	785
E11	490	336	495	495	1572	1872	2623	1270	980	980	1165	1115
E12	817	816	786	770	915	882	623	492	763	715	845	815
E13	495	184	469	367	713	571	388	193	470	416	423	382

As Tabelas 5.4 e 5.5 apresentam, em termos percentuais de erros absolutos, a variabilidade de erros das cargas de ruptura previstas pela MCP e pelos outros métodos citados, em relação aos obtidos por Van der Veen e pela NBR, respectivamente. Para o cálculo da variabilidade dos resultados (percentuais de erros absolutos), considerou-se a diferença em módulo entre VDV (valor obtido) e cada método analisado (valor previsto) dividido por VDV (valor obtido). Nestas tabelas, Eméd, Emín, Emáx, DP e CV significam, respectivamente, erro médio, erro mínimo, erro máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. O CV é definido pela relação entre o desvio padrão e o erro médio, percentualmente.

TABELA 5.4 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura da MCP e dos demais métodos em relação a VDV, para as estacas E1 a E13.

	MCP	MCP	DQ	DQ	AV	AV	TT	TT	PPV	PPV
	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)
Eméd (%)	8,7	20,7	57,7	51,1	73,9	59,6	39,0	42,3	43,1	40,7
Emín (%)	1,0	1,0	1,6	2,5	4,8	14,6	5,1	3,1	1,7	0,2
Emáx (%)	20,5	51,9	220,8	282,0	435,3	159,2	105,3	100,0	137,8	127,6
DP (%)	5,6	14,0	64,0	79,8	120,7	50,9	34,0	29,0	46,2	38,9
CV (%)	64,1	68,0	110,7	156,0	163,2	85,4	87,2	68,6	107,4	95,6

TABELA 5.5 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura da MCP e dos demais métodos em relação a NBR, para as estacas E1 a E13.

	MCP	MCP	DQ	DQ	AV	AV	TT	TT	PPV	PPV
	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)	(R)	(N)
Eméd (%)	44,4	32,3	133,4	116,5	139,9	78,1	76,3	68,5	84,0	66,1
Emín (%)	3,7	5,64	12,1	8,1	9,8	4,9	2,3	2,6	0,5	0
Emáx (%)	154,9	99,5	367,9	457,1	680,6	278,0	213,1	191,7	246,7	231,8
DP (%)	39,5	24,4	112,5	128,4	182,9	102,0	79,0	67,5	93,2	79,9
CV (%)	89,0	75,5	84,4	110,6	130,6	130,7	103,7	98,5	110,9	121,0

Na Tabela 5.4 vê-se que os resultados de erro médio, desvio padrão e erro máximo, obtidos pela MCP com diâmetro real, são menos da metade que os obtidos com diâmetro nominal. Com relação aos valores obtidos pela MCP e os demais métodos, observa-se que os resultados fornecidos pela MCP tanto com diâmetro real quanto com o nominal, melhoraram consideravelmente os resultados de carga de ruptura que se obtinha com esses métodos aqui tratados.

Os dados dessa tabela mostram que o percentual de erro médio e o desvio padrão desses métodos, considerando diâmetro real por exemplo, são maiores que os da MCP de 4,5 a 8,5 e 6 a 21,5 vezes, respectivamente. Ainda se observa nessa tabela que a consideração de diâmetro real piora alguns índices de variabilidade de resultados dos métodos analisados e melhoram todos os índices obtidos pela MCP.

De uma forma geral, os índices de variabilidade dos resultados de carga de ruptura da Tabela 5.5, obtidos com diâmetro nominal são melhores que os obtidos com diâmetro real, com alguma exceção para os valores fornecidos por Décourt-Quaresma. Isto já era de se esperar, visto que os valores de carga de ruptura fornecidos pela NBR são menores que os fornecidos por Van der Veen (Tabela 5.3). Como em geral a consideração do diâmetro real aumenta a carga de ruptura em relação a Van der Veen (alguma exceção para Décourt-Quaresma e P.P.Velloso) e sendo estas maiores que as fornecidas pela NBR, os erros que se cometem nas cargas de ruptura tendem a serem maiores em relação as fornecidas pela NBR. Também nessa tabela, os resultados obtidos pela MCP são muito melhores que os obtidos pelos demais métodos.

As Tabelas 5.6 e 5.7 apresentam a variabilidade dos valores de cargas de ruptura das estacas E1 a E25, com diâmetro nominal, previstas pela MCP e pelos demais métodos em relação à obtida em provas de carga, segundo Van der Veen e NBR, respectivamente. Os números dessas tabelas mostram que os bons resultados de previsão de carga de ruptura obtidos pela MCP para as estacas E1 a E13 são mantidos. O erro médio percentual, em relação a Van der Veen (Tabela 5.4), por exemplo, que foi de $8,7\% \pm 1,6\%$ (variação estimada entre 7,1% a 10,3%), é apenas 8,0% nos valores de carga de ruptura das estacas E1 a E25. Destacam-se nessas tabelas as diferenças enormes de amplitudes de erro absoluto ($E_{mín}$, $E_{máx}$) entre a MCP e os demais métodos. Verifica-se que em relação a Van der Veen, o percentual de erro médio dos métodos analisados é maior que o da MCP de 4,5 a 6,6 vezes, já em relação a NBR é de 1,6 a 2,6 vezes.

TABELA 5.6 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25, com diâmetro nominal, obtidos pela Metodologia de Cálculo Proposta e os demais métodos analisados, em relação a VDV.

	MCP	DQ	AV	TT	PPV
Eméd (%)	8,0	40,1	53,1	36,8	35,9
Emín (%)	0,6	1,5	9,4	3,1	0,24
Emáx (%)	20,5	282,0	159,2	100,0	127,5
DP (%)	5,4	59,6	43,8	24,0	29,9
CV (%)	67,9	148,8	82,6	65,2	83,3

TABELA 5.7 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25, com diâmetro nominal, obtidos pela Metodologia de Cálculo Proposta e os demais métodos analisados, em relação a NBR.

	MCP	DQ	AV	TT	PPV
Eméd (%)	28,8	75,8	63,6	47,8	47,3
Emín (%)	1,5	1,8	2,0	2,6	0
Emáx (%)	154,9	457,1	278,0	191,7	231,8
DP (%)	33,2	102,0	77,6	54,7	61,1
CV (%)	115,5	134,5	122,0	113,3	129,2

A Tabela 5.8 mostra os resultados de variabilidade de cargas de ruptura, em relação aos obtidos por Van der Veen, separados por região (Recife, Maceió e Aracaju). Os valores desta tabela confirmam que a base de cálculo da MCP é de boa consistência. Observa-se, por exemplo, que o percentual de erro médio absoluto contidos nessa tabela, varia entre 7,1% e 9,4% o que está perfeitamente dentro do intervalo de erro médio percentual estimado pela MCP, que é de 7,0% a 10,0%, aproximadamente.

TABELA 5.8 - Variabilidade dos resultados de carga de ruptura das estacas E1 a E25, separadas por região, obtidas pela MCP e os demais métodos.

	MCP	DQ	AV	TT	PPV
RECIFE					
Eméd (%)	7,1	24,5	61,7	23,6	28,6
Emín (%)	3,8	8,0	18,4	6,6	0,2
Emáx (%)	11,8	39,7	103,0	42,5	53,4
DP (%)	3,5	13,0	39,3	16,9	24,7
CV (%)	49,9	53,1	63,7	71,6	86,2
MACEIÓ					
Eméd (%)	8,1	24,3	33,4	33,1	29,6
Emín (%)	0,6	1,5	9,4	7,6	10,5
Emáx (%)	17,6	80,0	106,6	61,6	53,2
DP (%)	5,9	22,1	26,9	16,1	14,6
CV (%)	72,4	91,1	80,7	48,5	49,4
ARACAJU					
Eméd (%)	9,4	43,7	69,6	42,3	38,7
Emín (%)	5,3	2,5	24,7	3,1	0,5
Emáx (%)	20,5	130,3	151,5	83,8	112,7
DP (%)	5,7	51,7	48,8	28,4	36,3
CV (%)	60,7	118,3	70,1	67,1	93,8

Para o cálculo e avaliação de carga admissível das estacas Rotativas-Injetadas, adotou-se os procedimentos preconizados pela NBR 6122/96 a qual, para o estabelecimento da carga admissível, recomenda que a segurança seja garantida sob os aspectos de ruptura e deformações excessivas.

Considerou-se um recalque total admissível de 40 mm, tomando-se como referência as sugestões de Skempton e MacDonald (1955) para recalques admissíveis de fundações isoladas, assentes sobre areias, de edificações comuns. A carga de ruptura obtida por Van der Veen dividiu-se por 2,0 e a carga correspondente a um recalque de 40 mm, determinada na curva carga x recalque, dividiu-se por 1,5; adotou-se então o menor dos dois valores (conforme recomendações da NBR). Objetivando comparar valores de cargas admissíveis medidos (VDV) e valores previstos (MCP), adotou-se inicialmente um coeficiente de segurança igual a 2. Esse coeficiente fornece alguns valores de carga admissível previsto pela MCP, maiores

que os obtidos com os resultados de provas de carga. Observou-se então que um coeficiente de 2,25, aplicado aos valores de carga de ruptura fornecidos pela MCP para as estacas analisadas, garante cargas admissíveis previstas menores que as medidas.

A Tabela 5.9 mostra cargas admissíveis das 25 estacas, determinadas segundo o critério relatado no parágrafo anterior e os seus respectivos recalques. O cálculo dos índices de variabilidade de erros absolutos (em percentagem) dos resultados de carga admissível, previstos pela MCP em relação aos fornecidos por Van der Veen, segundo os procedimentos referenciados, fornecem: Erro médio (Eméd) = 12,8%, Erro mínimo (Emín) = 0,6%, Erro máximo (Emáx) = 29,4%, Desvio Padrão (DP) = 8,6% e Coeficiente de variação (CV) = 67,2%. Destaca-se nessa Tabela recalque máximo de 25 mm (E13) e a diferença máxima entre o recalque medido por Van der Veen e pela MCP de 5,10 mm.

A Figura 5.4 mostra que todos os valores de cargas admissíveis obtidas pela MCP são menores que as obtidas por Van der Veen. Sabe-se que a adoção de carga admissível depende da sensibilidade da estrutura a recalques. Os valores de carga admissível aqui apresentados tem por objetivo mostrar esse tipo de cálculo, para os casos mais comuns, que são estruturas de edifícios comerciais e residenciais.

TABELA 5.9 - Carga admissível obtida por Van der Veen (VDV) e pela Metodologia de Cálculo Proposta (MCP), e os recalques correspondentes.

ESTACA	VDV		MCP	
	\bar{P} (kN)	ρ (mm)	\bar{P} (kN)	ρ (mm)
E1	360	14,85	350	14,00
E2	194	4,88	190	4,40
E3	326	7,5	297	6,30
E4	413	8,88	337	5,80
E5	382	9,0	270	5,00
E6	435	12,5	426	12,25
E7	435	8,41	403	7,20
E8	409	10,28	307	5,60
E9	656	15,0	501	9,90
E10	800	10,9	647	6,24
E11	245	5,2	220	4,30
E12	408	3,58	349	2,58
E13	247	25,7	208	22,00
E14	432	2,27	411	2,05
E15	544	2,28	490	1,90
E16	626	2,83	501	1,95
E17	630	9,32	593	8,70
E18	633	1,62	629	1,58
E19	744	8,96	657	7,20
E20	646	5,0	474	3,05
E21	343	2,2	309	1,80
E22	566	2,07	542	2,00
E23	515	12,84	439	10,00
E24	606	2,47	566	2,40
E25	538	9,0	408	5,26

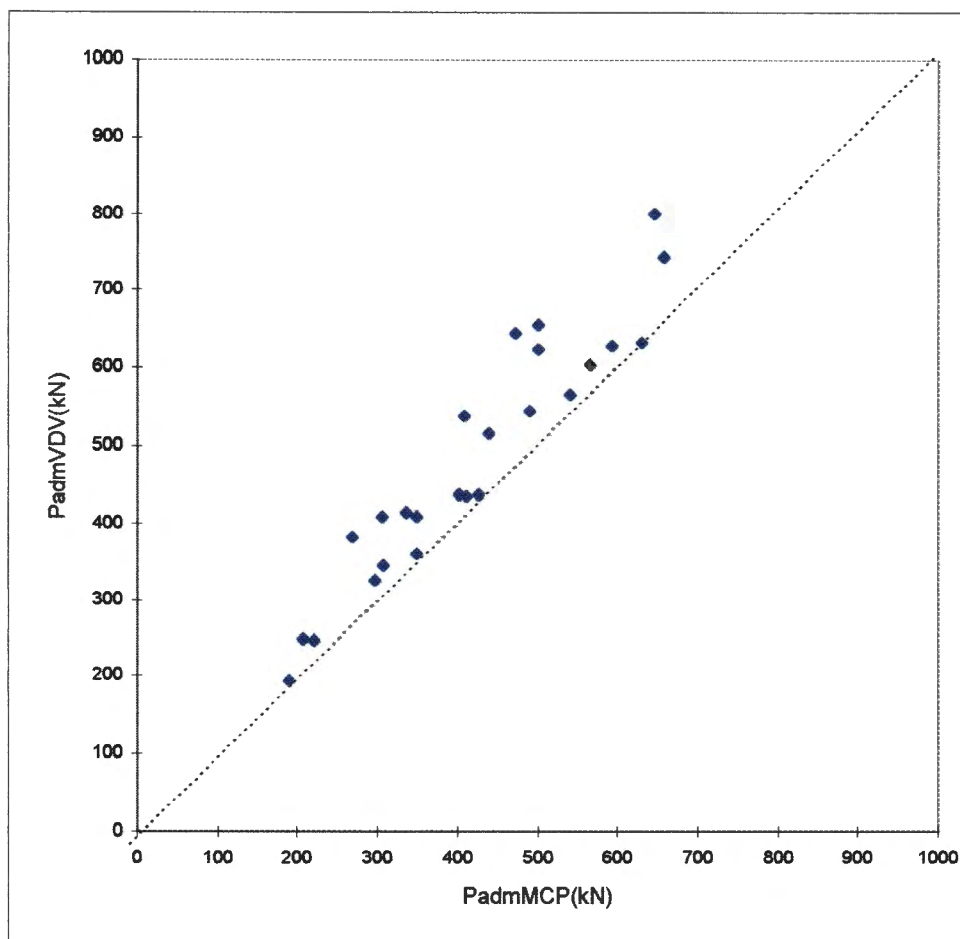


FIGURA 5.4 - Carga admissível das estacas E1 a E25: MCP x VDV.

A margem de erro dos resultados finais de previsão de carga admissível das 25 estacas analisadas, fornecidos pela MCP, pode ser considerada boa, levando-se em conta as variáveis que se têm envolvidas na questão. Dentre essas variáveis destacam-se o material que constitui o fuste (algumas dessas estacas, inclusive a que foi extraída, foram executadas com calda de cimento), a diversificação dos tipos de solo que constituem os subsolos em que elas foram instaladas, as anomalias (formações de ondulações, “joelhos”, placas, as vezes imprevisíveis) que seus fustes podem apresentar e a capacidade de erodibilidade hidráulica de cada solo.

Sabe-se que a calda de cimento oferece atrito lateral menor que a argamassa. Entretanto, as diferenças nas cargas de rupturas que duas estacas Rotativas-Injetadas, uma confeccionada com calda e a outra com argamassa, possam apresentar, não foram consideradas.

As 25 estacas foram executadas em terrenos sedimentares, constituídos de sedimentos de praia, lacustre e Formação Barreiras. Os solos da Formação Barreiras têm características geológicas e geotécnicas, diferentes dos sedimentos marinhos ou praiheiros. Dentre as estacas analisadas, somente a E9 foi executada em solo desta formação. Apesar dos resultados obtidos na prova de carga, dessa estaca, fornecerem elementos bastantes favoráveis a uma boa análise, outras provas de carga são necessárias para se ter melhores previsões de carga de ruptura.

A capacidade de erodibilidade hidráulica que um solo esboça, diante do fluxo d'água da bomba de perfuração é um fator muito importante no formato do fuste e na resistência lateral. Esse fato é fortemente observado nas areias finas siltosas da cidade de Aracaju. Os valores baixos de carga de ruptura das estacas Rotativas-Injetadas, executadas nessas areias, de alta resistência à penetração ($SPT > 30$), provavelmente são decorrentes dessa característica erosível que possuem.

Um estudo mais amplo da influência que todos os fatores citados possam ter no cálculo de previsão da carga admissível de uma estaca Rotativa-Injetada, certamente aperfeiçoará a metodologia de cálculo proposta neste trabalho

6. CONCLUSÕES.

Pelo exposto sobre as estacas Rotativas-Injetadas, quanto a sua execução e a metodologia de previsão de carga de ruptura, conclui-se que:

1 - O processo de execução das estacas Rotativas-Injetadas lhes dá um fuste de anatomia diferente das estacas convencionais. Essa diferença é muito importante quando o perfil do subsolo é arenoso e tem camadas de compactidade fofa e compacta, intercaladas.

2 - As dimensões das regiões envolvidas e as peculiaridades próprias das estacas Rotativas-Injetadas, implicaram muitas condicionantes estabelecidas na Metodologia de Cálculo Proposta, para obtenção da carga de ruptura, com razoável precisão.

3 - As provas de carga mostraram que estacas Rotativas-Injetadas, instaladas em areias finas puras ou siltosas, da cidade de Aracaju, têm menor capacidade de carga que as executadas em Maceió e Recife em areias de mesmas características geotécnicas e de resistência à penetração.

4 - O erro percentual médio dos resultados de carga de ruptura obtidos pela Metodologia de Cálculo Proposta é de apenas 15,0 a 22,2% do erro percentual médio de outros métodos analisados.

5 - A consideração de diâmetro real (R), em vez do nominal (N), no cálculo da carga de ruptura, pela Metodologia de Cálculo Proposta, melhora consideravelmente os erros percentuais absolutos. O erro percentual médio (Eméd) dos valores obtidos com diâmetro real, por exemplo, reduz-se a menos da metade em relação aos obtidos com diâmetro nominal.

6 - Aplicando-se procedimentos comuns nos valores de carga de ruptura obtidos pela MCP, para a determinação da carga admissível das estacas Rotativas-Injetadas, encontram-se resultados seguros e satisfatórios.

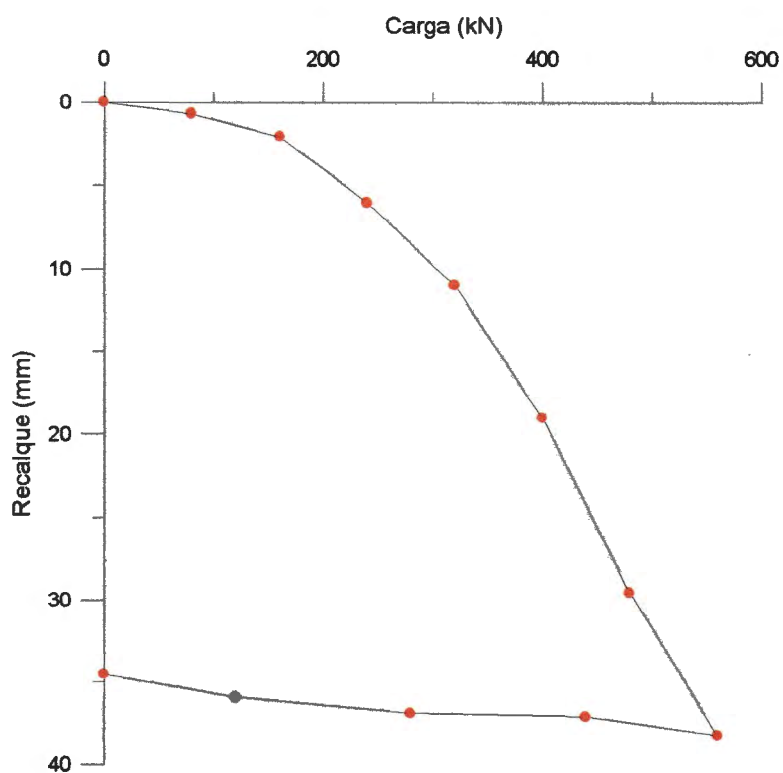
7 - Resultados de provas de carga demonstram que estacas Rotativas-Injetadas que atravessam estratos de alta resistência (tipo arenito) ou pequenos bolsões de vazios (algumas formações calcárias) têm alta capacidade de carga. Mas essas ocorrências são de difícil previsão.

8 - Os estudos desenvolvidos neste trabalho confirmaram que os métodos correntes de previsão de capacidade de carga não podem ser aplicados de forma indiscriminada para qualquer região. Constatou-se que apesar das três regiões (Recife, Maceió e Aracaju) terem a mesma formação geológica, os parâmetros geotécnicos e a formulação proposta para Aracaju, são diferentes de Recife e Maceió.

ANEXO

**PROVA DE CARGA E SONDAGEM MAIS
PRÓXIMA À ESTACA ENSAIADA**

P (kN)	ρ (mm)
0	0
80	0,65
160	2,00
240	6,00
320	11,00
400	19,00
480	29,50
560	38,18
440	37,00
280	36,81
120	35,90
0	34,56



ESTACA E1 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 12,00 m

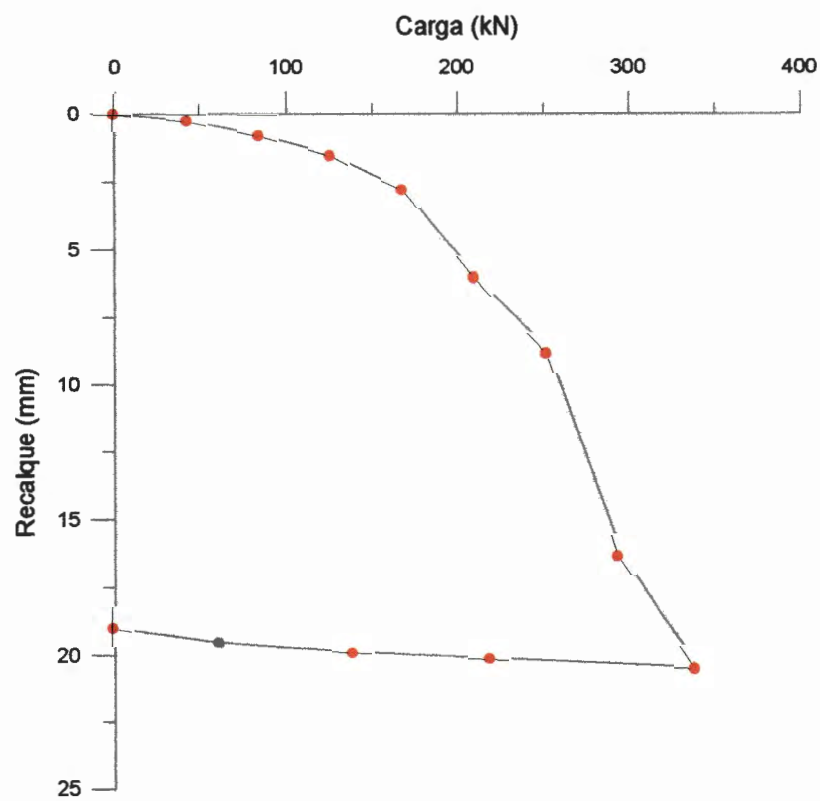
Cota do NA: 1,30 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	2	AREIA fina com silte, fofa.
1	0	
2	0	
3	2	
4	26/25	AREIA fina a média, siltosa, com pedregulhos, pouco compacta a muito compacta.
5	30/16	
6	14	
7	6	
8	3	AREIA fina siltosa, com pedregulhos e argila, fofa a medianamente compacta.
9	2	
10	13	
11	15	ARGILA com areia fina siltosa, consistência rija a muito rija.
12	16	
13	14	
14	14	
15	20	
16	30/12	
17	30/21	
18	30/10	AREIA fina siltosa, com argila, muito compacta.

ESTACA E1 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
43	0,25
85	0,80
127	1,50
170	2,80
213	6,45
255	8,80
297	16,25
340	20,46
320	20,21
220	20,09
140	19,90
60	19,52
0	18,94



ESTACA E2 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,35 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 8,00 m

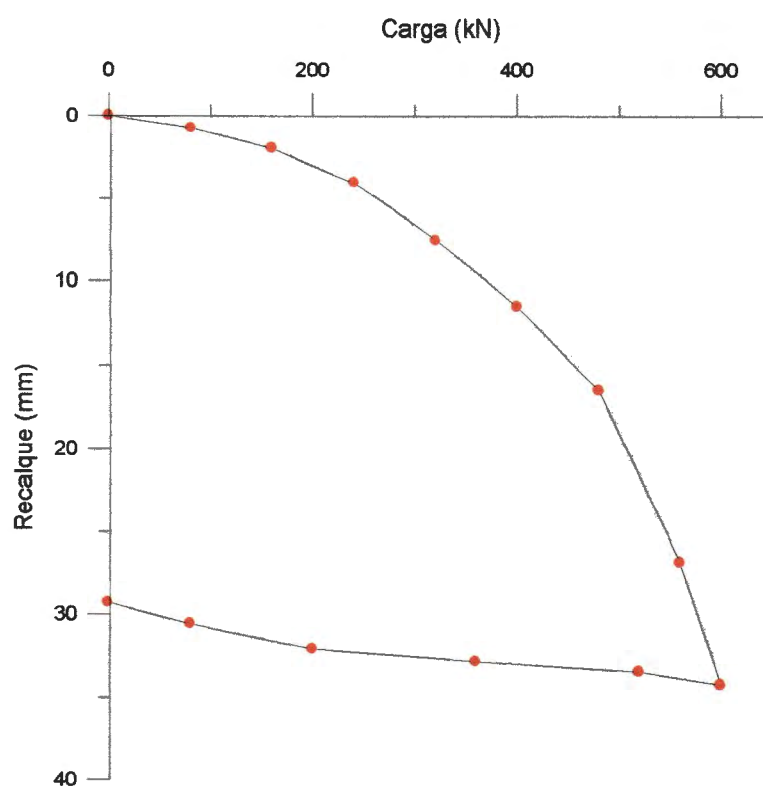
Cota do NA: 1,30 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	3	AREIA fina, fofa a compacta.
1	2	
2	2	
3	4	
4	6	
5	26/28	AREIA fina, siltosa, pouco compacta a medianamente compacta.
6	5	
7	7	
8	12	AREIA fina, siltosa, com argila, fofa a medianamente compacta.
9	4	
10	4	
11	7	
12	6	
13	8	
14	10	
15	11	
16	30/17	AREIA fina, compacta.
17	30/18	
18	30/15	

ESTACA E2 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
80	0,75
160	2,00
240	4,00
320	7,50
400	11,50
480	16,50
560	26,75
600	34,18
520	33,48
360	32,86
200	32,14
80	30,57
0	29,31



ESTACA E3 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 12,00 m

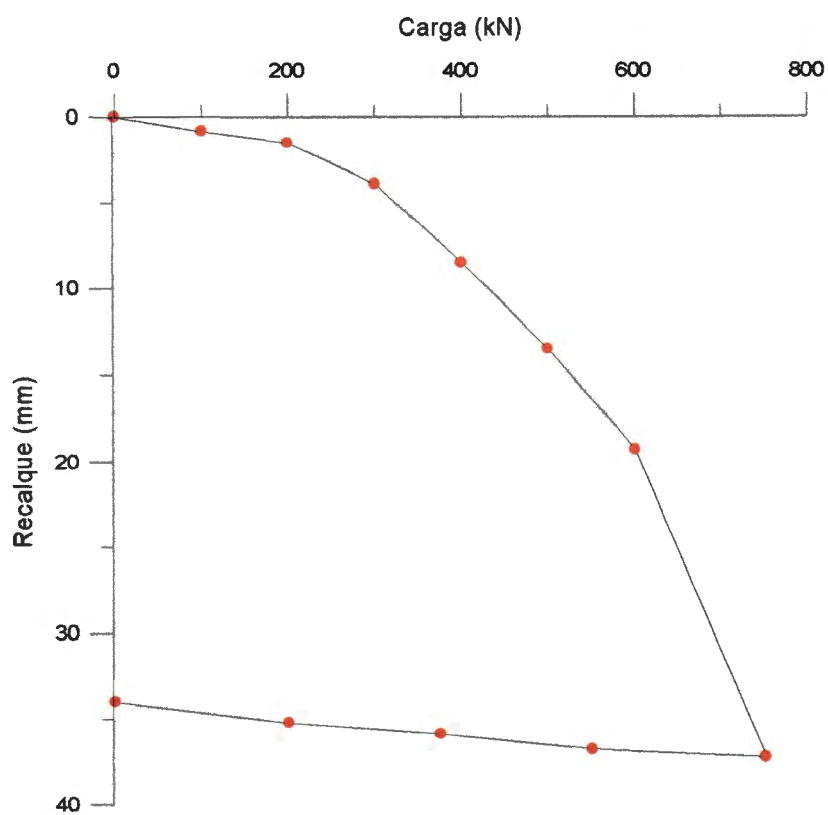
Cota do NA: 1,30 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	3	AREIA fina, fofa a compacta.
1	2	
2	2	
3	4	
4	6	
5	26/28	AREIA fina, siltosa, pouco compacta a medianamente compacta.
6	5	
7	7	
8	12	AREIA fina, siltosa, com argila, fofa a medianamente compacta.
9	4	
10	4	
11	7	
12	6	
13	8	
14	10	
15	11	
16	30/17	AREIA fina, compacta.
17	30/18	
18	30/15	

ESTACA E3 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
100	0,80
200	1,50
300	3,90
400	8,50
500	13,50
600	19,30
750	37,25
550	36,81
375	35,90
200	35,23
0	34,04



ESTACA E4 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 9,00 m

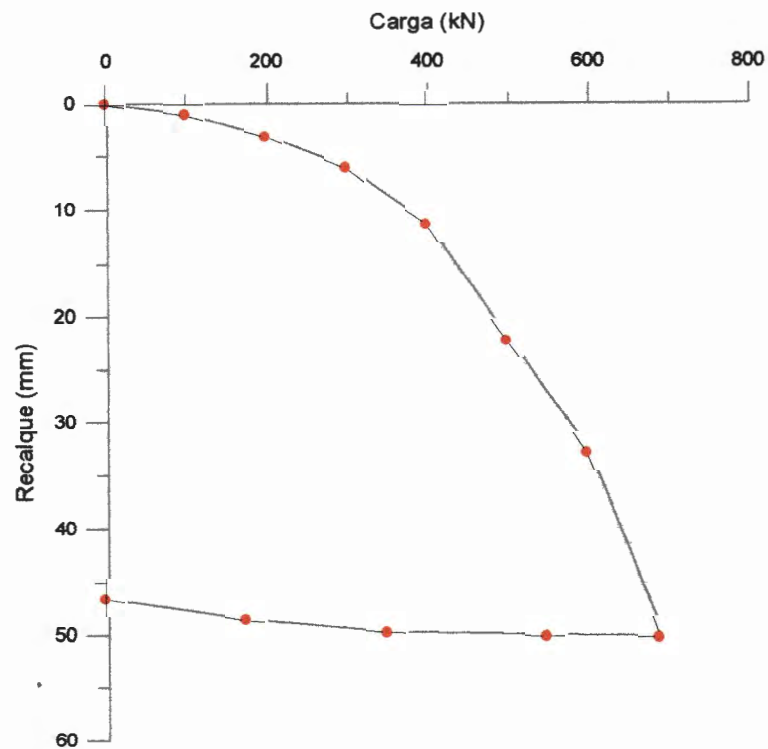
Cota do NA: 1,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	-	Aterro
1	11	AREIA fina, fofa a medianamente compacta.
2	3	
3	5	
4	6	
5	8	
6	13	
7	60	AREIA fina, compacta a muito compacta.
8	60	
9	56	
10	45	
11	37	
12	7	ARGILA siltosa, cinza consistência média a rija.
13	16	

ESTACA E4 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
100	0,96
200	2,93
300	5,99
400	11,27
500	22,12
600	32,71
690	50,11
550	50,00
350	49,71
175	48,57
0	46,60



ESTACA E5 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,35 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 9,00 m

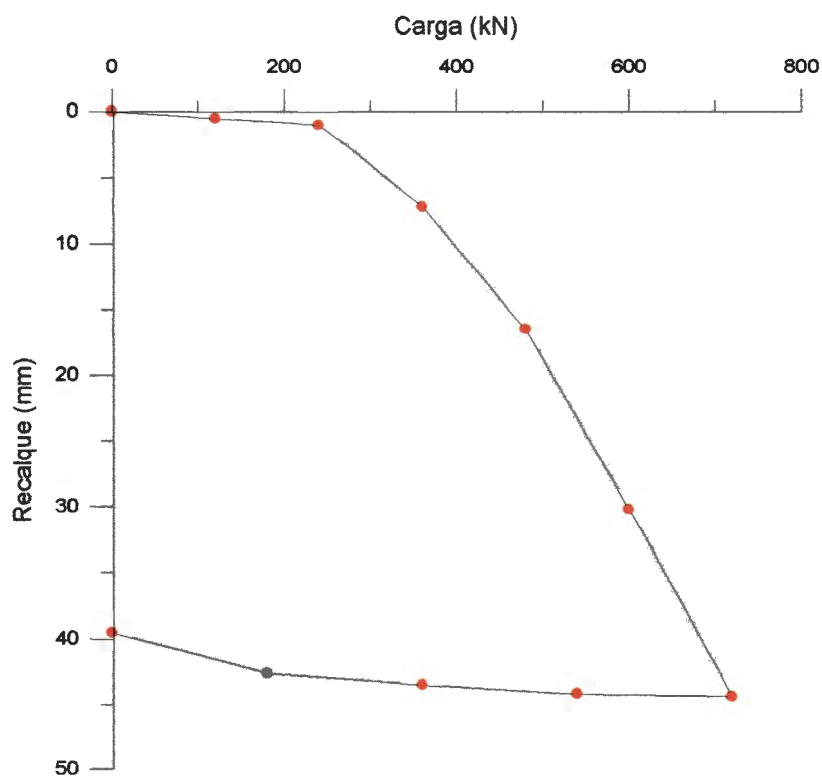
Cota do NA: 1,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	-	Aterro
1	5	AREIA fina, pouco a medianamente compacta.
2	6	
3	5	
4	8	
5	9	
6	14	
7	50	AREIA fina, muito compacta.
8	45	SILTE pouco arenoso, fofo a medianamente compacto
9	10	
10	6	
11	4	
12	5	

ESTACA E5 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
120	0,50
240	1,00
360	7,20
480	16,50
600	30,20
720	44,36
540	44,19
360	43,50
180	42,67
0	39,52



ESTACA E6 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,35 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 16,00 m

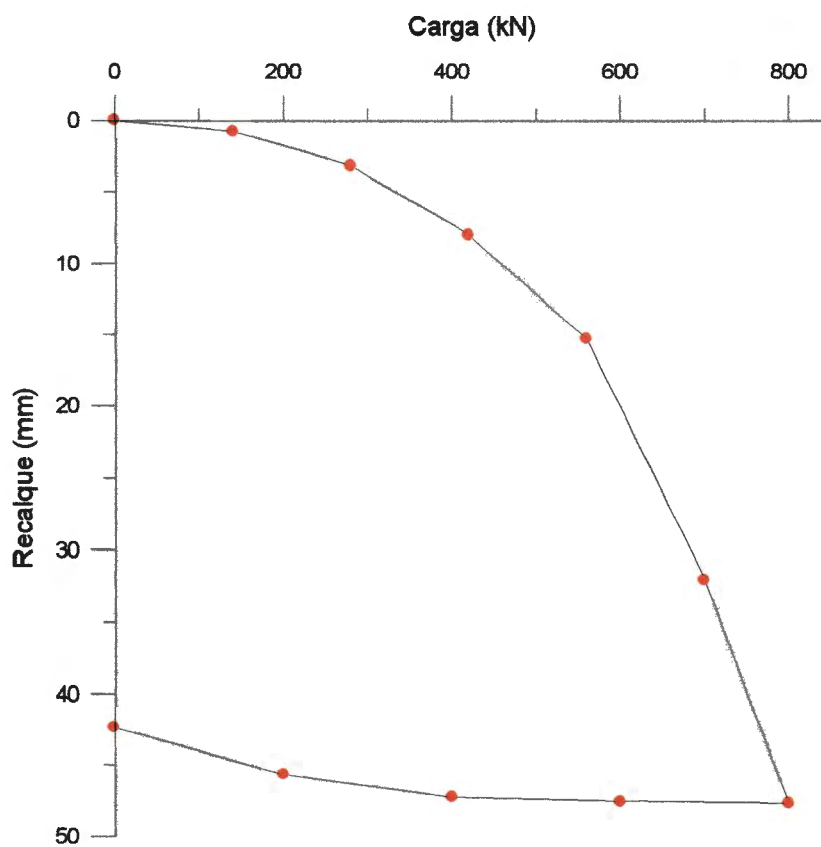
Cota do NA: 1,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	2	AREIA fina a média, fofa a medianamente compacta.
1	2	
2	2	
3	2	
4	11	
5	17	
6	12	
7	6	
8	9	
9	7	
10	7	
11	9	ARGILA arenosa, média.
12	19	AREIA argilosa, compacta.
13	20	AREIA fina, siltosa, compacta a medianamente compacta.
14	17	
15	51	
16	64	
17	57	
18	65	

ESTACA E6 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
140	0,75
280	3,20
420	8,00
560	15,30
700	32,00
800	47,73
600	47,63
400	47,32
200	45,68
0	42,45



ESTACA E7 - Prova de Carga.

Dados

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 13,00 m

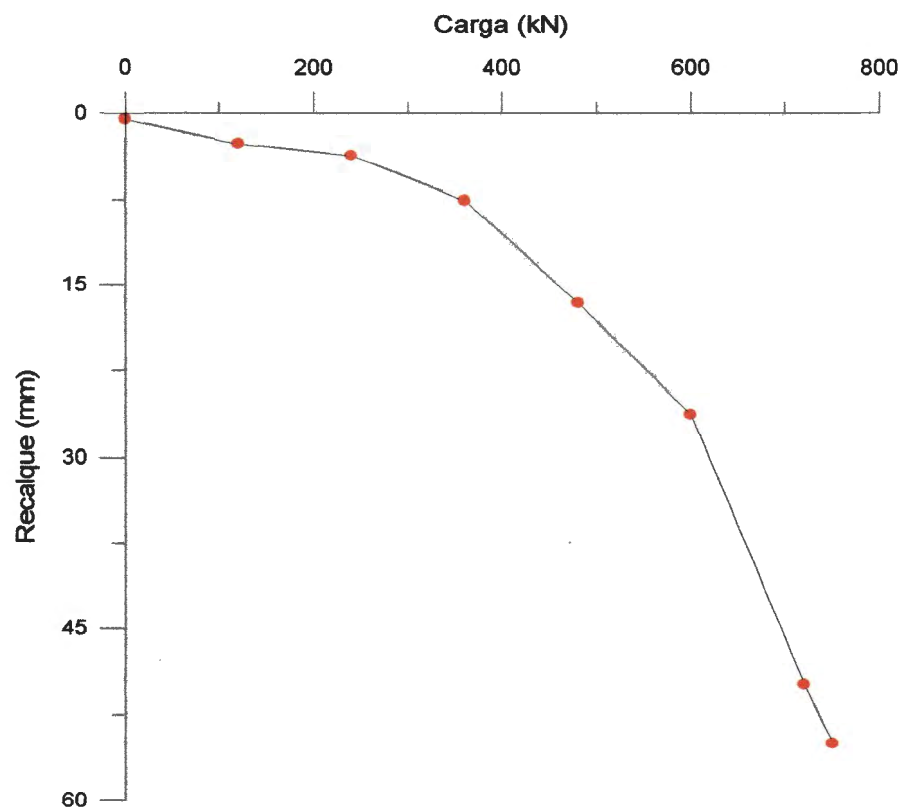
Cota do NA: 1,80 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	7	AREIA fina, pouco a medianamente compacta.
1	10	
2	24	AREIA média, com fragmentos de crustáceos, compacta.
3	34	
4	9	AREIA fina siltosa pouco argilosa, com fragmentos de crustáceos, fofa a medianamente compacta.
5	3	
6	4	
7	4	
8	6	
9	4	
10	4	
11	4	
12	30	AREIA fina a média, com fragmentos de crustáceos, compacta.
13	31	
14	34	

ESTACA E7 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
120	2,50
240	3,62
360	7,50
480	16,56
600	26,25
720	49,90
750	53,12



ESTACA E8 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 8,50 m

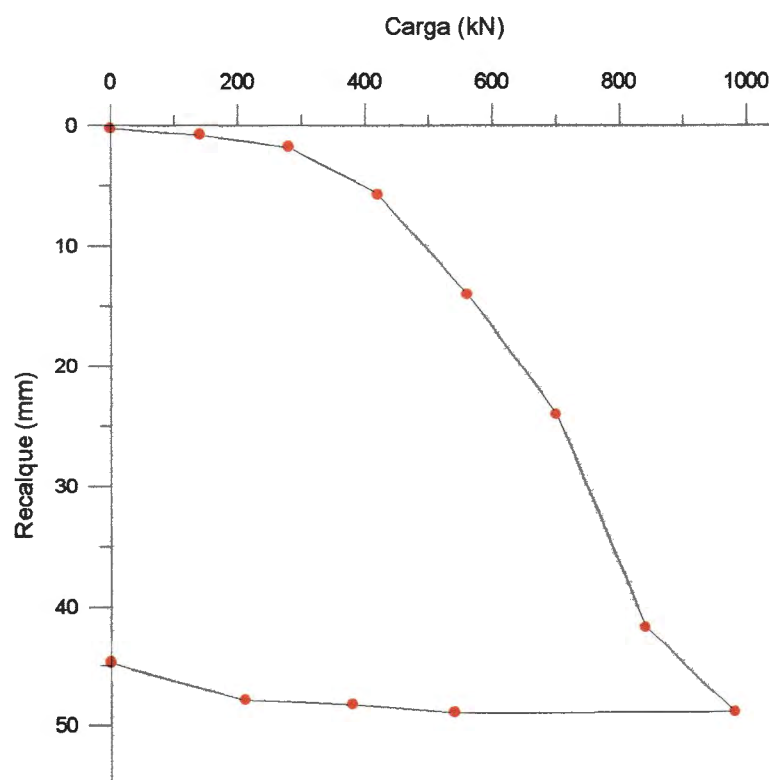
Cota do NA: 1,40 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	AREIA fina, com resto de construção, cinza escura, fofa (provavelmente aterro)
1	10	
2	9	AREIA fina a média, com pouco silte e pedregulho, cinza, pouco a medianamente compacta.
3	13	
4	12	
5	6	
6	14	
7	24	AREIA siltosa, cinza, medianamente compacta a compacta.
8	22	
9	18	
10	28	AREIA fina a média, siltosa, com pouco fragmento de crustáceos, cinza, medianamente compacta a compacta.
11	29	
12	20	
13	13	
14	14	SILTE areno - argiloso, cinza claro, fofo.
15	3	AREIA argilo-siltosa, cinza claro, fofa.
16	2/33	
17	21	SILTE areno - argiloso, cinza claro, compacto a muito
18	30/11	AREIA média, com pouco pedregulho, marrom, muito compacta.
19	30/15	

ESTACA E8 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
140	0,80
280	1,70
420	5,75
560	14,00
700	24,00
840	41,80
980	48,92
540	49,05
380	48,05
210	47,95
0	44,79



ESTACA E9 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,40 m

Cota do topo: 0,00 m

Cota da base: 11,50 m

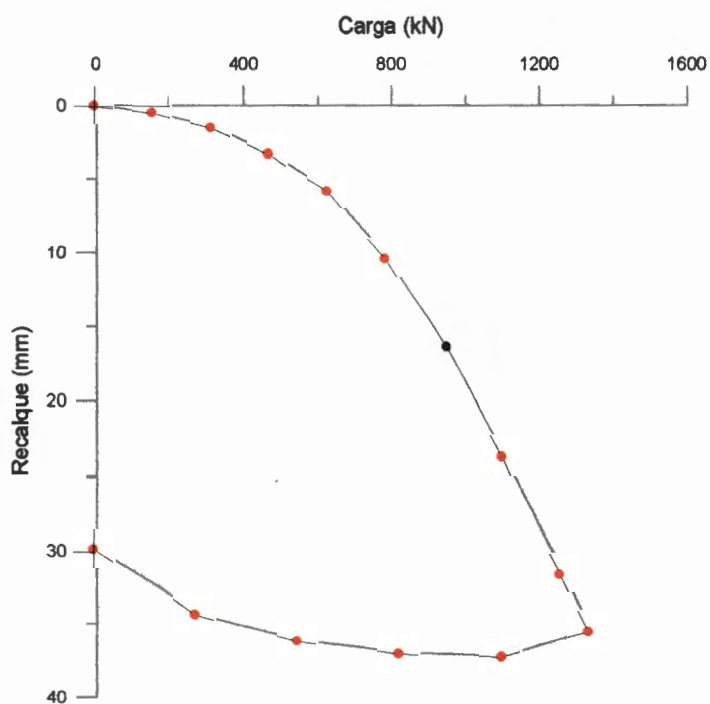
Cota do NA: não encontrado.

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	6	ARGILA areno - siltosa, ferruginosa, consistência média a dura.
1	7	
2	10	
3	6	
4	8	
5	10	
6	13	
7	17	
8	20	
9	18	
10	15	
11	22	AREIA argilo-siltosa, pouco pedregulhosa, ferruginosa, compacta a muito compacta.
12	28	
13	32	
14	42	
15	44	
16	44	

ESTACA E9 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
158	0,47
316	1,53
474	3,20
632	5,78
790	10,34
948	16,31
1106	23,65
1264	31,60
1342	35,45
1106	37,23
829	37,02
553	36,15
276	34,34
0	29,87



ESTACA E10 - Prova de Carga.

Dados:


Diâmetro: 0,35 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 21,00 m

Cota do NA: 0,80 m

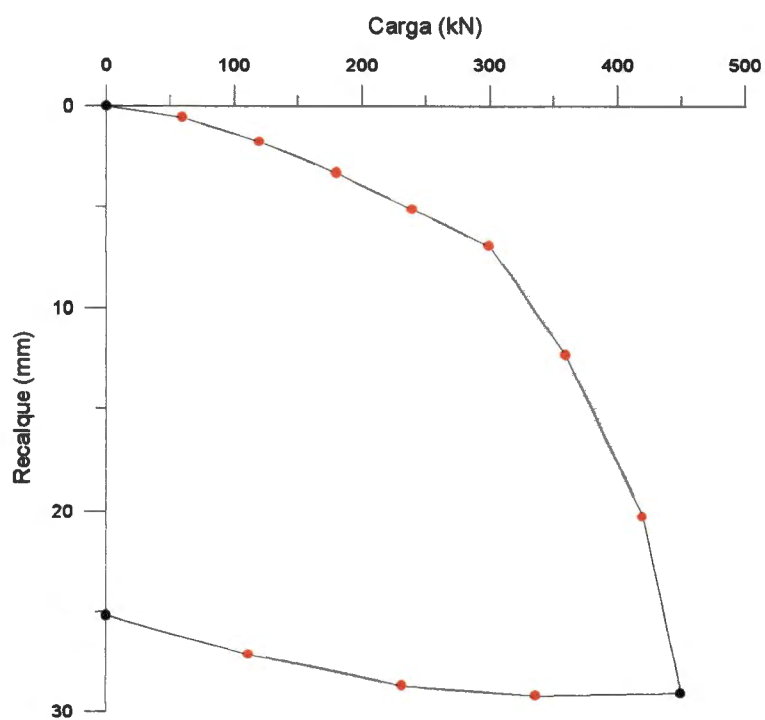
RN = Nível da boca do furo = 0,00 m



Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	AREIA grossa, amarela, fofa.
1	13	AREIA fina, siltosa e cálcica, com fragmentos de crustáceos, amarela e cinza, fofa a medianamente compacta.
2	13	
3	5	
4	6/32	
5	3	
6	1/26	
7	1/24	
8	1/25	
9	1/23	
10	1/21	
11	6	SILTE arenoso, pouco argiloso, com fragmentos de crustáceos, cinza escuro, fofo.
12	7	
13	2/35	
14	2/26	AREIA fina a média, siltosa, cinza escuro, fofa.
15	2/27	
16	4	SILTE argiloso, cinza claro, muito mole.
17	2/33	
18	2/35	SILTE arenoso, cinza claro, medianamente compacto.
19	10	
20	4	AREIA fina, siltosa, pouco argilosa, cinza claro, fofa.
21	27	AREIA fina, siltosa, cinza claro, compacta.
22	10	SILTE areno - argiloso, cinza claro, medianamente compacto.
23	9	ARGILA silte - arenosa, variegada, consistência média a rija.
24	8	
25	19	
26	22	SILTE argilo-arenoso, cinza, duro.
27	22	

ESTACA E10 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
60	0,55
120	1,81
180	3,31
240	5,16
300	6,92
360	12,37
420	20,28
450	29,03
337	29,16
232	28,72
112	27,16
0	25,18



ESTACA E11 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 0,50 m

Cota da base: 3,00 m

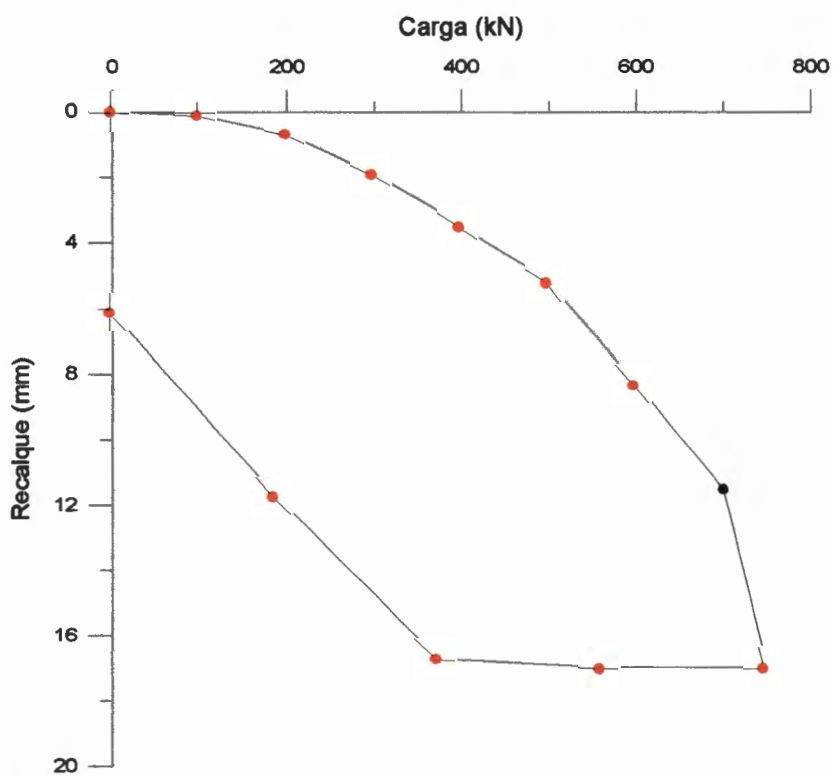
Cota do NA: 0,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	0	AREIA fina, argilosa, orgânica, fofa.
1	0	
2	16	PEDRAS e fragmentos de arenito silicificado, com areia fina argilosa.
3	60	
4	7	
5	8	
6	8	AREIA pouco argilosa, pouco a medianamente compacta.
7	9	
8	8	ARGILA pouco siltosa, consistência média a dura, com fragmentos de arenito silicificado, entre 9,50 e 11.60 m.
9	32	
10	30/5	
11	30/4	
12	46	
13	42	
14	52	
15	16	
16	43	
17	48	

ESTACA E11 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
100	0,10
200	0,70
300	1,90
400	3,50
500	7,20
600	8,30
700	11,50
750	16,99
562	17,00
375	16,74
187	11,72
0	6,13



ESTACA E12 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 0,50 m

Cota da base: 29,50 m

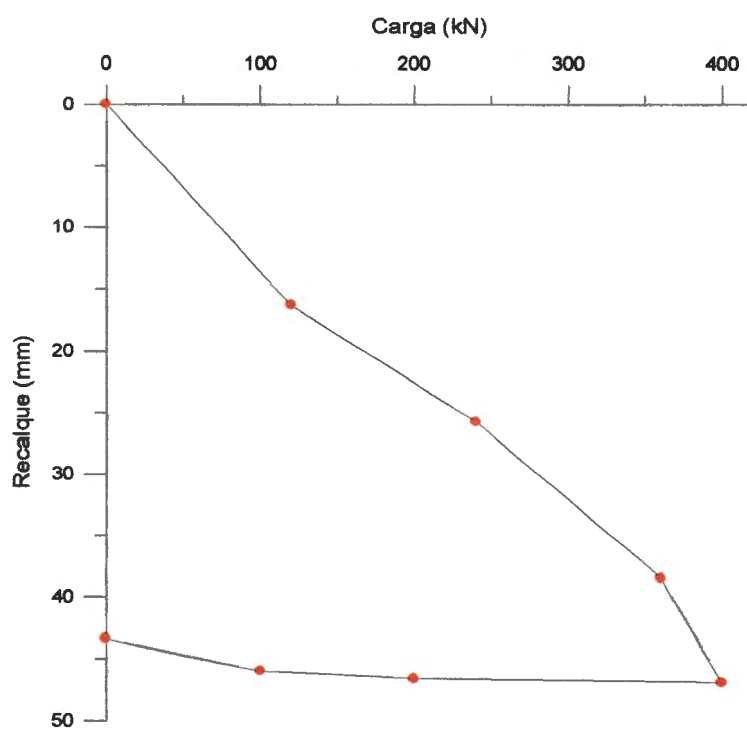
Cota do NA: 2,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	AREIA fina e média, siltosa, com ou sem matéria orgânica, fragmentos de conchas, variegada, fofa a compacta.
1	5	
2	6	
3	2	
4	17	
5	15	
6	1	
7	14	
8	29	
9	2	
10	2	ARGILA orgânica com turfa e muitos fragmentos de conchas, conchas, cor escura, consistência muito mole.
11	2	
12	2	
13	1	
14	1	
15	1	
16	1	
17	2	
18	2	
19	1	
20	1	ARGILA muito siltosa, com fragmentos de conchas, cinza escuro, consistência muito mole a rija.
21	2	
22	2	
23	2	
24	3	
25	3	
26	4	
27	3	
28	4	
29	12	
30	10	

ESTACA E12 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
120	16,25
240	25,70
360	38,40
400	46,90
200	46,60
100	45,95
0	43,41



ESTACA E13 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 15,00 m

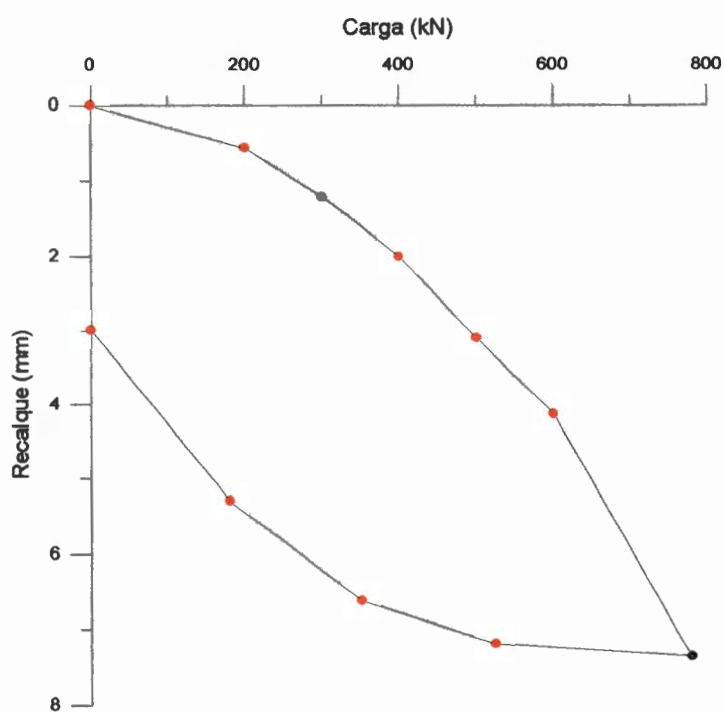
Cota do NA: 0,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	ATERRO de areia fina com cascalho, cinza, fofo.
1	9	ATERRO de areia fina, cinza, mediamente compacto.
2	0/45	ARGILA orgânica, cinza escura, consistência muito mole.
3	0/45	
4	0/45	
5	2	
6	2	
7	2	ARGILA arenosa, cinza escura, consistência muito mole.
8	2	
9	2	
10	2	
11	6	AREIA fina, siltosa, cinza clara, pouco compacta.
12	7	ARGILA siltosa, com calcário, cinza, consistência rija a dura.
13	11	
14	15/13	
15	11	
16	11	

ESTACA E13 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
200	0,57
300	1,41
400	2,00
500	3,10
600	4,13
780	7,36
525	7,18
351	6,61
180	5,28
0	2,99



ESTACA E14 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 3,00 m

Cota da base: 20,00 m

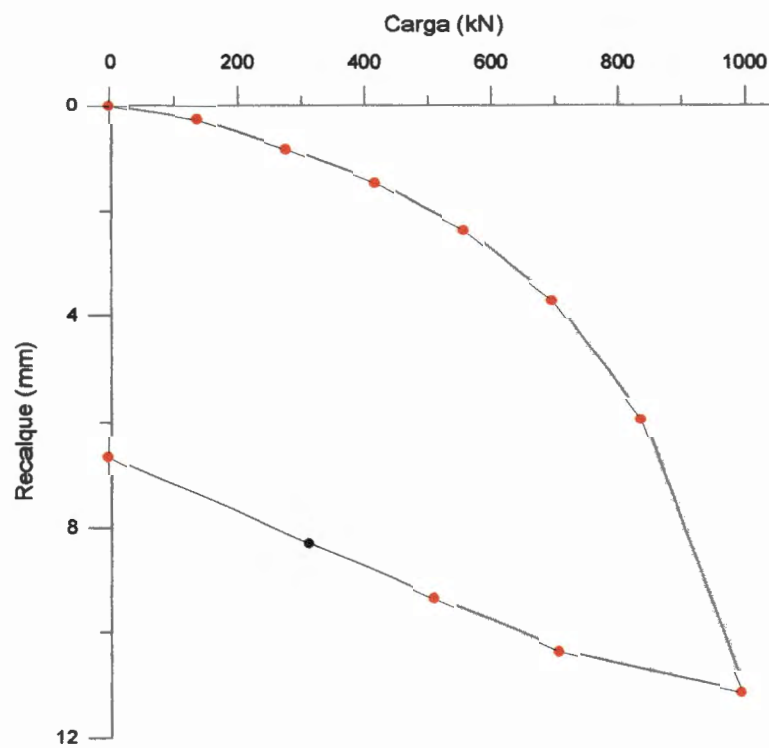
Cota do NA: 3,60 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	5	AREIA fina, pouco compacta a compacta.
1	12	
2	15	
3	28	
4	32	
5	30	
6	12	AREIA fina, siltosa, pouco argilosa, com fragmentos de crustáceos, fofa.
7	2	
8	1	
9	2	
10	2	
11	2	
12	2	AREIA fina, argilo-siltosa, fofa.
13	2	
14	1	
15	0	
16	2	
17	3	AREIA média a grossa, medianamente a muito compacta.
18	13	
19	32	
20	55	
21	75	

ESTACA E14 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
140	0,26
280	0,79
420	1,45
560	2,35
700	3,69
840	5,92
1000	11,13
712	10,32
515	9,31
312	8,28
0	6,65



ESTACA E15 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,40 m

Cota do topo: 0,50 m

Cota da base: 10,00 m

Cota do NA: 1,70 m

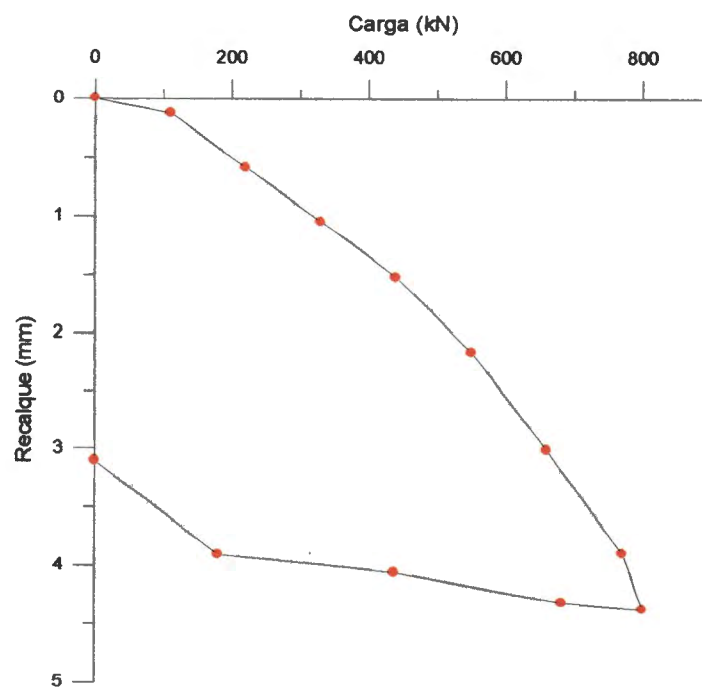
RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	25	AREIA fina, com pedaços de raiz e pedregulho, creme, pouco compacta a compacta.
1	7	
2	13	AREIA grossa, creme, medianamente compacta.
3	18	
4	11	SILTE arenoso com fragmentos de crustáceos, cinza, medianamente compacto.
5	12	
6	8	AREIA cálcica, cinza, medianamente compacta.
7	5	
8	4	DECOMPOSIÇÃO de rocha calcária, cinza, fofa a compacta.
9	24	
10	28	

Obs.: Impenetrável ao SPT com 10,60 m.

ESTACA E15 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
110	0,13
220	0,59
330	1,05
440	1,72
550	2,16
660	3,16
770	3,89
800	4,36
683	4,30
438	4,05
180	3,90
0	3,10



ESTACA E16 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 12,00 m

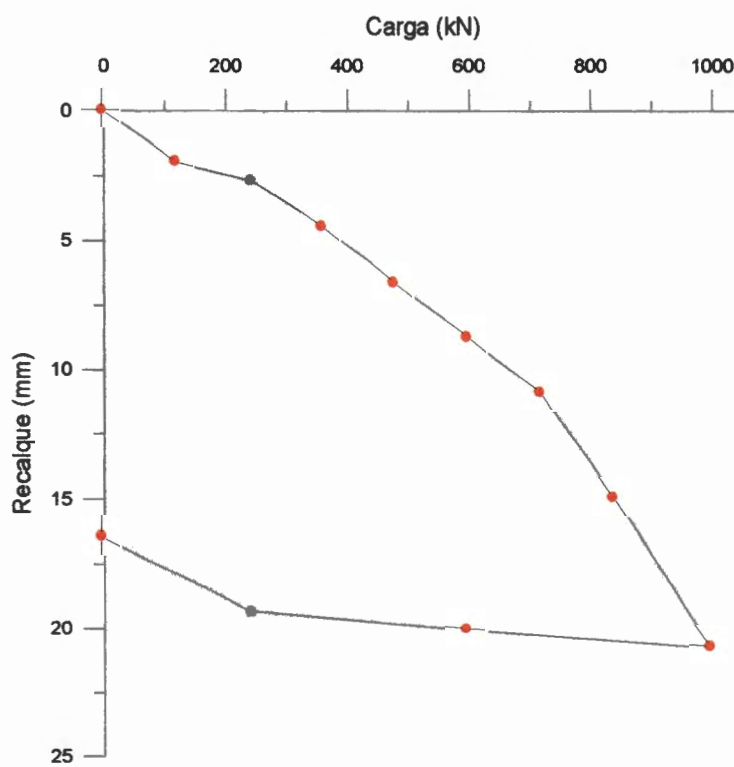
Cota do NA: 1,11 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	5	AREIA fina, com pouco fragmento de crustáceo, cinza e creme, pouco compacta a compacta.
1	9	
2	29	
3	24	AREIA fina, siltosa, com pouco fragmento de crustáceo, cinza, compacta.
4	30/27	
5	22	SILTE arenoso, pouco argiloso, cinza, fofo a medianamente compacto.
6	10	
7	6	
8	4	AREIA fina, siltosa, cinza, fofo.
9	4	
10	4	
11	6	AREIA fina a média, com pouco pedregulho, cinza, pouco compacta a compacta.
12	26	
13	14	
14	20	
15	15	AREIA grossa, cinza claro, medianamente compacta.
16	15	
17	7	AREIA fina a média, siltosa, pouco argilosa, cinza claro, pouco compacta.
18	8	
19	5	
20	30/13	AREIA fina a média, cinza claro, muito compacta.
21	30/6	

ESTACA E16 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
120	2,00
240	2,67
360	4,49
480	6,67
600	8,83
720	11,00
840	14,99
1000	20,80
600	20,06
240	19,30
0	16,50



ESTACA E17 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 12,00 m

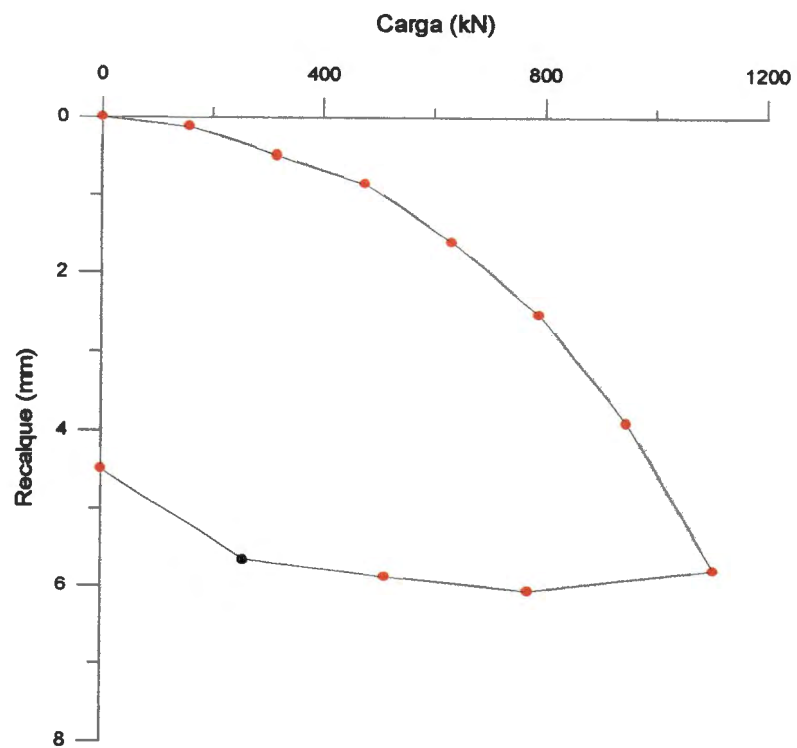
Cota do NA: 2,00 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	AREIA fina, creme, fofa a compacta.
1	6	
2	24	
3	15	AREIA fina, siltosa, com fragmento de crustáceos, cinza, medianamente compacta a fofa.
4	2	
5	2	
6	1/22	AREIA com calcário, cinza, fofa.
7	1	AREIA fina, siltosa, com fragmentos de calcário e mariscos, cinza, pouco a medianamente compacta.
8	7	
9	8	
10	12	
11	14	
12	15	
13	16	AREIA fina a média, cinza clara, compacta.
14	19	
15	22	
16	35	
17	22	
18	18	

ESTACA E17 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
158	0,12
316	0,48
474	0,84
632	1,59
790	2,52
948	3,88
1106	5,77
770	6,05
513	5,86
257	5,64
0	4,50



ESTACA E18 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,40 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 8,50 m

Cota do NA: 0,60 m

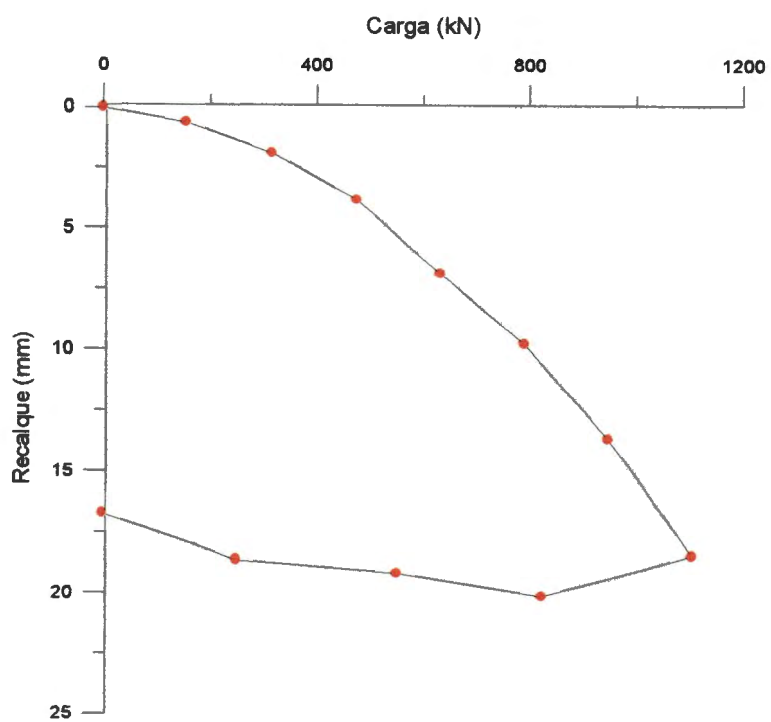
RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	-	
1	19	
2	20	AREIA fina, siltosa, com fragmentos de conchas, creme, fofa a compacta.
3	21	
4	8	
5	3	
6	4	
7	3	
8	29	
9	60/10	
10	6	AREIA fina, siltosa, com muitos fragmentos de conchas e concreções de corais, cinza claro, pouco a muito compacta.
11	6	
12	14	
13	58	
14	55	AREIA fina a média, siltosa, com pouca matéria orgânica, cinza, muito compacta.
15	60/14	
16	60/18	
17	60/22	AREIA fina a média, pouco siltosa com poucos fragmentos de conchas, cinza, pouco a muito compacta.
18	60/23	
19	6	ARGILA siltosa, orgânica, com areia fina e fragmentos de conchas, cinza escuro, consistência mole.
20	4	
21	6	
22	7	AREIA fina, siltosa, pouco argilosa, com pouca matéria orgânica, cinza, pouco compacta a compacta.
23	22	
24	30	
25	32	
26	34	

ESTACA E18 - Sondagem mais próxima.



P (kN)	ρ (mm)
0	0
155	0,60
316	1,89
474	3,79
632	6,88
790	9,75
948	13,59
1106	18,42
1264	18,93
824	20,10
553	19,12
252	18,61
0	16,70



ESTACA E19 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 11,50 m

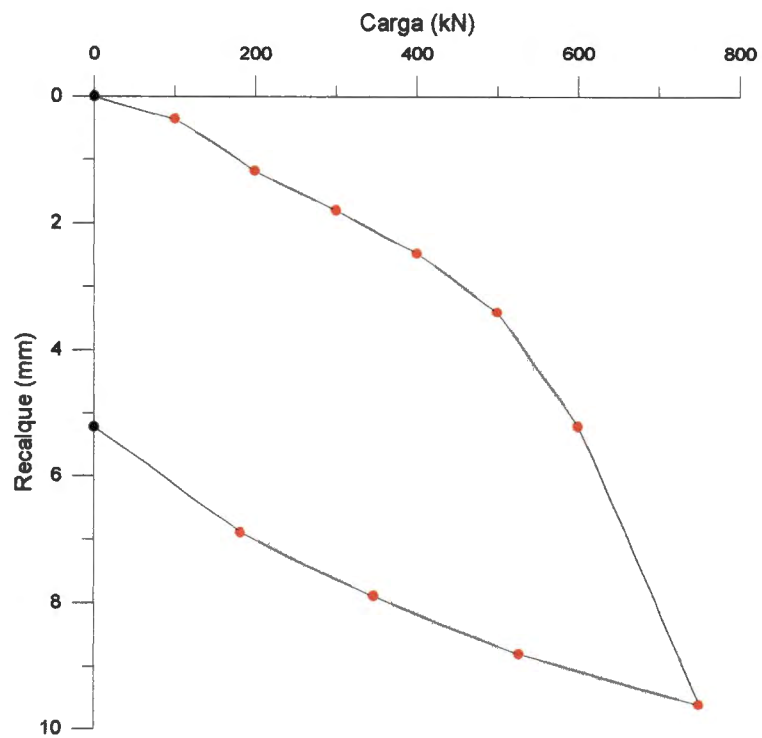
Cota do NA: 2,30 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	25	ARGILA areno - siltosa, creme, consistência dura.
1	7	AREIA fina, siltosa, com pouco pedregulho e fragmentos de crustáceos, amarela e creme, fofa a muito compacta.
2	12	
3	30/16	
4	28/28	
5	30/24	
6	20	
7	5	
8	2	
9	2	
10	3	
11	23	AREIA fina a média, com pedregulho, cinza escuro, compacta.
12	30/24	
13	30/24	
14	28/27	
15	28	AREIA grossa a média, pedregulhosa, cinza escuro, compacta a muito compacta.
16	30/24	
17	30/16	ARGILA, cinza, consistência dura.
18	30/9	AREIA média, cinza, muito compacta.
19	30/6	

ESTACA E19 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
100	0,36
200	1,18
300	1,81
400	2,47
500	3,40
600	4,19
750	9,60
527	7,80
347	6,90
182	5,90
0	4,20



ESTACA E20 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 14,00 m

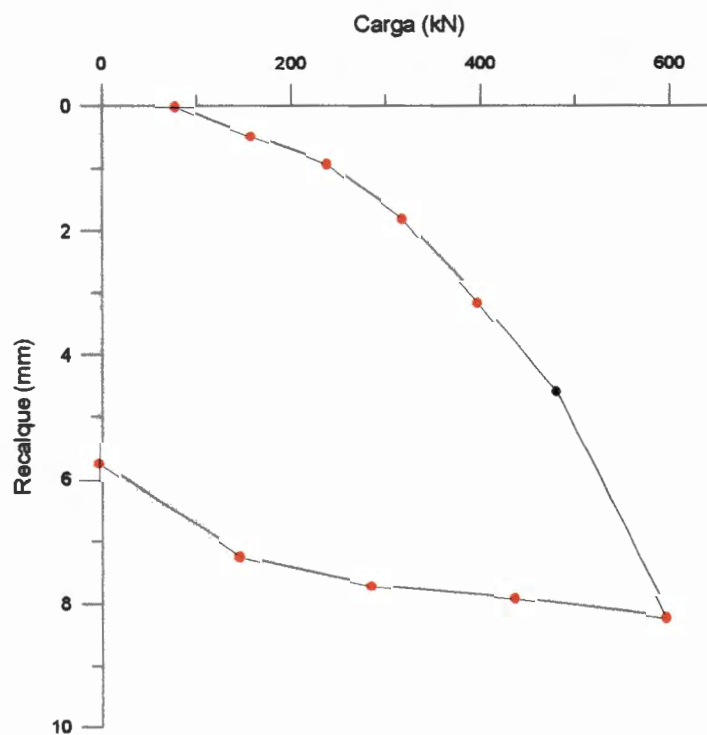
Cota do NA: 1,30 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	3	AREIA fina a média, fofa a compacta.
1	6	
2	14	
3	19	
4	12	
5	8	
6	4	AREIA fina a média, siltosa, com fragmentos de crustáceos, fofa a compacta.
7	5	
8	4	
9	3	
10	4	
11	3	
12	4	
13	25	AREIA média a grossa, muito compacta.
14	47	
15	64	
16	64	

ESTACA E20 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
80	0
160	0,48
240	0,91
320	1,80
400	3,13
480	4,60
600	8,18
440	7,90
288	7,69
149	7,22
0	5,75



ESTACA E21 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,22 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 12,00 m

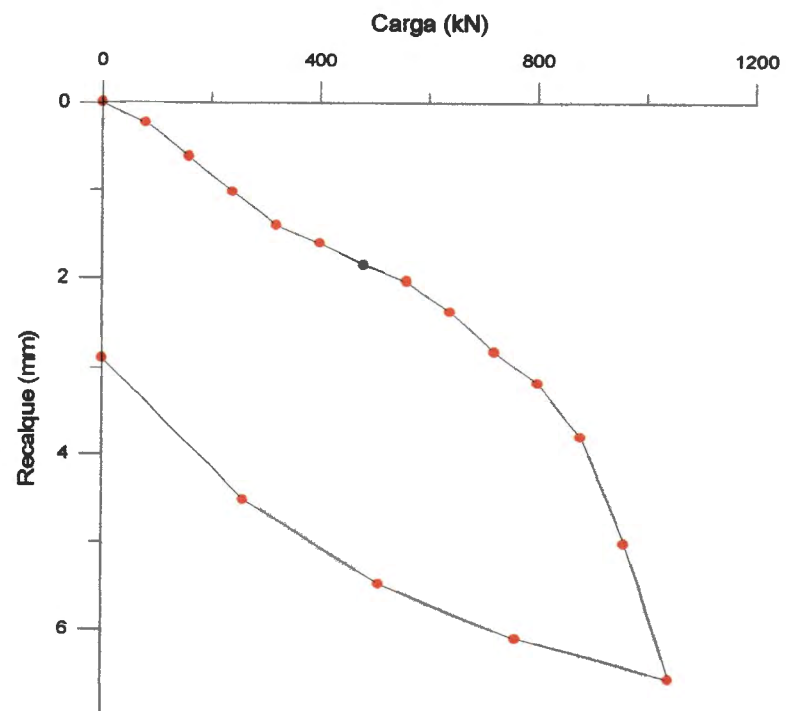
Cota do NA: 2,00m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	8	AREIA fina a média, pouco compacta a muito compacta.
1	5	
2	7	
3	62	
4	17	AREIA fina, siltosa, com fragmentos de crustáceos, fofa a muito compacta.
5	10	
6	2	
7	2	
8	2	
9	2	
10	10	
11	22	
12	22	
13	27	
14	28	
15	60	

ESTACA E21 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
80	0,24
160	0,62
240	1,03
320	1,40
400	1,60
480	1,85
560	2,03
640	2,38
720	2,82
800	3,19
880	3,79
960	5,01
1040	6,55
760	6,10
510	5,49
260	4,51
0	2,90



ESTACA E22 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 0,50 m

Cota da base: 17,00 m

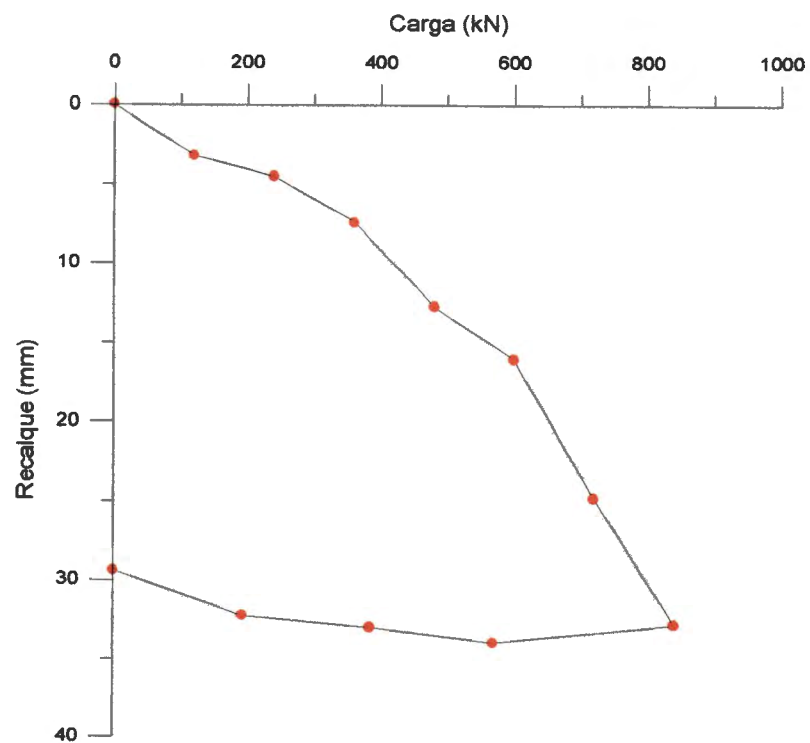
Cota do NA: 1,50 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	-	PLACA de concreto e contra-piso (pó de pedra)
1	24	AREIA argilosa com pedregulhos, compacta.
2	40	
3	10	
4	5	AREIA fina a grossa, fofa a medianamente compacta.
5	3	
6	4	
7	4	
8	3	AREIA pura e AREIA argilosa, fofa.
9	3	
10	3/35	
11	3	
12	4/32	
13	2	AREIA pedregulhosa, fofa.
14	15/25	ARGILA orgânica, consistência mole a rija.
15	6	
16	11	AREIA fina, com pouco silte, pouco a medianamente compacta.
17	10	
18	6	
19	10	ARGILA siltosa, consistência média a rija, cinza claro, com veios de areia fina.
20	12	
21	11	
22	8	

ESTACA E22 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
120	3,26
240	4,51
360	7,48
480	12,70
600	16,10
720	24,78
840	32,83
570	33,90
385	33,01
194	32,30
0	29,39



ESTACA E23 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,32 m

Cota do topo: 2,00 m

Cota da base: 8,50 m

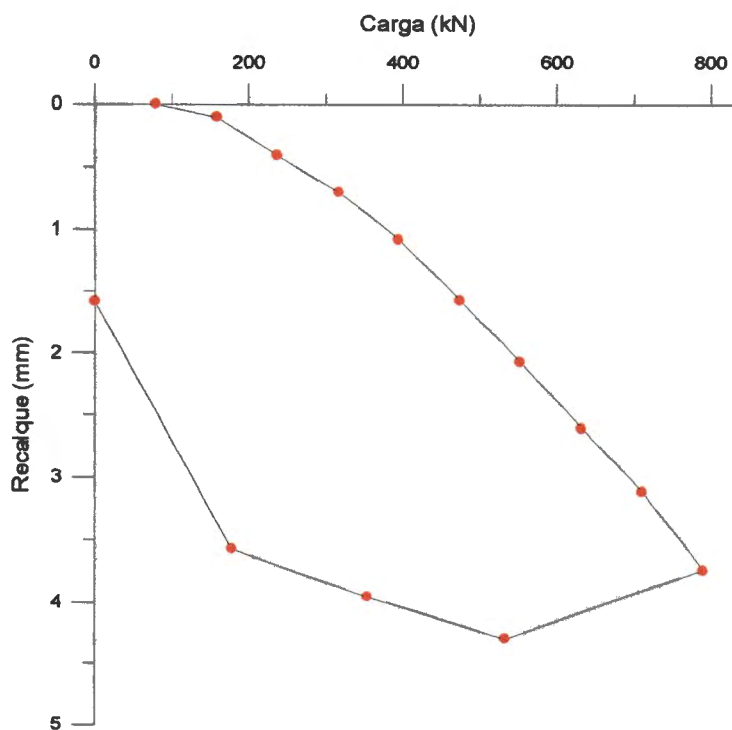
Profundidade do NA: 1,40 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	4	AREIA fina, com resto de construção, cinza escura, fofa (provavelmente aterro)
1	10	
2	9	AREIA fina a média, com pouco silte e pedregulho, cinza, pouco a medianamente compacta.
3	13	
4	12	
5	6	
6	14	AREIA siltosa, cinza, medianamente compacta a compacta.
7	24	
8	22	
9	18	
10	28	AREIA fina a média, siltosa, com pouco fragmento de crustáceos, cinza, medianamente compacta a compacta.
11	29	
12	20	
13	13	
14	14	SILTE areno - argiloso, cinza claro, fofo.
15	3	AREIA argilo-siltosa, cinza claro, fofa.
16	2/33	
17	21	SILTE areno - argiloso, cinza claro, compacto a muito
18	30/11	AREIA média, com pouco pedregulho, marrom, muito compacta.
19	30/15	

ESTACA E23 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
79	0
158	0,09
237	0,41
316	0,70
395	1,08
474	1,57
553	2,07
632	2,60
711	3,11
790	3,73
533	4,29
355	3,95
178	3,57
0	1,58



ESTACA E24 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,30 m

Cota do topo: 1,00 m

Cota da base: 18,00 m

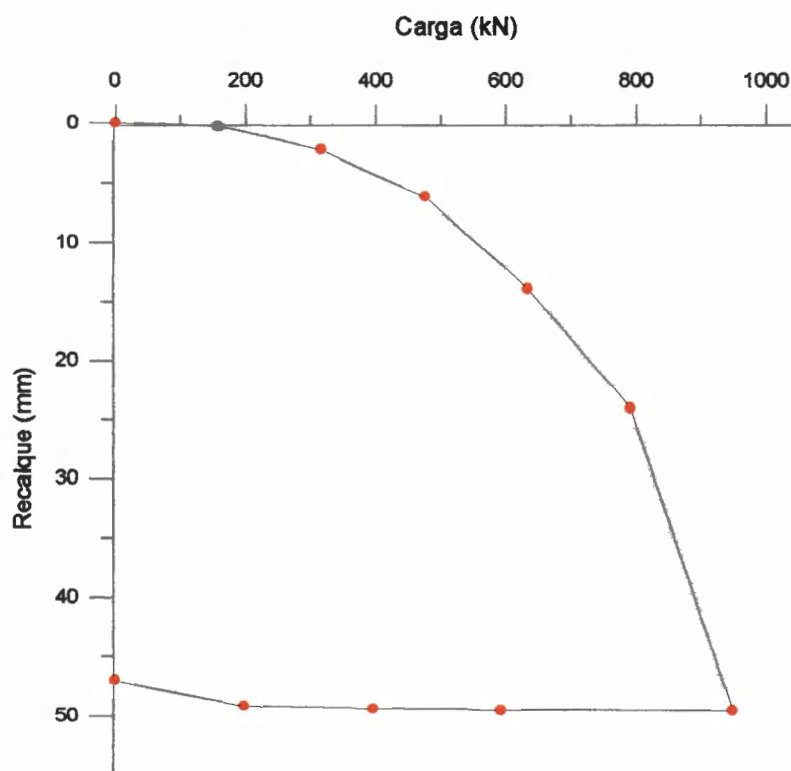
Cota do NA: 1,28 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	5/32	AREIA fina, pouco siltosa, fofa a compacta.
1	1/25	
2	1/40	
3	22	ARENITO com RQD variável entre 59% e 0%.
4	-	
5	-	
6	-	ARGILA orgânica turfosa, consistência média.
7	4/36	
8	6	AREIA fina, siltosa, pouco argilosa, pouco compacta a medianamente compacta.
9	4/22	
10	16	
11	8	ARGILA siltosa, consistência média a rija.
12	7	
13	12	
14	9	AREIA fina, siltosa, medianamente compacta a compacta.
15	8	
16	21	
17	24	
18	36	
19	16	

ESTACA E24 - Sondagem mais próxima.

P (kN)	ρ (mm)
0	0
158	0,26
316	2,23
476	6,19
632	13,84
790	24,01
948	49,47
592	49,45
395	49,34
197	49,09
0	46,93



ESTACA E25 - Prova de Carga.

Dados:

Diâmetro: 0,40 m

Cota do topo: 0,00 m

Cota da base: 5,50 m

Cota do NA: 0,22 m

RN = Nível da boca do furo = 0,00 m

Prof. (m)	SPT	Classificação do Material
0	5	
1	4	AREIA fina a média, com silte, marrom, fofa a muito compacta.
2	15	
3	30/19	
4	27	SILTE arenoso, pouco argiloso, cinza escuro, fofa a compacto.
5	15	
6	15	
7	13	
8	16	
9	14	
10	6/31	
11	18	AREIA fina a média, com silte, e ocorrência de fragmentos de crustáceos, cinza escuro, compacta.
12	25/28	
13	3/42	SILTE argilo-arenoso, com ocorrência de crustáceos, cinza escuro, muito mole.
14	2/42	

ESTACA E25 - Sondagem mais próxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABNT/MB 3472 (1991). Estacas - Prova de Carga Estática.

ABNT/NBR 6122 (1996). Projeto e Execução de Fundações.

ABNT/NBR 6121 (1986). Métodos de Ensaio: Estacas e Tubulões, Provas de Carga.

ANSON SONDAGENS E FUNDAÇÕES (1980). Paredes Diafragma, Estacas Barrete e Estacas Escavadas de Grande Diâmetro. Boletim Técnico. 20p.

AOKI, N. & VELLOSO, D.A (1975). An Approximate Method to Estimate the Bearing Capacity of Piles. In: V Congresso Panamericano de Mecânica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Vol. 1. p.367-376.

BRUNI, M.A.L. & SILVA, H.P. (1983). Mapa Geológico do Estado de Sergipe. Aracaju, SE.

CARVALHO FILHO, A.M.; WANDERLEY, P.R.M.; ANJOS, C.A.M. (1987). Mapa Geotécnico da Cidade de Maceió. EDUFAL/ABEU. Vol. único. 255p. Maceió-AL.

CAVALCANTI Jr., D.A. & CASTOR, I.G. (1996). Caracterização da Cidade de Aracaju a partir dos Ensaios de Sondagem a Percussão (SPT). PIBIC/CNPq-UFS. Relatório Final. 27p. Aracaju-SE.

- COUTINHO, R.Q. (1988). Propriedades Geotécnicas dos Depósitos de Argilas Orgânicas do Recife. Anais, Simpósio "Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras: Origem, Características Geotécnicas e Experiência de Obras", ABMS/ABGE. Rio de Janeiro. Vol. 2. p.3.35-3.54.
- DÉCOURT, L. & QUARESMA, A R.(1978). Capacidade de Carga em Estacas a Partir de Valores de SPT. In: VI COBRAMSEF. Vol. 1. p.45-53.
- EMBRAPA (1975). Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado de Sergipe. Boletim Técnico. n. 36. Vol. único. 371p. Recife.
- GUSMÃO FILHO, J.A & GUSMÃO, A D. (1994). Estudo de Casos de Fundações em Terrenos Melhorados. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.191-198.
- GUSMÃO FILHO, J.A. (1995). Contribuição a Prática de Fundações: A Experiência do Recife. Vol. único. 240 p. Recife-PE.
- JOHSONN S.A (1969). Manual de Execução de Poços.
- LIMA, I.F. (1990). Maceió: A Cidade Restinga. EDUFAL. Vol. único. 255p. Maceió-AL.
- MARQUES, A.G. (1985). Notas de aulas do curso de fundações de engenharia civil da UFAL. Maceió-AL.
- PETROBRÁS (1975). Carta Geológica da Bacia de Sergipe / Alagoas. Recife-PE.
- SCHALLER, H. (1969). Revisão Estratigráfica da Bacia de Sergipe / Alagoas. Boletim Técnico da PETROBRÁS s/n. Rio de Janeiro-RJ. 7p.

TERZAGHI, K. & PECK, R.B. (1948). Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley and Sons. New York. 634p.

VAN DER VEEN (1953). The Bearing Capacity of a Pile. In: 3 rd ICSMFE. Vol. 2. p.84-90.

VELLOSO, P.P. (1981). Dados para a Estimativa do Comprimento de Estacas em Solo. Anais do Ciclo de Palestras sobre Estacas Escavadas. Clube de Engenharia - RJ.

OBRAS CONSULTADAS.

- ALONSO, U.R. (1981). Estimativa da Curva Carga-Recalque de Estacas a partir dos Resultados de Sondagens a Percussão. Solos e Rochas. Vol. 4.n.3. p.19-32.
- ALONSO, U.R. (1983). Exercícios de Fundações. Editora Edgard Blücher. 202p.
- ALONSO, U.R. (1991). Previsão e Controle de Fundações. Editora Edgard Blücher. 142p.
- ALONSO, U.R. (1983). Estimativa da Transferência de Carga de Estacas Escavadas a partir do SPT. Solos e Rochas. Vol. 6. n.13. p.21.
- ALONSO, U.R. & AOKI, N. (1990). Avaliação da Segurança em Obras de Estacas Cravadas. In: VI CBGE / IX COBRAMSEF. Vol. 2. p.321-324.
- ALONSO, U.R. & AOKI, N. (1992). Previsão e Comprovação da Carga Admissível de Estacas. EESC/USP. São Carlos. 41p.
- ANTUNES, W.R. & TARROSO, H. (1996). Estacas Tipo Hélice Contínua. In: Hachich et al. editores; Fundações Teoria e Prática, ed. PINI. Cap. 9.1.3. p.345-348.
- AOKI, N. (1985). Critérios de Projetos de Estacas Escavadas. I SEFE. Vol.1. p.23-38.
- BAKNOLDIN, B.V. & BERMAN, V.I. (1985). Experimental Study of Bearing Capacity of Cast-In-Situ Hollow Piles. USSR. p.1337-1340.

- BARATA, F.E. (1984). *Propriedades Mecânicas do Solos: Uma Introdução ao Projeto de Fundações*. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 152p.
- BRANSFOND FUNDAÇÕES ESPECIAIS S.A (1985). *Estacas Escavadas e Barrete*. Catálogo. 21p.
- CHANG, M.F. & BROMS, B.B. (1991). Design of Bored Piles in Residual Soils Based on Field-Performance Data. *Canadian Geotechnical Journal*, 28 (2): 200-209.
- FALCONI, F.F.; FÍGARO, N.D.; SOUZA FILHO, J.M. (1996). Estacas Escavadas sem Lama Bentonítica. In: Hachich et al. editores; *Fundações Teoria e Prática*, ed. PINI. Cap. 9.1.2. p.336-344.
- FELLENIUS, B.H. (1980). The Analysis of Results From Routine Pile Load Tests. *Ground Engineering*. p.19-31.
- FJELLERUP, M.F. (1981). Load Tests on Large Bored Piles in Sand. *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Eng.* 10 (2): 713-716.
- FONTOURA, S.A B.; VELLOSO, P.P.C.; PEDROSA, M.G.A. (1982). Análise da Capacidade de Carga de uma Estaca Escavada, com Instrumentação no Fuste. VII COBRAMSEF. Vol. 2. p.221-235.
- GHIONNA, V.N.; JAMIOLKOWSKI, M.; LANCELLOTTA, R.; PEDRONI, S. (1993). Base Capacity of Bored Piles in Sands From in Situ Tests. *Deep Foundations on Bored and Auger Piles*, Van Impe (ed.). Vol. 2. p.67-74.
- GODOY, N.S. (1983). *Interpretação de Provas de Carga em Estacas*. Encontro Técnico sobre Capacidade de Carga de Estacas Pré-Moldadas. São Paulo. *Anais ABMS*. p.25-60.

- GODOY, N.S. (1985). Estacas Escavadas: Controle de Execução. I SEFE. Vol.1. p.39-68.
- GOLOMBEK, S.(1985). Fundações em Estacas Escavadas. I SEFE. Vol.1. p.9-22.
- GOTLIEB, M. (1985). Estacas Escavadas: Critério de Obtenção das Cargas de Trabalho através da Tensão no Concreto. I SEFE. Vol.1. p.69-80.
- GOTLIEB, D. & GOTLIEB, M. (1991). Estacas Escavadas: Uma Análise de Comprimentos e Aderências. In: II SEFE. Vol.1. p.161-168.
- HOYT, R.M. & CLEMENCE, S.P. (1989). Uplift Capacity of Helicoidal Anchors in Soil. In: XII ICSMFE/CIMSTF. Vol. 2. p. 1019-1022.
- LAMARE, N.A; BERNARDES, G.P. & COSTA FILHO, L.M. (1985). Resultados de Provas de Carga Executadas sobre Estacas de Pequeno Diâmetro. I SEFE. Vol.1. p.163-178.
- LOBO, A S.; ALBIERO, J.H. & FERREIRA, C.V. (1991). Provas de Carga Executadas em Estacas de Pequeno Diâmetro. II SEFE. Vol.1. p.197-206.
- MANTILLA, J.N.R.; ALBIERO, J.H.; CARVALHO, D. (1994). Transferência de Carga em Estacas Escavadas a Compressão. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.303-310.
- MASSAD, F. (1991). Estacas Escavadas em Compressão Axial: Comportamento e Parâmetros Visando a Estimativa de Recalques. In: II SEFE. Vol. 1. p.255-264.
- MASSAD, F. (1991). Comportamento de Estacas Escavadas de Elevadas Compressibilidades. In: II SEFE. Vol. 1. p. 245-254.

- MASSAD, F. (1991). Análise de Transferência de Carga em Duas Estacas Instrumentadas, Quando Submetidas a Compressão Axial. In: II SEFE. Vol. 1. p. 235-244.
- MASSAD, F. (1994). Limites das Extrapolações em Provas de Carga Verticais, Interrompidas Prematuramente. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.247-254.
- MELLO, V.F.B. & TEIXEIRA, A H. (1971). Fundações e Obras de Terra. Vol. 2. EESC/USP.
- MILITITSKY, J. (1991). Provas de Carga Estáticas. In: II SEFE. Vol. 2. p.203-228.
- MILITITSKY, J.; NUNEZ, W.P.; RAMIRES, M.C.P. (1996). Uso de Ensaios Pressiométricos na Previsão da Capacidade de Carga. In: III SEFE. Vol. 1. p.297-307.
- MILITITSKY, J.;CLAYTON, C. (1981). Efeitos da Execução de Estacas Escavadas em Solos Argilosos nas Proximidades do Sistema Solo-Estaca. Solos e Rochas. Vol. 4. n. 1. p.15-28.
- MORAES, M.C. (1982). Capacidade de Carga de Estacas Isoladas, seus Prováveis Recalques e Critérios Indicados pela NB-51. In: VII COBRAMSEF. Vol. 3. p.69-91.
- NEVES, M.N. & TSUTSUMI, M. (1994). Análises das Tensões Tangenciais e da Distribuição de Esforços ao Longo de Estacas Escavadas. X COBRAMSEF. Vol. 1. p.27-34.
- NIYAMA, S.; AOKI, N.; CHAMECHI, P.R. (1996). Verificação de desempenho. In: Hachich et al. editores; Fundações Teoria e Prática, ed. PINI. Cap. 20. p.723-751.

- NUNES, A J.C.; GOLOMBEK, S.; OKAY, M.; PINHO, J.C.T. & BICHARA, M. (1985). Load Tests and Transfer on Short Bored Piles. International Conference on Soil Mechanics and Foundation on Eng., 11(3): 1369-1376.
- PHILIPPONAT, G. (1978). Método Prático de Cálculo de Estacas Isoladas com Emprego do Penetrômetro Estático. Tradução ABMS/1986.
- POULOS, H.G. & DAVIS, E.H. (1980). Pile Foundation Analysis and Design. New York, John Wiley and Sons. 397p.
- ROCHA, A. M. (1974). Curso Prático de Concreto Armado. Vol. 3. 19ª edição. Ed. Livraria Nobel S. A. São Paulo. 343p.
- ROCHA, P.F. (1990). Previsão do Recalque de Estacas em Meios Estratificados. In: IX COBRAMSEF. Vol. 2. p.357-365.
- SACILOTTO, A C. (1994). Estacas Escavadas Instrumentadas, Submetidas a Cargas Lentas e Rápidas. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.175-182.
- SAES, J.L. (1985). Estacas Escavadas com Lama Bentonítica. Execução - Fatores Envolvidos. In: I SEFE. Vol. 1. p.81-90.
- SAES, J.L. (1996). Estacas Escavadas com Lama Bentonítica. In: Hachich et al. editores; Fundações Teoria e Prática, ed. PINI. Cap. 9.1.4, p.348-360.
- SEGANTINI, A. A. S. & CARVALHO, D. (1994). Comportamento de Estacas de Pequeno Diâmetro de Solo-Cimento. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.103-110.
- SEGANTINI, A A S. & CARVALHO, D. (1996). Provas de Carga em Estacas Escavadas Moldadas "In Loco", com Solo-Cimento-Plástico no Solo Colapsível de Ilha Solteira. In: III SEFE. Vol. 2. p.111-122.

- SELLGREN, E.; HELLMAN, L.; SKOGBER, B. (1989). Expander Pilling - A Careful Foundation and Underpinning Method. In: XII ICSMFE / CIMSTF. Vol. 2. p. 1027-1030.
- SILVA, R.L.G.; NEME, P.A & GARCIA, F.J.A (1991). Considerações sobre a previsão do Comportamento e Segurança de Estacas Escavadas de Grande Diâmetro. In: II SEFE. Vol. 1. p.343-352.
- SIMONS, N.E. & MENZIES, B.K. (1977). Introdução à Engenharia de fundações. Tradução: MORAIS JR., L.J. & BEERMANN, E.H. (1981). Editora Interciência. 199p.
- SOUZA, R.N. & MASSAD, F. (1996). Considerações sobre a Eficácia de Alguns Métodos de Previsão de Comportamento de Estacas Escavadas de Grandes Dimensões. In: III SEFE. Vol. 1. p.131-143.
- TEIXEIRA, C.Z. & ALBIERO, J.H. (1994). A Evolução da Reação de Ponta de Estacas Escavadas Submetidas a Sucessivas Provas de Carga. In: X COBRAMSEF. Vol. 1. p.3-9.
- TORRES, A; NICHOLSON, R.E. & MORAES, P.P. (1982). Considerações Práticas sobre a Execução de Provas de Carga de Médio e Grande Porte. In: VII COBRAMSEF. Vol. 3. p.298-312.
- VARGAS, M. (1977). Introdução à Mecânica dos Solos. McGraw-Hill. 509p.
- VARGAS, M. (1977). Manual do Engenheiro Globo-Fundações. Cap. 2.
- VELLOSO, D.A (1991). Capacidade de Carga por meio do SPT. In: II SEFE. Vol. 2. p.293-312.

WEELE, A F.V. (1963). A Method of Separating the Bearing Capacity of a Test Pile into Skin-friction and Point-resistance. Amsterdam, Netherlands. p. 76-80.