

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DAYSE NATÁCIA DE TORRES BANDEIRA

PERFIS GEOTÉCNICOS DO CAMPUS DA UFPE

RECIFE, 2012

DAYSE NATÁCIA DE TORRES BANDEIRA

PERFIS GEOTÉCNICOS DO CAMPUS DA UFPE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Washington Moura de Amorim
Júnior.

RECIFE, 2012.

N.Cham. 2011.2 B214p TCC

Autor: Bandeira, Dayse Natácia de Torre

Título: Perfis geotécnicos do campus da UFPE / .



8691496
319997

Ex.1 CTG

319997
8691496

A

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

B214p

Bandeira, Dayse Natácia de Torres.
Perfis geotécnicos do Campus da UFPE / Dayse Natácia de Torres
Bandeira. - Recife: O Autor, 2012.
43 folhas : Il, Graf., Tabs.

Orientador: Prof. Washington Moura de Amorim Júnior.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Curso de Engenharia Civil, 2012.

Inclui bibliografia e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Solo Transportado - Recife. 3. Universidade
Federal de Pernambuco – Perfil Geotécnico. I. Amorim Junior,
Washington Moura de (orientador). II. Título.

UFPE

624

CDD (22. ed.)

BCTG/2012 - 020

AGRADECIMENTOS

- A DEUS, pela minha saúde, e às Equipes de Nossa Senhora, pela força nas horas necessárias;
- Ao pesquisador, amigo, e orientador Mestre Washington Moura de Amorim Júnior, pelo apoio, ensinamentos e experiência dividida neste período que farão parte da minha vida profissional;
- À Silmara do DPP-UFPE pela paciência no momento de aquisição dos dados;
- Aos colegas de trabalho Mário Amorim e Aldecira Siqueira por dicas do AutoCAD;
- A professora de Topografia, Andréa de Seixas por fornecer dados importantes para o trabalho;
- Aos meus pais Estácio e Nadja e meu irmão Thomaz que sempre me apoiaram e incentivaram na busca de novos conhecimentos;
- Ao meu noivo Givaldo pela compreensão nos finais de semana em que estive ausente, e pelo incentivo na realização deste trabalho;
- A todos aqueles que de alguma forma contribuíram ou torceram pela concretização desta pesquisa.

Foi feita uma revisão bibliográfica envolvendo aspectos históricos e geotécnicos sobre a cidade de Recife, com ênfase nos solos transportados. Nesta revisão, apresentaram-se a origem e formação dos solos transportados de Recife e suas principais características dos componentes que compõem os solos. Os estudos foram baseados em uma grande quantidade de sondagens de simples reconhecimento coletados na área do Campus da UFPE. Através das sondagens acrescentadas procurou-se comprovar e melhorar os perfis de solos traçados obtidas pela aluna Bianca Malta em seu trabalho de iniciação científica, o qual não teve publicação e disponibilizá-lo em modelo digital.

ABSTRACT

Was made involving a literature review and geotechnical aspects of the historical city of Recife, with emphasis on land transport. In this review, presented to the origin and formation of soil transported from Recife and its main characteristics of the components that make up the soil. The studies were based on a large number of surveys collected in the simple recognition of the Campus UFPE - Recife. Through the added polls sought to prove and improve the soil profiles obtained by the student drawn Bianca Malta in their work undergraduate research, which was not published and make it available in digital model.

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 08 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL..... | 10 |
| 2.1 Origem e Formação dos Solos | 10 |
| 2.2 Investigação do Subsolo – SPT..... | 12 |
| 2.3 Características dos principais tipos de solo..... | 14 |
| 2.3.1 Solos Arenosos..... | 14 |
| 2.3.2 Solos Argilosos..... | 17 |
| 2.3.3 Solos Siltosos..... | 18 |
| 3 METODOLOGIA..... | 22 |
| 3.1 Objetivo Geral..... | 22 |
| 3.2 Objetivos Específicos..... | 22 |
| 4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO..... | 26 |
| 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 29 |
| 5.1 Perfil Transversal 1..... | 29 |
| 5.2 Perfil Transversal 2..... | 31 |
| 5.3 Perfil Transversal 3..... | 35 |
| 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES..... | 39 |
| REFERÊNCIAS..... | 41 |
| ANEXOS | |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Variação da linha de costa com sedimentação/erosão..... | 11 |
| Figura 2 – Ocorrência de trincas e fissuras nas edificações ocasionadas por recalque..... | 16 |
| Figura 3 – Locação dos perfis..... | 23 |
| Figura 4 – Detalhes da metodologia..... | 25 |
| Figura 5 – Delimitação da área de estudo..... | 27 |
| Figura 6 – Vista panorâmica da UFPE..... | 28 |
| Figura 7 – Perfil transversal 1..... | 29 |
| Figura 8 – Seção A do perfil transversal 1..... | 30 |
| Figura 9 – Seção B do perfil transversal 1..... | 31 |
| Figura 10 – Perfil transversal 2..... | 31 |
| Figura 11 – Seção A do perfil transversal 2..... | 32 |
| Figura 12 – Seção B do perfil transversal 2..... | 33 |
| Figura 13 – Seção C do perfil transversal 2..... | 34 |
| Figura 14 – Perfil transversal 3..... | 35 |
| Figura 15 – Seção A do perfil transversal 3..... | 35 |
| Figura 16 – Seção B do perfil transversal 3..... | 36 |
| Figura 17 – Seção C do perfil transversal 3..... | 37 |
| Figura 18 – Seção D do perfil transversal 3..... | 38 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Estados de compacidade e consistência..... | 14 |
| Tabela 2 – Análise do uso em construções e tipos de solos..... | 20 |
| Tabela 3 – Coordenadas Geográficas aproximadas dos limites da UFPE..... | 27 |

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo densificar as anotações de sondagens realizadas até 2011 tendo como base o trabalho de iniciação científica de Bianca Malta juntamente com professor Washington. Consiste em complementar e atualizar perfis Geotécnicos a partir da classificação dos solos obtidos no relatório de sondagens de SPT (Standart Penetration Test) realizadas no Campus da UFPE, situado na Cidade Universitária, em Recife, Pernambuco.

Para a elaboração dos perfis, as sondagens vêm sendo muito utilizadas na aquisição de dados básicos do subsolo, pois é possível através delas obter amostras classificando o solo, de maneira táctil-visual (composição textural).

Segundo Câmara e Pereira (2005), o adequado conhecimento das características e parâmetros geotécnicos dos solos locais, principalmente daqueles relacionados com a resistência e a defomabilidade dos solos, conduz a uma maior probabilidade de otimização dos projetos de natureza geotécnica (fundações de edifícios, estrutura de contenção de terras, pavimentação).

Tendo em vista que o campus da UFPE está em processo de desenvolvimento, apresentando um dos maiores índices de crescimento financiado pelo projeto Reuni - UFPE (Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão), necessitando assim de ampliações. Esse trabalho visa auxiliar nos projetos de fundações de futuras obras, tornando-os mais seguros e econômicos.

Na gestão de política da UFPE, na área de urbanização, é defendido o critério de local prédios de maior porte, com maiores cargas, estruturas ousadas ao longo das avenidas principais, como é o caso do bloco compartilhado dos Centros de Ciências Biológicas e de Ciências da Saúde e o Restaurante Universitário, localizados na Av. Reitor Joaquim Amazonas. E nas demais áreas, prédios de menor

porte, estacionamentos, áreas de convivência. Esta prática nem sempre é a correta do ponto de vista econômico e técnico.

Com a finalidade de planejamento das obras a serem executadas na Cidade Universitária do Recife, é de fundamental importância o conhecimento do perfil geotécnico do subsolo evitando-se, por exemplo, os bolsões de argilas para a locação das obras de maior porte, colocando-se sobre estes depósitos, por exemplo, áreas de lazer, jardim, etc.

Por outro lado, identificando-se as áreas de predominância de depósitos arenosos, nestas seriam localizadas as obras de maior porte, evitando assim as fundações, mais dispendiosas que as superficiais.

Em sua “história geológica” o Riacho do Cavouco mudou de curso por diversas vezes deixando, nos leitos abandonados, depósitos de argila muito mole. A locação destes leitos abandonados é de fundamental importância.

Nesse sentido, o presente trabalho procurou identificar os tipos de solo presentes no Campus da UFPE com a finalidade de dar um melhor suporte ao planejamento de urbanização. Assim, foram traçados perfis de solo para realização de projetos de fundação predial, de acordo com os diferentes componentes dos solos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

2.1 Origem e Formação dos Solos

Os solos são formados através da decomposição das rochas através do intemperismo. A decomposição é ocasionada pelos intemperismo, o químico e o físico. O primeiro está relacionado com os vários processos químicos que deteriorizam, alteram, depositam, solubilizam a rocha transformando-a em solo. São caracterizados nos climas quentes e úmido. O segundo acontece devido a ação mecânica desagregadora de transporte da água, do vento e da variação de temperatura. Ocorre, muitas vezes com a combinação de vários agentes do intemperismo. Os solos residuais são aqueles que se formam e permanecem próximos à rocha mãe e os demais são os sedimentares ou transportados. (Ortigão, 2007)

Segundo Caputo (1988) os solos sedimentares ou alóctones são formados através das ações de agentes transportadores. Denomina-se de aluvionares os solos formados através do transporte realizado pela água, eólicos quando transportados pelo vento, coluvionares quando pela gravidade e glaciares quando pelas geleiras.

Gusmão Filho (1998) acrescenta que os solos transportados ou sedimentares formam-se a maior ou menor distância da rocha mãe, após terem sido levados pela água, vento, ou pela ação da gravidade, onde o solo sofre processo de erosão, lixiviação e transporte. Constitui o solo aluvionar, todo material que sofreu erosão, retrabalhado no qual foi transportado pelos cursos d'água e depositados nos leitos e margens, sempre associados à ambientes fluviais.

A transgressão e regressão do mar foram os processos mais importantes na formação da planície do Recife. A energia da água no avanço do mar provoca erosão à sua frente, no pós-praia e sedimentação para trás, na ante-praia. A medida que o mar regride, o quadro se inverte. A energia é perdida causando a

sedimentação na na frente da onda (pós-praia) e o processo de erosão na ante-praia, trazendo o material do leito para o fundo do mar. (GUSMÃO FILHO, 1998).

A figura 1 procura explicar o mecanismo dos processos desencadeados com a transgressão ou regressão do mar.

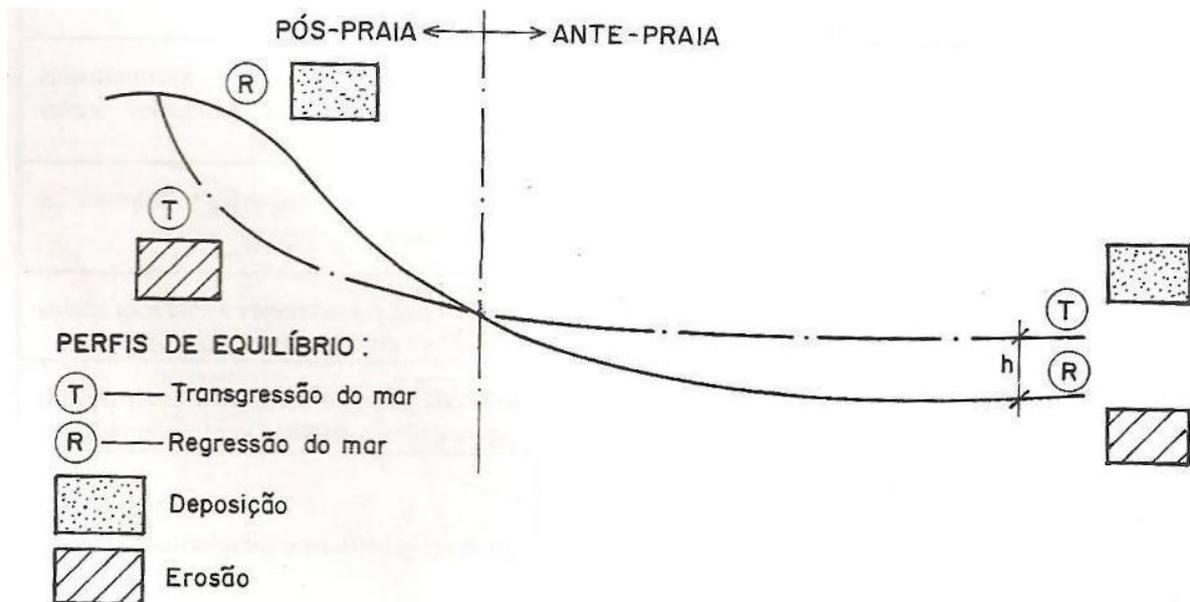


Figura 1 – Variação da linha de costa com sedimentação/erosão (GUSMÃO FILHO, 1998)

O transporte pela água faz-se sempre com a participação da gravidade: através de rios e enxurradas. A deposição verifica-se a partir do instante em que a energia do agente transportador é insuficiente para o deslocamento de um dado fragmento. A declividade do leito onde se desenvolve um rio (perfil longitudinal) é fator determinante na seleção dos fragmentos, onde os deslocamentos fazem-se por arrasto (granulometria a partir da areia), por saltitação (areia fina e silte) e em suspensão (argila). O arrasto e saltitação verificam-se na faixa de turbulência das águas e a suspensão é própria do fluxo laminar. (BARROSO, artigo 6)

A deposição é fortemente influenciada pelo ambiente, granulometria das partículas. Um ambiente de deposição é uma área em que é semelhante o efeito combinado de fatores como a topografia, temperatura, água, organismo e a velocidade em que ocorrem mudanças nestas condições. Do mesmo modo, a granulometria das partículas é um índice do

seu modo de deposição. Águas mais lenta tendem a depositar sedimentos mais finos e uniformes em seu tamanho (argilas sedimentares). Já a água movendo-se rapidamente, tem nível energético elevado e pode depositar grãos maiores (pedregulhos e areias grossas), resultando em depósito de granulometria pouco uniforme dependendo da turbulência da corrente. (GUSMÃO FILHO, 1998)

Sua constituição depende da velocidade das águas no momento de deposição, sendo encontrado próximo às cabeceiras materiais mais grosseiros e o material mais fino (argila) é carregado a maiores distâncias. Existem aluviões essencialmente arenosos, bem como aluviões muito argilosos, comuns nas várzeas dos córregos e rios.

2.2 Investigação do Subsolo - SPT

“A sondagem é um procedimento das características físicas do solo, é muito importante não só para a escolha do tipo de fundação e seu dimensionamento, o que é bastante óbvio, como também para a determinação dos “acidentes”, tais como a existência de água, matacões e de vazios que possam influenciar o próprio processo construtivo”. (REBELLO, 2008)

As sondagens de simples reconhecimento é a base para a investigação dos solos em Engenharia de Fundações e Geologia. Devido à simplicidade de execução, baixo custo tornou-se ampla a utilização por parte de empresas de Geotecnia no Brasil, como em trabalhos acadêmicos. É possível obter, através deste ensaio, o nível do lençol freático, amostras para análises e caracterizar compacidade/consistência dos solos a partir de um exame táctil-visual. (QUARESMA et al., 1998).

Velloso (2004) afirma que este tipo de sondagem consegue ultrapassar o nível d'água e atravessar solos compactos e duros, porém com dificuldade solos saprólitos (solos residuais jovens) muito compactos ou alterações de rocha e não

consegue ultrapassar, naturalmente, matacões e blocos de rocha. O furo deve ser revestido ou utilização da lama betonítica.

Rebello (2008) aborda que é possível determinar através do ensaio o nível da água do lençol frático, classificação do solo e sua resistência. Entende-se por lençol freático a porção de água que circula livremente.

“Ainda que o exame da amostra possa fornecer uma indicação da constância ou compacidade do solo, geralmente a informação referente ao estado do solo é considerada como base na resistência que ele oferece à penetração do amostrador”. (PINTO, 2006)

De acordo com Teixeira (1977 apud BELICANTA & CINTRA, 1998), o critério de cravação inicial de 15cm do comprimento do amostrador do tipo “Raymond” e da quantidade de golpes necessários para a cravação de 30cm restantes é creditado a H.A. Mohr. O critério do número de golpes passou ser utilizado na determinação de resistência à penetração dinâmica.

Terzaghi & Peck (1962) acrescentam que ao número de golpes contados na cravação de 30cm do amostrador como um método de avaliação do grau de compacidade dos solos. O procedimento de cravação do amostrador, considerando o martelo de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm, é descrito por estes autores como um processo padrão (standard). Com esta apresentação do ensaio penetração dinâmica, o mesmo ficou conhecido, na literatura de língua inglesa, como o Standard Penetration Test (SPT).

O quadro a seguir mostra os estados de compacidade e consistência do solo conforme o ensaio SPT (NBR 6484:2001).

| Solo | Índice de resistência à penetração N | Designação ¹⁾ |
|---|---|--------------------------|
| Areias e siltes arenosos | ≤ 4 | Fofa(o) |
| | 5 a 8 | Pouco compacta(o) |
| | 9 a 18 | Medianamente compacta(o) |
| | 19 a 40 | Compacta(o) |
| | > 40 | Muito compacta(o) |
| Argilas e siltes argilosos | ≤ 2 | Muito mole |
| | 3 a 5 | Mole |
| | 6 a 10 | Média(o) |
| | 11 a 19 | Rija(o) |
| | > 19 | Dura (o) |
| ¹⁾ As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos. | | |

Tabela 1 – Estados de compactidade e consistência

2.3 Características dos principais tipos de solo

Dentre as características mais frequentes podemos citar os relacionados a seguir em função do solo predominante no depósito.

2.3.1 Solos Arenosos

São aqueles em que a areia predomina. Esta compõe-se de grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis a olho nú. Como característica principal a areia não tem coesão, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros.

A NBR 7211/83, divide, granulometricamente, em:

- Areia muito fina (entre 0,15mm e 0,6mm);
- Areia fina (entre 0,6mm e 1,2mm);

- Areia média (entre 1,2mm e 2,4mm);
- Areia grossa (entre 2,4mm e 4,8mm).

Gusmão Filho (1998) relata que a granulometria, varia entre média a fina, das areias mais superficiais na planície do Recife apresentando frequentemente siltosas a pouco siltosas, e de compactidade fofa a pouco compacta de composição quartzosas trabalhadas pelo agente de transporte e granulometria mais grossa a maior profundidade.

Pinto (2006) afirma que as areias se distinguem também pelo formato dos grãos. O formato dos grãos de areia tem muita importância no seu comportamento mecânico, pois determina como eles se encaixam e se entrosam, e, em contrapartida, como eles se deslizam entre si, quando solicitados por forças externas.

Como as areias são bastante permeáveis, nos carregamentos a que elas ficam submetidas em obra de engenharia, há tempo suficiente para que as pressões neutras devidas aos carregamentos se dissipem. Por esta razão, a resistência das areias é quase sempre definida em termos de tensões efetivas.

“É comum as areias de Recife apresentarem intercalações de argila, matéria orgânica, pedregulhos e conchas, que complicam o perfil do ponto de vista de fundações”. (GUSMÃO FILHO, 1998)

A resistência ao cisalhamento das areias pode ser determinada tanto em ensaio de cisalhamento direto como em ensaios de compressão triaxial. Costa (1960) realizou alguns ensaios de cisalhamento direto, obtendo valores para o ângulo de resistência ao cisalhamento ϕ entre 33° a 45°.

Quando a areia está úmida ganha uma coesão temporária, tanto que até permite construir os famosos “Castelos” que, no entanto, desmoronam ao menor esforço quando secam. A areia úmida na praia serve até como pista de corrida graças a essa coesão temporária. Mas os solos arenosos possuem grande permeabilidade, ou seja, a água circula com grande facilidade no meio deles e secam rapidamente caso a água não seja repostada, como acontece nas praias.

Muitas construções sobre um terreno arenoso e com lençol freático próximo da superfície, ao abrir uma vala ao lado da obra, a água do terreno vai preencher a vala e drenar o terreno. Este perderá água e compactará, podendo provocar trincas na construção devido ao recalque provocado. A ilustração a seguir mostra o que pode acontecer:



Figura 2 – Ocorrência de trincas e fissuras nas edificações ocasionadas por recalque (Fonte: Rodrigues, 2007 e Acervo IG-SMA, 2009)

Note-se que esta é uma situação clássica, e acontece diariamente, onde são muito conhecidos os prédios inclinados na beira da praia. Estes foram feitos com fundação superficial que afundou quando mais e mais construções surgiram ao lado, pois estas, além de aumentarem as cargas no solo, ajudaram a abaixar o nível do lençol freático que, por sua vez, já vinha diminuindo devido à crescente pavimentação das ruas.

Estradas construídas em terreno arenoso não atolam na época de chuva e não formam poeira na época seca. Isto porque seus grãos são suficientemente pesados para não serem levantados quando da passagem dos veículos, e também não se aglutinam como acontece nos terrenos argiloso. Estes, em comparação, quando usados em estradas sem pavimentação, tornam as pistas lamacentas no período de chuvas e no período seco formam um piso resistente. Já estradas com pisos siltosos geram muito pó quando os veículos passam no período seco, tudo isto

em função do tamanho dos grãos e de como eles se comportam na presença da água.

2.3.2 Solos Argilosos

Meira (2001) considera a argila como sendo um produto natural, terroso, constituído por componentes de grão muito fino, entre os quais se destacam, por serem fundamentais, os minerais argilosos. Este produto natural desenvolve quase sempre, plasticidade em meio húmico e endurece depois de seco e, mais ainda, depois de cozido.

O terreno argiloso caracteriza-se pelos grãos microscópicos, de cores vivas e de grande impermeabilidade. Como consequência do tamanho dos grãos, as argilas:

- São fáceis de serem moldadas com água;
- Têm dificuldade de desagregação.
- Formam barro plástico e viscoso quando úmido.
- Permitem taludes com ângulos praticamente na vertical. É possível achar terrenos argilosos cortados assim onde as marcas das máquinas que fizeram o talude duraram dezenas de anos.

Pinto (2006) diferencia as argilas das areias pela sua baixa permeabilidade, razão pela qual adquire importância o conhecimento de sua resistência tanto em termos de carregamento drenado como de carregamento não drenado.

A resistência de uma argila depende do índice de vazios em que ela se encontra que é fruto das tensões atuais e passadas, e da estrutura da argila. A resistência ao cisalhamento das argilas, assim como das areias, depende primordialmente do atrito entre as partículas, e, conseqüentemente, das tensões efetivas, ainda que na maioria dos casos a água dos poros possa estar sob pressão.

Presca (1980) define que solo expansivo seja ele no estado natural, ou compactado, é aquele em que a variação volumétrica é muito elevada, de forma a

produzir efeitos prejudiciais nas obras construídas sobre os mesmos ou nas proximidades.

A expansividade reflete-se pela pressão de expansão e variação volumétrica. Estruturas apoiadas sobre solos expansivos podem estar sujeitas a uma série de ações indesejáveis resultantes das pressões de expansão durante o umedecimento, bem como das variações de volumes associados, que podem provocar o levantamento ou deslocamento das estruturas.

Ao mesmo tempo em que os solos expandem por umedecimento, eles também contraem quando ressecados. A ciclagem da umidade confere uma fadiga ao solo tornando-o erodível, provocando o fenômeno do empastilhamento.

Segundo Campos & Burgos (2004) os solos expansivos podem causar sérios danos às obras de engenharia principalmente quando esses materiais não são tratados de forma adequada nas etapas de projeto e execução da construção.

2.3.3 Solos Siltosos

Chama-se silte ou limo a todo e qualquer fragmento de mineral ou rocha menor do que areia fina e maior do que argila e que na escala de Wentworth, de amplo uso em geologia, corresponde a diâmetro $> 4 \mu\text{m}$ e $< 64 \mu\text{m}$ ($1/256 = 0,004$ a $1/16 = 0,064$ mm).

De acordo com uma norma da ABNT, a NBR 6502 sobre Rochas e solos - Terminologia de 1995, ela define silte como: solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e que exhibe baixa resistência quando seco o ar. As propriedades dominantes de um determinado solo são devidas às partes constituídas pela fração silte.

Como a olho nú não seja possível distinguir o silte das argilas, elas podem ser separadas devido a sua plasticidade, que é pouca ou nenhuma no caso do silte.

O silte é produzido pelo esmigalhamento mecânico das rochas, ao contrário da erosão química que resulta nas argilas. Este esmigalhamento mecânico pode ser

devido a ação de geleiras, pela abrasão, pela erosão eólica, (erosão produzida por vento), bem como pela erosão devido às águas, como nos leitos dos rios e córregos.

O silte também é denominado de a poeira da pedra, especialmente quando produzido pela ação glacial. O silte pode ocorrer como um depósito ou como o material transportado por um córrego ou por uma corrente de oceano. O silte é facilmente transportado pela água e pode ser carregado a longas distâncias pelo ar como poeira. É um pó como a argila, mas não tem coesão apreciável. Também não tem plasticidade digna de nota quando molhado.

A seguir, segue um quadro de resumo do uso em construção civil com o tipo de solo (GUSMÃO FILHO, 1998):

| USO | SOLO ARENOSO | SOLO SILTOSO | SOLO ARGILOSO |
|----------------------------|--|--|---|
| FUNDAÇÃO DIRETA | É adequado, mas necessita atenção aos recalques devido ao abaixamento do lençol freático. Durante a execução, é difícil manter a estabilidade das paredes laterais | Similar ao solo arenoso, porém é menos sensível ao lençol freático e também é mais fácil de escavar. | É usual e recomendável, mas também ocorrem problemas de recalques em função do lençol freático. Diante da escavação, é fácil de manter a estabilidade das paredes laterais. |
| FUNDAÇÃO EM ESTACA | Difícil de cravar frente ao atrito lateral. Em terrenos molhados, é preciso fazer cravação a ar comprimido. | É usual, por ser possível tirar partido tanto do atrito lateral quanto da resistência de ponta para aborver a carga. | Usual, mas a estaca geralmente precisa atingir profundidades maiores para aumentar capacidade de carga. |
| ESFORÇOS EM ESCORAMENTO | Esforços são maiores, levando à necessidade de escoramento contínuo. | Comportamento idêntico ao solo arenoso. | Esforços são menores, o escoramento pode ser bem espaçado e não-contínuo. |
| RECALQUES FRENTE ÀS CARGAS | Recalques em solo arenoso são imediatos à aplicação das cargas, mas podem ocorrer posteriormente devido à mudança do lençol freático. | Intermediário entre areia e argila. | Recalques extremamente lentos, pode levar décadas para ocorrer a estabilização. |
| ADENSAMENTO E COMPACTAÇÃO | Adensamento ocorre apenas se houver perda de água. A compactação se faz com vibração. | Há adensamento se houver perda de água. Compactação é feita com percussão ou com rolos (pé-de-carneiro) | Há adensamento se houver perda de água. Compactação é feita com percussão e com rolos. |
| DRENABILIDADE | Ocorre facilmente, mas precisa cuidado com a instabilidade das paredes e do fundo das valas. | Aceita água passante, mas necessita verificação cuidadosa da coesão e ângulo de atrito. | Alta impermeabilidade dificulta a drenagem. |

Tabela 2 – Análise do uso em construções e tipos de solos

O reconhecimento do tipo de solo pode ser complicado. Em geral, os solos estão misturados, é difícil achar um solo que seja 100% argila ou 100% areia. Por

isto, usa-se denominações como “argila silto-arenosa”, “silte argiloso”, “areia argilosa” e similares. A determinação do tipo de solo é fundamental para a construção civil, em especial para o cálculo da movimentação de terra e para a escolha das fundações.

Justamente pela dificuldade em determinar o tipo de solo e em determinar suas características para a escolha de fundações é que se faz o denominado “ensaio à percussão”, mais conhecido como “ensaio SPT”, que foi discutido no item anterior. Com os parâmetros SPT em mãos torna-se possível escolher a fundação com precisão ou, caso o projetista ainda sinta falta de alguma informação, poderá solicitar um ensaio mais específico.

3. METODOLOGIA

3.1 Objetivo Geral

Identificar os tipos de solo presentes no Campus da UFPE e sua posição ao longo do espaço delimitado.

3.2 Objetivos Específicos

- Traçar perfis, em versão digital, de solo para realização de projetos de fundação predial ao longo do Campus da UFPE.
- Analisar sua estrutura

Hoje, na Universidade Federal de Pernambuco, foram feitos mais de 2000 furos de sondagens para atender mais de 60 obras espalhadas pelo Campus o que torna muito confiável, fácil de identificar alguns erros de reconhecimento do subsolo.

Os furos de sondagens são locados e quantificados pelo projetista de acordo com a necessidade tais como: importância da obra, diversidade do material encontrado. A profundidade alcançada em cada furo obedece ao que prescreve o item 4.1.2 da NBR. 8036/1983 e os critérios de paralisação indicados no item 6.4 da NBR-6484/2001. A sondagem pressegue até atingir a Nega ou a profundidade determinada pelo projetista ou caso encontre um obstáculo maior, como pedregulho.

A empresa responsável pelo ensaio de reconhecimento do subsolo elabora um relatório técnico onde consta um gráfico de Números de golpes dos 30 cm finais e a profundidade. A maioria dos relatórios de sondagens é feito por empresas especializadas em geotecnia de grande confiabilidade e aceitação na cidade metropolitana do Recife, tais com o: Ensolo, Civilsonda, Lucena, Geosolo entre outros.

O trabalho compreende a atualização, com a adição de informações, complementação dos perfis geotécnicos do Campus traçados inicialmente pela aluna Bianca Malta identificado na planta de situação do Campus (2009).

Bianca coletou cerca de 40 furos de sondagens ao longo de três cortes transversais definidos por ela conforme mostra a figura 3, utilizando relatórios de sondagens disponíveis e acessíveis arquivados no Departamento de Planos e Projeto (DPP) localizado na Av. da Arquitetura na Cidade Universitária.

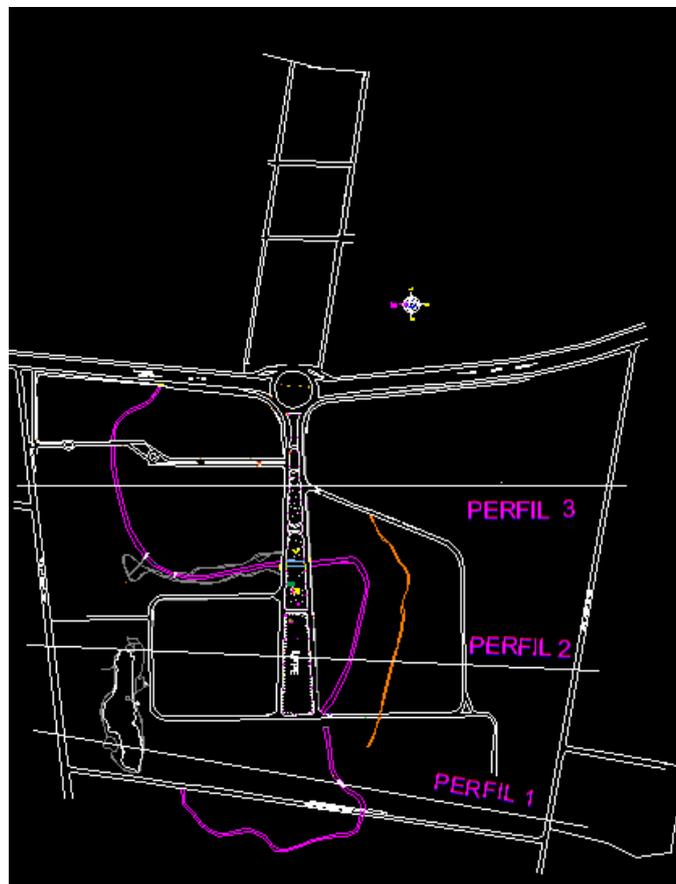


Figura 3 – Localização dos perfis.

A partir da linha dos perfis traçados, foram utilizados alguns critérios na seleção do relatório de sondagens que irá acrescentar tais como:

- Obras executadas mais recentes ou em execução nas proximidades
- Confiabilidade das empresas que realizaram as sondagens

Foram selecionados cuidadosamente furos de sondagens que melhor representasse a área, então levou-se em consideração a confiabilidade das empresas devido a quantidade de furos já realizados, opiniões de amigos engenheiros de grande experiência na área, capacitação dos profissionais, porte da empresa.

A maior dificuldade na coleta de dados deu-se em adquirir os relatórios de sondagens recentes, visto que grande parte das obras encontrava-se em andamento ou em fase de projeto, dificultando assim localizá-los.

Outros fatores importantes considerados foram o ano de realização que utilizamos dados desde 1997, clareza nos resultados e a profundidade, sendo descartados os furos com menos de 8m com o intuito de qualificar a representação do subsolo.

Depois da aquisição destes dados, foi necessário o refinamento, de acordo com os critérios definidos anteriormente. Foram locados na planta de situação os dados coletados então adotou-se que estariam na linha do traçado, sondagens no máximo de 50 metros de distância perpendicular mostrados, tanto acima quanto abaixo do eixo, sendo desprezados os que se encontram a maior distância. Utilizou-se assim, o critério de rebater perpendicular os resultados de sondagem a linha do traçado que consiste em admitir que estes furos pertencem ao eixo dos perfis transversais. Esta metodologia foi simplificada e ilustrada como mostra a figura 4.

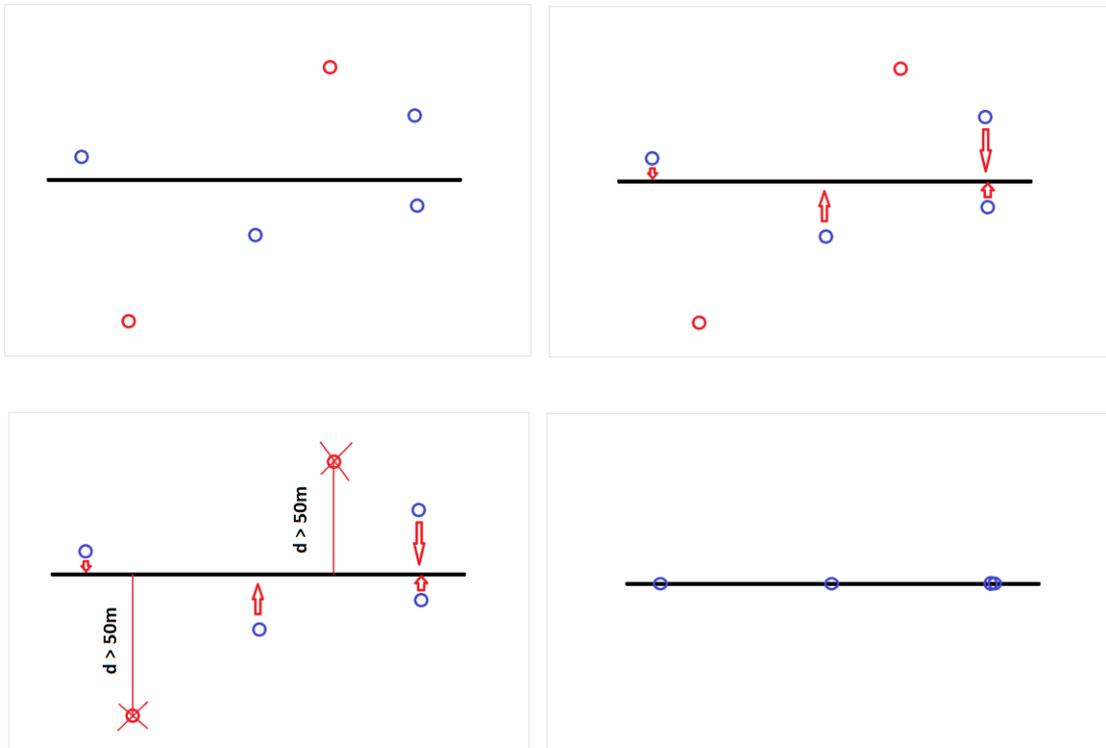


Figura 4 - Detalhes da metodologia

Os perfis foram traçados no AutoCAD. Para isso, se fez necessário o conhecimento das distâncias horizontais entre elas que são determinadas com a locação dos furos presente no relatório de sondagem. Considerou-se, por questão de simplificação o tipo de solo predominante: areia, silte, argila, aterro, turfa observados no parecer do ensaio.

Os furos de sondagem são representados por linhas verticais, onde se encontra do lado esquerdo ao perfil uma régua graduada de metro em metro, na parte inferior o número do furo e o código da empresa que realizou o ensaio bem como a cota do nível d'água e por fim interligam-se as camadas semelhantes.

4. LOCALIZAÇÃO E CARACERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O campus do Recife é um dos mais belos territórios universitários do Brasil. Em 1975, a UFPE tinha 154 mil m² de área construída. Atualmente, esse número é de 410 mil m². Além dos prédios e do Centro de Convenções, ele abriga um amplo espaço com lago, área verde e pista de atletismo. (Fonte: www.ufpe.br)

São realizados estudos topográficos, com o objetivo de fazer o reconhecimento preliminar do local onde está o campus. Esse estudo é importantíssimo, pois é possível entender o contexto no qual está inserido contribuindo para o estudo de origem e formação do solo.

Pode-se observar presença de cursos d'água como é o caso do laguinho a esquerda da imagem e do Riacho do Cavouco que atravessa o Hospital das Clínicas em seguida tangencia a Biblioteca Central e contorna o Centro de Convenções.

Ainda pela imagem aérea, é possível identificar um pouco sobre a vegetação, apesar de já ter desmatado bastante, que nos dá uma estimativa da característica do solo. Para ter uma maior previsão no estudo preliminar, uma visita é imprescindível, pois através desta é possível analisar melhor a vegetação, o relevo, as edificações vizinhas e obter informações de moradores com a finalidade de obter parâmetros do subsolo.

O campus da UFPE possui uma área de 14 ha aproximadamente, onde está inserido entre nos marcos M1-M2-M3-M4-M5-M6 conforme mostra a figura 5 com coordenadas apresentadas na tabela 3.



Figura 5 – Delimitação da área de estudo. (Fonte: Google Earth, data da imagem: 26/01/2007).

| PONTOS | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | |
|--------|-------------------------|---------------|
| | LATITUDE | LONGITUDE |
| M1 | 8°3'34,21"S | 34°56'46,33"O |
| M2 | 8°3'23,10"S | 34°57'23,10"O |
| M3 | 8°2'47,44"S | 34°57'13,47"O |
| M4 | 8°3'47,52"S | 34°56'42,96"O |
| M5 | 8°3'11,21"S | 34°56'21,80"O |
| M6 | 8°3'16,15"S | 34°56'23,14"O |

Tabela 3 – Coordenadas Geográficas aproximadas dos limites da UFPE.

Utilizando o Google Earth, ferramenta atual indispensável ao engenheiro, confeccionou-se a figura 5, onde foi delimitada a área do Campus através dos marcadores fornecendo suas coordenadas geográficas aproximadas por se tratar de imagem de satélite, não há uma perfeita nitidez, os limites foram marcados aproximadamente.

A fotografia abaixo foi tirada no 7º andar do CFCH em 2011, é fácil notar que se trata de um lugar bastante arborizado e plano de clima tropical agradável e caracterizado pela presença de prédios baixos, de até 6 andares do tipo caixão, residencial, de comércio não muito expressivo. Então pode ser concluído que se trata de solos com espessa camada argilosa.

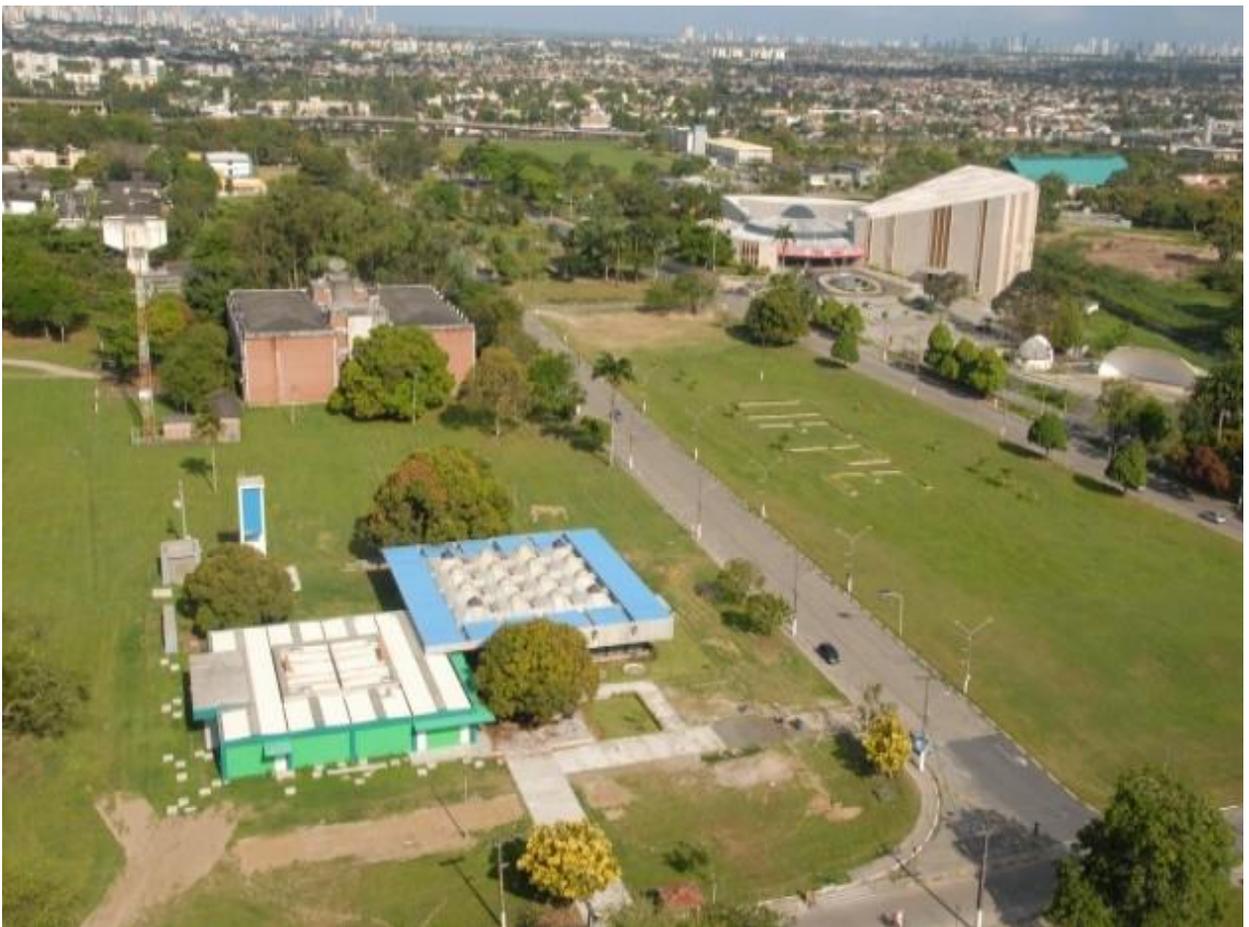


Figura 6 - Vista panorâmica da UFPE. (Foto: Passarinho/Asscom/UFPE)

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através da análise dos perfis de sondagem SPT conseguimos classificar o solo das zonas de estudo em cinco unidades geotécnicas. São elas: Aterro, Areia, Argila, Silte e Turfa. Foi também possível readaptar o perfil geotécnico de Bianca, esclarecendo a dúvida quanto a espessura das camadas e retraçar os perfis modificados em modelo digital.

Para melhor visualização e compreensão, foram realizados nos perfis seções.

5.1 Perfil Transversal 1

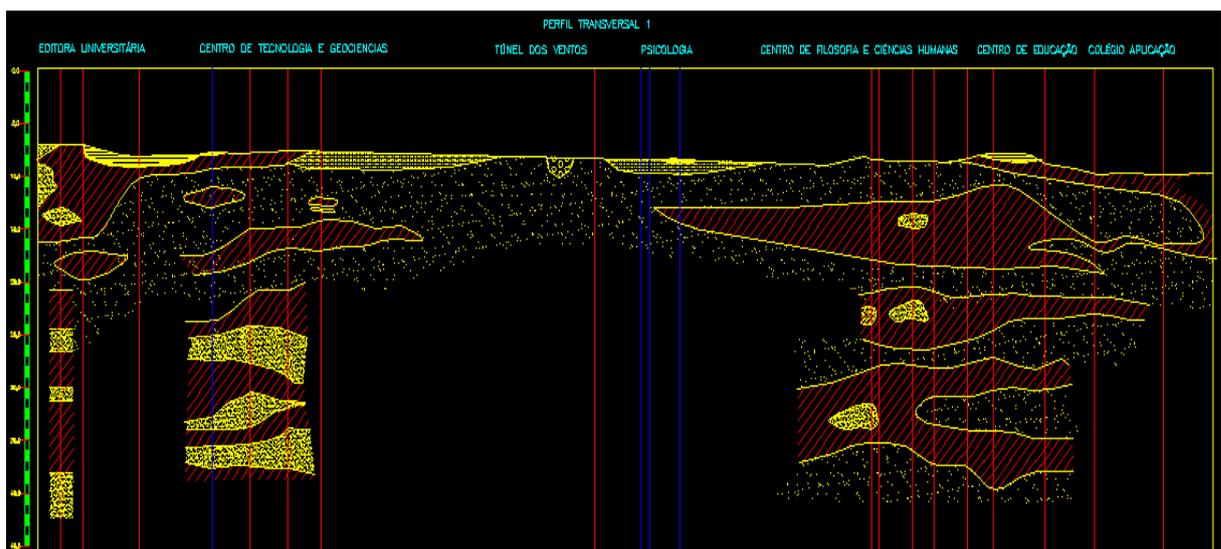


Figura 7 - Perfil transversal 1

O perfil transversal 1 contempla uma extensão de aproximadamente 780 metros passando pela Editora Universitária continuando pelo Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Túnel dos Ventos, Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH), Centro de Educação (CE) e Colégio Aplicação.

Foram adicionados a este perfil 4 furos de sondagens representados em azul. O primeiro está localizado entre a Editora Universitária e o Centro de Tecnologia e Geociências efetuado para obra de ampliação do Departamento de Engenharia Mecânica. Nas proximidades da Editora Universitária a boca de furo se encontra na cota de 7,3m abaixo do nível de referência. Então se pode observar que o solo é

predominantemente argiloso com pequenas contribuições de areia, aterro e turfa superficiais até 9m de profundidade. A partir dos 9 metros de profundidade, apresentou camadas intercaladas de argila e areia aproximadamente paralelas entre si, sendo a camada de argila cerca de 4 metros e areia com média de 1,5 metros conforme mostra a figura 8. É possível notar a presença de bolsão de argila, localizado numa camada de areia, com aproximadamente 2 metros de espessura a uma profundidade de 10 metros e um bolsão de areia com 1,7 metros de espessura a 5,1m.

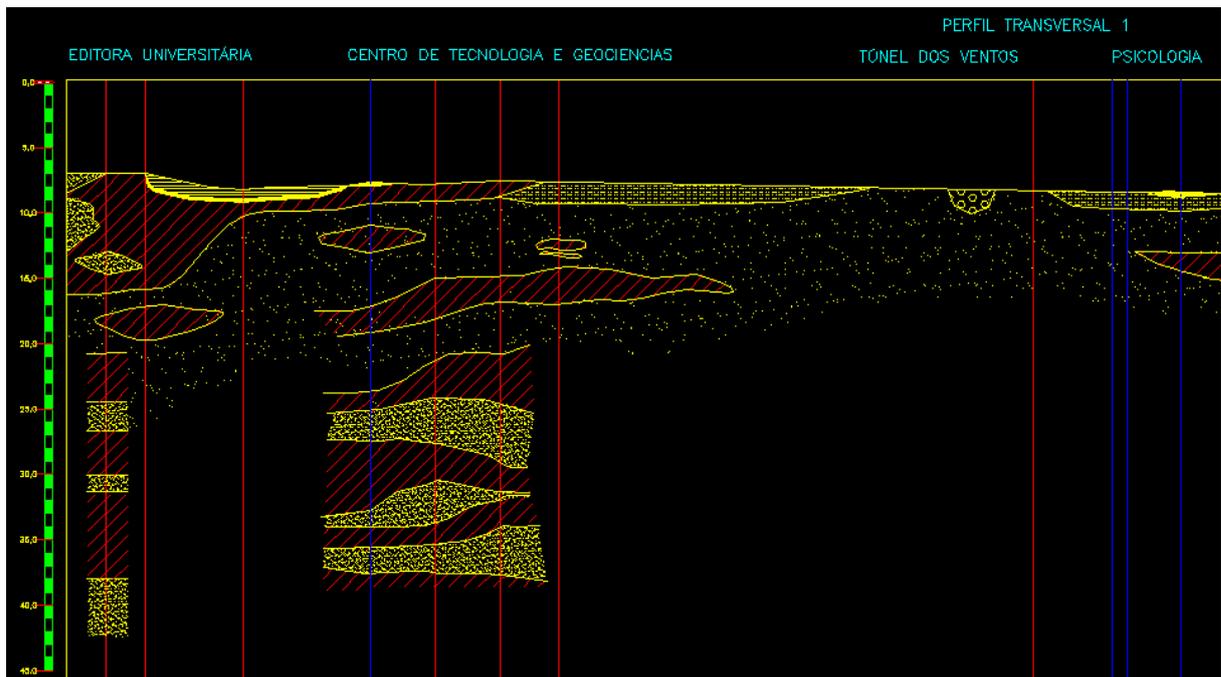


Figura 8 - Seção A do perfil transversal 1.

No Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) verificou-se presença de argila e silte nos dois primeiros metros após a adição do furo de sondagem. Dos dois metros aos 11 metros apresentou solo arenoso com bolsões de aproximadamente 2 metros de espessura

Como as sondagens entre o Centro de Tecnologia e Geociências e o Centro de Filosofia e Ciências humanas são relativamente rasas, mantém-se ainda a interrogação abaixo da camada de areia. Através dos novos dados, foi identificado uma camada fina e superficial de silte e aterro e confirmadas as camadas já traçadas.

Entre o Centro de Filosofia e Ciências Humanas e Colégio Aplicação, o subsolo apresentou camadas de areia e argila aproximadamente paralelas

intercaladas. Vale salientar a presença de bolsões de areia entre as camadas de argila próximas ao CFCH.

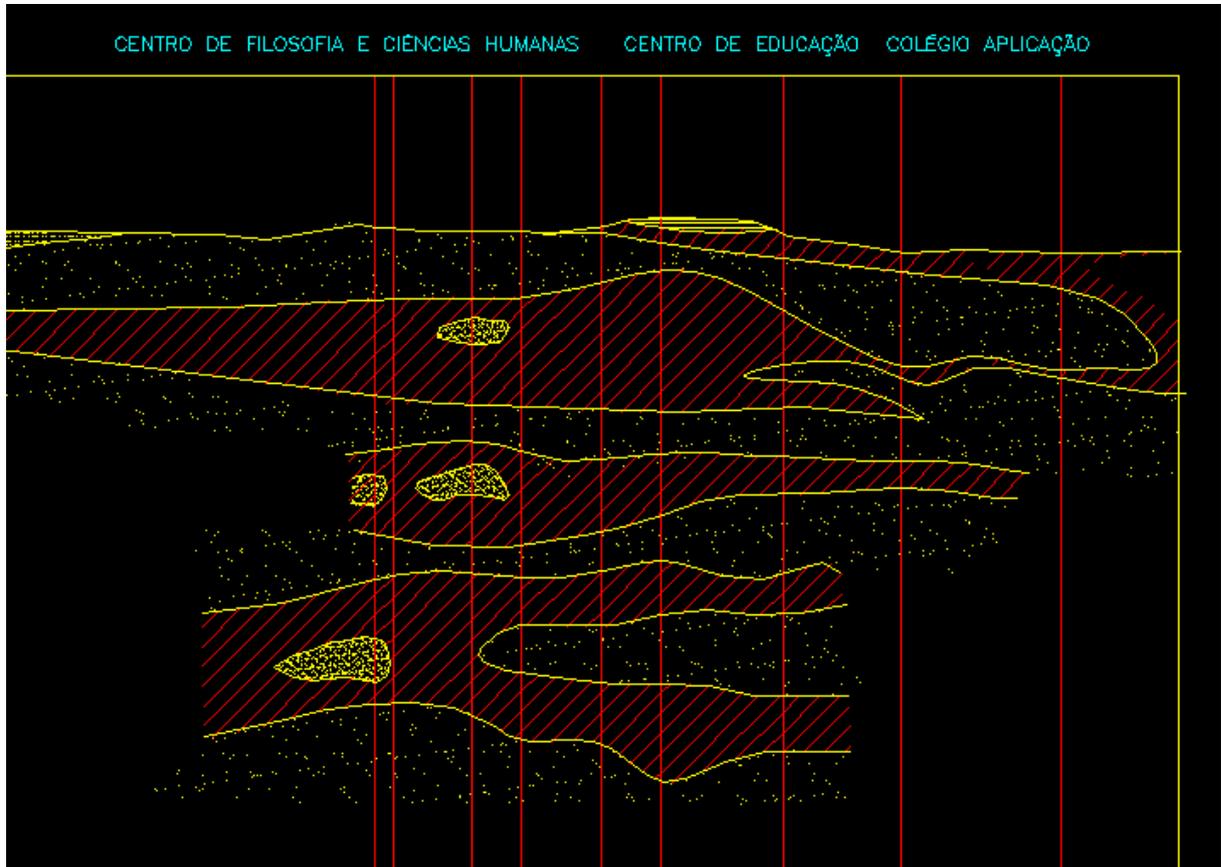


Figura 9 Seção B do perfil transversal 1.

5.2 Perfil Transversal 2

O perfil transversal 2 possui 1086m passando pelo Centro de Ciências Exatas e da Natureza continuando pela Biblioteca Central e Centro de Ciências Sociais Aplicadas e Laboratórios de Química.

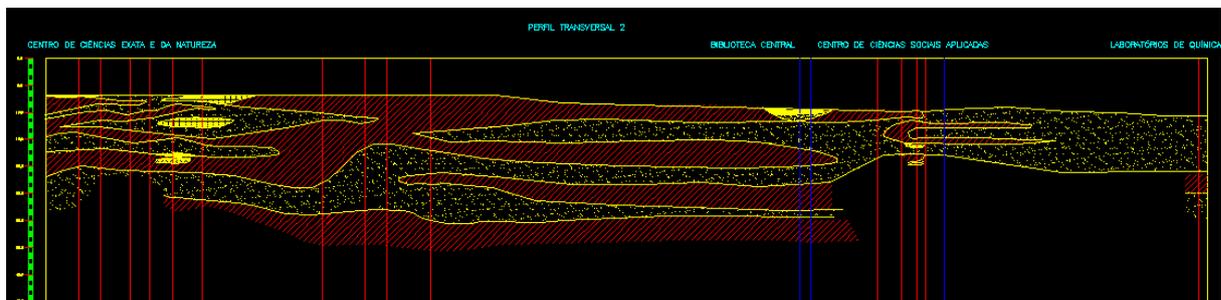


Figura 10 - Perfil transversal 2

Na área do Centro de Ciências Exatas e da Natureza verificaram-se camadas alternadas de argila e areia, ficando clara sua origem alóctone aluvionar. Vale lembrar que três pequenas camadas de silte foram encontradas ao longo dos furos, a 0,5m, a 4m e a 10 m com espessura em média de 1,0m. Outra curiosidade é a presença de turfa a 11m de profundidade com 1 metro de espessura.

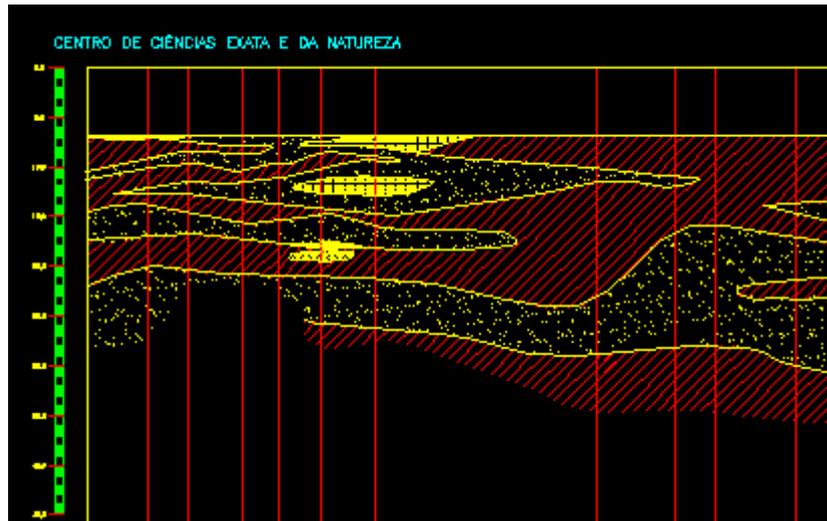


Figura 11 - Seção A do perfil transversal 2.

Foram adicionados a este perfil dois furos de sondagem localizados perto da Biblioteca Central mostrados em azul na figura 12. Com tudo, estes furos tiveram grande contribuição na verificação e complementação dos tipos de solos a uma maior profundidade.

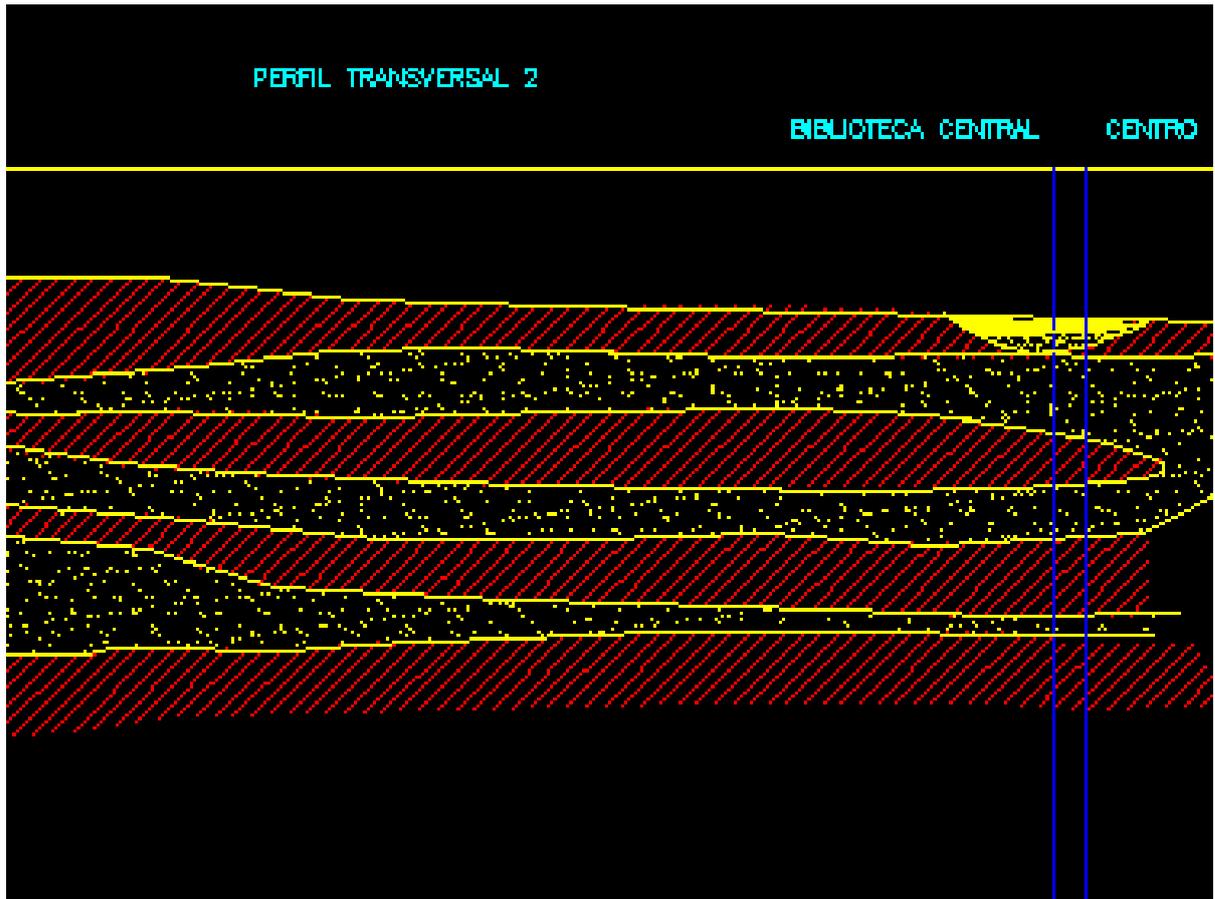


Figura 12 - Seção B do perfil transversal 2

Entre o Centro de Ciências Exatas e da Natureza e a Biblioteca Central, as camadas de solos se comportaram uniformemente, apresentando camadas intercaladas de argila com média de 4 metros de espessura e areia com média de 2,5m de espessura, comprovando mais uma vez, a teoria de Gusmão Filho sobre a formação do solo transportado aluvionar na planície de deposição.

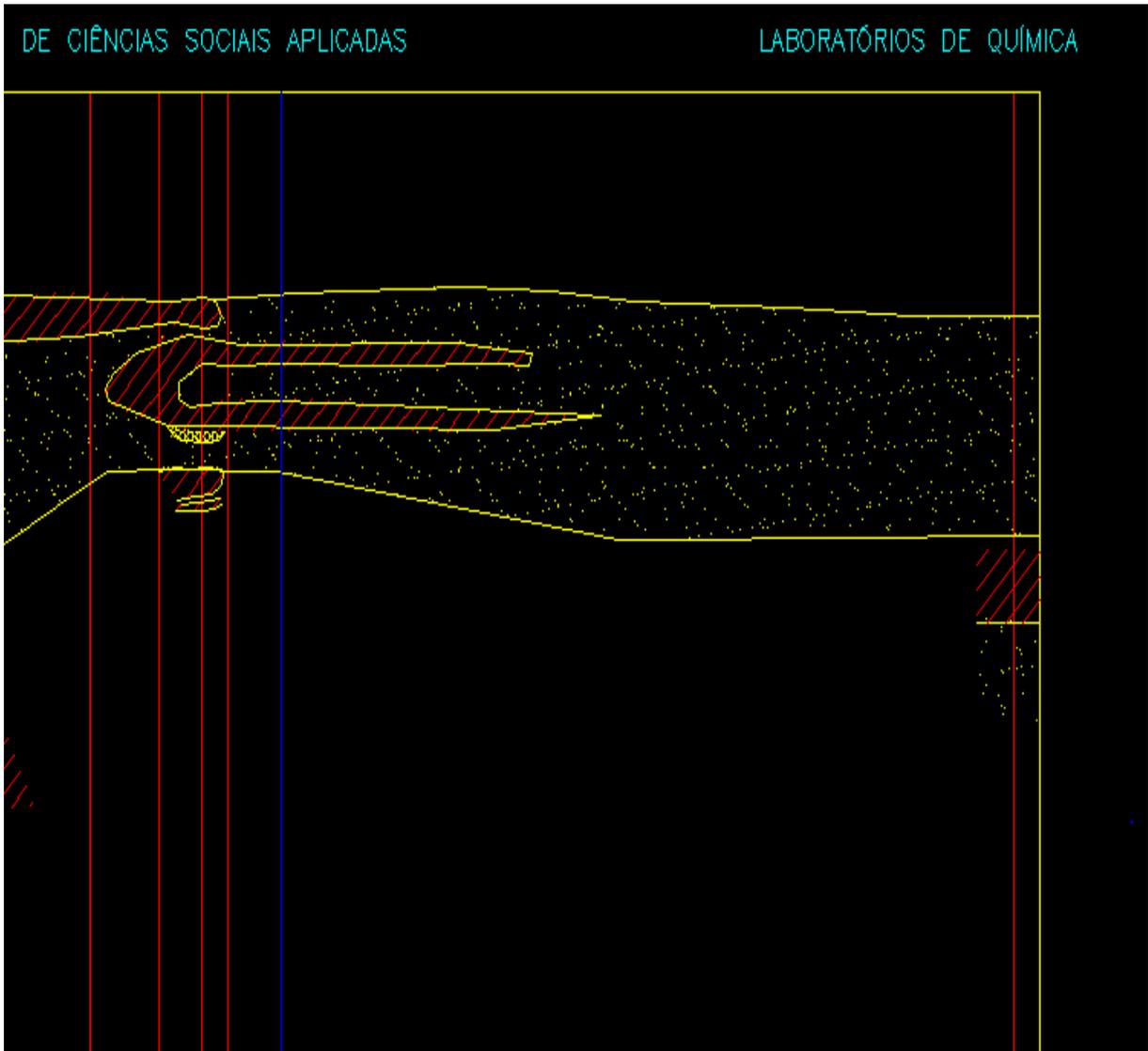


Figura 13 - Seção C do perfil transversal 2

Entretanto, mesmo após a adição do outro furo de sondagem realizado no Centro de Ciências Sociais Aplicadas não pode ter grandes contribuições, pois o furo não foi profundo, mas puderam ser observadas nos primeiros metros, camadas essencialmente arenosas com espessura aproximada de 2,5m e a presença de duas camadas de argila a 3,5m de profundidade e 5,3m de profundidade respectivamente com espessura média de 1,2m

Vale ressaltar que o nível do lençol freático se encontra superficialmente, a 3 metros de profundidade.

5.3 Perfil Transversal 3

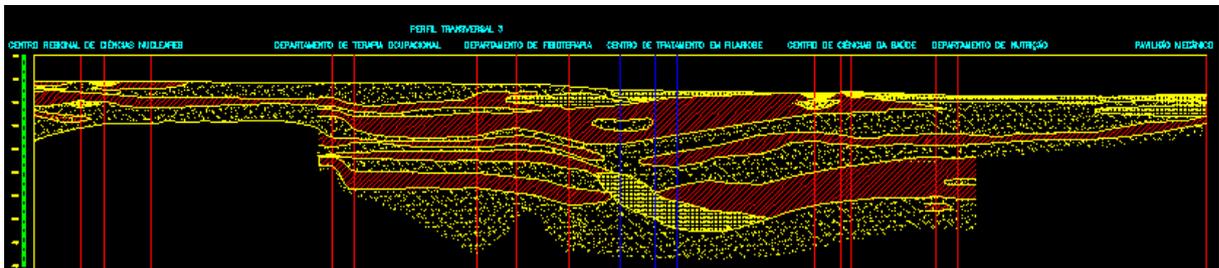


Figura 14 - Perfil transversal 3

O perfil transversal 3 possui aproximadamente 1500m passando pelo Centro Regional de Ciências Nucleares continuando pelo Departamento de Terapia Ocupacional, Departamento de Fisioterapia, Centro de Tratamento de Filariose, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição e Pavilhão mecânico. Como o perfil anteriormente traçado não apresentava a classificação dos solos foi necessário a coleta das sondagens para a complementação dos tipos solos que compõe. Foi permitido então concluir camadas intercaladas de areia e argila.

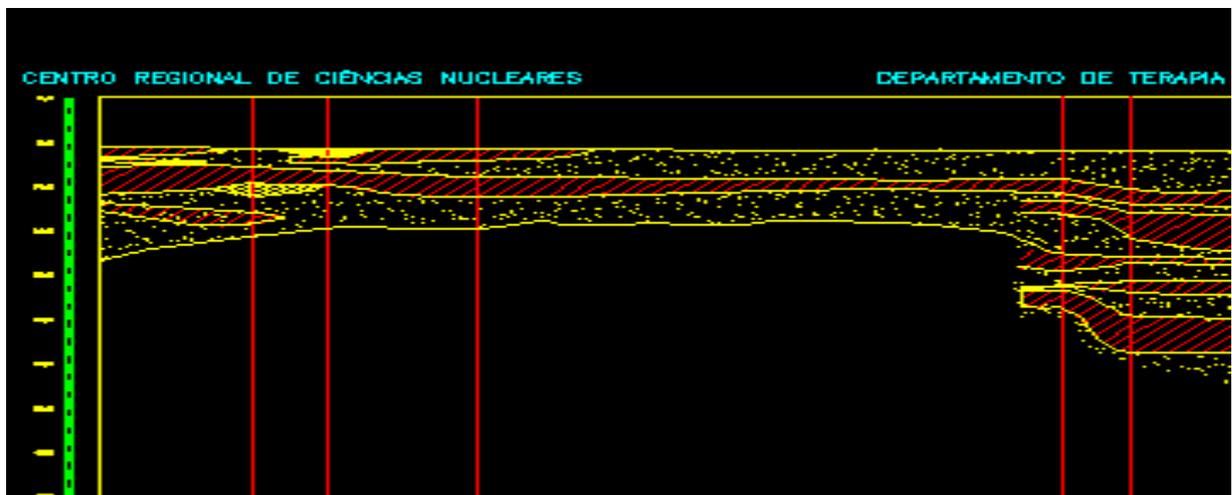


Figura 15 - Seção A do perfil transversal 3

Nas proximidades do Centro Regional de Ciências Nucleares, observou-se a existência de uma contribuição superficial de argila e silte e de turfa de 2m de espessura a 5m de profundidade na seção A do perfil visualizada na figura 14.

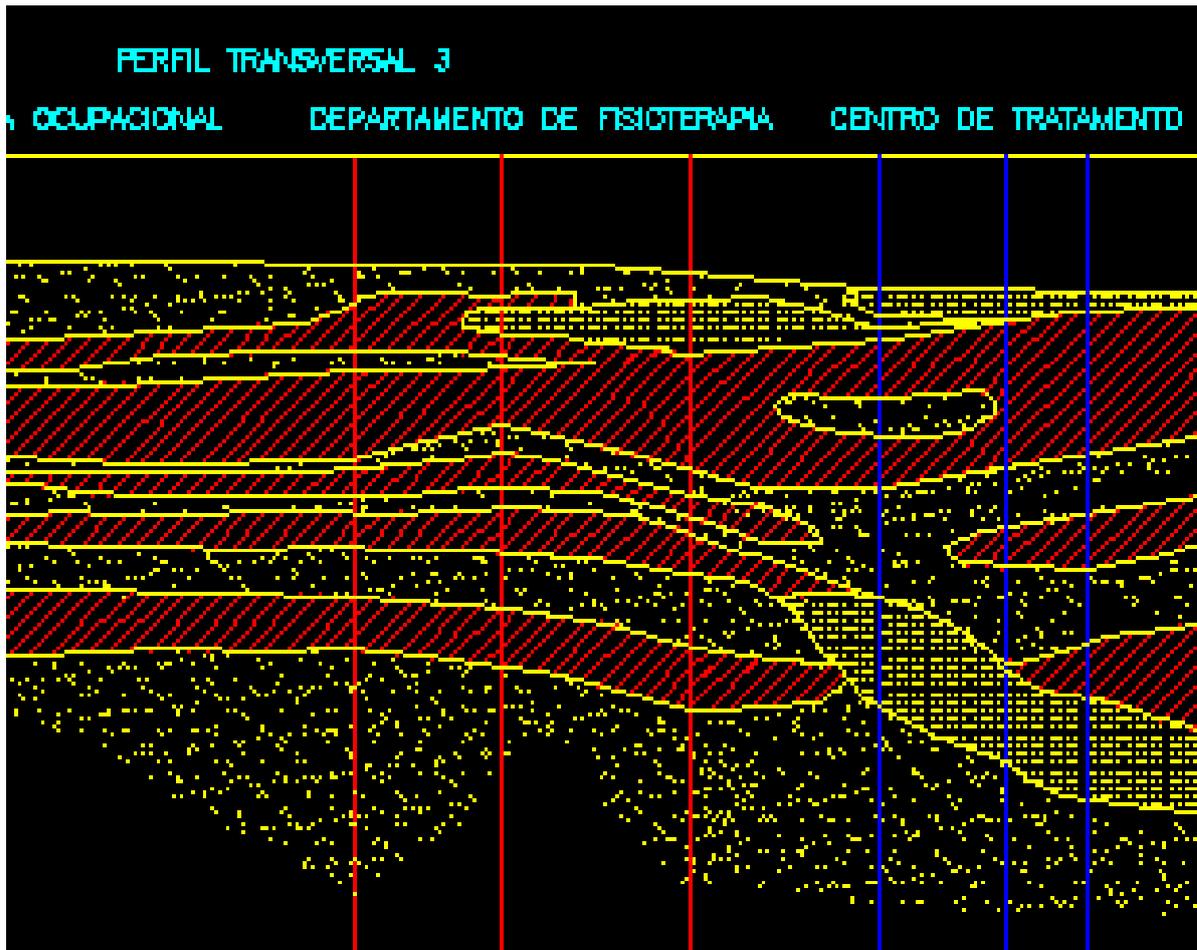


Figura 16 - Seção B do perfil transversal 3

Entre o Departamento de Terapia Ocupacional e Departamento de Filariose o solo mostra-se de modo uniforme com camadas alternadas de solo arenoso e siltoso.

Colocaram-se mais três furos próximos do Centro de Tratamento de Filariose, onde podemos de fato confirmar as hipóteses levantadas anteriormente e detectou a presença uma camada siltosa entre 20 metros e 30 metros de profundidade.

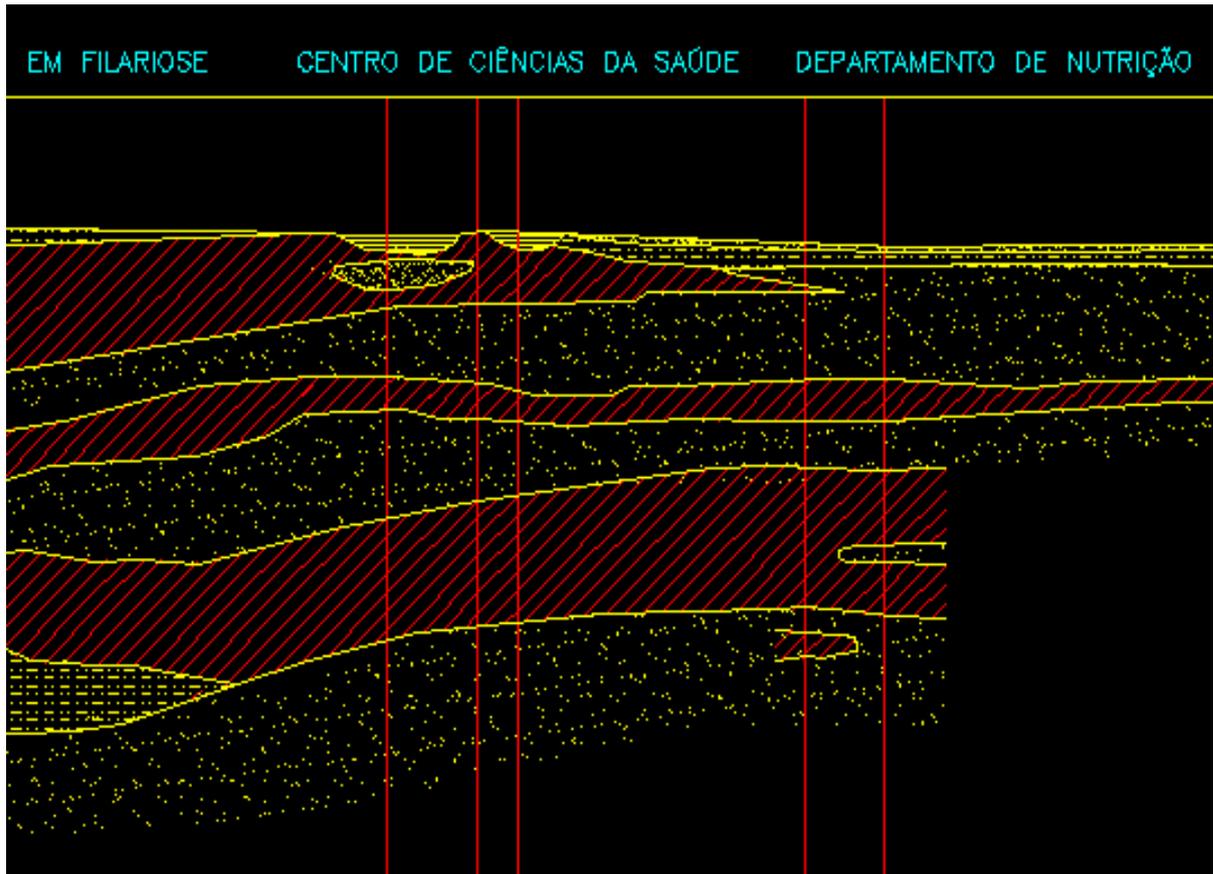


Figura 17- Seção C do perfil transversal 3

Entre o Centro de Ciências da Saúde e o Departamento de Nutrição, a realidade é a mesma, camadas aproximadamente horizontais intercaladas de areia e argila comprovando mais uma vez solo de origem aluvionar. Entre o Departamento de Nutrição e o Pavilhão Mecânico só foi possível avaliar as camadas superficiais limitadas pelas sondagens realizadas. Então, conclui-se camadas de silte superficial e presença de camadas arenosas e argilosas.

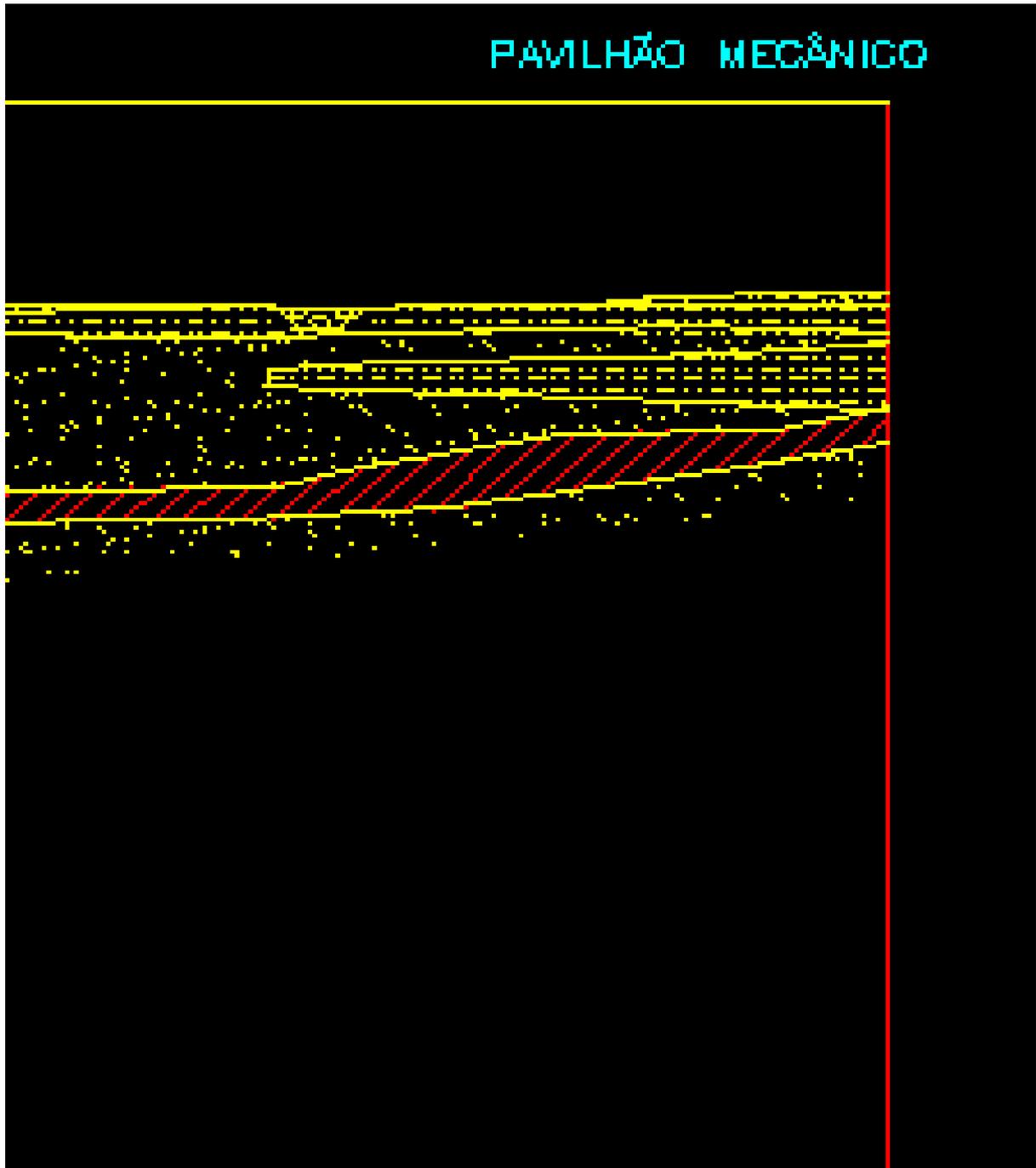


Figura 18 - Seção D do perfil transversal 3

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Com a análise das sondagens, foi possível readaptar os perfis geotécnicos do Campus da UFPE – Recife conforme proposto no início do trabalho. Vale ressaltar que os perfis representam a realidade, porém suas curvas são mais suavizadas do que no traçado devido à escala horizontal ser diferente da vertical com o objetivo de serem visíveis às camadas menos espessas.

Percebeu um bolsão de argila a aproximadamente 3,5 metros de profundidade com 2 metros de espessura no perfil transversal 1, com a adição do furo de sondagem realizado no Departamento de Engenharia Mecânica. Pode também notar, quando acrescentaram os furos realizados no Centro de Psicologia, uma camada superficial de silte situado entre o Túnel dos Ventos e o Centro de Filosofia e Ciências Humanas não presentes no trabalho anterior.

No perfil transversal 2, quando acrescentados os furos do próximos a Biblioteca Central, pode verificar camadas alternadas de areia de argila desde o Centro de Tratamento de Água a Biblioteca Central nos quais Bianca questionava.

Pode-se contribuir ao perfil transversal 3 com a adição dos furos de sondagens do Centro de Tratamento em Filariose identificar camadas mais profundas de areia e argila e um bolsão de silte situado 15m de profundidade 8 metros de espessura.

Conclui-se que estes perfis do solo do Campus da Cidade Universitária apresentaram, em sua maioria, camadas aproximadamente horizontais, paralelas e alternadas de solo arenoso e argiloso, com pequenas contribuições de solo siltoso e orgânico, confirmando assim a característica de solo transportado ou alóctone aluvionar, ou seja, possui como agente transportador a água dos rios e do mar.

O trabalho foi de grande importância visto que disponibilizou uma versão digital, facilitando possíveis trabalhos futuros não só em termos de pesquisa como termos de projeto.

Sugestões para Continuidade da Pesquisa:

- ✓ Seguir a mesma linha de raciocínio acrescentando o NSPT aos furos.
- ✓ Traçar novas seções transversais e longitudinais

- ✓ Identificar solos problemáticos e sua localização
- ✓ Localizar no mapeamento as áreas que contém solos mais resistentes diferenciando-as das áreas com solos de baixa resistência.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6484:2001 - Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8036:1983 - Programação de sondagens de simples reconhecimento do solos para fundações de edifícios - Procedimento

BELINCANTA, A. & CINTRA, J.C.A. (1998). Fatores intervenientes em variantes do método ABNT para a execução do SPT. *Solos e Rochas*, v.21, n.3.

CÂMARA e PEREIRA (2005), *Holos*, ano 21, maio/2005 38 Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização Geotécnica de Solos do Município de Natal.

Campos, L.E.P & Burgos, P.C (2004). Influência da Sucção na Expansão de Massapês In: REGEO, Porto Alegre - RS. Cd-Rom.

CAPUTO, Homero Pinto 6 edição Mecânica dos solos e suas aplicações vol. 1

DIAS, Marianna Silva. Análise do comportamento de edifícios apoiados em fundação direta no bairro da Ponta da Praia na cidade de Santos. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GUSMÃO FILHO, Jaime de Azevedo: Fundações do conhecimento geológico à prática da engenharia – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1998.

Presa, E.P. (1980). Parâmetros convenientes para projetos de rodovias em Solo Expansivo. II Seminário Regional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações – NRBA/ABMS - Salvador-BA.

PINTO, Carlos de Souza: Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas; 3ª Edição, São Paulo: Oficina de Textos.

QUARESMA, A.R. et al. (1998). Investigações Geotécnicas. In: HACHICH, W. et al. Fundações: Teoria e Prática. São Paulo. Editora PINI.

REBELLO, Yopanan C.P. Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento – São Paulo; Zigurate Editora, 2008.

SCHNAID, Fernando Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações/Fernando Schnaide – São Paulo:Oficina de Textos, 2000.

TERZAGHI, K. & PECK, R. B. (1962). Mecânica do Solos na Prática da Engenharia. Trad.por Antônio J. da Costa Nunes e Maria de Lourdes C. Campello. Rio de Janeiro. Editora Ao Livro Técnico S.A.

VELLOSO, Dirceu de Alencar Fundações, volume I: Critérios de projeto: investigação de subsolo: fundações superficiais / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. –Nova Edição. – São Paulo : Oficina de texto, 2004

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-20082010-160223/>>. Acesso em: 2011-12-30.

http://www.usp.br/prolam/ABNT_2011.pdf

http://pt.wikipedia.org/wiki/Solo#Solos_siltosos

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/56/62>

http://www.ufpe.br/pcu/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=1
53

<http://www.firb.br/abntmonograf.htm>

<http://www.ccron.org.br/images/file/artigos%20josue/ARTIGO%206.pdf>

ANEXOS
