

# Implantação e caracterização de uma área experimental para estudos em mecânica dos solos e fundações no *campus* Vergueiro da Uninove, em São Paulo (SP) <sup>1</sup>

João Alexandre Paschoalin Filho

Doutorando e mestre em Engenharia – Feagri-Unicamp;  
Professor na graduação [Engenharia Civil] – Uninove.  
jalexandre@uninove.br, Campinas – SP [Brasil]

David Willian de Lima

Graduando em Engenharia Civil – Uninove.  
davidwillian@yahoo.com.br, São Paulo – SP [Brasil]

Levy von Sohsten Rezende

Mestre em Engenharia Civil – Poli-USP;  
Professor na graduação [Engenharia Civil] – Uninove.  
levy.rezende@uninove.br, São Paulo – SP [Brasil]

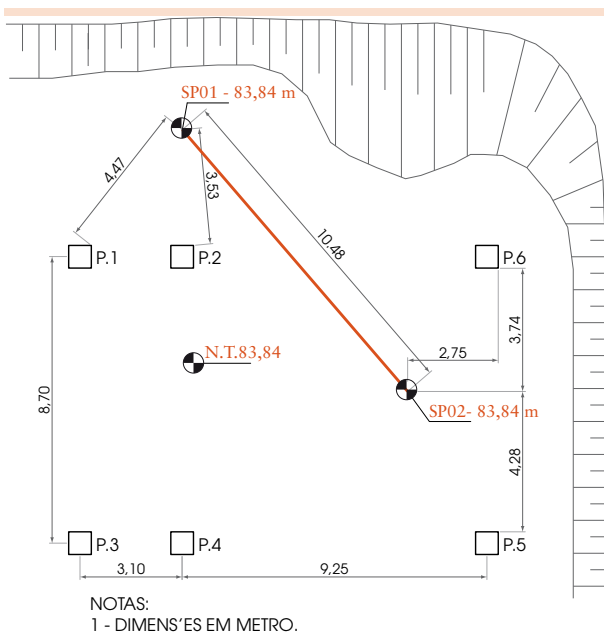
Este trabalho trata da implantação e da caracterização de uma área experimental para estudos de mecânica dos solos e fundações no *campus* Vergueiro do Centro Universitário Nove de Julho (Uninove). Para caracterizar o subsolo, executaram-se sondagens do tipo *standard penetration test* (SPT) por meio da verificação de torques máximo e residual, além de realizar ensaios laboratoriais de simples descrição geotécnica que possibilitam determinar os limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP), da umidade higroscópica, no instante da coleta das amostras e do peso específico dos grãos. Esses ensaios, realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos e Geologia da Uninove e Laboratório de Geotecnia e Transportes da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), utilizaram amostras deformadas e que foram coletadas a cada metro no local das sondagens. Mais do que oferecer ao meio técnico dados geotécnicos específicos sobre o subsolo estudado, busca-se, por meio dessa pesquisa, criar uma referência de informações geotécnicas que sirva como uma base para futuras publicações que cite essa área experimental.

**Palavras-chave:** Ensaios de campo. Ensaios laboratoriais. Sondagens SPT-T.



## 1 Localização da área experimental

A área experimental desse estudo encontra-se nos limites do *campus* Vergueiro do Centro Universitário Nove de Julho (Uninove) e possui, aproximadamente, 100 metros quadrados (m<sup>2</sup>). O *campus* localiza-se na Rua Vergueiro, nº 235/249, no Bairro da Liberdade, entre as Ruas Dr. Antônio Prudente e Dr. Siqueira Campos, próximo à Estação São Joaquim do metrô de São Paulo (SP). A Ilustração 1 apresenta o *layout* da área experimental com as sondagens executadas para esta pesquisa.



**Ilustração 1: Layout da área experimental localizada no *campus* Vergueiro**

Fonte: Os autores.

## 2 Caracterização da área experimental

Conforme enumerações a seguir.

### 2.1 Características da região

A bacia sedimentar da cidade de São Paulo, localizada no planalto paulistano, possui uma

área de, aproximadamente, 5 mil quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), situada, em sua maior parte, entre 715 e 900 metros (m) de altitude e apresenta relevo bem suave, que inclui morros e espigões relativamente baixos, com drenagem fluindo para o Rio Tietê e seus afluentes ao montante da soleira de Barueri (SP). Além do Tietê, a Bacia de São Paulo é drenada pelos Rios Pinheiros, Tamanduaí e seus tributários.

A área experimental encontra-se em uma região central da cidade de São Paulo, entre 745 e 750 m de altitude, podendo ser descrita como um terraço interfluvial intermediário. A Rua Vergueiro situa-se próxima ao espigão central, que engloba grande parte do centro da cidade como as regiões da Avenida Paulista e da Praça da Sé. Esse local possui altitudes variando entre 800 a 820 m.

### 2.2 Investigação geotécnica: ensaios de campo

Para a investigação do subsolo, executaram-se as seguintes atividades:

Ensaio de campo: foram executados dois furos de sondagem SPT, com verificação de toques máximo e residual, de acordo com a NBR 6484 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001), totalizando-se, aproximadamente, 40 m de profundidade (20 m cada);

Coleta de amostras deformadas: recolhidas de metro em metro ao lado de cada furo de sondagem, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e enviadas ao laboratório para caracterização;

Ensaio laboratoriais utilizando-se amostras deformadas: realizaram-se ensaios para a determinação da umidade higroscópica das amostras no instante da coleta, determinação dos limites de Atterberg e do peso específico dos grãos.

### 2.2.1 Execução de sondagens tipo SPT-T, de acordo com a NBR 6484

Foram executadas duas sondagens tipo SPT-T (SPT com verificação de torque) entre os dias 7 e 9 de maio de 2005, totalizando-se 40,9 metros. Por meio dos resultados apresentados pelo relatório, foi possível determinar:

- Perfis geológicos, com descrição litológica;
- Profundidade do nível piezométrico do lençol freático;
- Valores do índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ) por metro;
- Torques máximos e residuais por metro.

As sondagens realizaram-se com trado manual de 4 polegadas (pol) até o nível d'água. Após alcançar o nível do lençol freático, cravou-se um revestimento de 2½ pol de diâmetro e iniciou-se o processo de escavação, por meio de lavagem do furo, utilizando-se trépano de lavagem e sistema motobomba para bombeamento de água.

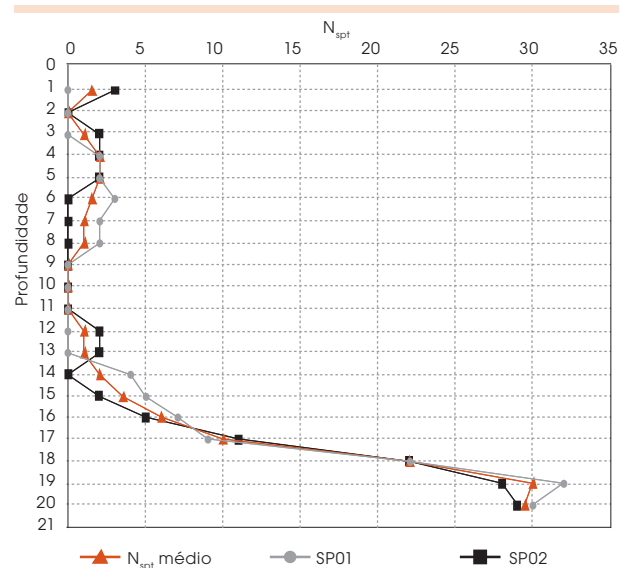
A cada metro perfurado foi utilizado amostrador tipo padrão bipartido com 1¾ pol de diâmetro interno e de 2 pol de diâmetro externo, para a coleta de amostras de solo tipo deformadas. Para a cravação do amostrador no solo, usou-se equipamento de percussão que consistia em um martelo de 0,65 quilonewton (kN) sustentado por polias, caindo de uma altura de 0,75 m.

O número de golpes necessários para a cravação total do amostrador foi anotado a cada intervalo de 0,15 m, num total de três intervalos. A soma dos golpes aplicados nos últimos 0,3 m resultou no parâmetro de  $N_{SPT}$ . Após a obtenção dos valores de  $N_{SPT}$  a cada metro, foi aplicado um giro na haste do amostrador para a gerar um torque que foi medido por meio de torquímetro analógico.

O *layout* da área e a localização dos furos de sondagem são apresentados na Ilustração 1. Mostram-se, no Gráfico 1, a variação dos valores

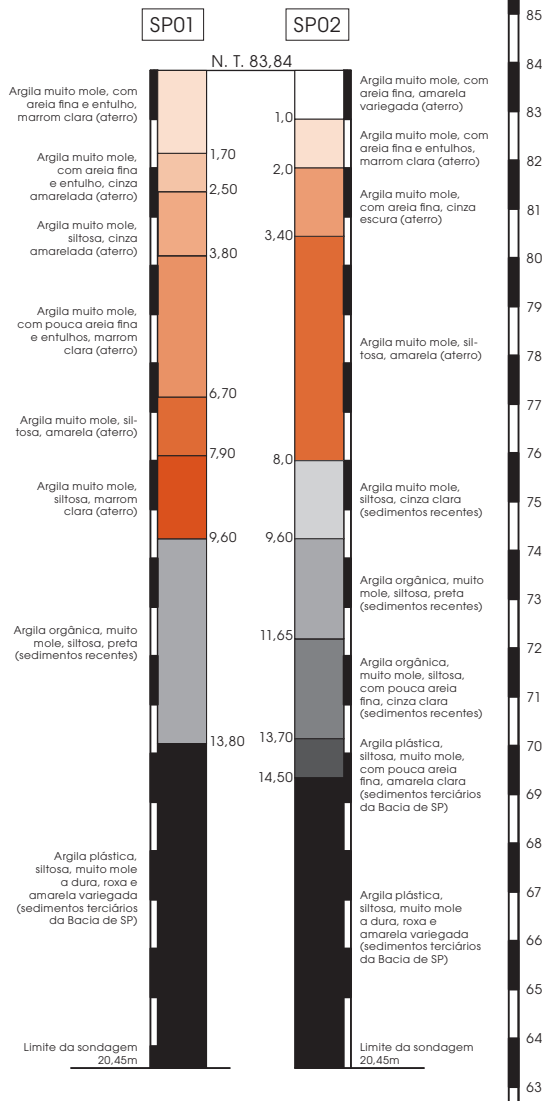
de  $N_{SPT}$  obtidos e na Ilustração 2, o perfil e a disposição geológica das camadas investigadas.

Verificando-se o Gráfico 1, pode-se notar que os valores de  $N_{SPT}$  são baixos até a profundidade de 15 m. A partir dessa cota, eles tenderam a sofrer um incremento, de maneira constante, até a profundidade de 20 m, limite de execução da sondagem. A sondagem SP01 apresentou valores de  $N_{SPT}$  iguais a zero em várias profundidades, indicando resistência à penetração praticamente inexistente nesses pontos do perfil. A sondagem SP02 apresentou valores um pouco mais altos, enquanto em alguns pontos os valores de resistência à penetração foram iguais a zero. Deve-se salientar que, tanto para as sondagens SP01 quanto para SP02, existia uma camada de aterro heterogêneo, com espessura variando entre 9,6 m e 8 m, respectivamente. Tal fator pode explicar a grande variação dos valores obtidos até essa profundidade. Após 9,6 m de profundidade para SP01 e 8 m para SP02, verificaram-se camadas de argila moles e orgânicas que também contribuíram para os baixos valores de  $N_{SPT}$ .



**Gráfico 1: Variação dos valores de  $N_{SPT}$  com o aumento da profundidade**

Fonte: Os autores.



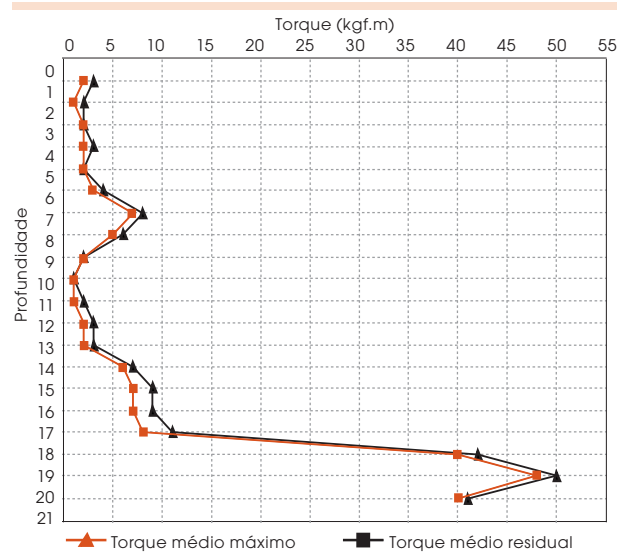
**Ilustração 2: Disposição geológica dos perfis estudados**

Fonte: Os autores.

De acordo com a Ilustração 2, observa-se que existe uma camada média de 8,9 m de espessura de aterro. Nos primeiros metros, esse aterro é constituído de entulho e restos orgânicos. Tal perfil também apresenta uma camada de argila orgânica de coloração cinza a preta e outra de argila plástica amarelada e roxa, típicas da bacia sedimentar da cidade de São Paulo. Por meio dessa prospecção, pode-se verificar a grande variedade de materiais que compõem o perfil geológico da área. O nível

do lençol freático foi obtido em cota de 2,02 m abaixo da superfície do terreno para a sondagem SP01 e 2,3 m para a sondagem SP02.

O Gráfico 2 apresenta a variação dos valores médios de torque, máximos e residuais, obtidos.



**Gráfico 2: Variação dos valores de torque máximo e mínimo (residual) em relação a profundidade**

Fonte: Os autores.

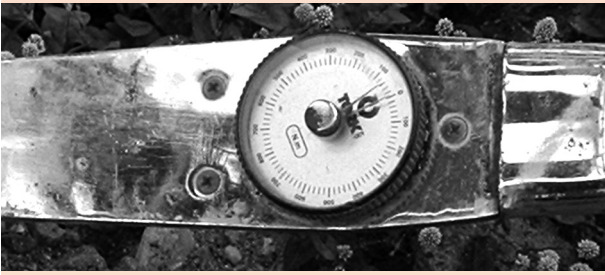
O comportamento verificado pelos valores de torque, tanto o máximo quanto o residual, foi semelhante ao de  $N_{SPT}$ . Eles tenderam a um crescimento significativo somente a partir da cota 11 m. As Fotografias 1 e 2 apresentam um detalhe do torquímetro utilizado no processo de sondagem.



**Fotografia 1: Aspecto do torquímetro**

Fonte: Os autores.





**Fotografia 2: Relógio do torquímetro utilizado**

Fonte: Os autores.

As Fotografias 3, 4, 5 e 6 expõem algumas etapas do processo executivo de ensaio de SPT-T posto em pratica nesta pesquisa.



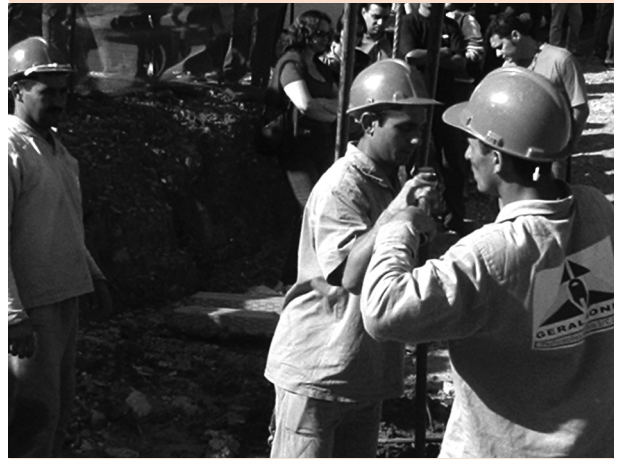
**Fotografia 3: Escavação por meio de lavagem**

Fonte: Os autores.



**Fotografia 4: Cravação do amostrador**

Fonte: Os autores.



**Fotografia 5: Determinação do torque**

Fonte: Os autores.



**Fotografia 6: Leitura do torquímetro**

Fonte: Os autores.

### 2.3 Investigação geotécnica: ensaios laboratoriais

Para verificar a variação com a profundidade de alguns parâmetros físicos de interesse desta pesquisa, foram executados ensaios laboratoriais de simples caracterização do solo para determinar os seguintes aspectos: limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP), o peso específico dos grãos e a umidade higroscópica no instante de coleta das amostras.

Para a execução dos ensaios, utilizaram-se amostras deformadas, obtidas a cada metro por meio do tubo amostrador do equipamento de



SPT. Logo após, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados com o intuito de não se perder a umidade no instante da coleta. As Fotografias 7 e 8 apresentam, respectivamente, a obtenção das amostras, por meio do tubo amostrador e o seu acondicionamento em sacos plásticos.



**Fotografia 7: Retirada da amostra**

Fonte: Os autores.



**Fotografia 8: Acondicionamento e etiquetagem**

Fonte: Os autores.

Os ensaios necessários para a determinação dos LL e LP e a obtenção da umidade higroscópica realizaram-se no Laboratório de Mecânica dos Solos e Geologia da Uninove, localizado no *campus* Vila Maria, Zona Norte da cidade de São

Paulo. Para se obter o peso específico dos grãos, fizeram-se ensaios no Laboratório de Geotecnia e Transportes da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). As Fotografias 9 e 10 mostram os ensaios executados na Uninove.



**Fotografia 9: Ensaio de LL**

Fonte: Os autores.

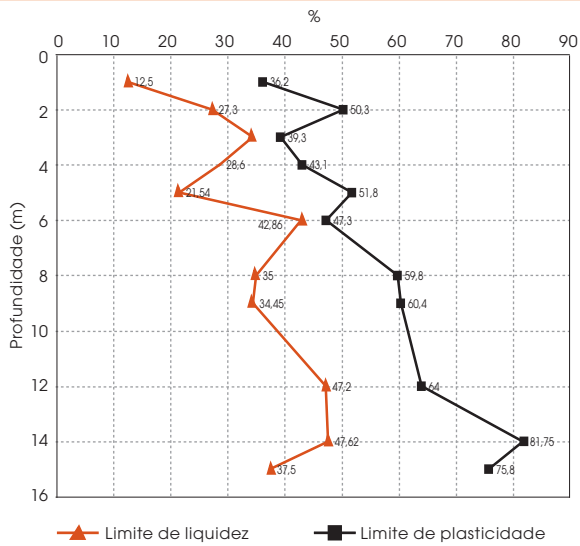


**Fotografia 10: Ensaio de LP**

Fonte: Os autores.

Com a obtenção dos valores da umidade higroscópica no instante da coleta e dos LL e LP, foi possível calcular os valores referentes aos índices de consistência (ICs) das amostras ensaiadas. O Gráfico 3 traz a variação dos valores de LL e LP com a profundidade estudada.

Por meio do Gráfico 3, nota-se que, a partir da profundidade de 8 m, tanto os valores de LL

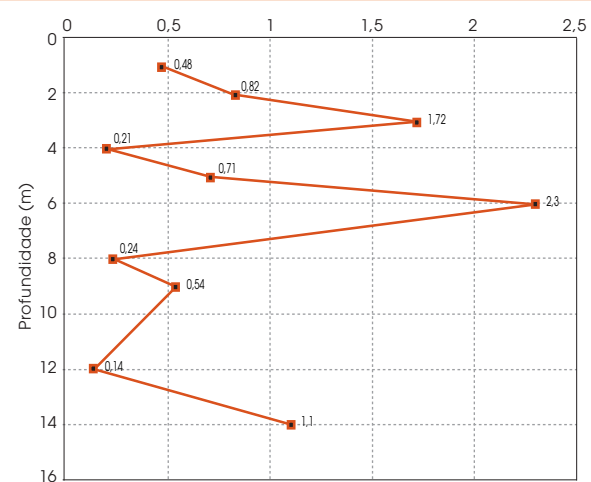


**Gráfico 3: Variação dos LL e LP**

Fonte: Os autores.

quanto os de LP tenderam a um aumento. Acima dessa profundidade, os resultados obtidos de LL e LP são muito variáveis, apresentando, porém, uma tendência ao seu incremento. Deve-se ressaltar que, até uma profundidade média de 8,9 m, o perfil estudado é composto de sucessivas camadas de aterro heterogêneo lançado, o que justifica a variabilidade dos valores encontrados. A partir de 9,8 m e 8 m de profundidade nas sondagens SP01 e SP02, pode-se verificar a presença de camadas de argilas orgânicas e plásticas siltsosas típicas da bacia sedimentar da cidade de São Paulo. Por intermédio dos valores dos LL medidos para essas argilas, é possível supor que elas têm alta susceptibilidade a deformações, podendo ser caracterizadas como compressíveis. Os valores médios de LL, LP e do índice de plasticidade (IP) para a camada referente à argila orgânica, as cotas verificadas, são, respectivamente, de 62,2%, 40,8% e 21,4%; já os valores médios de LL, LP e IP para a camada de argila plástica siltsosa, as cotas verificadas, são de 78,8%, 42,56% e 36,2%, respectivamente.

O Gráfico 4 tem a variação dos ICs do perfil nas profundidades verificadas.



**Gráfico 4: Variação do IC**

Fonte: Os autores.

Há uma grande variabilidade de valores obtidos das profundidades correspondentes às camadas de aterro heterogêneo lançado. Verifica-se que, a partir de 8,9 m (de profundidade média entre SP01 e SP02) até em torno de 13,7 m, as camadas são compostas de argilas orgânicas moles, além de os valores de  $N_{SPT}$ , nessa região, serem baixos; dessa maneira, é de se esperar que os valores médios de IC estejam situados abaixo de 0,5. A partir da profundidade média de 13,7 m, os valores de  $N_{SPT}$  tendem a um aumento significativo, pois essas camadas podem ser caracterizadas como argila siltsosas, típicas da bacia sedimentar da cidade de São Paulo. Esse fato também se observa no valor médio de IC determinado para a profundidade de 14 m, em que esse valor é superior a 1. Assim, de acordo com a Tabela 1, a seguir, citada por Pinto (2000), constata-se que, de 8,9 m até 13,7 m, o perfil apresenta uma consistência mole, pois possui valor médio de IC abaixo de 0,5. A partir de 13,7 m, pode-se assumir a consistência dessa argila como dura, pois possui IC acima de 1.

O Gráfico 5 refere-se à variação dos valores de umidade higroscópica para as profundidades estudadas.





**Tabela 1: Consistência das argilas em função do IC**

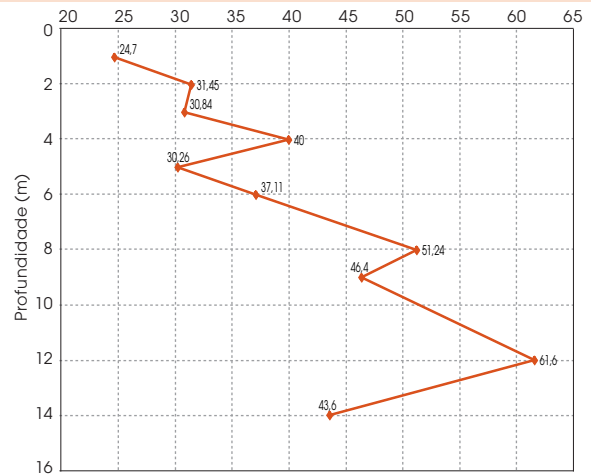
| Consistência | Índice de consistência (IC) |
|--------------|-----------------------------|
| Mole         | Menor que 0,5               |
| Média        | 0,5-0,75                    |
| Rija         | 0,75-1                      |
| Dura         | Acima de 1                  |

Fonte: Pinto (2000).

De acordo com o Gráfico 5, verifica-se uma tendência significativa de aumento dos valores de umidade com o crescimento da profundidade. Os valores médios das cotas obtidos das camadas de argila mole orgânica e das de argila plástica siltosa, são de 54% e 43,6%, respectivamente. O Gráfico 6 exibe a variação dos valores de peso específico dos sólidos com a profundidade. Os resultados médios, obtidos para as cotas ensaiadas, apresentaram valores de peso específico dos grãos iguais a 24,5 e 26 quilonewtons por metro cúbico ( $\text{kN/m}^3$ ) para as camadas de argila orgânica e argila siltosa plástica.

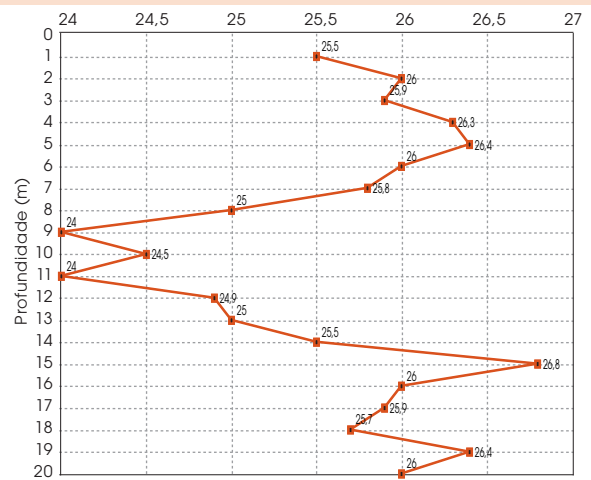
### 3 Considerações finais

A implantação e caracterização de uma área experimental para estudos em mecânica dos solos e geotecnia nas dependências da Uninove vêm contribuir, de maneira decisiva, na consolidação de uma nova linha de pesquisa no curso de Engenharia Civil da Uninove – a de fundações e geotecnia. Este trabalho não teve por intuito esgotar todas as possibilidades de caracterização e de exame do subsolo pertencente a essa área, sendo apenas um passo inicial. Objetivou-se com esta pesquisa, no entanto, o estímulo e até mesmo o fomento a outras investigações de iniciação científica, que poderão ser realizadas tendo como objeto de estudo o subsolo analisado neste artigo.



**Gráfico 5: Variação da umidade em porcentagem no instante de coleta das amostras**

Fonte: Os autores.



**Gráfico 6: Variação dos valores de peso específico dos sólidos**

Fonte: Os autores.

### Notas

- 1 Os autores desta pesquisa agradecem às seguintes pessoas, empresas e entidades: professores David de Carvalho e Paulo José da Rocha Albuquerque, da Unicamp e aos técnicos Meyer, Cipriano, Maguila e Edson, do Laboratório de Mecânica dos Solos Transportes, da Unicamp, à Geralsonda Sondagens e Geotecnia Ltda., à Faculdade de Engenharia Civil, ao Departamento de Ciências Exatas da Uninove e ao setor de infra-estrutura do *campus* Vergueiro, da Uninove.



## Implantation and characterization of an experimental area for mechanic of the soils and foundations studies at Vergueiro campus of Uninove, in São Paulo (SP)

This article deals with the implantation and characterization of an experimental area for mechanic of the soils and foundations at Vergueiro campus in Centro Universitário Nove de Julho (Uninove), São Paulo (SP). In order to characterize the subsoil, standard penetration tests (SPT) were performed in order to verify maximum and residual torques, besides carrying out laboratorial tests of simple geotechnic description which make possible to determinate the limits of liquidity (LL) and of the plasticity (LP) of the hygroscopic humidity, at the moment of collecting samples and the specific seeds weight of the material. These tests carried out in Laboratório de Mecânica dos Solos e Geologia da Uninove and Laboratório

de Geotecnia e Transportes da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) have used deformed samples collected meter after meter in the drilling local. More than offering geotechnic data from the studied subsoil to the technical medium, we have seek, by means of this research, to create a reference on geotechnic information that stated bases to future publications in which this experimental area is mentioned.

**Key words:** Field tests. Laboratory tests. SPT-T drillings.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6484. Solo: sondagens de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

PINTO, C. S. *Curso básico de mecânica dos solos em 16 lições*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Recebido em: 17 fev. 2006 / aprovado em: 23 abr. 2006

### Para referenciar este texto

PASCHOALIN FILHO, J. A.; LIMA, D. W. de; REZENDE, L. V. S. Implantação e caracterização de uma área experimental para estudos em mecânica dos solos e fundações no campus Vergueiro da Uninove, em São Paulo (SP). *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 169-177, jan./jun. 2006.