

Ensaio de Campo e sua Aplicação no Cálculo de Fundações Profundas: Estudo de Caso de uma Creche de Múltiplos Andares

Reinaldo Luiz dos Santos

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, rei.sants@hotmail.com

Cíntia Ferreira Gomes

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, cintiafegomes@hotmail.com

Enivaldo Minette

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, eminette@ufv.br

RESUMO: O conhecimento das condições do subsolo é um pré-requisito fundamental para o projeto de fundações seguras e econômicas. As informações geotécnicas obtidas por sondagens são indispensáveis à previsão dos custos associados ao projeto. Independente da natureza do projeto geotécnico, estes são normalmente executados com base em ensaios de campo, pois revelam uma noção satisfatória da estratigrafia do subsolo. Devido à natureza predominantemente investigativa, alguns ensaios visam apenas à identificação dos materiais das camadas do subsolo e a sua disposição. O Teste de Penetração Padrão (SPT) é um tipo de ensaio *in situ* que permite tanto a retirada de amostras deformadas e a determinação do nível de água, quanto a medida do índice de resistência à penetração dinâmica. O Pressiômetro de Ménard (PMT) e o Dilatômetro de Marchetti (DMT) permitem a medição direta de propriedades *in situ*, sem a necessidade de coletar amostras. No Brasil, o ensaio SPT é normalizado pela ABNT NBR 6484:2001. Já os ensaios PMT e DMT não possuem norma específica brasileira, sendo utilizadas assim, as normas Eurocode 7 e ASTM D4719, e ASTM D663, respectivamente. Os resultados dos ensaios foram utilizados com o objetivo de calcular a fundação de uma edificação de múltiplos pavimentos, além de fornecer conhecimentos teórico e prático sobre os ensaios citados. O prédio será a sede da Creche “CENTRO EDUCACIONAL E AÇÃO SOCIAL SÃO SEBASTIÃO”, localizado no Bairro Inácio Martins, Viçosa, Minas Gerais. Para o dimensionamento da estrutura, utilizaram-se os métodos de Décourt-Quaresma, Aoki-Velloso, Powell, e um último utilizando os dados do PMT. Para o projeto, escolheram-se fundações em estacas, pois o solo não apresentou resistência mecânica adequada, além de apresentar grande deformabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio de campo, fundação profunda, estaca, dilatômetro, pressiômetro.

1 INTRODUÇÃO

A investigação do solo é fundamental para a caracterização geotécnica do mesmo, bem como, para a estimativa dos parâmetros geotécnicos adequados ao projeto (SILVA, 2008). Independente da natureza dos projetos, estes são normalmente executados com base em ensaios de campo, pois revelam uma noção satisfatória da estratigrafia do subsolo.

O teste de penetração padrão (SPT) é o método de sondagem mais realizado no Brasil, principalmente em prospecção do subsolo para

fins de fundações. Segundo Belincanta (1998, apud NEVES, 2004, p.1), devido à sua simplicidade e robustez, o ensaio SPT tem-se mostrado eficiente, tornando-se de uso corrente na obtenção dos parâmetros necessários no desenvolvimento de projeto de fundações.

Segundo Lobo (2005), o ensaio SPT objetiva a medida da resistência dinâmica (N_{SPT}) oferecida pelo solo à cravação de um amostrador padrão, e em uma sondagem de simples reconhecimento.

No Brasil, o ensaio SPT é normalizado pela ABNT NBR 6484:2001.

Segundo Schnaid (2012), o ensaio pressiométrico (PMT) consiste na inserção da sonda em um furo de sondagem previamente escavado. Quando alcançada a cota desejada, expande-se a célula central do pressômetro através de incrementos iguais de pressão.

Os principais parâmetros obtidos diretamente do ensaio são o módulo pressiométrico ou módulo Ménard (E_M) e a pressão limite (P_L).

O teste dilatométrico de Marchetti (DMT) consiste na expansão do diafragma da lâmina dilatométrica no subsolo. O equipamento é portátil e de fácil manuseio, sendo a operação simples e relativamente econômica (SCHNAID et al, 2014).

De acordo com Angelim (2011) e também com Cunha (2014), a experiência brasileira nos ensaios pressiométrico e dilatométrico é incipiente, restringindo-se à validação em condições locais, com base na comparação com outros ensaios de campo.

Os ensaios PMT e DMT não possuem norma específica brasileira, sendo utilizadas assim, as normas Eurocode 7 e ASTM D4719, e ASTM D663, respectivamente.

Os resultados dos ensaios foram utilizados para o cálculo da fundação de uma edificação de múltiplos pavimentos, localizado no município de Viçosa, Minas Gerais. O prédio será a sede da Creche “CENTRO EDUCACIONAL E AÇÃO SOCIAL SÃO SEBASTIÃO”.

Segundo Neves (2004), muitos métodos de estimativa de capacidade de carga de fundações profundas e rasas utilizam apenas os parâmetros obtidos no ensaio SPT. Porém, como o objetivo deste artigo é ampliar o conhecimento sobre outros ensaios geotécnicos, utilizaram-se também métodos que utilizam parâmetros obtidos do DMT e PMT.

Assim, o dimensionamento da estrutura de fundação foi feito utilizando os métodos: Décourt-Quaresma (1978), Aoki-Velloso (1975), via SPT; o método de Powell et al. (2001), e via DMT. Os dados via ensaio PMT não puderam ser utilizados devido à inexistência de dados para maiores profundidades. Entretanto os resultados do ensaio PMT são apresentados no presente artigo.

Para o caso estudado, optou-se por fundação em estacas, pois o subsolo não apresentou

resistência mecânica adequada, além de apresentar grande deformabilidade.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSOLO

2.1 Localização e caracterização do edifício

O “CENTRO EDUCACIONAL E AÇÃO SOCIAL SÃO SEBASTIÃO” está situado no Bairro Inácio Martins, na cidade de Viçosa, Minas Gerais. Possui quatro pavimentos, nos quais se distribuem: cantina, garagem, espaços de vivência, salas de aulas, administração e salas de apoio (Figura 1).



Figura 1: Fachada frontal do edifício (fonte: autores).

2.2 Localização dos furos de sondagem

Para investigação geotécnica realizaram-se os ensaios de campo SPT, PMT e DMT, seguindo as normas descritas na ABNT NBR 8036:83.

Todos os equipamentos utilizados para execução dos ensaios pertencem à Universidade Federal de Viçosa, sendo operados pela equipe técnica do Laboratório de Engenharia Civil (LEC).

A Figura 2 mostra o mapa de locação dos furos de sondagem de cada ensaio. Sua localização é estabelecida de acordo com regiões de maior carregamento e com o intuito de abranger áreas diagonalmente opostas.

2.3 Teste de penetração padrão – SPT

O furo de sondagem é executado por gradagem e circulação de água, utilizando um trépano de lavagem como ferramenta de escavação (LOBO, 2005). Podem ser utilizados também trado concha e trado helicoidal para a perfuração. A

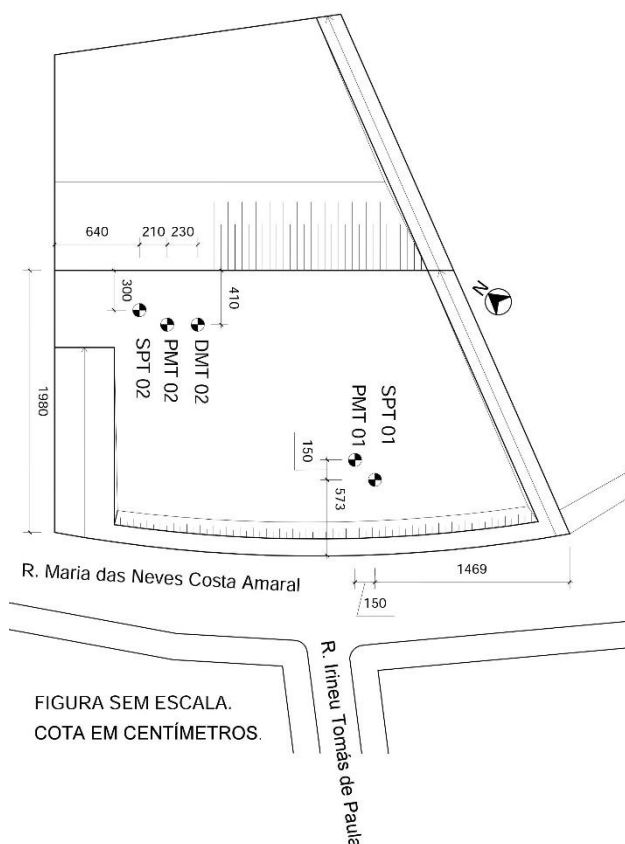


Figura 2: Croqui esquemático da localização das sondagens (fonte: autores).

escolha de qual equipamento utilizar dependerá da sequência de execução do ensaio.

São retiradas amostras representativas do solo a cada metro de profundidade por meio do amostrador padrão.

O índice de resistência à penetração (N_{SPT}) é a soma do número de golpes necessários para penetrar os últimos 30 cm do amostrador. A cravação é realizada usando um peso de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm.

2.4 Teste pressiométrico de Ménard – PMT

A sonda pressiométrica é composta de um núcleo cilíndrico de aço e três células emborrachadas independentes: a célula central, ou célula de medição, é preenchida com água proveniente do volumímetro; as duas adjacentes são chamadas de células de guarda e são preenchidas com gás comprimido.

Segundo Baguelin *et al.* (1978, citado por OLIVA, 2009, p. 11) as células de guarda são cheias com gás, pois favorecem a situação de equilíbrio, de modo a que a célula de medição não sofra qualquer alteração de comprimento.

Como descreve Angelim (2011), após inserir a sonda dentro do furo de sondagem na cota desejada, expande-se a célula central mediante a aplicação de incrementos de pressão de mesma magnitude, ou seja, sob pressão controlada.

A cada incremento, realizam-se leituras do volumímetro para os tempos de 15, 30 e 60 segundos, obtendo-se um gráfico volume *versus* pressão, chamado curva pressiométrica, onde o volume é aquele medido ao final de 60s após injetada a pressão.

Duas grandezas utilizadas no dimensionamento são importantes: a pressão limite (P_L) e o módulo de Ménard (E_M). Numa cavidade que se expande, a pressão limite corresponde a uma deformação infinita, indicando que o solo já atingiu sua fase plástica.

O módulo de Ménard mede o comportamento de deformação do solo quando solicitado por carregamentos, principalmente nos casos de assentamento das fundações.

2.5 Teste dilatométrico de Marchetti – DMT

De acordo com Silva (2008), a lâmina do dilatômetro consiste de uma placa de aço inoxidável, tendo uma membrana metálica circular fina expansível montada em uma das faces. O fornecimento de corrente elétrica e pressão para o seu funcionamento provém da unidade de controle, cuja função é monitorar e controlar a pressão.

O ensaio consiste pela inserção vertical da lâmina no solo a cada 20 cm.

O ensaio é composto, basicamente, por 4 passos:

1. Cravação: solo empurra a membrana para dentro. Ouve-se sinal sonoro;
2. Primeira expansão: retorno ao estado inicial (deslocamento zero). Sinal sonoro interrompido. Anota-se a pressão (A);
3. Segunda expansão: deslocamento de 1,1 mm a partir do estado inicial. Ouve-se sinal sonoro. Anota-se a pressão (B);
4. Relaxamento da membrana até o estado inicial.

Após a correção das leituras de pressão A e B, referente à rigidez da membrana, obtém-se as pressões P_1 e P_0 . A primeira corresponde à pressão necessária ao deslocamento de 1,1 mm

da membrana e a segunda, pressão inicial para dilatá-la.

A partir dessas pressões, calculam-se três parâmetros utilizados no dimensionamento: módulo dilatométrico (E_D), índice do material (I_D) e índice de tensão horizontal (K_D).

O módulo dilatométrico não é utilizável sozinho, especialmente porque ele não tem informações da história de tensões, devendo ser usado somente em combinação com as outras grandezas obtidas.

De acordo com Cunha (2014), o índice do material é utilizado para indicar o tipo de solo que se está penetrando. Observa-se que este índice não é resultado de uma análise granulométrica, e sim um parâmetro que reflete um comportamento mecânico.

O índice de tensão horizontal é definido de forma análoga ao coeficiente de empuxo no repouso (K_0) e o seu perfil é similar, na forma, ao perfil da razão de pré-adensamento (OCR).

3 CÁLCULOS

A carga de ruptura (Q_U) de uma estaca é

$$Q_U = Q_L + Q_P \quad (1)$$

Em que:

Q_L é a parcela correspondente ao atrito lateral ao longo do fuste e a

Q_P é a parcela de resistência da ponta.

Essas parcelas são obtidas de maneiras distintas através dos diversos métodos de cálculo elaborados a partir dos resultados dos ensaios de campo realizados.

Devido à dificuldade de retirada do pressiômetro, e a possível perda do mesmo, os dados do ensaio PMT não foram satisfatórios para a sua utilização no dimensionamento da fundação. Assim, não será apresentada a metodologia descrita por Frank (2003), bem como não será utilizado os resultados dessa metodologia como item de comparação entre as capacidades de carga.

Logo, a comparação entre as resistências das estacas de fundação será feita apenas para os métodos descritos a seguir.

3.1 Método Aoki-Veloso

As cargas de atrito lateral e de ponta são definidas pelas equações:

$$Q_L = U \sum (\Delta l \cdot q_L) \quad (2)$$

$$Q_P = A \cdot q_P \quad (3)$$

Em que:

U é o perímetro da seção transversal da estaca;

A é a área da ponta;

Δl é o segmento da estaca que está sendo calculado.

As tensões de ruptura de ponta (q_P) e a de atrito lateral (q_L) são:

$$q_P = \frac{k}{F_1} N_P \quad (4)$$

$$q_L = \frac{\alpha \cdot k}{F_2} N_L \quad (5)$$

Os coeficientes α e K são tabelados e dependem do tipo de solo. Os valores F_1 e F_2 são fatores de correção, visto que o método foi desenvolvido considerando a penetração de um cone.

Os valores N_P e N_L são, respectivamente, o índice de resistência a penetração (N_{SPT}) na cota de apoio da ponta da estaca e o índice de resistência a penetração médio na camada de solo de espessura Δl .

Conhecida a carga de ruptura, a carga admissível (Q_A) é dada pela expressão:

$$Q_A = \frac{Q_U}{F.S.} \quad (6)$$

Em que $F.S.$ é o fator de segurança que, adotando as recomendações da ABNT NBR 6122:2010, deve ser igual a 2.

3.2 Método Decourt-Quaresma

Por ser um método baseado em estacas pré-moldadas de concreto, são considerados os coeficientes α e β para o cálculo de Q_U , permitindo estender os cálculos efetuados para os demais tipos de estacas.

Assim, as cargas de atrito lateral e de ponta também são definidas pelas equações:

$$Q_L = \beta \cdot U \cdot \sum (\Delta l \cdot q_L) \quad (7)$$

$$Q_P = \alpha \cdot A \cdot q_P \quad (8)$$

As tensões de ruptura de ponta (q_P) e a de atrito lateral (q_L) são:

$$q_P = C \cdot N_P' \quad (9)$$

$$q_L = 10 \cdot \left(\frac{N_L'}{3} + 1 \right) \quad (10)$$

Em que:

C é função do tipo de solo.

N_P' corresponde à média entre os valores de N_{SPT} na ponta, o imediatamente anterior e o posterior a este;

N_L' é o N_{SPT} médio ao longo do fuste até a cota de projeto. Na determinação deste último, os valores de N_{SPT} menores que 3 devem ser considerados iguais a 3, e os maiores que 50, iguais a 50.

A carga admissível (Q_A) é obtida pelo menor valor fornecido pelas equações (6) e (11).

$$Q_U = \frac{Q_L}{1,3} + \frac{Q_P}{4} \quad (11)$$

3.3 Correlação entre os métodos Aoki-Veloso e Decourt-Quaresma

Após o cálculo das cargas admissíveis pelos métodos, faz-se uma média entre as capacidades de carga resultantes, obtendo-se um valor de carga de ruptura por estaca para o ensaio SPT.

3.4 Método de Powell

O cálculo da fundação profunda em estacas com base em resultados do DMT se baseia no método de Powell et al (2001). A resistência lateral unitária para o caso de estacas submetidas à compressão, é obtida pelas seguintes expressões, dependentes do índice de material (I_D). Com I_D menor que 0,6:

$$q_L = (P_1 - P_0) \cdot (0,775 - 1,1111 \cdot I_D) \quad (12)$$

Com I_D maior que 0,6:

$$q_L = (P_1 - P_0) \cdot 0,11 \quad (13)$$

Observa-se que ao ocorrer uma razão entre comprimento da estaca (L) e a largura de sua seção transversal (r) maior que 50, multiplicam-se as equações acima por 0,85.

A resistência lateral (Q_L) será dada por:

$$Q_L = U \cdot L \cdot q_L \quad (14)$$

A resistência de ponta (Q_P) é dada por:

$$Q_P = K_{di} \cdot A \cdot P_{1e} \quad (15)$$

Em que:

P_{1e} é a pressão P_1 logo abaixo da ponta da estaca.

O valor de K_{di} depende do módulos de elasticidade E_D . Como foi utilizado estacas cravadas com ponta fechada, utiliza-se $K_{di} = 1,3$ ($E_D > 2$) e $K_{di} = 0,7$ ($E_D < 2$).

A carga admissível (Q_A) da fundação é calculada utilizando a equação (6).

4 RESULTADOS

4.1 Ensaios de campo

Os principais parâmetros resultantes dos ensaios SPT01 e SPT 02, PMT 01, PMT 02 e DMT 02 se encontram nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 1: Resultados dos ensaios SPT.

Z (m)	N_{SPT}		Z (m)	N_{SPT}	
	SPT 01	SPT 02		SPT 01	SPT 02
1,0	6	6	12,0	3	4
2,0	6	5	13,0	3	4
3,0	5	4	14,0	4	2
4,0	6	6	15,0	11	6
5,0	2	7	16,0	12	49
6,0	3	4	17,0	15	-
7,0	3	2	18,0	18	-
8,0	4	1	19,0	19	-
9,0	2	2	20,0	49	-
10,0	11	3	21,0	41	-
11,0	5	3			

Tabela 2: Resultados do ensaio PMT 01.

Z m	P ₀ kPa	V ₀ kPa	P _F kPa	V _F kPa	P _L kPa	E _M MPa
1	17,6	110	238,4	235	440,0	2,8
2	31,7	120	217,1	187	415,0	4,2
3	46,5	55	293,6	160	425,0	3,7
4	30,8	124	305,5	220	443,0	4,4
5	34,6	107	383,2	210	561,5	5,3
6	25,6	37	240,0	173	325,0	2,5
7	43,3	69	149,3	175	293,0	1,6
8	30,6	125	177,1	380	320,0	1,0

Tabela 3: Resultados do ensaio PMT 02.

Z m	P ₀ kPa	V ₀ kPa	P _F kPa	V _F kPa	P _L kPa	E _M MPa
1	30,0	115	291,2	220	402,9	3,9
2	30,0	115	233,3	275	300,9	2,1
3	38,0	90	295,7	215	372,9	3,3
4	30,0	130	267,6	205	451,3	4,8
5	30,0	115	287,8	215	422,6	4,0
6	42,0	60	315,3	175	437,8	3,7
7	34,0	110	125,4	285	184,5	0,9
8	20,0	45	216,3	220	276,7	1,9
9	17,0	65	112,6	200	203,9	1,1
10	17,0	60	327,8	325	380,3	2,1
11	40,0	80	287,9	385	383,6	1,5
12	47,0	35	365,6	180	482,2	3,5
13	28,0	135	36,3	160	219,6	0,5
14	18,0	60	199,2	270	296,8	1,5

Com a finalidade apenas de melhorar a visualização dos valores mostrados na Tabela 4, optou-se por omitir as cotas intermediárias até a cota de 17 metros. Ratifica-se que nos cálculos foram utilizados os dados em sua totalidade.

Tabela 4: Resultados do ensaio DMT 02.

Z m	P ₀ kPa	P ₁ kPa	I _D	K _D	E _D MPa
1	211	505	1,4	11,8	10,2
2	117	385	2,3	3,3	9,3
3	150	460	2,1	2,9	10,7
4	141	545	2,9	2,0	14,0
5	171	570	2,3	2,0	13,8
6	166	460	1,8	1,6	10,2
7	120	340	2,0	1,0	7,7
8	208	470	1,4	1,6	9,1
9	132	310	1,8	0,8	6,2
10	221	420	1,1	1,4	6,9

(Continuação Tabela 4)

Z m	P ₀ kPa	P ₁ kPa	I _D	K _D	E _D MPa
11	239	470	1,2	1,4	8,0
12	264	595	1,6	1,4	11,5
13	206	295	0,7	0,9	3,1
14	369	495	0,4	1,8	4,4
15	343	495	0,6	1,5	5,3
16	631	720	0,2	3,1	3,1
17	361	1080	2,8	1,4	25,0
17,2	447	725	0,8	1,8	9,7
17,4	448	805	1,1	1,8	12,4
17,6	377	765	1,5	1,4	13,5

4.2 Perfil geológico

O perfil geológico é representado na Figura 3.

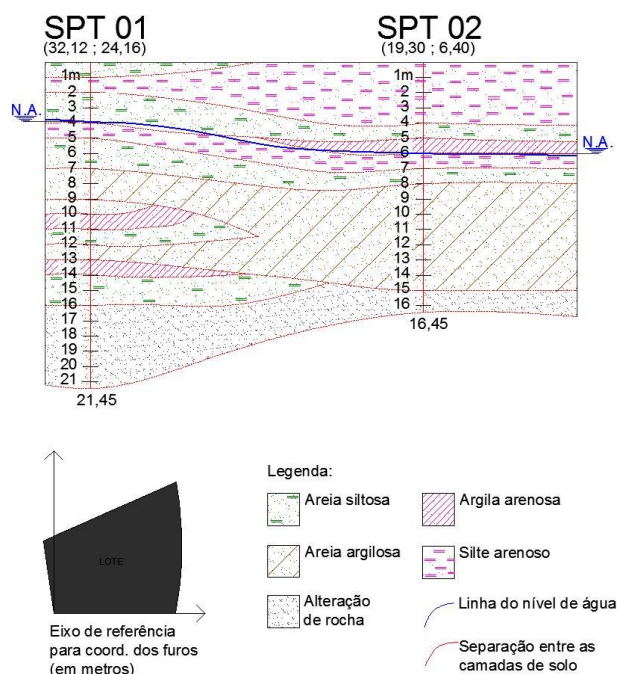


FIGURA SEM ESCALA

Figura 3: Perfil geológico-geotécnico.

4.3 Comparação entre os métodos

Conforme visto em tópico anterior, o ensaio pressiométrico não teve resultados suficientes até uma profundidade considerável. Assim, este ensaio não foi utilizado para comparação.

Para a comparação, foram consideradas as capacidades de carga encontradas pelo SPT 02 e DMT 02 até a cota final da sondagem SPT 02 (15 metros). Na Tabela 5, encontram-se as cargas

admissíveis (em kN) obtida dos métodos descritos no item 3, considerando estacas de 17, 20 e 23 centímetros de lado.

Tabela 5: Relação entre as cargas admissíveis.

Ensaio	Estaca		
	17 cm	20 cm	23 cm
DMT 02	155,5	185,8	217,0
SPT 02	215,3	265,7	318,0

Observa-se que a carga admissível gerada pelo método de Powell et al (2001) corresponde a aproximadamente 70% daquela apresentada pela média dos métodos Aoki-Velloso e Decourt-Quaresma.

A evolução da resistência lateral obtida por cada método, considerando estacas de 17 cm de lado, é apresentada na Figura 4.

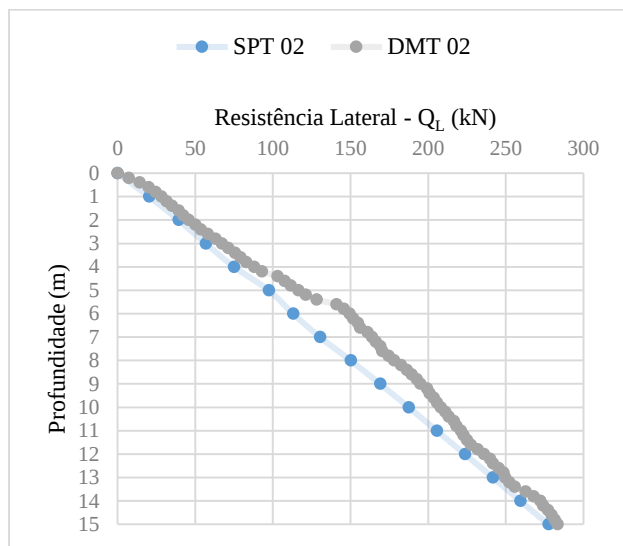


Figura 4: Evolução da resistência lateral (Q_L).

Nota-se que as linhas seguem praticamente a mesma tendência, gerando resultados bem próximos, com diferenciação aparente entre 5 e 10 metros de profundidade.

Na Figura 5, acrescenta-se, à evolução da resistência lateral, a carga de ponta da estaca, resultando no perfil de capacidade da estaca caso cravada até a cota de 15 metros.

Observa-se que a diferença de praticamente 30% entre as cargas de ruptura obtidas pelos métodos ocorre devido à resistência de ponta: no método de Powell et al (2001), obtém-se 27,6 kN; já a média entre os métodos Aoki-Velloso e Decourt-Quaresma, 152,8 kN.

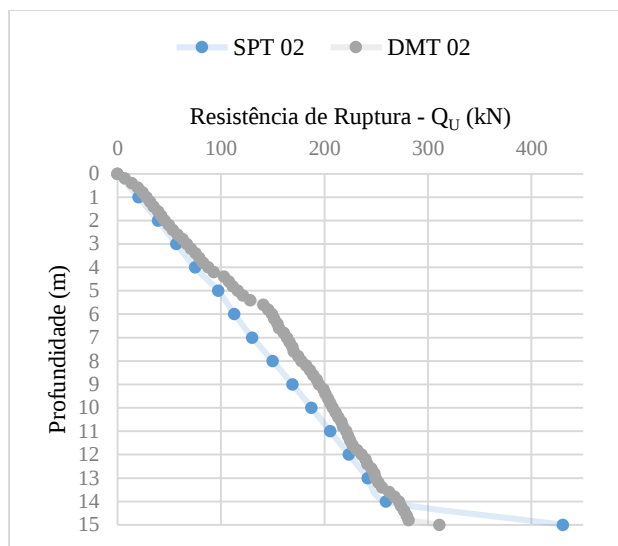


Figura 5: Resistência de ruptura até a cota de 15 metros.

Por ser um método recente no Brasil, o método de Powell et al (2001) não foi empregado no cálculo definitivo da fundação profunda da edificação. De acordo com Cunha (2014), a experiência brasileira no ensaio dilatométrico é incipiente, restringindo-se à validação em condições locais, com base na comparação com outros ensaios de campo.

Assim, adota-se a média das cargas obtidas pelos métodos de Aoki-Veloso e Decourt-Quaresma para o cálculo da fundação.

4.3 Considerações de projeto

As estacas próximas à sondagem SPT 01 serão cravadas até a cota de 19 metros. Já aquelas próximas à sondagem SPT 02, serão cravadas até os 15 metros.

Estas cotas de projeto foram escolhidas pois são nessas profundidades que se encontram os últimos valores para N_{SPT} menores que 25 (ver Tabela 1). Este valor serve como parâmetro para findar a cravação de estacas pré-moldadas de concreto, com a finalidade de evitar quebras ou possíveis flambagens na estrutura durante a cravação.

6 CONCLUSÃO

Qualquer projeto de engenharia requer uma identificação e avaliação adequada das características e propriedades dos solos do local de implantação da obra. A ausência de

informações suficientes e adequadas leva ao superdimensionamento.

Assim, a realização de ensaios de campo é essencial e indispensável para a execução de um projeto de fundação de qualidade e um dimensionamento econômico e seguro.

Para este trabalho, o ensaio de campo determinante para o cálculo do projeto de fundação do “CENTRO EDUCACIONAL E AÇÃO SOCIAL SÃO SEBASTIÃO” é o SPT, devido ao seu histórico de execuções no Brasil, além da ampla utilização dos métodos Aoki-Velloso e Decourt-Quaresma para o cálculo de projeto de fundações profundas.

A capacidade de carga obtida pelo método de Powell et al (2001) é próxima à aquela obtida pelos métodos que utilizam o N_{SPT} . Porém, por ser um roteiro de cálculo embrionário no Brasil, muitos estudos e adequações com relação à realidade dos solos brasileiros devem ser feitos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Enivaldo Minette, pela dedicação e conhecimento compartilhados durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Eduardo Antonio Gomes Marques e a Marcelo Soares Minette, pelas ideias e sugestões.

Aos nossos pais, irmãos e amigos, pelo amor e apoio indiscutíveis.

A todos os funcionários do “CENTRO EDUCACIONAL E AÇÃO SOCIAL SÃO SEBASTIÃO”, em especial à Tânia, que nos acolheram com muito carinho e atenção.

E ao técnico do Laboratório de Engenharia Civil, Paulo Afonso da Silva, ao estagiário Adir, pela competência e comprometimento.

REFERÊNCIAS

- Angelim, R.R. (2011) *Desempenho de ensaios pressiométricos em aterros compactados de barragens de terra na estimativa de parâmetros geotécnicos*, Tese de Doutorado - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 291 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. 2 ed. Rio de Janeiro, 2010, 91 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001. 17 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, 1983. 3 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13441: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995. 13 p.
- Baguelin, F., Jézéquel, J. F., & Shields, D. H. (1978). *The Pressuremeter and Foundation Engineering*. Clausthal-Zellerfeld: Trans Tech Publications. In: Oliva, R.R.R.S. (2009) *Caracterização do Comportamento de Materiais a partir do Ensaio Pressiométrico*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, PRT, p. 11.
- Belincanta, A. (1998) *Avaliação de fatores intervenientes no índice de resistência à penetração do SPT*. In: Neves, L.F.S. (2004) *Metodologia para determinação da eficiência do ensaio SPT através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, p.1.
- Cunha, M.R.B. (2014) *Aplicações e evolução do ensaio de determinação de empuxos em solos pelo método do dilatômetro de Marchetti*, Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga – Unifor, 61 p.
- Frank, R. (2003) *Calcul des Fondations Superficielles et Profondes*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Caussées, Nancy, FRA 141 p.
- Lobo, B.O. (2005) *Método de previsão de capacidade de carga de estacas: aplicação dos conceitos de energia do ensaio SPT*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 139 p.
- Neves, L.F.S. (2004) *Metodologia para determinação da eficiência do ensaio SPT através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, 111 p.
- Oliva, R.R.R.S. (2009) *Caracterização do Comportamento de Materiais a partir do Ensaio Pressiométrico*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, PRT, 138 p.
- Powell, J.J.M; Lunne, T.; Frank, R. (2001) *Semi Empirical Design Procedures for axial pile capacity in clays: Méthodes de calcul semi-empiriques pour la capacité portante des pieux dans les argiles*, GBR, 5p.
- Schnaid, F., Odebrecht, E. (2012) *Ensaio de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações*, 2nd ed, Oficina de Textos, São Paulo, SP, BRA, 224 p.
- Silva, F.K. (2008) *Ensaio dilatométrico – DMT em solos de Santa Catarina: Estudo comparativo com CPT e SPT*, Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 249 p.