

**XV COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES  
E PERÍCIAS - IBAPE/SP – 2009**

**TRABALHO DE PERÍCIA**

**Resumo:** *O objetivo do presente trabalho é a análise das modalidades de prospecção, pesquisa e informações básicas, durante a fase de projeto e construção, objetivando detectar desrespeito às normas técnicas, o que indicaria o conhecimento das condições do subsolo local, e de suas eventuais implicações futuras, inclusive quanto à responsabilidade técnica pelo trabalho.*

**Perícia, Subsolo, Contaminação, Construção, Normas Técnicas**

## **1) COONSIDERAÇÕES PRELIMINARES**

### **1.1) Objetivo:**

Constitui objetivo do presente trabalho a realização de perícia técnica no bem abaixo especificado, dentro da finalidade indicada:

- ✓ Tipo: condomínio residencial;
- ✓ Local: Rua Condor, nº 264;
- ✓ Município: Esperança da Serra-MP;
- ✓ Finalidade: análise das modalidades de prospecção, pesquisa e informações básicas, durante a fase de projeto e construção, objetivando detectar desrespeito às normas técnicas, o que indicaria o conhecimento das condições do subsolo local, e de suas eventuais implicações futuras, inclusive quanto à responsabilidade técnica pelo trabalho.

### **1.2) Atividades básicas:**

Compreendem as etapas desenvolvidas durante a realização do presente trabalho:

- ✓ Diagnóstico da situação encontrada.
- ✓ Coleta de informações locais.
- ✓ Levantamento de dados cadastrais.
- ✓ Tratamento e análise dos elementos obtidos para formação da convicção.
- ✓ Considerações finais e conclusão.

### **1.3) Relatório dos antecedentes:**

Com o intuito de melhor orientar o trabalho, bem como proporcionar uma melhor orientação na escolha do critério pericial, apresentamos a seguir uma análise dos fatos e documentos que originaram o trabalho pericial.

☑ Em 1974 a empresa Laranjeiras adquiriu uma área de 154.100,00 m<sup>2</sup>, conforme consta no livro nº 2 do Registro Geral do Cartório de Registro de Imóveis da Comarca de Esperança da Serra-MP, matrícula 8229.

☑ Em 26 de setembro de 1994 – Certificado de aprovação do Grapohab (condicionada).

☑ Em 14 de dezembro de 1995 a Laranjeiras vendeu o imóvel à Cooperativa Habitacional João de Barro.

☑ Relatório de Sondagens – Em 26/07/94 elaborado relatório pela empresa Nossa Terra relativo às sondagens feitas no terreno.

☑ Aprovação de Projeto – Em 11/07/95 a Prefeitura Municipal de Esperança da Serra aprova o projeto de Construção de Conjunto Habitacional de interesse social “Conjunto Residencial Pitangueiras”.

☑ Alvará de construção, expedido em 11/07/95 pelo Departamento de Obras Particulares e Loteamentos da Prefeitura do Município de Esperança da Serra.

☑ Primeiro Habite-se – A partir de 26/10/95 começaram a ser expedidos os primeiros “Habite-se” pelo Sr. Rafael Rolfs, chefe da Secretaria de Obras da Prefeitura de Esperança da Serra.

☑ Último Habite-se – De acordo com o Parecer Técnico elaborado pelo Eng<sup>o</sup> Peter Hill em estudo apresentado, consta que o último Habite-se antes do embargo da obra foi expedido em 04/03/97.

☑ Carta da RPS – Em 08/09/99 à RPS enviou uma carta à Arq. Carla Horta – Secretária de Habitação da Prefeitura do Município de Esperança da Serra.

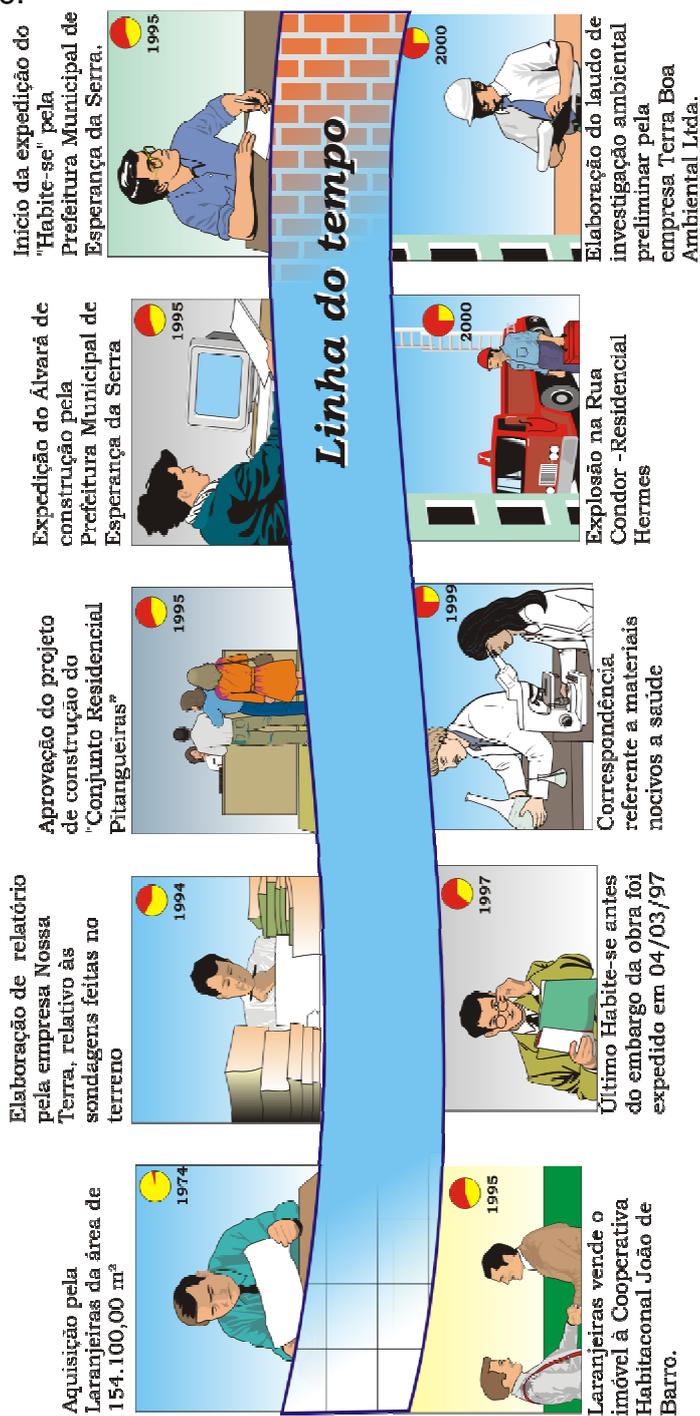
☑ No dia 20/04/00 por volta das 15:30 hs. ocorreu a explosão na Rua Condor, nº 267.

☑ Relatório Terra Boa – Em 09/00, foi elaborado a pedido da RPS o Laudo de Investigação Ambiental Preliminar elaborado pela empresa Terra Boa Ambiental Ltda., para demonstrar a “caracterização do subsolo da área do Conjunto Residencial Pitangueiras.

## 2) DESENVOLVIMENTO DO PARECER TÉCNICO

### 2.1) Fatos relevantes:

Diante da análise dos documentos apresentados, resumimos abaixo alguns fatos relevantes no histórico dos acontecimentos referentes ao presente parecer, com ênfase àqueles mais diretamente relacionados à investigação geotécnica no terreno.



## 2.2) A importância do conhecimento do subsolo:

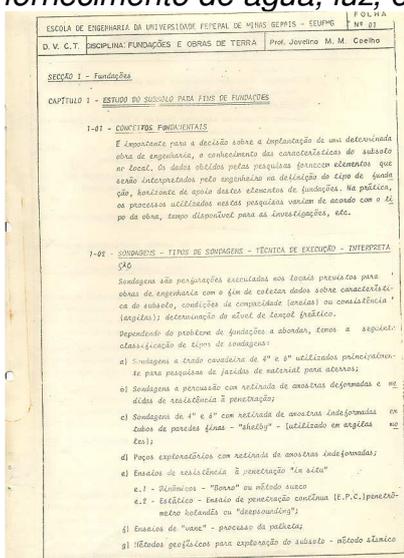
Esta é uma questão que pode parecer básica, pois a lógica indica que o solo, e, conseqüentemente, o subsolo, é um elemento essencial em qualquer construção, afinal é sobre este elemento que irá ser erguida a futura edificação.

Não precisamos buscar em compêndios qualificados, com elevada base acadêmica esta importância, mas até mesmo em publicações dirigidas a leigos, como a revista “Construção do Começo ao Fim”, da Editora Casa Dois, vendida em bancas de jornais, onde destacamos o seguinte:



“Um dos primeiros passos para quem sonha em construir a casa própria é a compra do terreno. Mas para a sua escolha é preciso que sejam analisados fatores como topografia, **tipo de solo\***, posição em relação ao sol, zoneamento, existência de rede de água, luz e esgoto, perfil dos vizinhos e situação legal do lote.

A falta de atenção em relação a estes itens pode aumentar o orçamento e ainda trazer muita dor de cabeça. O mais correto é consultar um profissional habilitado, como arquitetos, engenheiros e advogados, para orientá-lo sobre os principais pontos que devem ser observados. São eles: medidas; topografia; **tipo de solo\***; fornecimento de água, luz, esgoto e gás; insolação;



\* Sem destaque no original

*Lei de Uso e Ocupação do Solo; documentação; e fechamento do negócio.”*

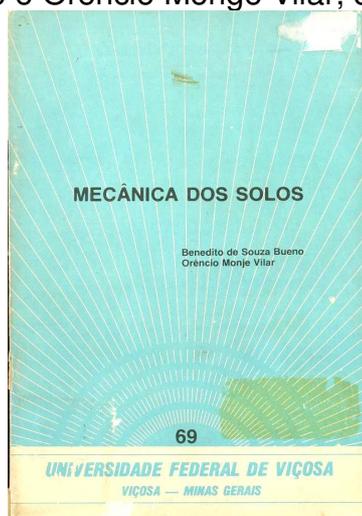
**“Se para um leigo o solo é apenas terra, para um geólogo ele pode representar muito mais,\*** principalmente quando a análise do mesmo visa conhecer suas características físicas para adaptar a melhor estrutura possível para a construção. Nesta hora arquitetos, engenheiros e geólogos irão trabalhar juntos, para identificar o que cada solo irá representar no orçamento da obra.”

Do ponto de vista acadêmico, buscamos na apostila elaborada na década de 70 pelo titular da disciplina Fundações e Obras de Terra, Prof. Jovelino Mineiro Machado Coelho, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, o seguinte texto:

#### **“1-01 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS**

É importante para a decisão sobre a implantação de uma determinada obra de engenharia, o conhecimento das características do subsolo no local.\* Os dados obtidos pelas pesquisas fornecem elementos que serão interpretados pelo engenheiro na definição do tipo de fundação, horizonte de apoio destes elementos de fundações. Na prática os processos utilizados nestas pesquisas variam de acordo com o tipo da obra, tempo disponível para as investigações, etc.

Neste mesmo contexto, cumpre citar a apostila de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Viçosa, elaborada em 1980 pelos Profs. Benedito de Souza Bueno e Orêncio Monje Vilar, onde encontramos a seguinte recomendação:



**“As obras civis só podem ser convenientemente projetadas, depois de um conhecimento adequado da natureza e da estrutura do terreno em que vão ser implantadas\*.** Em obras nas quais os solos aparecem como material de construção, como é o caso de aterros e barragens, há que se conhecer também as características geotécnicas dos solos dos empréstimos.

**As obras de maior porte e requinte de projeto exigem um melhor conhecimento dos solos envolvidos. A história da Engenharia Civil registra casos em que a inobservância de certos princípios de investigação ou mesmo a negligência diante da obtenção de informações, acerca do subsolo tem conduzido a ruínas totais ou parciais\* e, neste caso, a prejuízos incalculáveis, não só de tempo como de recursos pra a recuperação das obras.**

---

\* Sem destaque no original

O custo de um programa de prospecção bem conduzido situa-se entre 0,5 a 1% do valor da obra.

**O engenheiro de solo deve ter uma consciência crítica acentuada das limitações e um conhecimento profundo dos instrumentos disponíveis para a prospecção geotécnica, de tal forma que possa, mediante informações, obtidas por seu intermédio, realizar os projetos dentro dos padrões de segurança e economia exigidos.\***

## 2. Informações Exigidas num Programa de Prospecção

As informações básicas que se busca num programa de exploração do subsolo são:

**a. a área em planta, profundidade e espessura de cada camada de solo identificado; \***

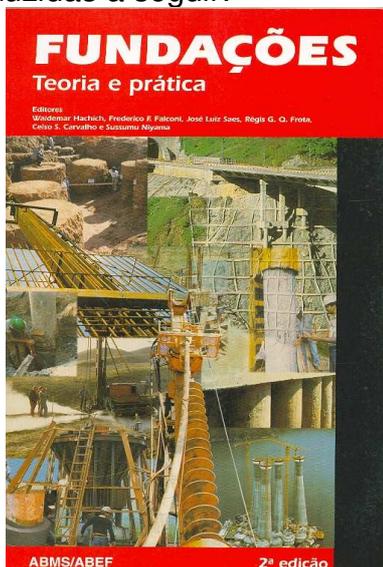
b. a compacidade dos solos granulares e a consistência dos solos coesivos;

c. a profundidade do topo da rocha e as suas características, tais como: litologia, área em planta, profundidade e espessura de cada estrato rochoso; mergulho e direção das camadas, espaçamento de juntas, planos de acamamento, presença de falhas e ação do intemperismo ou estado de decomposição;

d. a localização do nível d'água e a quantificação do artesianismo, se existir;

e. a colheita de amostras indeformadas, que possibilitem quantificar as propriedades mecânicas do solo com que trata a Engenharia: compressibilidade, permeabilidade e resistência ao cisalhamento.”

Vale ainda citar a conhecida publicação Fundações – Teoria e Prática<sup>1</sup>, em seu capítulo “Investigações geotécnicas”, cuja introdução traz as considerações reproduzidas a seguir:



“A elaboração de projetos geotécnicos em geral e de fundações em particular exige, obviamente, um conhecimento adequado dos solos. **É necessário proceder-**

\* Sem destaque no original

1 Livro considerado como referencial na área de geotecnia, compreendendo uma coletânea de trabalhos específicos e sistematizados de diversos especialistas, sob a coordenação da ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e ABEF – Associação Brasileira de Engenharia de Fundações.

**se à identificação e à classificação das diversas camadas componentes do substrato a ser analisado, assim como à avaliação das suas propriedades de engenharia.\***

A obtenção de amostras ou a utilização de algum outro processo para a identificação e classificação dos solos exige a execução de ensaios “in situ”. A determinação das propriedades de engenharia, em princípio, tanto poderia ser feita através de ensaios de laboratório quanto de ensaios de campo. Na prática entretanto, há predominância quase que total dos ensaios “in situ”, ficando a investigação laboratorial restrita a alguns poucos casos especiais em solos coesivos.”

Além disso, cabe destacar notícia veiculada pela Agência USP de Notícias, em 17 de agosto de 2001, como parte integrante do Boletim nº 800/01, onde consta entrevista do pesquisador Omar Yazbek Bitas, desta renomada instituição de ensino e pesquisa, específica sobre o caso em tela, a seguir reproduzida.

**agência USP de notícias**

**USP**  
**CCS**  
Coordenadoria de  
Comunicação Social  
AGÊNCIA DE NOTÍCIAS

“São Paulo, 17 de agosto de 2001 nº 800/01.

**Grande demanda por terrenos aumenta necessidade de avaliação antes de novas construções.**

**A verificação inadequada do terreno é a principal causa da grave situação em que se encontram os moradores do Residencial Pitangueiras, na cidade de Esperança da Serra-MP.\*** Nos últimos anos, muitos conjuntos residenciais estão sendo implementados em locais que antes eram depósitos de lixo para muitas empresas, como o caso do espaço onde foram erguidos os prédios que formam o condomínio de Pitangueiras.

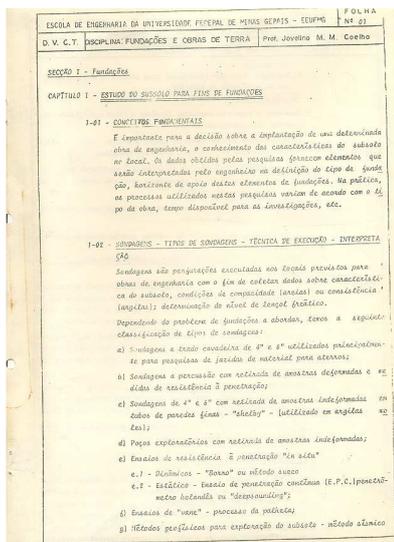
“A demanda por terrenos é muito grande, mas a qualidade deles é muito duvidosa. Isso requer uma avaliação cuidadosa com relação a existência de possíveis resíduos tóxicos”, alerta Omar Yazbek Bitas, pesquisador da divisão de geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Caso esse passivo ambiental, como são chamados tecnicamente, seja ignorado antes do início da construção, os moradores poderão passar por um período de exposição que pode causar graves problemas.** “Essa verificação é, portanto, item fundamental”, completa o pesquisador.

### **2.3) Métodos para investigação do subsolo:**

Dada a importância que a investigação do subsolo adquire, apresentamos a seguir os métodos de investigação sugeridos, segundo a apostila elaborada na década de 70, pelo Prof. Jovelino Mineiro Machado Coelho, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como segue:

---

\* Sem destaque no original



“Sondagens são perfurações executadas nos locais previstos para obras de engenharia com o fim de coletar dados sobre característica do subsolo, condições de compacidade (areias) ou consistência (argilas); determinação do nível de lençol freático.

Dependendo do problema de fundações a abordar, temos a seguinte classificação de tipos de sondagens:

- a) Sondagens a trado cavadeira de 4” e 6” utilizados principalmente para pesquisas de jazidas de material para aterros;
- b) Sondagens a percussão com retirada de amostras deformadas e medidas de resistência à penetração;
- c) Sondagens de 4” e 6” com retirada de amostras indeformadas em tubos de paredes finas – “Shelby” – (utilizado em argilas moles);
- d) Poços exploratórios com retirada de amostras indeformadas;
- e) Ensaio de resistência à penetração “in situ”
  - e.1 – Dinâmicos – “Borro” ou método sueco
  - e.2 – Estático – Ensaio de penetração contínua (E.P.C.) penetrômetro holandês ou “deepsounding”;
- f) Ensaio de “vane” – processo da palheta;
- g) Métodos geofísicos para exploração do subsolo – método sísmico de refração;
- h) Sondagens à rotação (rotativas) para estudos de maciços rochosos ou perfuração de matacões.

Técnica de execução

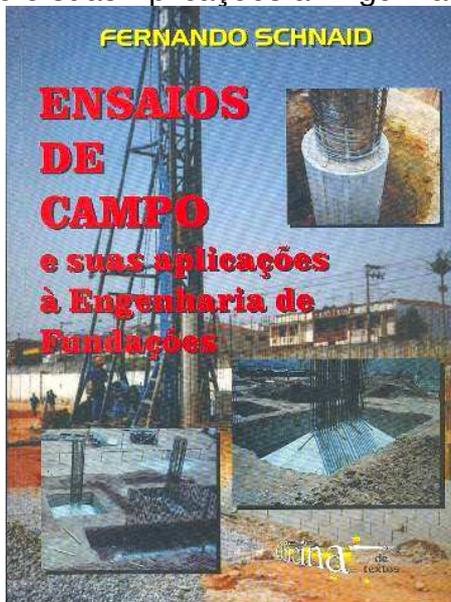
**Exporemos a seguir os seguintes aspectos técnicos a serem satisfeitos pelo programa de investigação do subsolo: \***

- a) Determinação da ocorrência do lençol freático, inclusive seu nível. Eventuais artesianismos devem ser anotados.
- b) Determinação dos índices de resistência à penetração que nos fornecem as condições de compacidade (caso das areias) ou consistência (caso das argilas).
- c) **Caracterização tátil visual dos tipos de solos que ocorrem nas diversas camadas do subsolo. \***

\* Sem destaque no original

d) *Determinação das espessura das camadas constituintes do subsolo.*

Por ser o ensaio mais executado na maioria dos países do mundo, e também no Brasil, apresentamos uma explicação detalhada da sondagem de simples reconhecimento à percussão (SPT), através de texto retirado do livro Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações<sup>2</sup>, a seguir reproduzido.



*“O Standard Penetration Test (SPT) é reconhecidamente a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação em praticamente todo o mundo, permitindo uma indicação da densidade de solos granulares, também aplicado à identificação da consistência de solos coesivos e mesmo de rochas brandas.*

*Métodos rotineiros de projeto de fundações diretas e profundas usam sistematicamente os resultados de SPT, especialmente no Brasil.*

*O ensaio SPT constitui-se em uma medida de resistência dinâmica conjugada a uma sondagem de simples reconhecimento. A perfuração é realizada por tráfegem e circulação de água utilizando-se um trépano de lavagem com ferramenta de escavação. Amostras representativas do solo são coletadas a cada metro de profundidade por meio de amostrador-padrão, de diâmetro externo de 50mm. O procedimento de ensaio consiste na cravação deste amostrador no fundo de uma escavação (revestida ou não), usando um peso de 65,0 kg, caindo de uma altura de 750mm (ver ilustração nas Figuras 2.1 e 2.2). O valor  $N_{SPT}$  é o número de golpes necessário para fazer o amostrador penetrar 300mm, após uma cravação inicial de 150mm.*

---

2 Livro muito utilizado na área de geotecnia, compreendendo a metodologia para ensaios de solo, de autoria do Eng<sup>o</sup> Fernando Schnaid, Oficina de Textos, 2000.

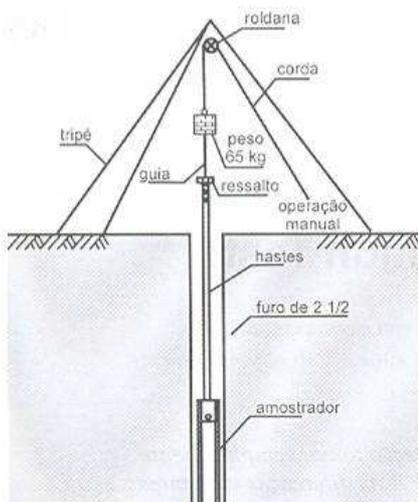


Figura 2.1 Ilustração do ensaio SPT

As vantagens deste ensaio com relação aos demais são: simplicidade do equipamento, baixo custo e obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado com regras empíricas de projeto. Apesar das críticas válidas que são continuamente feitas à diversidade de procedimentos utilizados para execução do ensaio e à pouca racionalidade de alguns dos métodos de uso e interpretação, este é ainda o processo dominante na prática de Engenharia de Fundações.

Este capítulo apresenta os aspectos relevantes à análise do SPT e suas limitações, à luz dos conhecimentos recentes, esclarecendo os usuários dos cuidados envolvidos no uso e interpretação dos resultados do ensaio, e divulgando o conhecimento sobre técnicas modernas.”

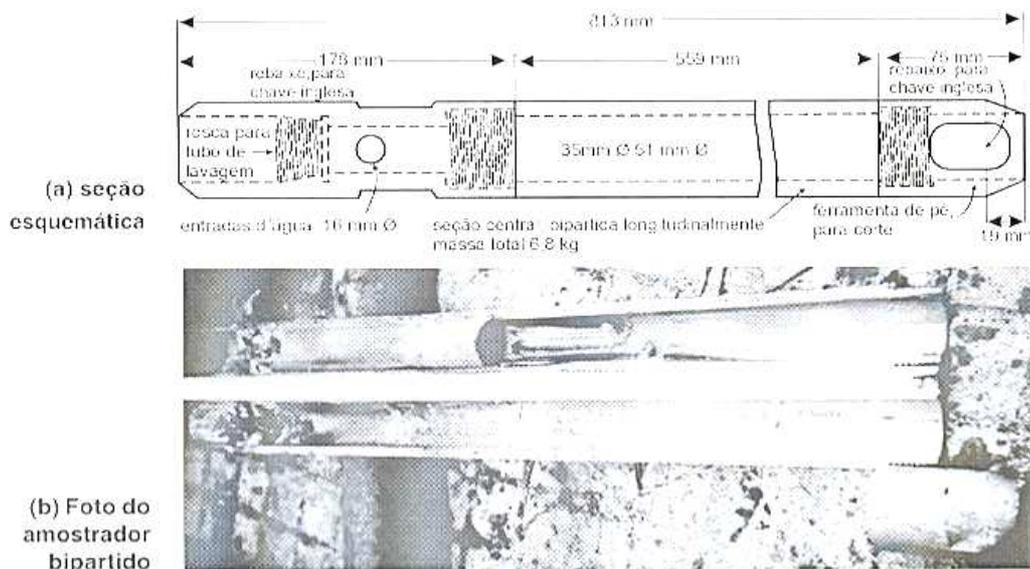


Figura 2.2 Amostrador-padrão "Raymond" (NBR 6.484/80)

## 2.4) Norma para levantamento geotécnico:

A Norma Brasileira da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que trata do tema é a **NBR-6497 (Levantamento Geotécnico)**, de março de 1983, cujo objetivo é a fixação das condições gerais a serem obedecidas no levantamento geotécnico para fins de projeto de obras de engenharia, cujos pontos principais destacamos a seguir.

	LEVANTAMENTO GEOTÉCNICO	02.412
	Procedimento	NBR 8497 MAR/1988
<p>1 OBJETIVO</p> <p>Esta Norma fixa as condições gerais a serem obedecidas no "Levantamento geotécnico" para fins de projeto de obras de engenharia.</p>		
<p>2 DEFINIÇÕES</p> <p>Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 2.1 a 2.3.</p>		
<p>2.1 Levantamento geotécnico</p> <p>Conjunto de todos os estudos de "Geologia de engenharia", "Engenharia de solos" e "Engenharia de rochas" destinados à obtenção das informações necessárias ao projeto, referentes aos maciços geológicos interessados direta e/ou indiretamente na obra.</p>		
<p>2.2 Maciço geológico interessado diretamente na obra</p> <p>Conjunto de formações geológicas no qual a obra é implantada, sendo delimitado na extensão e profundidade pela zona do maciço que influencia ou é influenciado pela obra.</p>		
<p>2.3 Maciços interessados indiretamente na obra</p> <p>Aqueles cujos componentes podem ser aplicados na obra.</p>		
<p>3 CONDIÇÕES GERAIS</p>		
<p>3.1 Recomendações preliminares</p>		
<p>3.1.1 Inicialmente devem ser pesquisadas todas as informações existentes que se relacionem ao projeto, tais como estudos geológicos, geofísicos e geotécnicos já executados na área, bem como sejam analisados todos os dados referentes ao comportamento de obras semelhantes na região.</p>		
<p>3.1.2 A classificação dos materiais estudados, bem como a execução dos serviços envolvidos e ainda a apresentação dos resultados, devem obedecer sempre às prescrições das normas brasileiras específicas.</p>		
<p>3.1.3 Estudos de geologia de engenharia (Investigações geológicas de subsuperfície)</p>		
<p>4.2.1 Escopo</p> <p>As investigações geológicas de subsuperfície têm como principais objetivos a obtenção das seguintes informações:</p>		
<p>a) distribuição das várias unidades geológicas em profundidade;</p>		
<p>SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL</p>		<p>ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS</p>
<p>Referência: Levantamento geotécnico</p>		<p>NBR 8497 NORMA BRASILEIRA REGISTRADA</p>
<p>CDU 624.131.1</p>		<p>Todas as direções reservadas 7 páginas</p>

## “2 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 2.1 a 2.3.

### 2.1 Levantamento geotécnico

**Conjunto de todos os estudos de “Geologia de engenharia”, “Engenharia de solos” e “Engenharia de rochas”, destinado à obtenção de informações necessárias ao projeto, referentes aos maciços geológicos interessados direta e/ou indiretamente na obra. \***

### 2.2 Maciço geológico interessado diretamente na obra

Conjunto de formações geológicas no qual a obra é implantada, sendo delimitado em extensão e profundidade pela zona do maciço que influencia ou é influenciado pela obra.

### 2.3 Maciços interessados indiretamente na obra

Aqueles cujos componentes podem ser aplicados na obra.

## 3 CONDIÇÕES GERAIS

### 3.1 Recomendações preliminares

**3.1.1 Inicialmente devem ser pesquisadas todas as informações existentes que interessem ao projeto, tais como estudos geológicos, geofísicos e geotécnicos já executados na área, bem como sejam analisados todos os dados referentes ao comportamento de obras semelhantes existentes na região. \***

3.1.2 A classificação dos materiais estudados, bem como a execução dos serviços envolvidos e ainda a apresentação dos resultados, devem obedecer sempre às prescrições das normas brasileiras específicas.”

“4.2 Estudos de geologia de engenharia (Investigações geológicas de subsuperfície)

#### 4.2.1 Escopo

As investigações geológicas de subsuperfície têm como principais objetivos a obtenção das seguintes informações:

a) distribuição das várias unidades geológicas em profundidade;

\* Sem destaque no original

- b) condições hidrogeológicas em profundidade;
- c) perfil do intemperismo;
- d) distribuição espacial das feições geológicas de interesse em engenharia.

#### 4.2.2 Qualificação dos estudos

Para obtenção dos dados relacionados em 4.2.1 devem ser executados os seguintes estudos:

- a) geofísica de engenharia;
- b) sondagens geotécnicas;
- c) poços, trincheiras e galerias;
- d) retirada de amostras.

#### 4.2.3 Metodologia dos estudos

4.2.3.1 Na geofísica de engenharia as investigações geológicas de superfície podem ser complementadas pelos geofísicos, especialmente nos casos em que haja necessidade do conhecimento mais contínuo do solo.

4.2.3.2 As sondagens geotécnicas, convenientemente posicionadas e executadas, constituem uma das mais precisas determinações das informações desejadas. Essas sondagens, dependendo da natureza do maciço, podem ser dos tipos à percussão, mista ou rotativa (sondagens mecânicas).

##### **4.2.3.3 Poços, trincheiras e/ou galerias devem ser executados:**

- a) para verificação de informações fornecidas pelas sondagens que se tornarem duvidosas, em função do pequeno diâmetro das mesmas;**
- b) para coleta de amostras de maiores diâmetros;**
- c) para execução de ensaios “in-situ”. \***

4.2.3.4 Para determinação dos parâmetros em laboratório devem ser convenientemente retiradas amostras representativas, as quais podem ser indeformadas ou não, dependendo do tipo de ensaio a que se destinam. Os locais das amostras devem ser correlacionados com as sondagens executadas, devendo as amostras serem precisamente identificadas e localizadas em planta e em profundidade.

#### 4.3 Estudos de engenharia de solo

##### **4.3.1 Escopo**

**Os estudos de engenharia de solos, referentes ao levantamento geotécnico, visam a obtenção das seguintes informações:**

- a) natureza do maciço terroso;**
- b) posicionamento espacial das diversas camadas;**
- c) parâmetros físicos e mecânicos e suas variações espaciais;**
- d) posição do nível d'água. \***

##### 4.3.2 Qualificação dos estudos:

Para a obtenção dos dados relacionados em 4.3.1, devem ser executados os seguintes estudos:

- a) sondagem à percussão;
- b) sondagem mista;
- c) sondagem à trado;
- d) poços e trincheiras;
- e) observação do nível d'água;

---

\* Sem destaque no original

- f) ensaios “in situ”;
- g) retirada de amostras;
- h) ensaios de laboratório.

#### 4.3.3 Metodologia dos estudos

##### 4.3.3.1 Sondagem à percussão

Os estudos de engenharia de solos devem ser preferencialmente iniciados pela execução de sondagens à percussão, as quais fornecem as informações das alíneas a), b) e d) de 4.3.1 e ainda um dos parâmetros de 4.3.1 alínea c) (variação da resistência à penetração com a profundidade).

Notas: a) Em muitos casos, dependendo do tipo de obra e consideradas as recomendações do capítulo 3, essas sondagens podem ser suficientes, dispensando quaisquer outros estudos.

b) O número de sondagens, sua localização e profundidade, devem obedecer às normas brasileiras específicas.

##### 4.3.3.2 Sondagem mista

Sempre que na execução da sondagem à percussão ficar constatada a impenetrabilidade a uma profundidade inferior àquela que deveria ser atingida, o furo deve ser prosseguido pelo sistema de sondagem mista, isto é, com o emprego de sonda rotativa associada ao equipamento de percussão.

##### 4.3.3.3 Sondagem à trado

Quando se desejar obter apenas as informações das alíneas a), b) e d) de 4.3.1, podem ser executadas as sondagens à trado.

##### 4.3.3.4 Poços e trincheiras

Poços e/ou trincheiras devem ser executados:

a) para verificação de informações fornecidas pelas sondagens que se tornarem duvidosas, em função do pequeno diâmetro dos furos;

b) para coleta de amostra;

c) para execução de ensaios “in-situ”.

##### 4.3.3.5 Observação do nível d'água

Quando for necessária a definição precisa da posição do nível d'água, as informações fornecidas pelas sondagens devem ser complementadas por sistemas especiais de observação do N.A., por meio de poços ou tubos piezométricos.

##### 4.3.3.6 Ensaios “in-situ”

Sempre que houver necessidade do conhecimento mais preciso de determinados parâmetros, ou quando os mesmos não puderem ser obtidos por meio de ensaios de laboratório, devem ser executados ensaios “in-situ” para obtenção dos mesmos. Os principais ensaios a serem considerados são:

- a) de penetração dinâmica;
- b) de penetração estática;
- c) pressiométrico;
- d) de medida de pressão neutra;
- e) “VANE-TEST”;
- f) prova de carga;
- g) permeabilidade.

Nota: Esses ensaios devem ser correlacionados com as sondagens e executados à profundidade onde se deseja a informação.

##### 4.3.3.7 Retirada de amostras

Para determinação de parâmetros em laboratório, devem ser convenientemente retiradas amostras representativas, as quais podem ser indeformadas ou não, dependendo do tipo de ensaio a que se destinam. Os locais das amostras devem ser correlacionados com as sondagens executadas, devendo as amostras serem precisamente identificadas e localizadas em plantas e em profundidade.

#### 4.3.3.8 Ensaio de laboratório

Sempre que houver necessidade de determinação de parâmetros físicos e/ou mecânicos, para complementar as determinações feitas “in situ”, ou quando essas não tiverem sido feitas, devem ser executados ensaios em laboratório sobre amostras indeformadas ou não, dependendo do parâmetro que se deseja determinar. Esses ensaios podem ser:

- a) de determinação do teor de umidade;
- b) de determinação de densidades, aparente e real;
- c) de granulométrica;
- d) de determinação dos limites de consistência;
- e) de compactação;
- f) de equivalente de areia;
- g) CBR;
- h) de permeabilidade;
- i) de compressão simples;
- j) de compressão triaxial;
- l) de cisalhamento direto;
- m) de adensamento.”

### 2.5) Norma para projeto de execução de fundações:



À época da fase de projeto do conjunto residencial encontrava-se em vigor a **NB-51 (Projeto e Execução de Fundações)**, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), de 1960, e reimpressa em 1971, cujo objetivo era fixar as condições básicas a serem observadas no projeto e execução de fundações de edifício e outras obras correntes, cujos aspectos principais de interesse ao presente parecer encontram-se transcritos a seguir.

**“2.1.1 – Sondagens – A investigação do subsolo, por meio de sondagens ou poços, nos locais de novas construções ou de alteração de construções já existentes, é considerada indispensável no caso de não haver dados suficientes sobre o subsolo para elaboração do projeto de fundações.\***

Conforme o caso, as sondagens poderão ir das de simples reconhecimento, manuais ou mecanizadas, até as especiais para a retirada de amostras indeformadas das camadas do subsolo que interessem ao projeto.

2.1.1.1 Execução das sondagens – **As sondagens de reconhecimento serão executadas de acordo com a norma NB-12.\*** As sondagens especiais e os poços terão as suas características fixadas em cada caso.

2.1.1.2 Apresentação dos resultados das sondagens – **Os resultados das sondagens serão apresentados isoladamente em perfis individuais, onde figurarão todos os elementos colhidos em sua execução,\*** e, conjuntamente, em cortes ou seções do subsolo, onde aparecerão em destaque os caracteres comuns a todas as sondagens, que definem o subsolo de um modo geral, figurando as particularidades junto às sondagens em que foram registradas.

2.1.1.2.1 A classificação das amostras bem como a descrição das camadas serão feitas de acordo com a terminologia TB-3.

2.1.2 Ensaio de amostras de solos – **As amostras extraídas das sondagens serão submetidas a ensaios, quando julgados necessários para a determinação de propriedades das camadas que interessem ao projeto.\***

Conforme o caso, os ensaios poderão ser de simples classificação ou visando à determinação de características mecânicas dos solos a partir de amostras indeformadas.

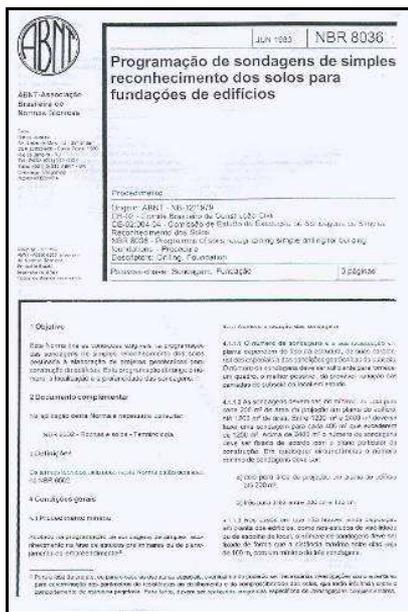
2.1.3 Ensaio de campo – Além das sondagens e ensaios referidos em 2.1.1 e 2.1.2, são recomendáveis, para verificação do projeto ou sua boa execução e eventual modificação, outros ensaios feitos no local de construção, como as provas de carga, diretamente sobre o terreno ou sobre elementos de fundação, as quais deverão obedecer, no que couber, às normas NB-20 e NB-27, os de penetrômetros e outros para determinação de propriedades dos solos (in situ).

2.1.3.1 Observação das obras – São considerados de especial interesse, não só para controle da obra em si, como também para o progresso da técnica de fundações e da melhoria dos conhecimentos sobre as condições locais de fundação, a observação das obras no que se refere ao comportamento de suas fundações bem como à interação estrutura-solo de fundação. Tal observação, que se recomenda às administrações públicas competentes e organizações especializadas, poderá ser mesmo requerida nos casos de projetos difíceis ou singulares ou naqueles casos em que se julgue necessária a verificação da segurança de obras fundadas sob condições especiais.”

## **2.6) Norma para programação de sondagem:**

---

\* Sem destaque no original



Denominada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como **Norma Brasileira para Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifício, a NBR-8036**, anteriormente denominada NB-12/1979, foi publicada em junho de 1983, cujo objetivo é o de fixar as condições exigíveis nestas atividades para a construção de edifícios.

Esta programação abrange o número, a localização e a profundidade das sondagens, sendo relevante enfatizar os pontos a seguir reproduzidos.

#### “4.1.1 Número e locação das sondagens

4.1.1.1 *O número de sondagens e a sua localização em planta dependem do tipo das estrutura, de suas características especiais e das condições geotécnicas do subsolo. **O número de sondagens deve ser suficiente para fornecer um quadro, o melhor possível, da provável variação das camadas do subsolo do local em estudo.**\**

4.1.1.2 *As sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200 m<sup>2</sup> de área da projeção em planta do edifício, até 1200 m<sup>2</sup> de área.\* Entre 1200 m<sup>2</sup> e 2400 m<sup>2</sup> deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m<sup>2</sup> que excederem de 1200 m<sup>2</sup>. Acima de 2400 m<sup>2</sup> o número de sondagens deve ser fixado de acordo com plano particular da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser:*

a) *dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m<sup>2</sup>;*

**b) três para área entre 200 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup>.\***

4.1.1.3 *Nos casos em que não houver ainda disposição em planta dos edifícios, como nos estudos de viabilidade ou de escolha de local, o número de sondagens deve ser fixado de forma que a distância máxima entre elas seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens.*

4.1.1.4 *As sondagens devem ser localizadas em planta e obedecer às seguintes regras gerais:*

a) *na fase de estudos preliminares ou de planejamento do empreendimento, as sondagens devem ser igualmente distribuídas em toda a área; na fase de projeto*

\* Sem destaque no original

podem-se localizar as sondagens de acordo com critério específico que leve em conta pormenores estruturais;

b) quando o número de sondagens for superior a três, elas não devem ser distribuídas ao longo de um mesmo alinhamento.”

### **2.7) Procedimentos adotados no local:**

Por tudo o que foi exposto nos itens anteriores, baseado em bibliografia técnica especializada e normatização da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), passamos ao exame dos procedimentos adotados no local, no que se refere à investigação geotécnica realizada no terreno.

De acordo com a documentação fornecida, a **Administradora e Construtora MARES** contratou a empresa **Nossa Terra Geologia e Geotecnia** para a realização dos trabalhos de sondagens para fins de reconhecimento do solo, cujas notas informam o seguinte:

- o desenho foi extraído de planta fornecida pelo cliente (**MARES**);
- plano de locação e número de sondagens determinados pelo cliente (**MARES**);
- locação das sondagens no campo foi executada pelo cliente (**MARES**);
- cotas altimétricas das sondagens foram fornecidas pelo cliente (**MARES**).
- as sondagens de número S01-1B e S04-1B não foram executadas por decisão do cliente (**MARES**).

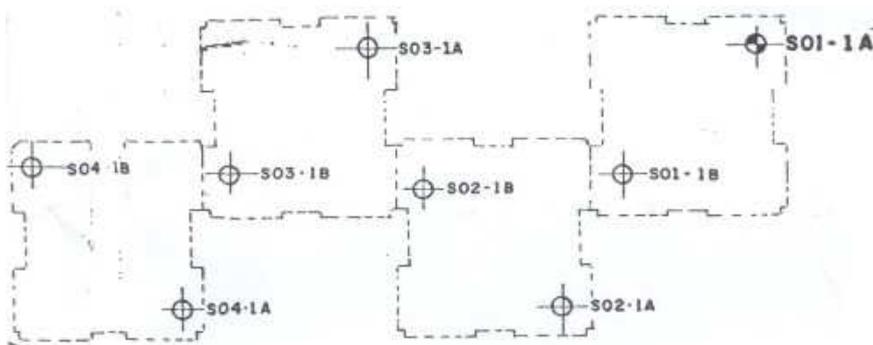
**As informações contidas na documentação analisada nos permitem deduzir que a Administradora e Construtora MARES assumiu a direção dos trabalhos de investigação do subsolo, enquanto a Nossa Terra Geologia e Geotecnologia deixou de ser uma consultoria de solos para atuar meramente como executora das sondagens, seguindo toda a orientação da empresa MARES.**

As plantas resultantes do serviço realizado indicam os pontos onde foram executados os furos de sondagem nos edifícios e nos blocos de 4 edifícios existentes, cuja variação aponta a programação de um mínimo de nenhum furo em um bloco, até um máximo de 8 furos em outro, como segue.

#### **Mínimo (nenhum furo de sondagem programada)**



#### **Máximo (8 furos de sondagem programada)**



Além disso ao analisarmos os perfis do subsolo, verificamos que o resultado traz informações referentes unicamente ao tipo de solo existente, sendo muito semelhantes entre si, conforme reproduzido a seguir.



### Perfil típico de sondagem executada

Em nenhuma delas existe qualquer referência à existência de resíduos ou qualquer outro material que represente a presença de substâncias nocivas à saúde, situação inclusive explicada em correspondência da Mares, datada de 08/09/99, enviada à Arquiteta Carla Horta, então Assistente do Diretor de Obras Particulares e Parcelamento do Solo da Prefeitura do Município de Esperança da Serra, onde consta o seguinte:

**“...Após a análise das folhas nº SPO 0725, 0693-A, 0693, 0682 e 0725 da empresa Nossa Terra Geologia e Geotecnia, relativa às sondagens do empreendimento em questão, verifica-se a inexistência de materiais nocivos à saúde.”\***

### 2.8) Sondagens executadas após o sinistro:

Após o sinistro ocorrido no local, em 20 de abril de 2000, a RPS contratou a empresa Terra Boa Ambiental Ltda., em setembro de 2000, cujo objetivo era a *“caracterização do subsolo da área do Conjunto Residencial Pitangueiras em decorrência da presença de índices de explosividade detectados no interior de um ambiente confinado”*.

Este documento traz uma série de informações referentes às condições do subsolo no local, cuja principal refere-se às condições do aterro, especialmente sobre a existência dos resíduos encontrados como segue:

*“Aterros:*

\* Sem destaque no original

Foram definidas duas camadas diferentes de aterros. A primeira camada ocorre superficialmente e sua espessura média na área investigada é de um metro, podendo atingir até 4m (TR6) ou mesmo não ocorrer (TR10 e TR13). Compõe-se basicamente por material proveniente do solo de alteração da região (silte micáceo marrom), com quantidades variadas de fração arenosa, pedregulhos e restos de alvenaria. É comum a mistura com materiais típicos do aterro inferior, como sacos plásticos e tiras de borracha.

A interpretação das sondagens de reconhecimento, associada aos perfis geofísicos permitiu **definir** a existência de uma camada de aterro contendo resíduos industriais situada logo abaixo da camada de aterro superficial ou diretamente sob o pavimento\* (TR10 e TR13). Esse se encontra depositado na encosta do talude oeste, estendendo-se no sentido N-S, aproximadamente paralelo ao córrego Tigre.

As maiores espessuras de aterro industrial foram identificadas no setor sudoeste do terreno, próximo ao bloco 4 da quadra 4, \* na porção mais elevada do talude. Neste ponto, a TR6 indicou que a base desse aterro está a mais de 11m de profundidade. Junto à crista do talude, as espessuras do aterro vão reduzindo no sentido norte (em direção da faixa da Eletropaulo), até atingir 3,5m (TR1). No sentido perpendicular ao talude, ou seja o eixo E-W, existe um aumento de espessura da camada de aterro de E para W.

O aterro possui uma matriz predominantemente arenosa (média/fina), de colocação escura, podendo apresentar, localmente porções mais argilosas. **É comum a presença de 'agregados arenosos' de coloração vermelho/amarelo, típicos de areias industriais. Outros materiais encontrados com frequência, e com distribuição bastante dispersa incluem plásticos diversos (embalagens de fios e cabos, sacos, canos, embalagens de produtos alimentícios), borrachas (principalmente retalhos, tiras e sobras de pneus de automóveis), pedaços de madeira, cacos de vidro e porcelana, peças de máquinas, fios de cobre, sacos de estopa contendo borra oleosa, baterias, latas de metal e solados de borracha e calçados."**

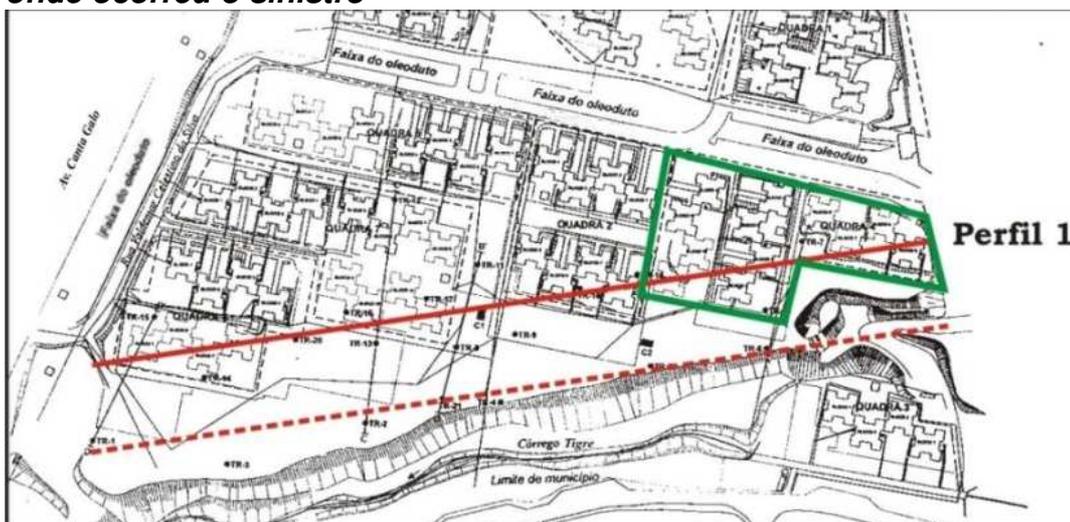
Além disso, torna-se imperativo apresentar alguns desenhos contendo os resultados do trabalho desenvolvido, que dão uma dimensão da situação existente, a seguir reproduzidos.

---

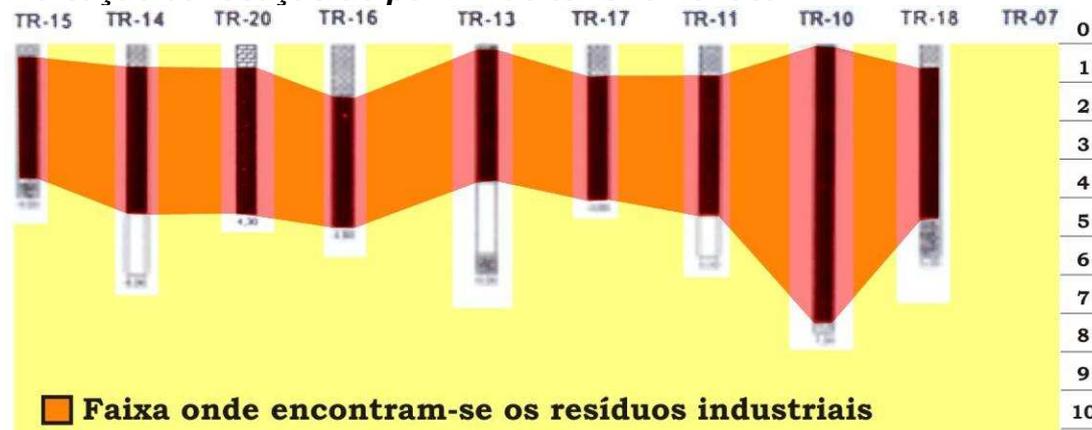
\* Sem destaque no original



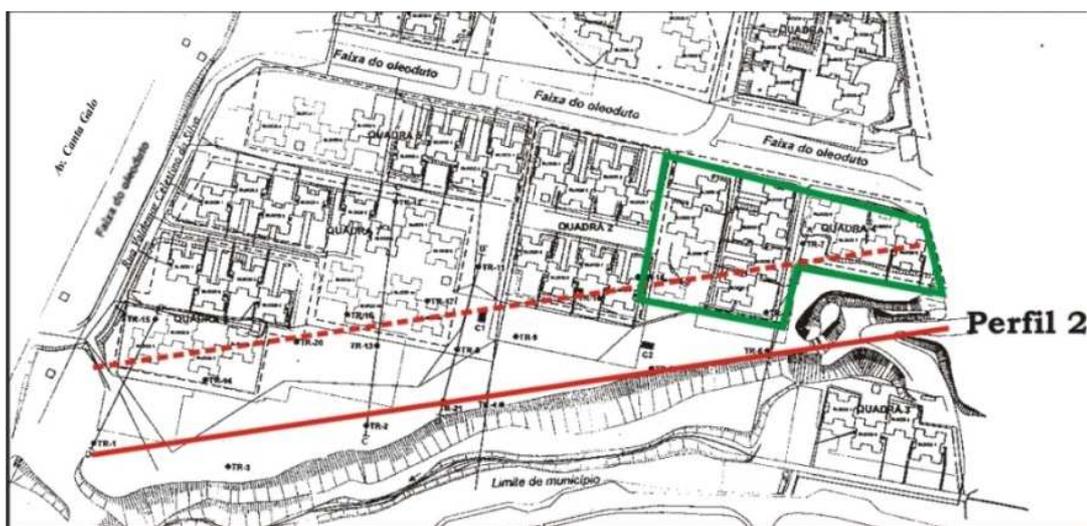
**Planta de distribuição das sondagens, com destaque para a quadra 4, onde ocorreu o sinistro**



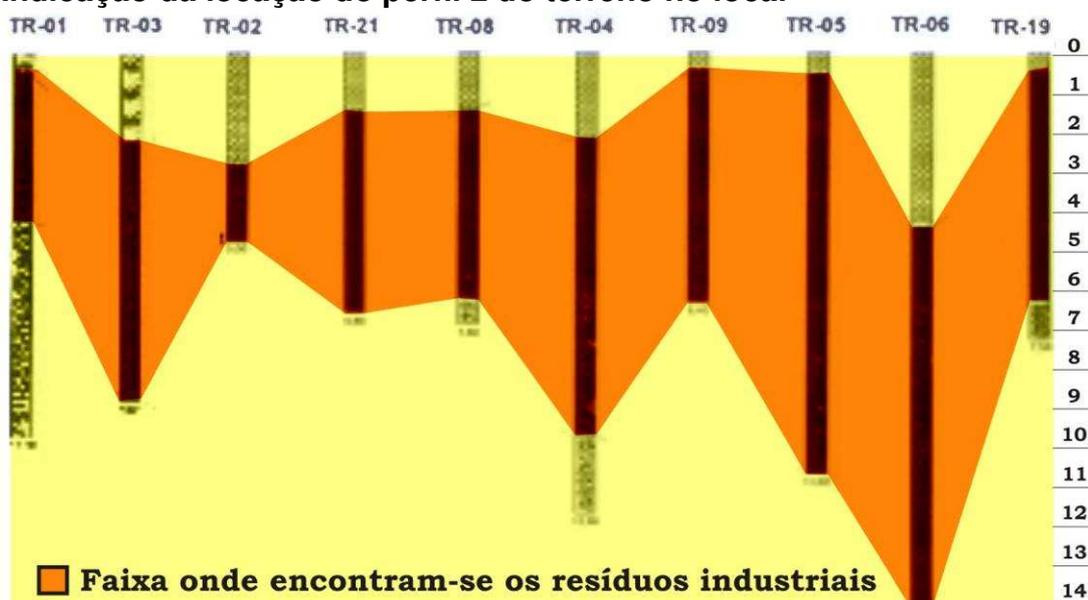
**Indicação da locação do perfil 1 do terreno no local**



**Perfil 1 do terreno (aproximado), onde indicamos a faixa de localização dos resíduos no subsolo**



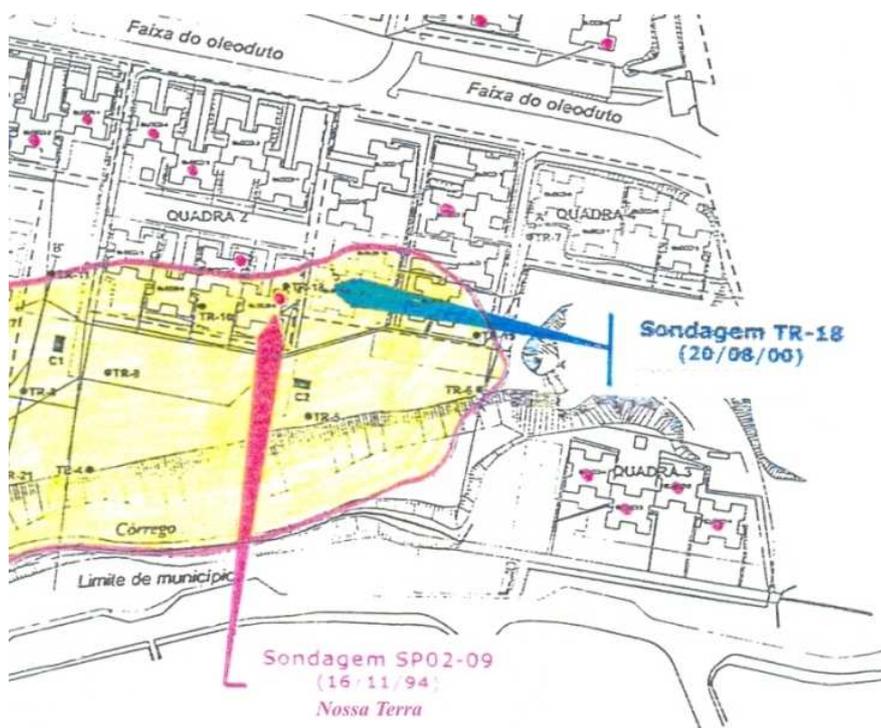
**Indicação da localização do perfil 2 do terreno no local**



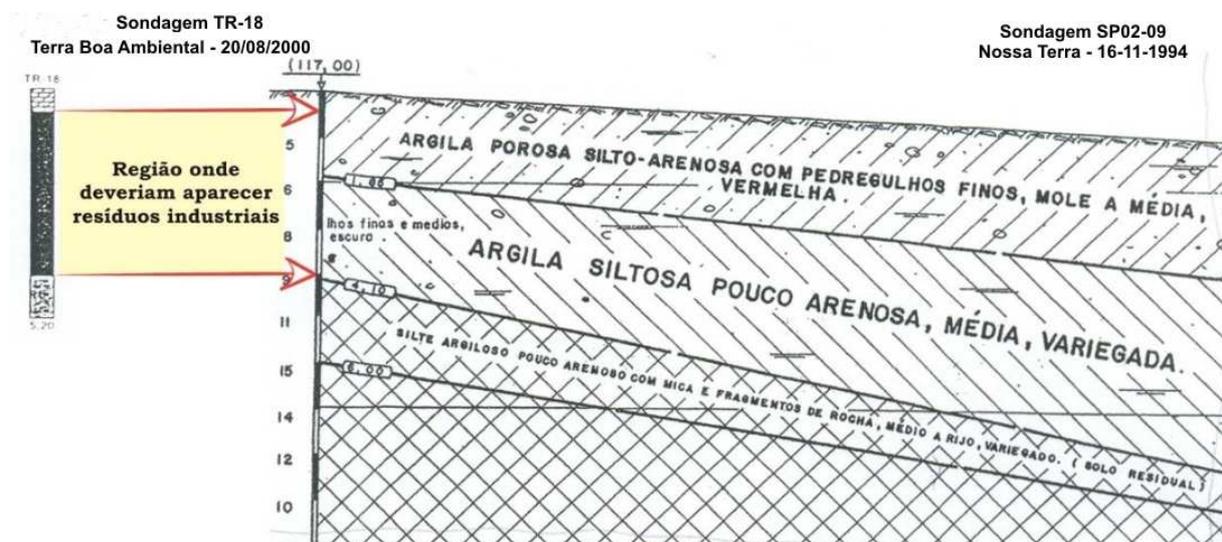
**Perfil 2 do terreno (aproximado), onde indicamos a faixa de localização dos resíduos no subsolo**

Comparando-se os resultados das sondagens apresentadas neste item com aquelas descritas no item 4.7 anterior, executadas na fase de projeto pela Nossa Terra, verifica-se claramente a enorme divergência de informações, especialmente no que se refere à completa ausência de elementos referentes à presença de resíduos industriais na fase de investigação, o que se mostrava possível, em função de seu posicionamento no subsolo.

Esta questão torna-se cristalina quando comparamos a Sondagem SP02-09, realizada em 16/11/1994 pela Nossa Terra, com a Sondagem TR-18, executada em 20/08/2000 pela Terra Boa Ambiental, cujo posicionamento é coincidente, conforme planta a seguir.



Ao compararmos o material coletado em uma e outra, podemos comprovar a enorme discrepância, em especial quanto à completa ausência de referência aos resíduos existentes no local, como segue.



## 2.9) Cálculo do número mínimo de sondagens:

O cálculo do número mínimo de sondagens de reconhecimento para fins de investigação do subsolo encontra-se disciplinado pela **NBR-8036 (Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios)** da **ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)**, constando, dentre outras, as seguintes recomendações:

- ☑ no mínimo, uma para cada 200,00 m<sup>2</sup> de projeção em planta da edificação, até 1.200,00 m<sup>2</sup> de área (item 4.1.1.2);
- ☑ em quaisquer circunstâncias, o número mínimo de sondagens será de três para área entre 200,00 m<sup>2</sup> e 400,00 m<sup>2</sup> (item 4.1.1.2-b).

O primeiro passo para o cálculo do número de sondagens é a definição da área em projeção da edificação, que, no caso em análise, se resume no desenho a seguir.



**Total de blocos = 18 unidades**

Portanto, com base na área indicada e nos preceitos normativos, podemos realizar os cálculos segundo duas hipóteses:

Hipótese 1 – adotar o edifício isolado

Área de projeção = 258,00 m<sup>2</sup>

Hipótese 2 = adotar o bloco de 4 edificações

Área de projeção = 1.032,00 m<sup>2</sup>

Hipótese 1:

N = 258 = 125

200

Hipótese 2:

N = 1.032 = 5,16

200

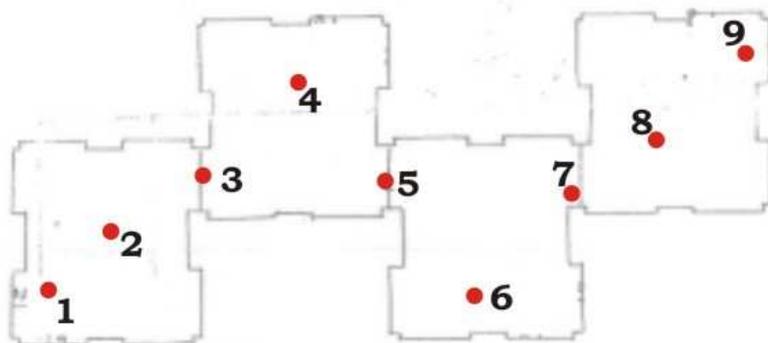
Número mínimo exigido pela Norma:

Hipótese 1 = 3 por edifício\* (12 por bloco ou total de 216)

Hipótese 2 = 6 por bloco (ou total de 108)

\* item 4.1.1.2-b da NBR-8036

Não obstante existirem duas hipóteses analisadas, pelo vulto do empreendimento, e sempre à favor da segurança, acreditamos que o correto seria a adoção de 12 furos por bloco, embora pelas características arquitetônicas da disposição dos edifícios, seria admissível a adoção de 9 furos, conforme croqui a seguir.



Independente da clareza referente às exigências contidas na Norma Brasileira ora referenciada, e a simplicidade dos cálculos apresentados, conforme vimos anteriormente, **houveram blocos em que nenhum furo foi realizado**, e em apenas um deles identificamos a realização de 8 furos.

Além disso, chama atenção o texto do relatório elaborado pela NOSSA TERRA, datado de 26/07/1994, pela simplicidade de seu conteúdo, nos parecendo tratar-se de um documento padrão, onde algumas lacunas são preenchidas, não

existindo um estudo geotécnico consistente do subsolo investigado, sendo relevante destacar a seguinte informação:

**“Foram executadas 09 sondagens de simples reconhecimento...”**

Sobre esta afirmativa entendemos que o relatório se refere à “9 grupos de sondagens”, uma vez terem sido identificados 32 furos de reconhecimento, o que se mostra insuficiente diante da exigência normativa, ainda que considerássemos a situação de 9 furos por bloco, como segue:

**Número mínimo considerado:**

Furos por bloco = 9

Número de blocos = 18

Mínimo de furos = 162

**Número de furos executados pela Nossa Terra:**

Furos executados = 32

**% de furos executados em relação aos exigido pela Norma Brasileira:**

% =  $\frac{32}{162} = 19,75\%$

162

Portanto, em função dos cálculos anteriores, percebe-se que o número efetivo de sondagens executada não atinge 20,00 % do número exigido em Norma Brasileira da ABNT, fato que impediu a completa análise da real situação do subsolo no local.

### **3) CONCLUSÃO**

Diante do exposto nos itens anteriores, e após analisarmos todos os fatos que interferem ou possam vir a interferir com o assunto objeto deste parecer, verificamos o seguinte:

A empresa Nossa Terra Geologia e Geotecnia, embora seja uma consultoria em solos, não dirigiu os trabalhos de execução das sondagens de reconhecimento, tarefa assumida pela Administradora e Construtora MARES, que determinou a locação e o número de furos executados no local.

O número de sondagens executadas nos edifícios, indicados na correspondência enviada ou nas plantas obtidas, foi bastante inferior ao número mínimo determinado pela Norma da ABNT, atingindo um percentual inferior à 20,00 % do número mínimo de furos.

Os perfis obtidos nas sondagens realizadas antes da construção dos prédios se mostraram deficientes e incompletos, não apresentando qualquer indicação da existência de resíduos no aterro, ao contrário da situação revelada nas sondagens posteriores, executadas por outra empresa, inclusive no mesmo local.

Ultrapassada a fase de investigação, fica evidente que, durante a execução das fundações, também seria do conhecimento da construtora a existência dos resíduos no local, em decorrência da pouca profundidade que se encontravam os resíduos.

**Em função destas considerações, concluímos que os trabalhos de sondagens, definidos pela MARES, foram executados fora dos padrões mínimos estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis, com omissão da natureza do solo, e foram interpretadas pela MARES como inexistência de materiais nocivos à saúde.**

**Além disso, a empresa Administradora e Construtora MARES, ao conduzir os trabalhos das sondagens de reconhecimento, assumiu a co-responsabilidade técnica pela investigação geotécnica do subsolo.**

## **Bibliografia**

1) Schnaid, Fernando. Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações, São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

2) Coelho, Jovelino Mineiro Machado, Notas de aula – Escola de Engenharia da UFMG

3) Vários Autores, Fundações: Teoria e Prática, 2ª Edição – São Paulo: ABMS/ABEF, 1998.

4) Bueno, Benedito de Souza. Vilar, Orêncio Monje. Mecânica dos Solos, Viçosa: Oficinas Gráficas da Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1980

5) Revista Construção do Começo ao Fim, Editora Casa Dois;

6) Norma NBR-6497 da ABNT (Levantamento Geotécnico);

7) Norma NB-51/60 da ABNT (Projeto e Execução de Fundações);

8) Norma NBR-8036 da ABNT (Programação de Sondagem de Simples.