

SEFE III

**3º SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA
25 A 27 DE NOVEMBRO DE 1996**

2

ANAIS

CAMPO EXPERIMENTAL DE FUNDAÇÕES EM BAURU

Cláudio Vidrih Ferreira	FET/UNESP/BAURU
Ademar daSilva Lobo	FET/UNESP/BAURU
Heraldo Luiz Giacheti	FET/UNESP/BAURU
Norival Agnelli	FET/UNESP/BAURU
José Henrique Albiero	EESC/USP / 029 505
David de Carvalho	FEAGRI/UNICAMP
Luiz Takashi Katsutani	FCT/UNESP/P.PRUDENTE

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o campo experimental de fundações do Departamento de Engenharia Civil da FET (Faculdade de Engenharia e Tecnologia), implantado no Câmpus da UNESP em Bauru, onde estão sendo desenvolvidas diversas pesquisas, principalmente sobre comportamento de fundações superficiais e profundas, onde uma grande preocupação com a influência da colapsibilidade do solo na capacidade de carga dessas fundações. Destaca-se que diversos trabalhos estão sendo realizados de forma integrada, envolvendo pesquisadores das três Universidades Paulistas, UNESP, USP e UNICAMP. São apresentados os resultados dos ensaios realizados "in situ" (SPT, SPTT, CPT e infiltração), bem como alguns resultados de ensaios laboratoriais.. Faz-se um breve relato das pesquisas em andamento e de outras a serem desenvolvidas futuramente.

1. INTRODUÇÃO.

Após a incorporação da Fundação Educacional de Bauru pela UNESP, em 1988, a área de Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil, tem dedicado especial atenção ao comportamento do solo típico da região de Bauru, representativo de grande área do estado de São Paulo.

Dentro da linha de pesquisa "Geotecnia da Região de Bauru", com apoio da FAPESP, CNPq e CAPES, foram desenvolvidas inúmeras pesquisas no intuito de caracterizar o solo e, através de provas de carga e ensaios laboratoriais, possibilitar a previsão do comportamento de vários tipos de fundações frequentemente utilizados nessa região, quer seja nas condições do terreno natural ou na situação de terreno inundado.

Ferreira (1991), coletando amostras em 3 locais diferentes, denominados de 1, 2 e 3, (figura 1), na cidade de Bauru, afastados cerca de 4 000 m do Câmpus da UNESP, desenvolveu um programa de ensaios laboratoriais, obtendo informações sobre compressibilidade, permeabilidade e resistência ao cisalhamento, no intuito de possibilitar a caracterização geotécnica do solo desta região e oferecer resultados que proporcionem um melhor conhecimento deste material e seu provável comportamento, quando de sua utilização em obras de engenharia civil.

Lobo (1991) realizou inúmeras provas de carga sobre estacas apiloadas e escavadas, com o terreno natural e após inundação, verificando-se a influência do modo executivo e do encharcamento do solo no valor da carga última das estacas. Esses valores foram comparados aos previstos por fórmulas empíricas, que usam resultados de sondagens de simples reconhecimento. Um programa de laboratório foi desenvolvido, para caracterizar

o solo do local 4, afastado cerca de 2500 m do Câmpus da UNESP, e verificar a influência da inundação nos parâmetros de resistência e compressibilidade do solo.

Giacheti (1991) estudou o comportamento dinâmico dos solos que ocorrem no local 4, a partir de resultados de ensaios sísmicos "cross-hole" e coluna ressonante. As peculiaridades do comportamento observado foram atribuídas às características genéticas e condição não saturada do solo.

Agnelli (1992) executou provas de carga direta com o terreno natural e inundado, verificando-se a influência do encharcamento do solo no valor da pressão de ruptura e na magnitude do recalque. Os valores foram comparados aos previstos pela teoria da capacidade de carga e pelas fórmulas empíricas que usam resultados de sondagens à percussão. Um programa de laboratório foi desenvolvido, para caracterizar o solo local e verificar a influência da inundação nos parâmetros de compressibilidade do solo. Essa pesquisa foi desenvolvida no local 5, dentro do Câmpus da UNESP a cerca de 200 m do Campo Experimental de Fundações.

A figura 1 mostra uma planta parcial da cidade onde são indicados os locais 1, 2 e 3 pesquisados por Ferreira (1991), o local 4, onde se desenvolveu a pesquisa de Lobo (1991) e Giacheti (1991) e o local 5, objeto da pesquisa de Agnelli (1992).

A maioria dessas pesquisas foram executadas em terrenos particulares, algumas vezes com restrições dos proprietários, o que nem sempre permite condições ideais para o seu desenvolvimento, bem como inviabiliza o acompanhamento ou continuidade de outras pesquisas, cujos resultados poderiam ser correlacionados entre si. Assim tornou-se premente a necessidade de uma área experimental, onde fosse possível o desenvolvimento e acompanhamento de pesquisas com um adequado planejamento e com melhor conhecimento das propriedades do subsolo.

Para a viabilização e a realização de outras pesquisas, a UNESP - Câmpus de Bauru, destinou, em 1991, uma área de aproximadamente 50.000 m² para a implantação de um campo experimental do Departamento de Engenharia Civil, em local desprovido de qualquer infraestrutura, inclusive com necessidade de execução de acesso em terra.

O estabelecimento efetivo deste campo experimental ocorreu, graças aos recursos da FET/UNESP e de auxílio obtido junto à FAPESP (ALBIERO, 1995). Posteriormente, em 1995, a FAPESP, através de programa destinado a melhoria de infraestrutura permitiu a instalação de condições mínimas para a utilização deste Campo e realização da pesquisa em foco.

Esta implantação está viabilizando a formação de uma equipe de pesquisadores geotécnicos envolvendo as 3 Universidades Estaduais Paulista e permitirá que se realizem estudos sobre o solo típico da região, e provas de carga nas fundações usualmente utilizadas, cujas análises poderão contribuir para o aprimoramento e adequado dimensionamento de futuras fundações.

Almeja-se que no futuro, empresas executoras de fundações no Brasil possam contribuir para que se estude o comportamento de outros tipos de fundações consagrados em nosso país, neste tipo de solo.

2. CAMPO EXPERIMENTAL.

Inicialmente foi proposta uma área para ser implantado o Campo Experimental do Departamento de Engenharia Civil da FET/UNESP-Bauru, local 5 da figura 1, onde foram realizados 6 furos de sondagem, abertura de um poço de 1,20 m de

diâmetro e 14 metros de profundidade, com coleta de 2 amostras indeformadas de 0,25m x 0,25m x 0,25m a cada metro. Neste local foram executadas provas de carga sobre placa cujos resultados foram publicados por Agnelli (1992).

Posteriormente, devido a problemas de segurança, dificuldade de acesso e para adequar-se ao novo plano diretor do Câmpus de Bauru, foi sugerido pela Prefeitura do Câmpus uma nova área, muito próxima do local 5, que, além de contar com maior facilidade de acesso, contava com infraestrutura, água e luz, mais próximos, além de situar-se em local de maior segurança. Destaca-se que o Câmpus da UNESP de Bauru possui uma área total de 4,5 milhões de metros quadrados, dos quais pouco mais de 20% encontram-se desmatados.

Esta transferência acarretou a todos uma série de atividades que não estavam previstas, no sentido de proporcionar as condições mínimas para o pleno desenvolvimento do projeto proposto, em virtude deste campo estar localizado numa mata, sem nenhuma infraestrutura.

Para a implantação do Campo Experimental foi efetuado um estudo para promover uma utilização racional da área procurando preservar ao máximo a flora e a fauna existentes. Para execução de infra-estrutura do campo experimental procedeu-se a diversos serviços como os listados abaixo.

- a) Abertura de estrada de acesso;
- b) Limpeza de parte da área;
- c) Extensão da rede elétrica e instalação de água;
- d) Levantamento topográfico;
- e) Projeto e construção de uma edificação provida de banheiro e local para depósito de equipamentos;
- f) Colocação de marcos referenciais: cotas e coordenadas.

Além das dificuldades acima listadas, os primeiros ensaios SPTT e CPT (local A), executados com recursos da FAPESP, indicaram no local dos ensaios uma anomalia do solo, não sendo o mesmo representativo da região de Bauru.

Necessitou-se, então, contratar uma nova empresa, com recursos próprios, para proceder uma nova investigação geotécnica a fim de encontrar no novo campo experimental o solo representativo da região. Esta investigação, sondagens de simples reconhecimento, constatou a existência deste tipo de solo, (local B), dentro da área reservada ao campo experimental. Recentemente, no local B, foram realizados novos ensaios SPTT. Neste momento, neste local, estão sendo realizados novos ensaios de penetração contínua (CPT).

A figura 2 apresenta a área do novo campo experimental e o local onde já foram executados diversos ensaios inclusive com realização de provas de carga em estacas e sobre placas.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.

Geologicamente, a região de Bauru, se encontra totalmente localizada no Planalto Ocidental Paulista. A área é coberta predominantemente, segundo Cavaguti (1981) por sedimentos do Grupo Bauru (Formação Marília e Formação Adamantina) existindo uma relação genética entre o solo e a litologia presente.

O Grupo Bauru é de idade cretácea superior. Em alguns locais ocorrem sedimentos cenozóicos e aluviões quaternários. O Grupo Bauru corresponde a um quarto ciclo de deposição mesozóica, sendo de deposição fluvial. Este Grupo pode ser subdividido da base para o topo, nas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

A formação Adamantina, de idade cretácea média a superior, está subdividida em duas fácies: Ubirajara (inferior) e Taciba (superior). Esta formação é constituída por arenitos de granulação média a fina, siltitos arenosos micáceos, arenitos micáceos, argilitos e arenitos conglomeráticos e, raramente, arenitos com nódulos carbonáticos. A fração arenosa é rosada e avermelhada, com boa seleção e arredondamento regular.

A distribuição horizontal da Formação Adamantina desenvolve-se genericamente, por toda a área. Sua espessura é muito variável, em função das irregularidades topográficas do substrato, entretanto sua espessura máxima na área é inferior a 200 m. Quanto a origem, as frequentes estruturas hidrodinâmicas mostram que a Formação Adamantina foi depositada por rios meandantes com extensas planícies de inundação, onde eram comuns as lagoas. Os bancos de arenito foram depositados por canais e os banos de siltitos em planícies de transbordamento, baixos de inundação e lagoas.

A Formação Marília, de idade cretácea superior, é constituída por arenitos, conglomerados e lamitos, intercalados entre si. Os conglomerados apresentam seixos de composição variada, geralmente de quartzo, calcedônia, quartzito e arenito e, algumas vezes, de calcário e argilito. Esta Formação aflora por toda a região, ocupando, topograficamente, as cotas mais altas (em média, cotas superiores a 540 m). Apresenta-se bastante lixiviado, originando solo avermelhado de grande espessura. A espessura máxima encontrada na região é da ordem de 80 a 90 m.

A cobertura cenozóica, quando presente, é formada por sedimentos inconsolidados de difícil distinção dos solos residuais. É constituída por areias de granulometria diversificada, pouco coerentes e mal selecionadas, com porcentagens de silte e argila variadas, refletindo de maneira geral a litologia das rochas locais..

Ocorrem aluviões nas planícies de inundação e leitos dos atuais cursos de água, sendo constituídos por areias e cascalhos inconsolidados e, localmente argilosas.

A figura 3 apresenta parte do vasto perfil geológico da região de Bauru.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA.

4.1. Ensaios in situ.

Para a investigação do subsolo foram executados ensaios de sondagens de simples reconhecimento (SPT e SPTT) de penetração contínua (CPT), ensaios de infiltração e abertura de um poço de inspeção e coleta de amostras. Neste poço foram coletadas amostras deformadas e duas indeformadas a cada metro até a profundidade de 20 m. Estas amostras estão sendo submetidas a um programa de ensaios de laboratório.

Na figura 4 apresenta-se um perfil típico e dados de SPT e SPTT para os locais A e B, CPT para o local B e valores do coeficiente de infiltração e permeabilidade para o local B.

4.2. Ensaios Laboratoriais.

O poço de amostragem, situado no local B, foi executado na área situada entre os pontos de sondagens, com 20,0m de profundidade e com seção transversal de tal forma que as amostras fossem coletadas na parede lateral. A cada metro escavado foram coletadas duas amostras indeformadas, retiradas manualmente, na forma de bloco cúbico com 0,25

m de aresta, duas amostras deformadas, acondicionadas em sacos plásticos e três amostras acondicionadas em cápsulas de alumínio para determinação imediata do teor de umidade.

As amostras coletadas estão sendo submetidas a um programa de ensaios laboratoriais. A figura 5 apresenta a granulometria, limites de consistência e índices físicos do local B.

5. PESQUISAS EM ANDAMENTO.

Os docentes da Área de Geotecnia vêm trabalhando juntos, há algum tempo e os resultados de suas pesquisas já estão sendo gradativamente publicados. Atualmente esta equipe, integrada com pesquisadores de outras universidades, vem concentrando grande parte de suas pesquisas no campo experimental de fundações na UNESP-Bauru. Estas atividades de pesquisa deverão ser intensificadas no futuro, através de novos investimentos de agências financiadoras de pesquisa ou interesse de empresas prestadoras de serviços na área de fundações.

Assim, a fim de estudar o comportamento do solo residual da cidade de Bauru e que é representativo de grande parte daquele que ocorre em nosso estado, a Área de Geotecnia da FET-UNESP tem concentrado seus trabalhos em pesquisas experimentais, especialmente com o intuito de melhor entender o comportamento de diferentes tipos de fundações de edifícios e de obras de terra e sua eficiência quando inundadas.

No momento está-se estudando o efeito da inundação do solo no comportamento de estacas moldadas "in-loco", instrumentadas, submetidas a carregamento axiais de tração e compressão e carregamento lateral. Dando continuidade ao estudo do comportamento de fundações diretas rasa e profundas estão sendo realizadas provas de carga utilizando placa circular, com o terreno em condições naturais e com inundação, variando-se o valor do pH do líquido inundante.

Como tem sido constatado por diversos pesquisadores que o comportamento de solos tropicais nem sempre pode ser previsto com base na Mecânica dos Solos tradicional. Assim têm-se realizado ensaios mecânicos e de caracterização, de modo a procurar associar as peculiaridades do comportamento mecânico a suas características genéticas e a sua condição não saturada, tanto em amostras naturais como compactadas.

6. CONCLUSÕES.

A implantação do campo experimental de fundações no Câmpus da UNESP-Bauru contribuiu decisivamente na consolidação de um grupo de pesquisadores, integrando as três Universidades Estaduais Paulistas. As pesquisas concentradas neste campo experimental, analogamente as realizadas nos campos experimentais da USP-São Carlos e Poli-São Paulo, permitirão um melhor conhecimento do subsolo que ocorre em grande parte do Estado de São Paulo e uma previsão mais eficiente do comportamento de diferentes tipos de fundações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelos auxílios financeiros concedidos para implantação do campo experimental e desenvolvimento das pesquisas, ao CNPq, CAPES pelas bolsas concedidas, a ENGESOLOS, pela realização da maioria dos ensaios penetrométricos, a MASTER BAURU - Fundação e Construção Civil Ltda pela execução das estacas apiloadas, a BAURU EMPREITEIRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL S/C LTDA e TIJOTELHAS COMÉRCIO DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO LTDA, pela cessão de mão de obra, apoio na montagem de provas de carga e transportes e mudanças das vigas de reação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNELLI, N. Estudo da Colapsividade do Solo de Bauru através de Provas de Carga Diretas, São Carlos/SP, 1992. Dissertação - mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 172p.
- ALBIERO, J.H. Efeito da Inundação do Solo no Comportamento de Estacas Moldadas "in-loco", Instrumentadas, em Campo Experimental de Bauru-SP. Relatório Científico - Processo FAPESP 94/0515-8, 1995. 88p.
- ALBIERO, J.H., CARVALHO, D. & LOBO, A.S. Solos do Interior de São Paulo - Capítulo Fundações, publicado na ocasião da realização da Mesa Redonda Solos do Interior do Estado de São Paulo, São Carlos/SP, Departamento de Geotecnia - EESC - USP e ABMS/NRSP, 1993,
- CAVAGUTI, N. Geologia, Estruturas e Características Hidrogeológicas Mesozóicas da Região de Bauru-SP, 1981. Tese - doutorado - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras (USC), Bauru. 169p.
- CINTRA, J.C.A., CARVALHO, D., GIACHETI, H.L., BORTOLUCCI, A.A. & ALBIERO, J.H. Campo Experimental de Fundações em São Carlos. IN: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS, 2, São Paulo, 1991. Anais..., São Paulo, ABEF/ABMS, 1991, V.1, p.96-105.
- FERREIRA, C.V. Caracterização Geotécnica do Solo de uma área da Cidade de Bauru-SP. São Carlos/SP, 1991. Dissertação - mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 160p.
- FERREIRA, C.V.; LOBO, A.S.; & ALBIERO, J.H. Correlações entre Parâmetros Geotécnicos de um Solo Residual. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 10, Foz do Iguaçu, 1994. Anais..., São Paulo, ABEF/ABMS, 1994. p.1213-1220.
- GIACHETI, H.L. Estudo Experimental de Parâmetros Dinâmicos de Alguns Solos Tropicais do Estado de São Paulo, 1991 Tese - doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP 232p.
- GIACHETI, H.L. & ROHM, S.A. Efeito da sucção matricial no módulo de cisalhamento máximo de um solo laterítico. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro, 1996. a ser publicado.
- LOBO, A.S. Colapsividade do Solo de Bauru e sua Influência em Estacas de Pequeno Porte. São Carlos/SP, 1991. Tese - doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 211p.

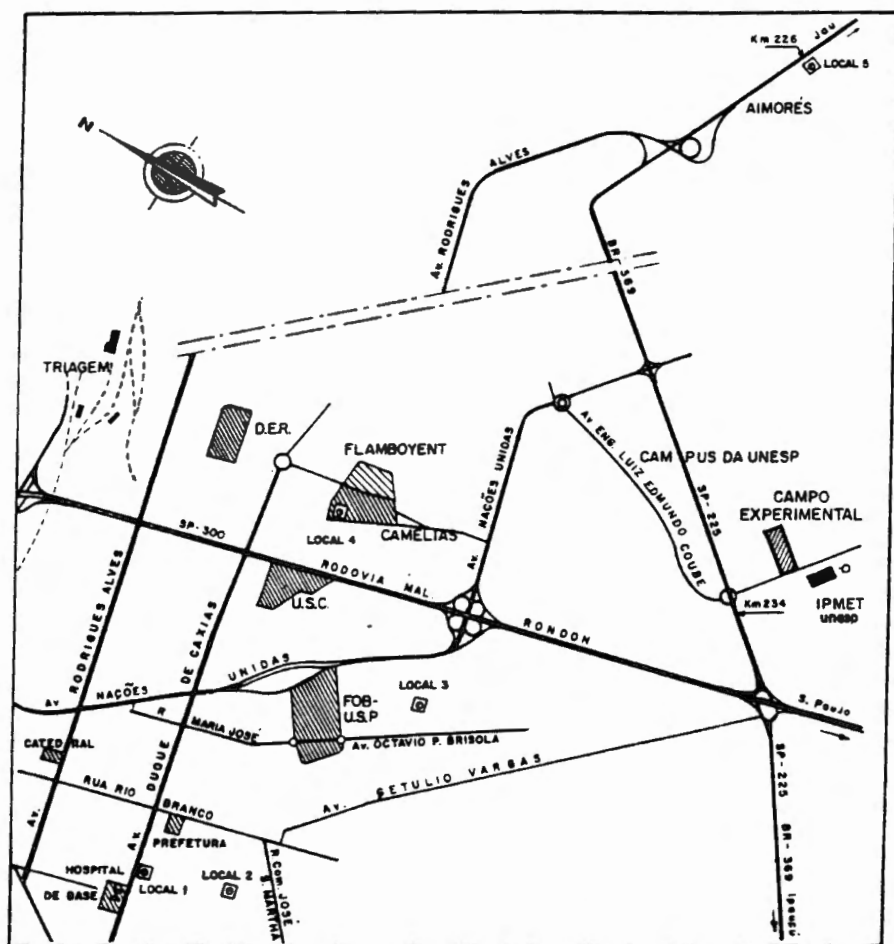


FIGURA 1. PLANTA DA ÁREA PESQUISADA

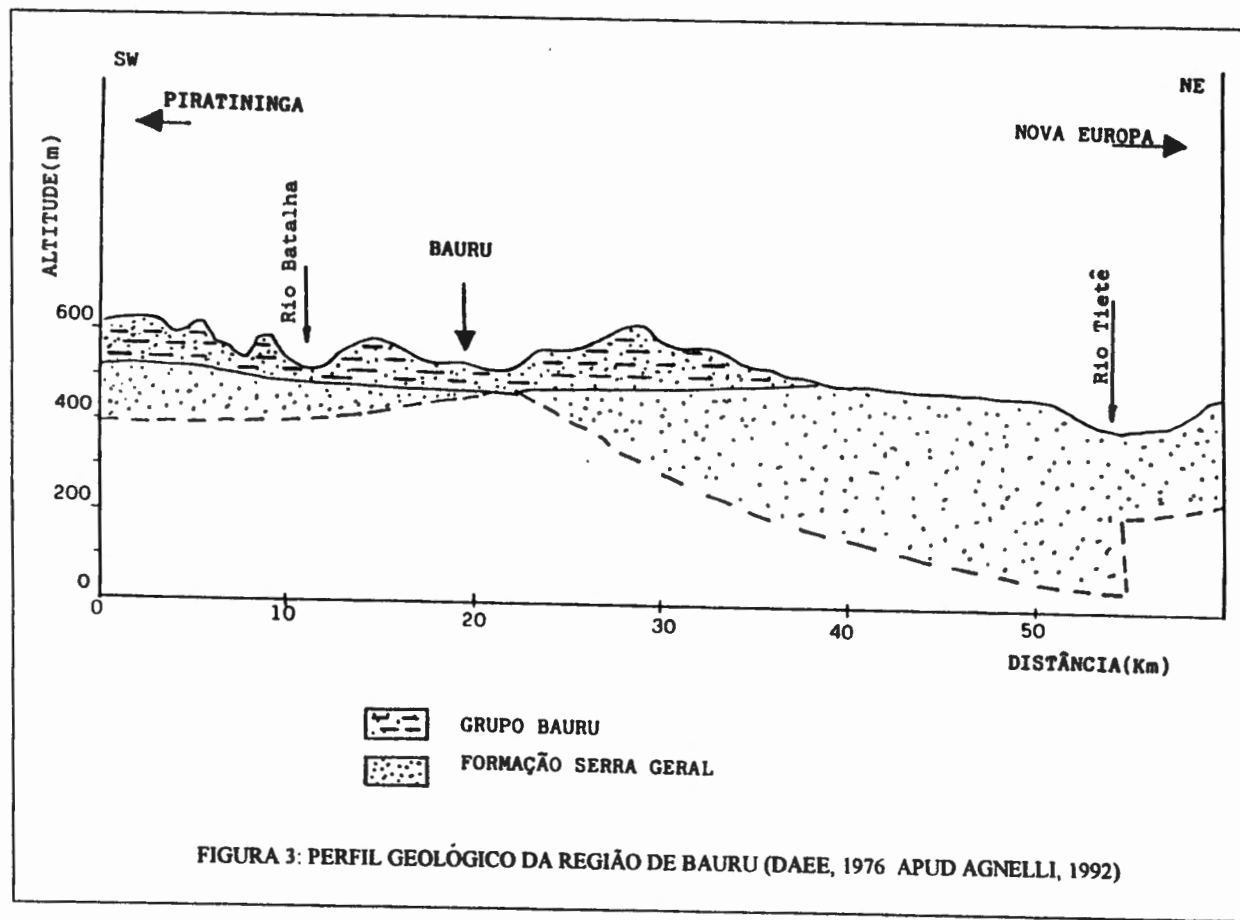


FIGURA 3: PERFIL GEOLÓGICO DA REGIÃO DE BAURU (DAEE, 1976 APUD AGNELLI, 1992)

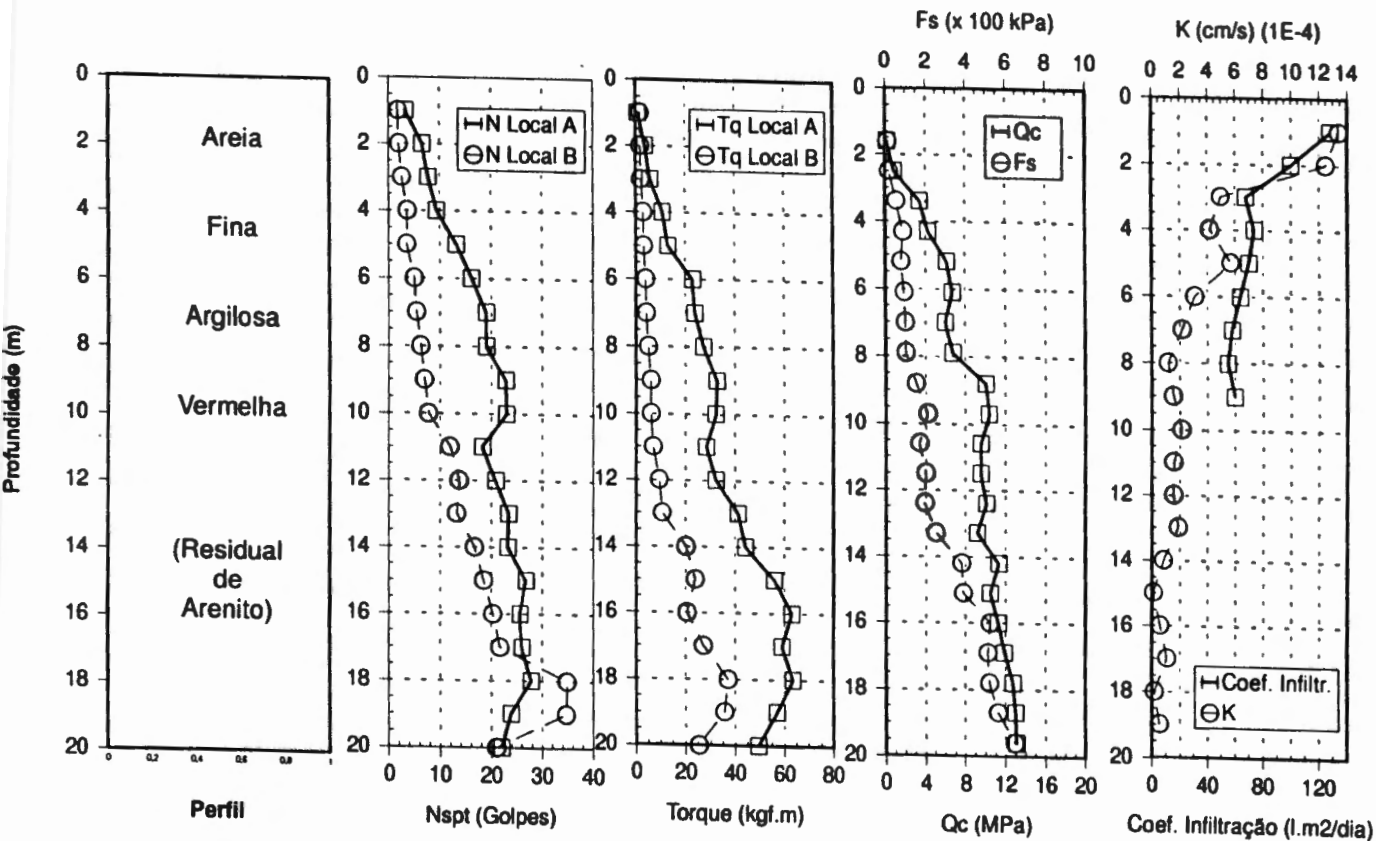


FIGURA 4: PERFIL TÍPICO E DADOS DE SPT, SPTT, CPT, COEFICIENTES DE INFILTRAÇÃO E DE PERMEABILIDADE.

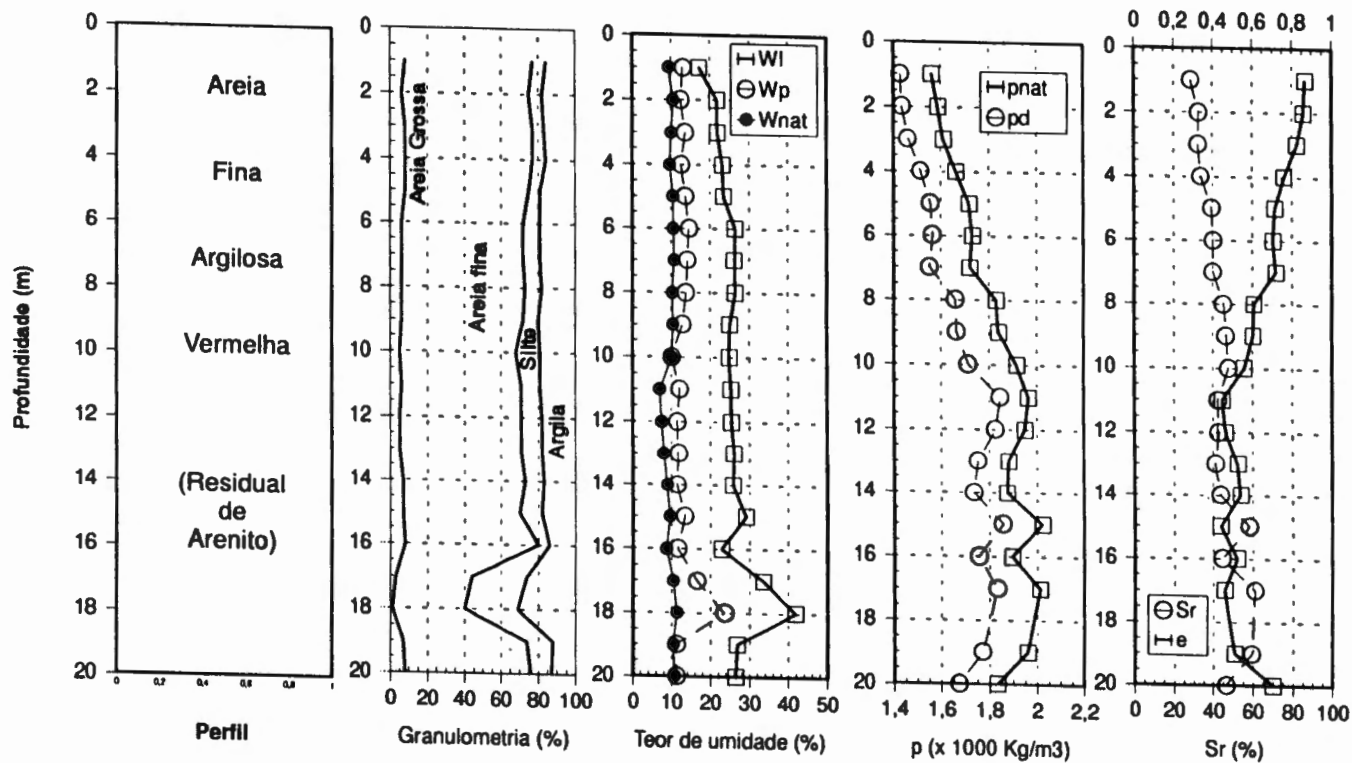


FIGURA 5: PERFIL TÍPICO E DADOS DE GRANULOMETRIA, LIMITES DE CONSISTÊNCIA E ÍNDICES FÍSICOS.