

IDENTIFICAÇÃO DE MATAÇÕES POR MEIO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SUBSOLO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA (MG)

Luiz Humberto de Freitas Souza
Prof. de Geografia, - UFU, Ituiutaba
luizhumb@triang.com.br

RESUMO

As investigações geotécnicas são extremamente importantes para se conhecer as características do subsolo. Os resultados das chamadas prospecções podem ser utilizados em diversas áreas tais como na Engenharia Civil, Engenharia de Minas, Geologia, Mineralogia, Pedologia, entre tantas outras. O trabalho em questão tem como objetivo específico, discutir sobre a investigação geotécnica, tratando especificamente da importância da sondagem à percussão de simples reconhecimento do subsolo, na identificação de matações. A implicância desse fato na elaboração de projetos diversos será observada por meio de um estudo de caso no perímetro urbano da cidade de Uberlândia/MG, localizada na região do Triângulo Mineiro.

Palavras-chaves: Investigação do Subsolo, Matações, Geotecnia

IDENTIFICATION OF BOULDERS THROUGH SURVEY THE PERCUSSION OF SIMPLE RECOGNITION OF THE UNDERGROUND IN THE UBERLÂNDIA CITY, BRAZIL

ABSTRACT

The geotechnics *investigations* are extremely important to know the characteristics of the underground. The results of the calls searches can be used in several such areas as in the Civil Engineering, Engineering of Mines, Geology, Mineralogy, Pedology, among so much others. The work in subject has as specific objective, to discuss about the geotechnical investigation, specifically treating of the importance of the survey to the percussive simple recognition of the underground, in the identification of boulders. The implication of that fact in the elaboration of several projects will be observed through a case study in the urban perimeter of the city of Uberlândia/MG, located in the region of the Triângulo Mineiro.

Key-words: Investigation of the Underground, Boulders, Geotechnical

INTRODUÇÃO

As sondagens de simples reconhecimento do subsolo são amplamente empregadas no Brasil. Este processo é considerado um dos meios mais econômicos de se fazer o reconhecimento da subsuperfície e muito difundido entre as ciências da terra tais como a Geologia, Geotecnia, e mais recentemente, no campo dos estudos ambientais. Além de fornecer características importantes sobre o lençol freático e do solo (coleta de amostras), quando associado ao ensaio de penetração dinâmica (SPT), mede também a resistência ao longo da profundidade perfurada (QUARESMA et al., 1996, p.119).

As primeiras experiências de que se tem notícia envolvendo este ensaio no Brasil, remontam os fins da década de 1930 a partir da criação da Seção de Solos e Fundações do IPT [1]. Dentre os responsáveis pelas repartições destaca-se o Eng^o Odair Grillo, incumbido dos ensaios de Fundações, que em 1938 cria uma seção independente de Solos e Fundações (atividades geotécnicas). Suas ações por sua vez deveriam prover a engenharia paulista de tecnologias a

Recebido em 22/05/2007
Aprovado para publicação em 23/11/2007

princípio em dois campos relacionados com a engenharia de solos: *pavimentação de estradas de rodagem e fundações de pontes e edifícios*.

Correlacionado aos problemas envolvendo as fundações das pontes e edifícios em São Paulo, foram projetados a priori equipamentos de sondagem para exploração do subsolo com essa finalidade específica. Com base em desenhos e especificações obtidos nos Estados Unidos pelo próprio Eng^o Odair Grillo, a aparelhagem foi sendo desenvolvida na oficina mecânica do IPT. Em 1939, já eram treinadas turmas de sondadores para operarem os aparelhos.

Quando o ensaio tomou corpo no meio nacional, a técnica foi descrita por Milton Vargas (1945) [2], um dos assistentes de Odair Grillo, e publicada pelo IPT sob o título "*Exploração do Subsolo para fins de Engenharia Civil*".

O método de sondagem adotado foi o de percussão com circulação de água, através de um tubo galvanizado de 1" de diâmetro munido de ponta cortante, pelo qual era injetada água de lavagem no fundo da sondagem, simultaneamente com a percussão. Essa água de lavagem subia entre esse tubo, e o de aço sem costura de 2" de diâmetro que servia como tubo de revestimento da sondagem. Ao subir, a água carregava consigo o material escavado, o qual era depositado num tanque, na superfície do terreno. A identificação desse material carregado era desaconselhada.

Para identificar o material atravessado pela sondagem foi projetado um amostrador tipo "*barrilete*" de parede cortada, que descia pelo tubo de revestimento, todas as vezes que se notava, pela água de lavagem, uma mudança de camada no solo. Havia a necessidade de se quantificar a consistência ou a compacidade do material penetrado. Para isso recorreu-se à medida do número de golpes de um peso de 60Kg, caindo de 75Cm de altura, necessários para cravar tal amostrador 30cm no solo.

Esse número de golpes foi correlacionado, pela prática corrente dessas sondagens, com a consistência das argilas e com a compacidade das areias. Com algumas variações de dimensões e detalhes, esse é o tipo de sondagem utilizado até hoje no Brasil (VARGAS, 1996) [2].

A utilização desse número que posteriormente veio a se chamar "*resistência à penetração*" para a previsão das pressões admissíveis em elementos de fundação direta (obras de engenharia civil), exigiu a padronização do ensaio.

Em 1944 a Geotécnica S/A, firma encabeçada por Odair Grillo, adotou uma nova padronização para o ensaio. Assim, o número N de resistência à penetração tomou dois significados N_{IPT} e N_{MG} . Além disso, em 1948 apareceu, num dos primeiros livros de texto da prática de engenharia de solos – o "*Soil Mechanics in Engineering Practice*" de Terzaghi e Peck –, um terceiro método que veio a ser internacionalmente conhecido como o "*standard penetration test*" e com ele um outro número N_{SPT} .

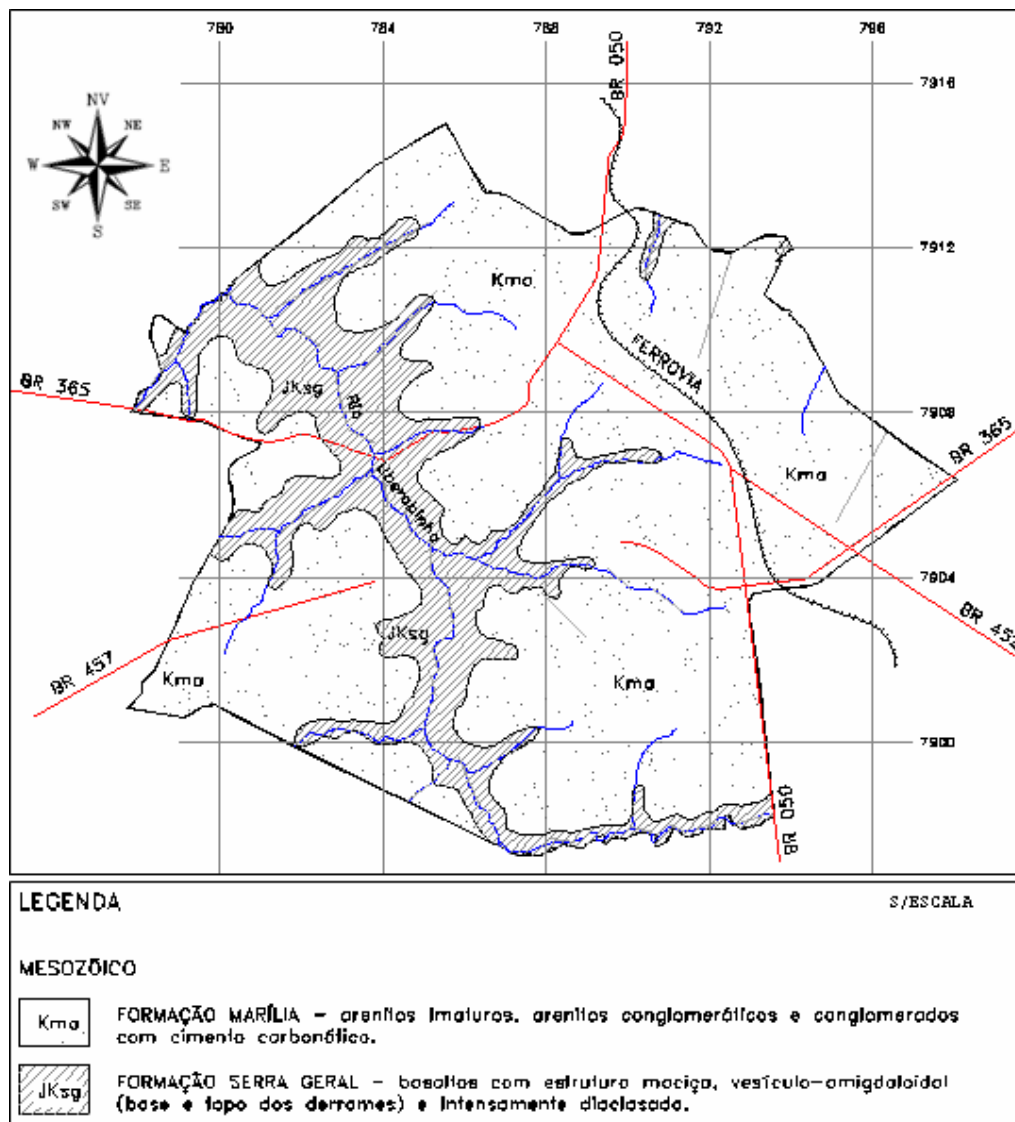
Das investigações e comparações entre o N_{MG} e o N_{SPT} , resultaram conhecimentos precisos sobre a variabilidade dos índices de resistência à penetração e energia dos golpes para cravação. Assim a Geotécnica introduziu um novo índice que era a relação entre os números de golpes correspondentes aos 30Cm iniciais e os subseqüentes 30Cm, após os 15Cm primeiros, sem contagem.

Com a disseminação do ensaio entre outros países, a diversidade de métodos e a confusão de resultados decorrentes dessa diversidade, impuseram a padronização em caráter de urgência (VARGAS, 1996) [2]. Em 1970, depois de vários impasses e discussões, a CESP já emitira uma especificação sobre sondagens exigindo a adoção do SPT. Em 1979 a ABNT emitiu a norma MB-1211, "*Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos*". Em 1980 foi renumerada NBR-6484 onde ficaram padronizados nessa norma o processo de sondagem, o amostrador e o peso de bater. Desde então as sondagens no Brasil são complementadas pela medida do "*standard penetration test*" (SPT).

Cabe ressaltar que recentemente, no início dos anos 1990, tomando como base às proposições

A superfície dos derrames é irregular, variando a altitude desde 880m no município de Indianópolis, 860m em Araguari e 800m em Sacramento, até 370m no extinto canal de São Simão e 350m na região da confluência dos rios Grande e Paranaíba. Observa-se assim que a inclinação geral se dá para SW, tal como no Estado de São Paulo (HASUI, 1969).

No vale do rio Uberabinha, que corta o perímetro urbano (Fig. 2), podem ser evidenciados pelo menos três episódios de derramamento de lava basáltica, fato comprovado pela existência de patamares esculpidos ao longo dos planos que separam os derrames. Esta constatação é complementada pela ocorrência dos níveis de basaltos vesiculares e amigdaloidais nos topos dos derrames.



Organização: Souza (2006).

Figura 2 - Substrato rochoso dentro do perímetro urbano de Uberlândia/MG, adaptado de: Nishiyama (1998)

De caráter predominantemente vulcânica, a Formação Serra Geral, caracteriza as idades Neojurássica e Eocretácea (idade Mesozóica). De acordo com Nishiyama (1989) [3], a sua distribuição horizontal é muito ampla na Região do Triângulo Mineiro, contudo, apresenta-se recoberta em grande extensão pelas rochas da Formação Marília (Grupo Bauru) ou pelos sedimentos mais recentes, inconsolidados do mesmo grupamento litológico, que impedem seu afloramento mais extensivo, exceto ao longo dos derrames basálticos que podem superar a cifra de 200m, sobretudo próximo às calhas dos rios Grande e Paranaíba.

É muito comum encontrar matacões nas áreas basálticas do município de Uberlândia. Os matacões (*boulders*) em geral podem ser considerados como grandes blocos rochosos ainda não decompostos, arredondados, de dimensões variáveis, alojados no regolito [4] ou sobre ele (RODRIGUES, 1978, p.42). São originados do intemperismo [5] diferencial da rocha, ou por meio de movimentos de massa que resultam na deposição dos blocos superficialmente ou subsuperficialmente.

Sua formação está condicionada ao conjunto de processos operantes na superfície terrestre que ocasionam a decomposição dos minerais das rochas, graças à ação de agentes climáticos e biológicos. As condições de alta temperatura e forte umidade, características de climas tropicais, limitados a uma faixa balizada pelos paralelos 30°N e 30°S de latitude, favorecem a atuação de processos geoquímicos.

A profundidade máxima atingida pelo intemperismo químico varia com a topografia e com o grau de diaclasamento (planos de fraqueza) da rocha. A diáclase, do inglês *kluft* é dada no Glossário Geológico (LEINZ & LEONARDOS, 1977, p.55) como: *Plano que separa ou tende a separar em duas partes um bloco de rocha primitivamente uno e ao longo do qual não se deu deslocamento de todo ou em muito pequena amplitude.*

O diaclasamento encontra-se diretamente ligado ao resfriamento do magma. Os planos de fraqueza se dão em consequência da diminuição de volume provocando contrações no corpo intrusivo levando a rocha ao rompimento. Há ainda outros esforços que originam as diáclases além da contração, tais como a compressão ou tensão, muitas vezes relacionadas com o alívio de carga.

A desagregação ocorre muito freqüentemente nas rochas ígneas intrusivas com diaclases dispostas ortogonalmente. Tendem a seguir também em certos casos, as isotermas, ou linhas de igual aquecimento. A forma cúbica, ou qualquer outro poliedro (regular ou não) interfere diretamente no processo de desagregação, pois, o maior desgaste se dá justamente nos vértices e arestas, que segundo Leinz & Amaral (1989, p.58-59) resulta e formas arredondadas às vezes de grandes dimensões, ou seja, os próprios matacões. Tal fato pode ocorrer em qualquer tipo de rocha, uma vez que seja homogênea quanto à resistência e que contenha três direções de juntas aproximadamente perpendiculares entre si.

A chamada *esfoliação esferoidal* vulgo “acebolamento”, derivado da desagregação, é muito comum em basaltos. Os corpos formados são em geral arredondados podendo medir muitos metros de diâmetro até alguns centímetros de tamanho, caracterizam-se por descamarem em cascas concêntricas tal como se verifica numa cebola. Este fenômeno, contudo, é verificado mais comumente abaixo da superfície, onde é impossível a influência da variação da temperatura. Nestes casos, dá-se pela composição química das rochas fraturadas (LEINZ & AMARAL, 1989, p.58-59).

Além dos típicos matacões compostos por blocos rochosos em processo de intemperização, é importante observar que na chamada “cintura intertropical”, onde ocorrem climas correlacionados, há ainda a presença marcante de formações ferruginosas endurecidas intituladas lateritas que, dependendo das dimensões, também podem configurar matacões.

Schellmann (apud MELFI, 1994, p.4), a partir de resultados obtidos em estudos de grupos de trabalho, apresentou no Seminário Internacional sobre Processos de Lateritização, realizado em São Paulo, em 1982 a seguinte definição para o termo laterita:

Acumulações superficiais ou subsuperficiais de produtos provenientes do intenso intemperismo das rochas, desenvolvidos sob condições favoráveis a uma maior mobilidade dos elementos alcalinos, alcalinos-terrosos e sílica e imobilização do ferro e de alumínio.

Tais acumulações, no caso da área urbana da cidade de Uberlândia, se encontram diretamente relacionadas a flutuações do lençol freático que ocorrem respeitando as condições climáticas regionais, ou seja, clima tropical com duas estações bem definidas (verão chuvoso e inverno seco).

Na região é comum encontrar laterita no subsolo que podem atingir dimensões verticais e horizontais da ordem de metros a decímetros. Habitualmente, essas formações são chamadas de “canga” ou “tapiocanga”, porém, no meio científico são relacionadas a concreções, couraças, carapaças, ou simplesmente, formações ferruginosas endurecidas.

Segundo Rodrigues (1978, p.42-43), as áreas com presença de matacões devem receber uma atenção especial. O mesmo enumera ainda alguns problemas condicionados a essa ocorrência:

- 1) Dificultam a terraplenagem, pois são, quando grandes, irremovíveis pelas máquinas;
- 2) Em escavações, por vezes, exigem equipamentos extras para desmonte de blocos, tais como martelotes, compressores e explosivos;
- 3) Durante a prospecção do subsolo, nos levam a pensar que o substrato rochoso foi atingido;
- 4) Na abertura de Tubulões e Poços de Observação podem constituir obstáculos;
- 5) Quando identificados podem levar a alterações nos projetos em geral.

Em suma pode-se dizer que os matacões constituem verdadeiros empecilhos para as obras civis, sejam elas no campo da engenharia de fundações ou não.

Identificação de matacões por meio de sondagem a percussão de simples reconhecimento do subsolo (SPT)

A profundidade a ser atingida por uma sondagem depende basicamente das exigências do projeto ou dos objetivos do estudo do subsolo. A Norma Brasileira NBR 6484/2001 fornece os critérios mínimos para orientar a limitação das sondagens voltadas para obras civis. Porém, a resistência dos solos, o tipo de obra e as características do empreendimento podem exigir ensaios mais profundos ou critérios mais rígidos de paralisação.

Para que não se perfure a mais ou a menos do que o necessário, é recomendável o acompanhamento do trabalho por um profissional especializado. São comuns casos em que, por falta de informações, as sondagens são interrompidas de acordo com a “Norma”, porém insuficientes para se determinar os parâmetros necessários.

A incidência de matacões no subsolo causa com frequência diversos problemas aos profissionais. São questões que envolvem, principalmente, quanto ao que provocou a paralisação da sondagem – um bloco de rocha não decomposta ou um maciço rochoso consolidado?

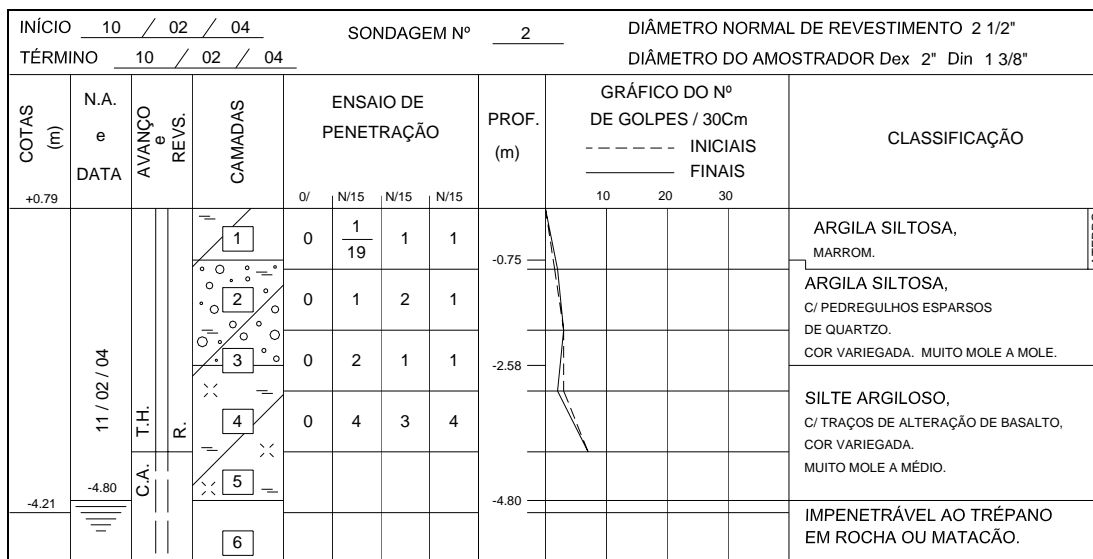
A NBR 6484/2001 não aborda claramente sobre os procedimentos que devem ser tomados diante desses obstáculos, no entanto, estabelece que a paralisação do ensaio deve ser condicionada aos objetivos almejados e subjetivamente, associa-se o caso em que pode haver impenetrabilidade em rocha ou matacão.

A sondagem deve ser dada por encerrada quando, no ensaio de avanço da perfuração por circulação de água, forem obtidos avanços inferiores a 50mm em cada período de 10 min ou quando, após a realização de quatro ensaios consecutivos, não for alcançada a profundidade de execução do SPT (...) Quando da ocorrência destes casos, constar no relatório a designação de impenetrabilidade ao trépano de lavagem (NBR 6484/2001, item 6.4.3.3).

Nesse momento, é muito importante o (re)conhecimento da geologia local. Cabe ao profissional a missão de investigador, ou seja, nas situações em que houver desconhecimento da área de ensaio, procurar nos documentos cartográficos e bibliografias locais, referências sobre as características físicas da área além de manter, sempre que possível contato com outros

profissionais ligados as ciências da terra que sempre contribuem com informações complementares.

No perímetro urbano de Uberlândia os resultados das sondagens (Fig. 3) relacionados a provável existência de matacões geralmente apresentam, antes de se atingir o impenetrável, horizontes característicos, onde o material preexistente é na maioria dos casos saprolítico.



Organização: Souza (2004)

Figura 3 - Resultado de um Furo de Sondagem impenetrável na presença provável de rocha ou matacão

Em geral, o material inconsolidado que recobre o substrato rochoso inalterado (GUERRA & CUNHA, 2003, p.44) conhecido também por manto de intemperismo (regolito), compõe-se basicamente de duas partes distintas sendo elas:

- Uma parte mais superficial, argilosa e com cores variadas;
- Outra parte subjacente à anterior, de constituição siltosa a arenosa, conservando ainda, em muitos casos, a estrutura e a cor da rocha matriz.

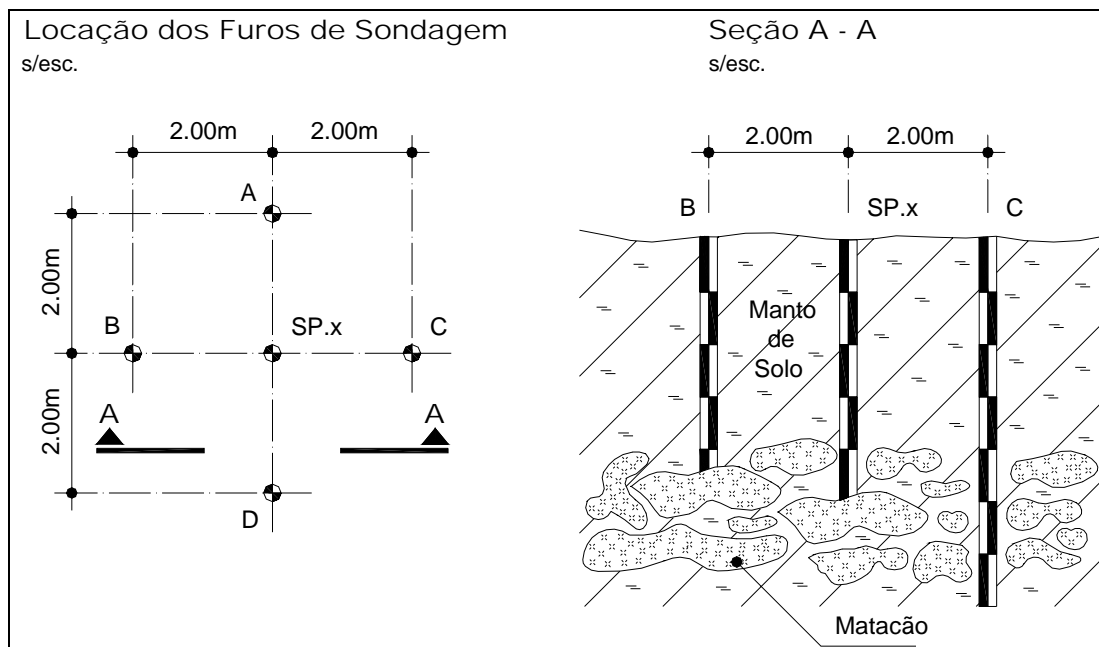
Nas áreas de decomposição de rochas basálticas, é muito comum a presença dos matacões isolados em meio ao material pedológico derivado dessas rochas. Essas por sua vez, podem ser verificadas no perímetro urbano de Uberlândia sob suas duas formas características e distintas:

- Vesicular*: a rocha aparece repleta de vesículas ou amígdalas, de minerais de natureza diversa e geralmente solúveis, pertencentes ao grupo das *zeólitas* ou da *calcita*. São no geral de cores verdes e brancas;
- Maciça*: cor preta e esverdeada, granulação finíssima, dureza elevada e resistência apreciável. São muito comuns nessas rochas os sistemas de juntas e diaclases.

Sendo que, entre os dois tipos, o *maciço* é, sem dúvida, o que oferece o maior grau de confiabilidade para as obras civis, uma vez que o basalto vesicular é mais frágil e, portanto mais alterável.

Nas pesquisas geológicas do subsolo realizadas por meio de sondagens, deve-se ter o cuidado

de não errar na interpretação, confundindo os blocos decompostos com rocha firme. Para tanto é que a Norma chama atenção para a realização de deslocamentos. (Fig. 4)



Organização: Souza (2004)

Figura 4 - Locação e Perfil do Furo de Sondagem principal com os deslocamentos, de acordo com a NBR 6484/2001

Deve-se ressaltar que a Norma estabelece critérios para a paralisação do furo e não para a identificação de matacões, cabendo aos profissionais a responsabilidade pela limitação e encerramento da sondagem.

[...] antes da profundidade estimada para atendimento do projeto, a sondagem deve ser deslocada, no mínimo duas vezes para posições diametralmente opostas, a 2 m da sondagem inicial, ou conforme orientação do cliente ou seu preposto (NBR 6484/2001, item 6.4.5).

Embora os basaltos sejam muito resistentes e impermeáveis, deve-se ter muita atenção já que, via de regra, essas rochas apresentam zonas de fraturas e falhas, ou seja, pontos de enfraquecimento e de percolação de água o que as tornam muito susceptíveis a ação do intemperismo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela extensão geográfica que os matacões ocupam é fácil compreender a relevância dos estudos de identificação e análises desses blocos rochosos. Não é difícil encontrar situações em que uma obra civil sofreu alterações, seja na locação ou na alternativa proposta, por ocorrência de matacões em seu subsolo.

A importância desse estudo interessa a vários setores das geociências, pois se encontra diretamente relacionado a questões técnico-operacionais e econômicas. A presença desses obstáculos quase sempre representa problemas que, em determinados casos, são difíceis de

serem contornados.

Tal fato gera transtornos antes e durante a execução de projetos, fato que pode muito bem refletir em mudanças de planos e conseqüentemente, a ampliação de recursos técnicos voltados para a análise de condições subsuperficiais o que é contabilizado como aumento de gastos.

No Brasil e em diversos países, a investigação geotécnica do subsolo por meio de sondagens a percussão constitui uma importante ferramenta na obtenção de dados sobre o solo. F. Ottman – G. Lahuec (apud LIMA, 1979, p.6) afirma que *todas as sondagens são caras mas as mais caras são aquelas que não foram feitas*, o que nos permite afirmar que é melhor realizar o ensaio de prospecção do subsolo a limitar-se somente em deduções empíricas.

Tais estudos podem ser estendidos ainda a diversos campos das ciências da terra destacando a geologia econômica, por meio da análise mineralógica das amostras o que permite definir áreas propícias para a exploração mineral. Na pedologia, como instrumento de avaliação de terras para agricultura. Na geologia de engenharia, oferecendo dados para a elaboração de projetos de construção de estradas, barragens, entre outras grandes obras que envolvem escavação e fundação profunda. Na hidrogeologia que analisa por meio de informações relativas ao nível do lençol freático entre outras, as condições hidrológicas subsuperficiais. A paleoclimatologia cuja, emprega seus conhecimentos na determinação de evidências paleoclimáticas a exemplo das linhas de pedra [6] do cenozóico médio.

Observa-se que a realização da sondagem deve ser sempre condicionada a responsabilidade pelo empreendimento seja uma edificação, um reservatório, uma pequena usina, uma lagoa de decantação, etc. Nesse contexto, é importante alertar o empreendedor sobre os benefícios informando-o que esse serviço não traz grandes lucros para as empresas que o executa e que o retorno financeiro se dá tão somente pela obtenção de dados e a posterior aplicação no projeto. Assim, o “cliente” terá um motivo a mais para acreditar que a execução da sondagem é para o seu bem e do empreendimento como um todo.

REFERÊNCIAS

- AB’SABER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil. São Paulo: Ateliê, 2003 (2.ed.). 159p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.
- BELINCANTA, A. et al. Métodos para medida de energia dinâmica no SPT. Solos e Rochas, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 93-110, Ago. 1994.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003 (4. ed.). 394p.
- HASUI, Y. O cretáceo do oeste mineiro. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, v.18, n.1, p.39-55, 1969.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. Geologia Geral. São Paulo: Nacional, 1989. 399p.
- LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. Glossário Geológico. São Paulo: Nacional, 1977 (2. ed. ver. aum.). 241p.
- LIMA, Maria José C. Porto A. de. Prospecção geotécnica do subsolo. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 104p.
- MELFI, Adolpho José. Lateritas e processos de lateritização. São Carlos: USP, 1994. 29p. Aula inaugural da área de pós-graduação em Geotecnia de 1994.
- NISHIYAMA, L. Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia – MG. São Carlos: UFSCar, 1998. Tese de Doutorado.
- NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. Sociedade & Natureza.

Uberlândia, v.1, n.1, p.9-15. Jun. 1989.

QUARESMA, A. R., et al. Investigações Geotécnicas. In: HACHICH, W. et al. (Ed.). Fundações: Teoria e Prática. São Paulo: Pini, 1996. p. 119-162.

RODRIGUES, J. C. Geologia para engenheiros civis. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 210p.

VARGAS, M. História das Fundações: História da engenharia de fundações no Brasil. In: HACHICH, W. et al. (Ed.). Fundações: Teoria e Prática. São Paulo: Pini, 1996. p. 34-50.

_____. Exploração do subsolo para fins de engenharia civil. Publicação do IPT, São Paulo, a. 41, n. 42, Out. 1945. Separata da Revista Politécnica.

NOTAS

[1] Criado em 1934 a partir da transformação do Laboratório de Ensaios de Materiais que se tornou Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), anexo à Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo.

[2] Citação resultado da consulta da bibliografia em sua totalidade, sem especificação de página(s).

[3] Citação resultado da consulta da bibliografia em sua totalidade, sem especificação de página(s).

[4] Sobre esse assunto, ver: Guerra & Cunha (2003) – In: Intemperismo em Regiões Tropicais (Cap.1, Tóp. 6 – Conceituação de Regolitos).

[5] Na ausência de um termo mais adequado no nosso idioma, é feito um neologismo associado à ação das intempéries sobre as rochas dando origem ao termo intemperismo (LEINZ & AMARAL, 1989, p.55).

[6] Sobre esse assunto, ver: Ab'Saber, 2003.