

PERFIS TÍPICOS DO SUBSOLO NA PLANÍCIE DO RECIFE – BRASIL: ESTUDO DE CASOS

TYPICAL PROFILES OF THE SUBSOIL IN THE LOWLAND OF RECIFE - BRAZIL: CASES HISTORY

Oliveira, Joaquim Teodoro Romão de, *Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil,*
jtrdo@uol.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta a descrição de cinco perfis geotécnicos considerados típicos da Planície Costeira da Região Metropolitana do Recife, situada no Nordeste Brasileiro. São apresentados os resultados da investigação geotécnica executada, bem como informações geotécnicas sobre as obras construídas nestes depósitos de solo. Os resultados comprovam a diversidade de materiais existentes no subsolo Recifense e contribui com o estudo de solos regionais.

ABSTRACT

This paper presents the description of five typical geotechnical profiles of the Coastal Lowland of the Recife Metropolitan Area. The results of the executed geotechnical investigation are presented, as well as information on the buildings constructed in these soil deposits. The results show the diversity of existing materials in the Recife subsoil and contribute with the regional ground study.

1. INTRODUÇÃO

Na história geológica do subsolo da Região Metropolitana do Recife, estão presentes diversos processos geodinâmicos que contribuíram na formação dos diferentes depósitos. Dentre estes processos, as sucessivas transgressões e regressões marinhas no Quaternário foram responsáveis pela formação de depósitos da planície com diferentes propriedades geotécnicas.

Face à crescente expansão imobiliária e valorização dos terrenos costeiros, existe uma tendência no mercado à verticalização das edificações, o que resulta em um maior carregamento nas fundações assentes sobre os diferentes depósitos encontrados no Recife, entre os quais estão presentes camadas de argilas moles, arenitos, fragmentos de conchas e de corais, que apresentam características bastante variadas do ponto de vista geotécnico.

Este artigo apresenta o estudo de 5 casos de perfis típicos que ocorrem na Planície do Recife, Estado de Pernambuco - Brasil, mostrando a investigação geotécnica executada, bem como informações geotécnicas sobre as obras construídas nestes depósitos de solo. Os perfis estão situados nos seguintes locais:

- 2 casos no bairro de Boa Viagem – Cidade do Recife;
- 1 caso no bairro do Janga – Cidade do Paulista;
- 1 caso no bairro de Candeias – Cidade de Jaboatão dos Guararapes;
- 1 caso no bairro de Parnamirim – Cidade do Recife.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram levantadas, na literatura e através de dados de consultoria realizada pelo autor, informações geotécnicas de cinco depósitos de solos que ocorrem na Planície do Recife. Estas informações foram compiladas e são apresentadas no item 3 de Resultados e Discussão. Dentre as informações geotécnicas estão resultados de Sondagens SPT, ensaios CPT e de adensamento incremental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caso 1 – Perfil com argila mole – Boa Viagem – Recife

Este perfil típico foi apresentado por Gusmão Filho et al. (1999) e por Gusmão et al. (2000) e sobre o terreno foi construído um edifício que consiste de uma estrutura de concreto armado com 15 lajes. A Figura 1 apresenta o perfil do subsolo do terreno que se situa no Bairro de Boa Viagem. Pode-se observar que inicialmente aparece uma camada de areia, seguida por uma espessa camada de argila mole. Foi executado um melhoramento da camada superficial de areia, utilizando estacas de compactação.

A previsão dos recalques foi realizada a partir de resultados de ensaios edométricos em amostras de argila mole obtidas entre 10 e 25 metros de profundidade, utilizando a Teoria de Adensamento de Terzaghi. A argila apresenta baixa plasticidade ($IP = 20-25\%$). A umidade natural está situada entre 40 e 48%, enquanto o limite de liquidez é de 54% em média. Foram utilizados amostradores Shelby de parede fina com diâmetro de 100 mm e razão de área igual a 5%. A Figura 2 apresenta as curvas de adensamento das amostras coletadas.

Em relação à qualidade da amostragem, a amostra 1 é classificada como pobre e as amostras 2 e 3 são classificadas como muito pobres, segundo o critério de Lunne et al. (1997). Todas as amostras, portanto, apresentam alto grau de amolgamento. A baixa plasticidade da argila a torna mais sensível ao fenômeno do amolgamento.

Foram realizadas medições de recalque durante e após a conclusão da obra, tendo sido encontrados valores entre 84 e 105 mm, sem entretanto apresentar danos que possam ser relacionados ao movimento vertical de recalque. Maiores detalhes sobre a medição dos recalques podem ser encontrados em Gusmão Filho et al. (1999), Gusmão et al. (2000) e Oliveira (2000 e 2002).

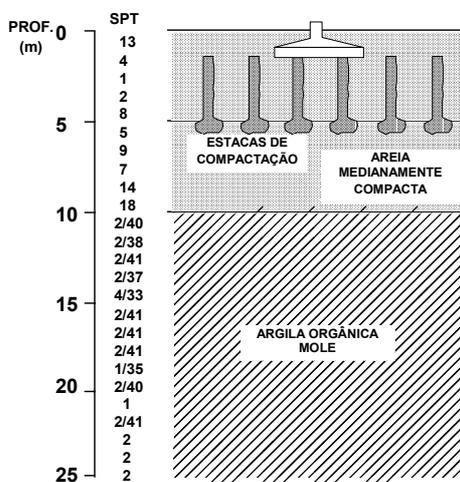


Figura 1 – Perfil geotécnico do subsolo – caso 1 (Gusmão et al., 2000).

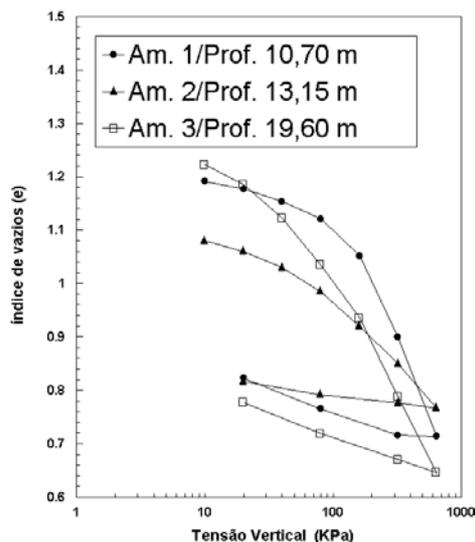


Figura 2 – Curvas de adensamento das amostras de argila mole – caso 1 (Oliveira, 2000).

3.2. Caso 2 – Perfil com fragmentos de concha – Janga – Paulista

Este caso está situado na praia do Janga no Município de Paulista e apresenta fragmentos de conchas no perfil do subsolo. As conchas, a exemplo dos corais, são materiais carbonáticos de origem orgânica, que estão presentes próximos à costa continental, em especial nos oceanos mais quentes. As conchas são carapaças calcáreas que revestem a maioria dos moluscos ou animais de corpo mole (Gusmão Filho e Amorim Jr., 1998).

A prospecção geotécnica do terreno foi feita através de sondagens de reconhecimento a percussão (SPT) e ensaios de penetração estática (CPT). A Figura 3 mostra um perfil típico da área, onde se observa entre 8 e 15 m de profundidade, um espesso depósito de conchas com areia fina e silte. Nesta camada, o valor médio do N_{SPT} é 2, com resistência de ponta igual a 1 MPa. A relação (q_c / N_{SPT}) da ordem de 0,5 MPa confirma a natureza preponderantemente granular do material (Pacheco et al., 2000).

Neste local foram construídos blocos de edifícios para criação de um conjunto residencial composto de oito prédios, sendo cinco do tipo “A” e três do tipo “B”. Os prédios são constituídos por uma estrutura apertada de concreto, com 13 pavimentos, ligados entre si por uma caixa de circulação (escadas e elevadores). Estes prédios apresentaram recalques de grande magnitude, inclusive com o surgimento de danos (Pacheco et al., 2000). O Bloco A3 foi o prédio que apresentou os maiores recalques, variando entre 243 e 500 mm.

Pacheco et al. (2000) comentam que inicialmente foram projetadas fundações em estacas pré-moldadas de concreto com 22 metros de comprimento. Em virtude de não haver equipamentos disponíveis para a execução do estaqueamento dentro do prazo previsto no cronograma da obra, foi feito um estudo de viabilidade para a implantação de fundações superficiais. Como na época da fase de projeto não existiam na literatura técnica informações geotécnicas sobre camadas compostas por fragmentos de conchas, considerou-se este material com o mesmo comportamento de um solo granular de compactação fofa. Foi projetada uma substituição do solo natural até uma profundidade mínima de 2 m abaixo do nível das fundações. A partir de resultados de prova de carga, as sapatas foram dimensionadas para uma tensão admissível de 300 kPa, assentes a 2 m de profundidade. Esperava-se que a substituição, juntamente com a camada subjacente de areia medianamente compacta, formasse uma camada de suporte com elevada rigidez, minimizando os recalques.

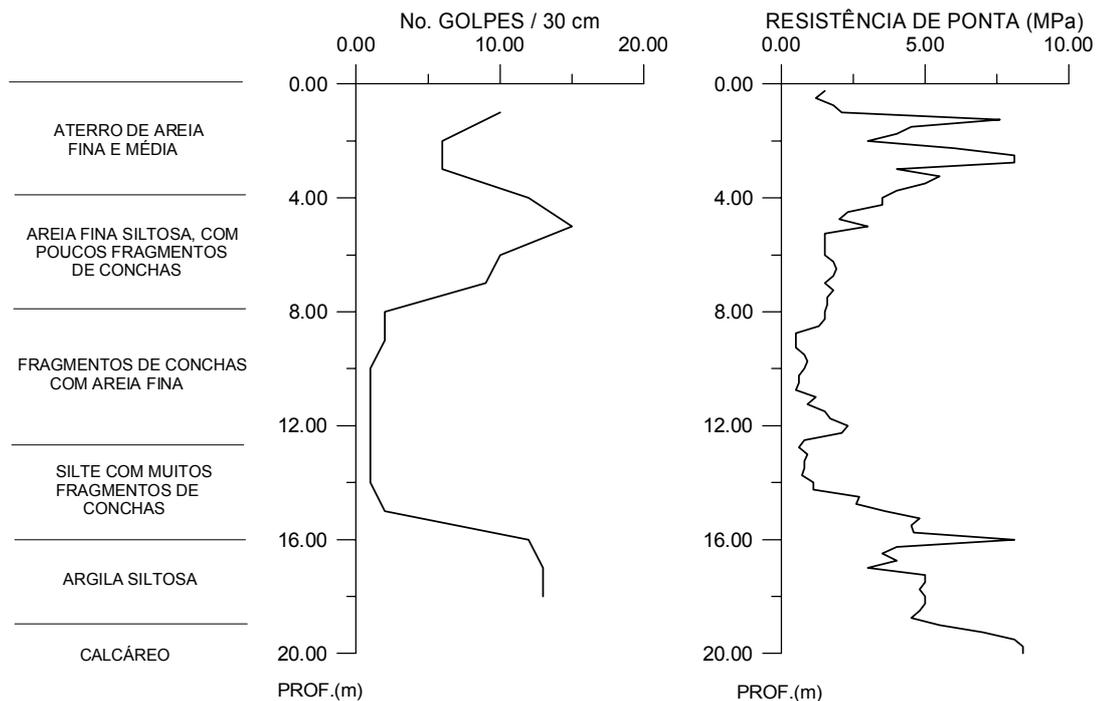


Figura 3 – Perfil geotécnico do subsolo – Caso 2 (Pacheco et al., 2000).

3.3.Caso 3 – Perfil com fragmentos de coral – Candeias – Jaboatão dos Guararapes

Neste Caso 3 as sondagens mostram um subsolo composto inicialmente por uma camada de areia fina, fofa, com espessura média de 3 metros. Segue-se uma camada de areia fina, compacta a medianamente compacta, com espessura de 3 metros. Segue-se uma camada de fragmentos de coral e conchas, com areia fina.

A Figura 4 mostra o perfil geotécnico do subsolo com resultados de SPT e do ensaio de cone (CPT). Nota-se que a camada entre 7 e 13 metros apresenta menor resistência (camadas de fragmentos de corais misturados com areia fina). Os corais, segundo Gusmão Filho e Amorim Jr. (1998), são secreções de zoófitos, que são animais que se parecem com plantas, notáveis por sua capacidade de construir estruturas de esqueletos maciços de carbonato de cálcio. Pouca ou quase nenhuma informação geotécnica está disponível na literatura sobre estes materiais (Silva e Oliveira, 2004; Oliveira e Silva, 2006).

Neste terreno foi projetado e construído um edifício que consiste de uma estrutura aporticada de concreto armado com 20 (vinte) lajes. As fundações do prédio são em sapatas apoiadas diretamente na camada de arenito (areia compacta), sem melhoramento superficial, assentes a 3,00 m de profundidade e transmitindo uma pressão máxima de 350 kPa.

Foram efetuadas medições de recalque durante e após a conclusão da obra, com a finalidade de acompanhar o seu desempenho. Os recalques variaram entre 43,5 e 75,5 mm, sendo o desempenho da edificação considerado adequado sem o aparecimento de danos.

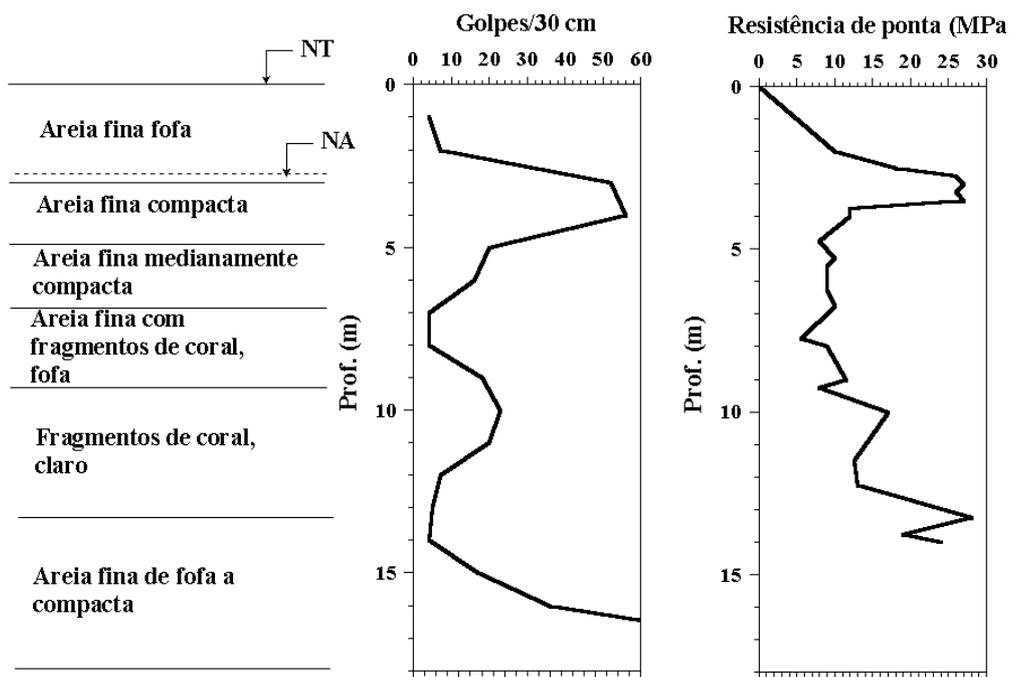


Figura 4 – Perfil geotécnico do subsolo – Caso 3.

3.4. Caso 4 – Perfil com arenito – Parnamirim – Recife

Este Caso 4 mostra a ocorrência de uma camada de arenito muito consolidado. Esta camada aparece entre 10 e 14 metros de profundidade como pode ser observado na Figura 5. A partir da análise desta Figura pode-se notar a existência de uma camada de aterro, seguida por uma camada de areia fofa a medianamente compacta e de uma argila siltosa rija a dura. Segue-se a camada de arenito e finalmente uma camada de areia medianamente compacta a muito compacta. Para perfurar o arenito foi utilizada uma sonda rotativa com coroa de diamante. O grau de recuperação (RQD) do material variou entre 46 e 72%.

Segundo Gusmão Filho (1998) é freqüente a presença de camadas de arenito no nível superficial do perfil do subsolo do Recife. Estes arenitos aparecem em ambos os terraços marinhos pleistocênico e holocênico ou indiferenciado. Cita ainda Gusmão Filho (1998) que na zona Sul, os arenitos começam de 3 a 5 m de profundidade, nos bairros da Torre a 6m e no bairro de Parnamirim a 12m. Sua espessura pode variar entre 2 a mais de 10 metros.

A presença do arenito dificulta a cravação de estacas pré-moldadas de concreto armado, tendo que ser executado um pré-furo com sonda rotativa ou trado hélice, para passagem dos elementos da fundação profunda. Por outro lado pode ser adotada uma solução em fundação superficial apoiada diretamente no arenito ou nas camadas de areia subjacentes, desde que os recalques sejam estimados e estejam dentro dos limites admissíveis sem causar danos à obra.

A Figura 6 apresenta os resultados do ensaio de cone holandês (CPT) realizado neste terreno. São mostradas as curvas de resistência de ponta (q_c), atrito lateral (f_s) e Razão de atrito (FR) ao longo da profundidade. A resistência de ponta no arenito atinge valores muito altos de até 45 MPa. Nos primeiros 3 metros do perfil está indicada uma escavação realizada para construção do subsolo do edifício. Este prédio apresenta 25 pavimentos e foi construído em concreto armado.

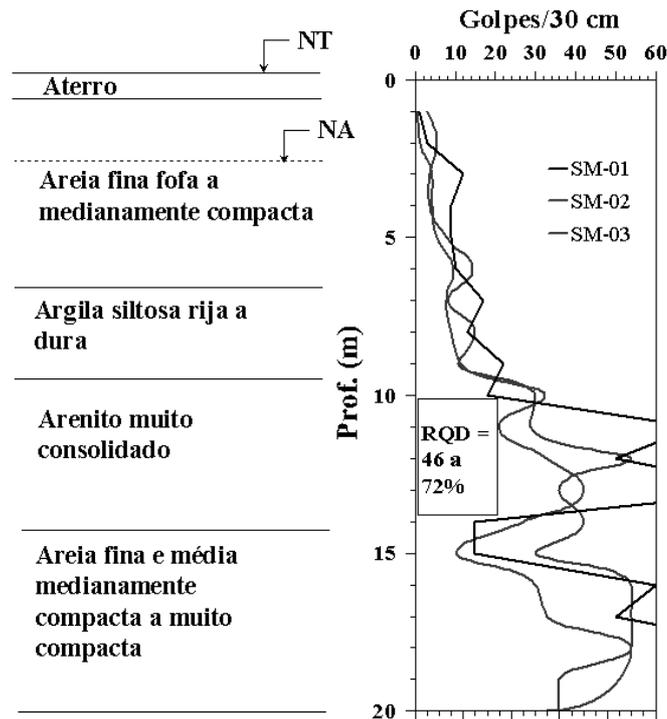


Figura 5 – Sondagem Mista – Caso 4 – Parnamirim – Recife

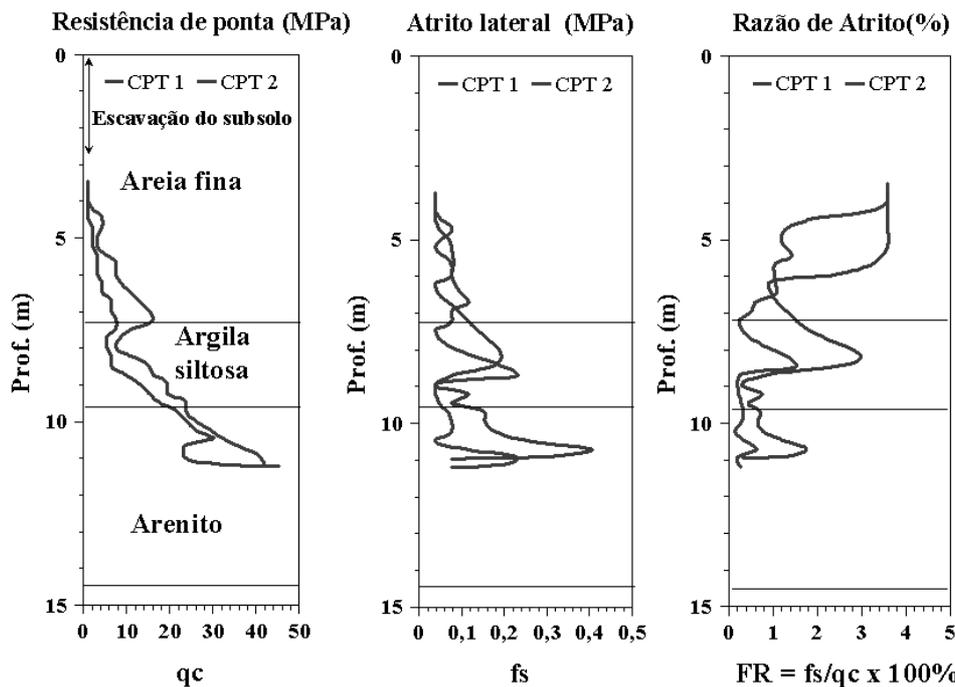


Figura 6 – Resultados dos ensaios de cone (CPT) – Caso 4 – Parnamirim – Recife

3.5. Caso 5 – Perfil extremamente estratificado – Boa Viagem – Recife

O Caso 5 está situado em Boa Viagem e apresenta uma diversidade muito grande de materiais geotécnicos. A Figura 7 apresenta o perfil do subsolo deste caso a partir de resultados de sondagens SPT. Pode-se observar camadas de diversos materiais entre eles, areias finas, turfa, silte argiloso mole, areia compacta e argila siltosa rija. Este exemplo mostra de forma bastante

forte a complexidade dos processos que originaram a planície do Recife e os vários ciclos de transgressão e regressão do mar. Do ponto de vista de capacidade de suporte o terreno só apresenta resistência razoável por volta de 34 metros, o que encarece qualquer solução de fundação para edifícios altos.

A Figura 8 apresenta os resultados do ensaio de Cone Holandês (CPT) realizado. São mostradas as curvas de resistência de ponta (q_c), atrito lateral (f_s) e Razão de atrito (FR) ao longo da profundidade. Pode-se notar a heterogeneidade do subsolo, refletido na grande variação das grandezas medidas, com picos de máximos e mínimos se alternando.

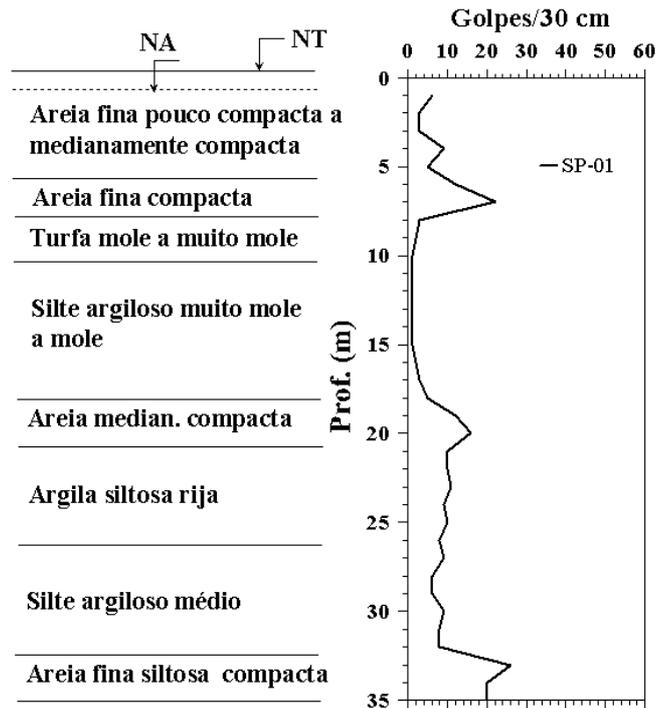


Figura 7 – Perfil do subsolo – Sondagem SPT – Caso 5 – Boa Viagem – Recife

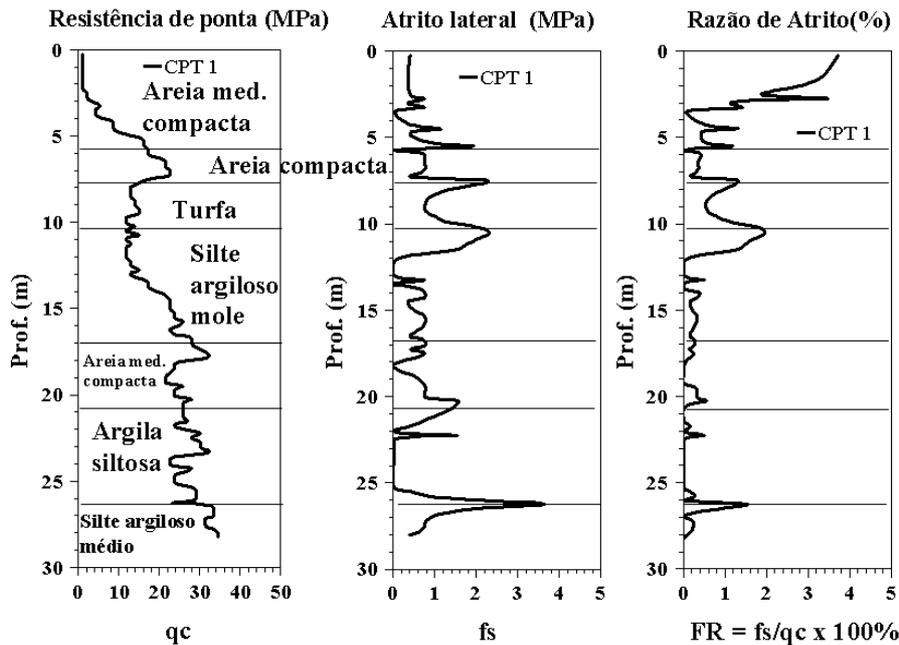


Figura 8 – Resultados do ensaio de cone (CPT) – Caso 5 – Boa Viagem – Recife

4. CONCLUSÕES

- 1) Este artigo contribui no sentido de aprofundar o conhecimento dos solos regionais, através do estudo de casos de perfis típicos da Planície do Recife e Região Metropolitana.
- 2) Pode-se verificar que existe uma grande diversidade de materiais geotécnicos presentes nesta Planície, devido à complexidade da sua formação do ponto de vista geológico. Este fato transforma a Região Metropolitana do Recife em um verdadeiro laboratório a céu aberto para o estudo de mecânica dos solos e fundações.
- 3) Nos casos 1, 2 e 3 comprovam a importância da medição de recalque como um controle de qualidade do desempenho da edificação. Embora nos casos 1 e 3 os recalques ocorridos apresentem valores que podem ser considerados de média intensidade, não foram constatados danos.

REFERÊNCIAS

- Gusmão Filho, J. A. (1998). Fundações: Do Conhecimento Geológico à Prática da Engenharia – Editora da UFPE.
- Gusmão Filho, J. A., Amorim Junior, W. M. (1998). Propriedades de Depósitos de Conchas para Fins de Fundações - *Anais do XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Brasília, V.3, p.1367-1374.
- Gusmão Filho, J. A., Gusmão, A. D., Maia, G. B. (1999) “Performance of a high building with superficial foundation in Recife, Brazil” – *XI Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Foz do Iguaçu, Vol. 3: 1563-1569.
- Gusmão, A. D, Gusmão Filho, J. A, Maia, G. B. (2000). Medições de Recalque de um Prédio em Recife – *Simpósio sobre Interação Solo-estrutura – São Carlos- SP – Anais em CD-ROM*.
- Lunne, T., Berre, T., Strandvik, S.O. (1997). “Sample Disturbance Effects in Soft Low Plastic Norwegian Clay”, *Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. único, p. 81-102.
- Oliveira, J. T. R. (2000). Estimativa de Recalque e Qualidade da Amostra – *Seminário de Qualificação ao Doutorado – COPPE/UFRJ*.
- Oliveira, J. T. R. (2002). Influência da Qualidade da Amostra no Comportamento Tensão-deformação-resistência de Argilas Moles – *Tese de Doutorado – COPPE/UFRJ*.
- Pacheco, J. L., Gusmão, A. D, Gusmão Filho, J. A., Amorim Junior, W. M. (2000). Recalque de Edifícios em depósito de fragmentos de conchas - *Anais do IV Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia*, São Paulo, V.1, p.227-237.
- Silva, T. M., Oliveira, J. T. R. (2004). Geotecnia da Região Metropolitana do Recife: Estimativa de Parâmetros Geotécnicos de Solos Regionais – *Relatório Projeto PIBIC/UNICAP*.
- Oliveira, J. T. R, Silva, T. M. (2006). Parâmetros Geotécnicos de um Depósito de Fragmentos de Coral na Região Metropolitana do Recife, *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Curitiba, V.2, p. 657-662, 2006.