



SONDAGEM ELÉTRICA APLICADA À DEMARCAÇÃO DE PERFIL GEOTÉCNICO, BELÉM-PA.

Antônio V. C. Barbosa*, Om P. Verma*, Salim H. Fraiha Neto**

* Departamento de Geofísica, Centro de Geociências - UFPA

** Departamento de Construção Civil, Centro Tecnológico - UFPA

ABSTRACT

It is expected that shortly in future in Belém the construction of multistory buildings will rise in the low land areas reclaimed through microdrainage project. However, in these areas the presence of a soft clay layer near surface presents a serious foundation problem. Below this soft clay layer is found a compact sand layer which is suitable for foundation. Therefore, the depth to the top of this layer and its thickness is mapped in these low land areas applying Vertical Electrical Sounding alongwith Standard Penetration Test (SPT) data and the lithological description of the soils based on samples obtained during SPT.

INTRODUÇÃO

Num futuro próximo, na cidade metropolitana de Belém no estado do Pará, espera-se um maior crescimento imobiliário em zonas de baixadas beneficiadas pelo projeto de macrodrenagem.

Nessas áreas de baixadas é observada a existência de camada superficial de argila siltosa ou argila silto-arenosa com matéria orgânica de consistência muito mole. Sua espessura é variável podendo atingir até 60 metros de profundidade, embora na grande maioria dos casos apresenta-se aproximadamente entre 3 a 20 metros (Alencar e Santos Filho, 1993). Esta camada é inapropriada para sustentar fundações de prédios altos. Subjacente a este material argiloso é freqüente encontrar camada resistente de areia siltosa ou argila silto-arenosa, de pouca espessura. Abaixo deste estrato resistente, observa-se novamente a existência de argila de consistência mole a rija, em alguns casos até argila orgânica.

O objetivo deste trabalho é identificar a posição e profundidade do topo dessa camada resistente de areia, onde serão assentes as fundações das estruturas de maior porte nessa área. Essa identificação se mostra necessária a medida em que esta comece a transmitir o carregamento a ela aplicada ao meio subjacente menos resistente.

Para mapeamento desta camada rija foram utilizados dados de investigação de resistência mecânica dos solos através de SPT (Standard Penetration Test) e informações sobre tipo litológico de solos em profundidade *in situ*, obtidos através de amostragens durante as sondagens SPT (Almeida, 1997) e foram realizadas Sondagem Elétrica Vertical (SEV) com arranjo Schlumberger.

METODOLOGIA EMPREGADA

Foram realizadas um total de 23 SEVs, localizadas no mapa na Figura 1. O espaçamento entre eletrodos de corrente foi variado em média de 110 metros. As SEVs são interpretadas por uso de modelagem direta e dos métodos de inversão. Os dados de SPT auxiliaram na interpretação dessas SEVs uma vez que forneceram informações geológicas *in situ*, como espessura das camadas. Na modelagem direta calculou-se, a partir de um método numérico que envolve filtros digitais lineares (Rijo, 1994 a), espessura e resistividade das camadas. Os parâmetros dos modelos são variados até que a curva teórica de sondagem ajuste visualmente com a curva de campo. Na interpretação inversa calcula-se iterativamente novos modelos iniciados com dados fornecidos pelo método direto até atingir certo critério de convergência que minimiza as diferenças entre curva teórica e a de campo. Este processo é realizado através de um programa computacional baseado na técnica da regressão múltipla – *Ridge Regression* – (Rijo, 1994 b).

RESULTADOS

Os resultados obtidos da interpretação das SEVs estão apresentadas na Tabela 1, com as resistividades das camadas (ρ) em ohm.m, assim como, suas respectivas espessuras (h) em metros.

As Tabelas 2 e 3 mostram descrição do solo, encontrada durante as sondagens SPT, que foram utilizadas na interpretação, distribuídas ao longo das linhas AB e CD, Figura 1.

Com base nos resultados de SEVs, correlacionadas com dados de SPT e descrição litológica de solos, foram confeccionadas seções geoeletricas ao longo das linhas AB e CD e seu correspondente material geológico interpretado, apresentados nas Figuras 2 e 3. Então:

- 1) Pode-se observar a presença de uma camada de aterro, mais próxima da superfície, composta na sua grande maioria por silte, apresentando compactação fofa, pouca compacta e medianamente compacta; logo abaixo desta tem-se um profundo estrato argiloso de consistência mole; em seguida tem-se um meio de areia fina muito a pouco compacta; sob esta outro meio argiloso de compactação rija a muito rija, podendo ocorrer argila orgânica.
- 2) O levantamento geofísico mostrou um empacotamento de estratos geoeletricos. O primeiro estrato de manto de intemperismo com resistividade (ρ) e espessura (h) variando aproximadamente de 82 $\Omega.m$ a 3450 $\Omega.m$ e 0.4 m a 1.7 m respectivamente; o segundo de silte de 14 $\Omega.m$ a 110 $\Omega.m$ e 1.3 m a 15.4 m respectivamente; um terceiro argiloso de 3 $\Omega.m$ a 8 $\Omega.m$ e 12 m a 30.8 m respectivamente; um quarto arenoso de 211 $\Omega.m$ a 351 $\Omega.m$.

Nestas Figuras observa-se também a presença de lentes argilosas, siltosas e silto-arenosas.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é identificar a posição do topo e fundo da camada de maior resistência mecânica. Nas áreas onde a camada argilosa apresenta pouca profundidade obteve-se o topo e o fundo, porém nas áreas onde a espessura do estrato argiloso é maior pode-se identificar apenas o topo deste meio, e em outros casos nem isto. Este fato ocorreu devido a utilização de uma abertura pequena de eletrodos, limitada pela construção de obras de engenharia civil como: prédios, casas, ruas e avenidas, na sua grande maioria asfaltadas.

Pelos dados que foram interpretados observa-se a existência de um paleoconal fluvial, com deposições irregulares.

Está programado coleta de dados com GPR (Ground Penetrating Radar), com a meta de se correlacionar estes dados com os de SEV's e SPT, para se obter uma melhor definição dessas camadas.

REFERÊNCIAS

Alencar Jr., J. A. e Santos Filho, W. 1993. *Mapa Geotécnico da cidade de Belém – Proposta inicial – Trabalho de Conclusão de Curso de Eng. Civil – UFPA.*

Almeida, R. S. 1997. *Uma contribuição à elaboração de um banco de dados representativos das características Geotécnicas do Canal da Pirajá (Macrodenagem). Universidade Federal do Pará. Centro Tecnológico. Trabalho de conclusão de curso (TCC) - Curso de Engenharia Civil. UFPA, 1997.*

Rijo, L. 1994 a. *SEV1D. Programa para Modelagem de Sondagem Elétrica Vertical Unidimensional. EGSLIB (Electrical Geophysics Software Library). Belém, DGf/UFPA.*

Rijo, L. 1994 b. *SEV1DINV. Programa para Inversão de Sondagem Elétrica Vertical Unidimensional. EGSLIB (Electrical Geophysics Software Library). Belém, DGf/UFPA.*

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geofísica - C.G. - UFPA pelo apoio na coleta de dados SEV, e a CAPS pela bolsa de mestrado fornecido a Antônio Vinícius c. Barbosa. A Professora Lúcia Maria Costa e Silva pela colaboração na interpretação dos resultados.

Tabela 1 – Resultado da interpretação das SEVs.

| SEVs | TIPO | RESISTIVIDADE (ρ) ($\Omega.m$) | | | | | ESPESSURA (h) (m) | | | |
|-----------------------|--------|---|----------|----------|----------|----------|-------------------|------|------|-----|
| | | ρ_1 | ρ_2 | ρ_3 | ρ_4 | ρ_5 | h1 | h2 | h3 | h4 |
| L I N H A | 18 QK | 93 | 110 | 4 | 241 | | 1.3 | 3.1 | 13.9 | |
| | 12 QH | 93 | 17 | 3 | 278 | | 0.9 | 3.8 | 23.9 | |
| | 11 QHK | 143 | 26 | 4 | 77 | 3 | 0.4 | 3.7 | 13.5 | 2.7 |
| | 10 QHK | 85 | 38 | 6 | 76 | 6 | 1.1 | 4 | 8.4 | 3.8 |
| | 09 QH | 85 | 25 | 6 | 272 | | 1 | 15.8 | 1.2 | |
| AB | 08 HKH | 269 | 75 | 207 | 8 | 469 | 1.7 | 5.9 | 4 | 4.2 |
| | 13 QH | 292 | 40 | 2 | 240 | 3 | 0.5 | 3.5 | 2.6 | 6.7 |
| L I N H A | 05 HK | 82 | 37 | 261 | 19 | | 0.8 | 1.2 | 4.25 | |
| | 06 QH | 68 | 15 | 219 | 14 | | 1.5 | 9.3 | 5.2 | |
| | 07 QH | 1474 | 118 | 3 | 245 | | 0.5 | 2.3 | 18 | |
| | 04 QH | 277 | 31 | 3 | 304 | | 0.6 | 3.2 | 30.8 | |
| | 10 QHK | 85 | 35 | 5 | 85 | 3 | 1.1 | 4 | 8.4 | 3.8 |
| CD | 16 HK | 3450 | 144 | 351 | 112 | | 1 | 4.5 | 7.6 | |

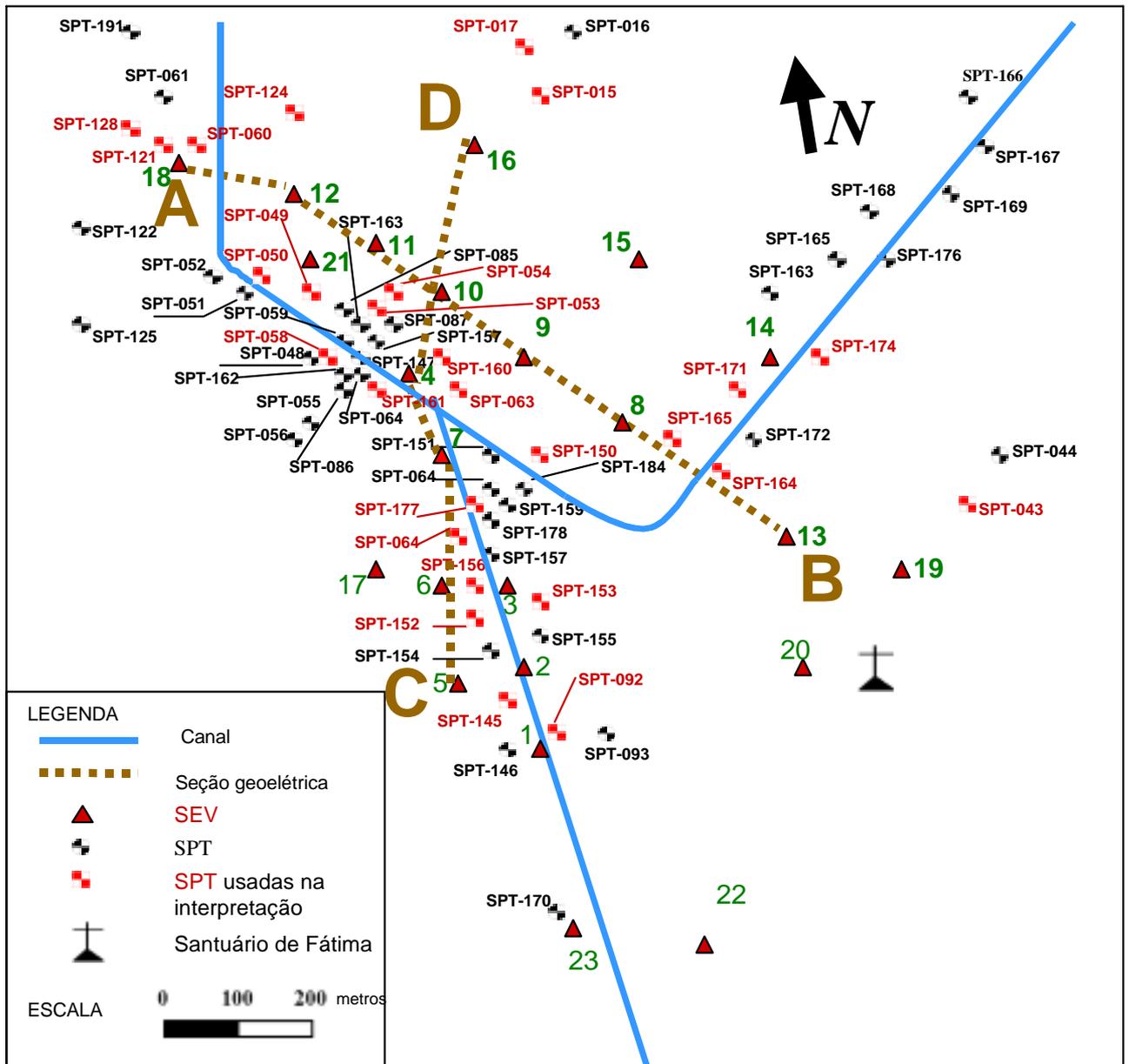


Figura 1- Mapa de localização das SEVs, bem como, pontos onde sondagem SPT foram realizadas.

Tabela 2 -Dados de sondagem SPT e descrição tátil-visual do solo.

| P R O F U N D I D A D E (m) | SPT 53 | | | SPT 60 | | | SPT 152 | | | | |
|---|----------|-------|---|--------|--|---|---------|-------|---|---------------------------|---|
| | h (m) | * | Descrição do solo | h (m) | * | Descrição do solo | h (m) | * | Descrição do solo | | |
| 0 2.15 3.45 10 22 25 | 0 | 26/30 | Camada asfáltica | 0 | 12/30 | Silte arenoso c/ pedregulho vaieg. Med. Compac. | 0 | 10/30 | Argila silto arenosa-variegada rija | | |
| | 2.15 | 11/30 | | 2 | 5 | | 1.86 | 4/27 | | | |
| | 3.45 | 2/30 | Argila silto arenosa c/ pedregulho muito rija | 2.7 | 2/30 | Areia média siltoosa c/ pedre. Cinza pouco compac. | 8 | 1/25 | Argila orgânica-cinza escura-muito mole | | |
| | | 10 | | | 1/117 | | | 4 | | 0/520 | 19/30 |
| | 22 25 | 1/136 | Argila silto arenosa cinza clara mole | 26 | 0/120 | Argila orgânica arenosa c/ matéria orgânica cinza escura muito mole | 10.8 | 8/30 | Areia fina branca pouco compacta | | |
| | | 0/74 | | | 2/60 | | | 4/30 | | Argila silto arenosa mole | |
| | | 22 | | | 2/30 | | | 20/30 | | | Argila silto arenosa variegada média a muito rija |
| | | 35/30 | | | Areia fina branca medianamente compacta a compacta | | | 28 | | 35/30 | |
| | | 25 | | | | | | 41/30 | | 31.45 | 41/30 |

* Número de golpes/penetração do barrilete amostrador

Tabela 3 - Dados de sondagem SPT e descrição tátil-visual do solo.

| P R O F U N D I D A D E (m) | SPT 160 | | | SPT 165 | | | SPT 177 | | | |
|---|---------|--------------------------------|---|---------|-------|--|---------|---|---|-------|
| | h (m) | * | Descrição do solo | h (m) | * | Descrição do solo | h (m) | * | Descrição do solo | |
| 0 | 4/30 | | Silte argilo arenoso vermelho muito mole a mole | 0 | 4/30 | Areia silteosa com pedregulho variegado fofa | 0 | 4/30 | Silte areno argiloso variegado pouco compacto | |
| 3 | 2/30 | | | 3 | 3/30 | | | 2 | | 3/30 |
| | 1/60 | | Argila orgânica cinza escura muito mole | 10 | P/300 | Argila silto arenosa cinza escura muito mole | 9 | P/413 | Argila orgânica arenosa cinza escura muito mole | |
| 18 | P/376 | | | 13 | P/320 | | | 20.7 | | P/233 |
| | P/253 | | | 19 | 4/30 | | | 25 | | P/445 |
| | P/45 | | | 24.7 | 22/30 | | | 33 | | 16/30 |
| | 2/30 | | | 29.6 | 8/30 | | | 37.5 | | 23/30 |
| | 4/30 | | | 35.6 | 3/30 | | | 39.7 | | 10/30 |
| 23.55 | | | 37 | 15/30 | | 40.45 | 13/30 | | | |
| 25.45 | 42/30 | | 40.45 | 32/30 | | | 30/30 | | | |
| | | Areia média variegada compacta | | 15/30 | | | 25/30 | | | |
| | | | | | | | | Argila orgânica arenosa cinza rija a muito rija | | |

* Número de golpes/penetração do barrilete amostrador

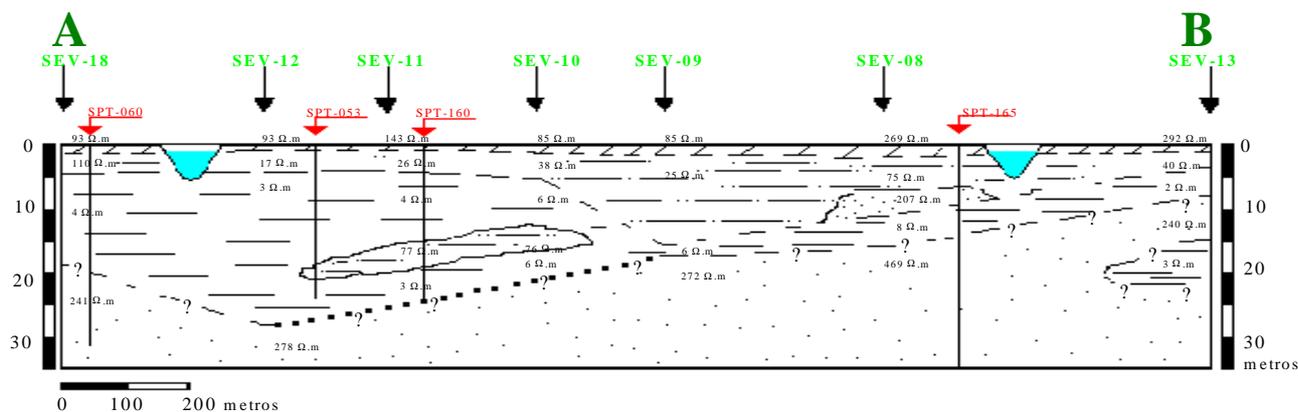


Figura 2 – Seção geolétrica ao longo da linha AB e litologia interpretada correspondente.

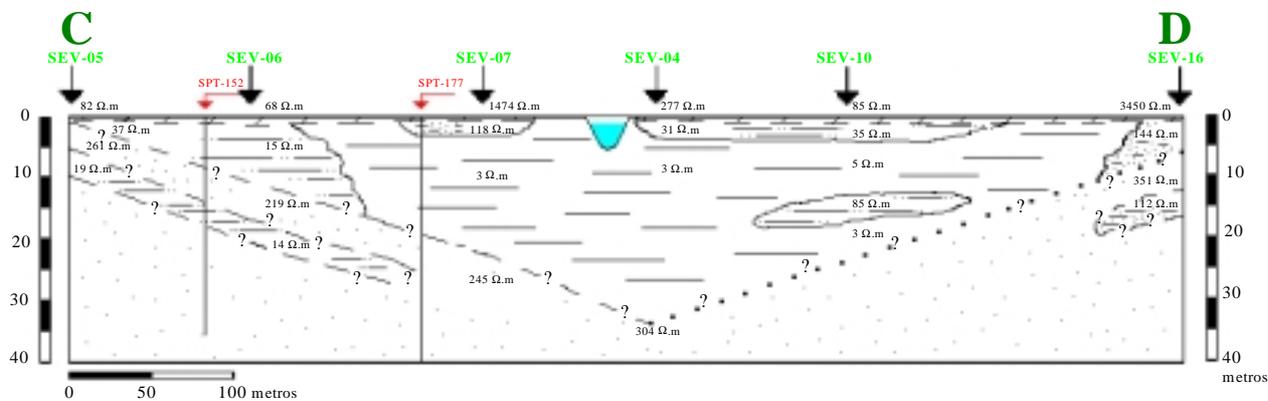


Figura 3 – Seção geolétrica ao longo da linha CD e litologia interpretada correspondente

