

## **AMOSTRAGEM DE SOLOS: REVISÃO E PERSPECTIVAS**

**Lorena Gomes Abrantes<sup>1</sup>**

Professora de Engenharia Civil da UniRedentor. Mestre pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Doutoranda em Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**Cláudio Fernando Malher<sup>2</sup>**

Professor de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestre pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**Mário Riccio Vicente Filho<sup>3</sup>**

Professor de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestre pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**Guilherme Batista da Silva<sup>4</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho na Universidade Cruzeiro do Sul.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-Rio de Janeiro, [lorena.abrantes@engenharia.ufjf.br](mailto:lorena.abrantes@engenharia.ufjf.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-Rio de Janeiro, [mahler@coc.ufjf.br](mailto:mahler@coc.ufjf.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora- Minas Gerais, [mvr1000@gmail.com](mailto:mvr1000@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora- Minas Gerais, [batista.guilherme@engenharia.ufjf.br](mailto:batista.guilherme@engenharia.ufjf.br)

## **Resumo**

A amostragem é uma das etapas rotineiras da engenharia geotécnica, visto que a partir dessa prática, são obtidas as amostras de solo, que levadas ao laboratório, são realizados ensaios de diferentes naturezas, e conseqüentemente, parâmetros mecânicos, hidráulicos ou físicos requeridos para os projetos de obras civis são determinados. Tendo em vista a importância desses parâmetros na prática da engenharia, o presente trabalho irá discursar à respeito de aspectos importantes da amostragem indeformada de solos. Para esse fim, será apresentada uma revisão bibliográfica acerca de amolgamento e qualidade das amostras, adiante serão abordados os principais métodos e equipamentos utilizados na amostragem de solos, bem como aspectos técnicos relacionados a esse fim e, por fim, serão apresentadas as considerações finais sobre o assunto.

**Palavras-chave:** amostragem; ensaios; amolgamento.

## **Abstract**

Sampling is one of the rotating stages of geotechnical engineering, visualized from this practice since from this practice, soil samples are obtained, which are taken to the laboratory, tests of different natures are performed, and consequently, mechanical, hydraulic or physical parameters required for the projects of civil works are determined. Given the importance of these standards in engineering practice, this paper will address the important aspects of undisturbed soil sampling. To this end, a literature review on the improvement and quality of parts will be published, as well as examining the main methods and equipment used in soil sampling, as well as the technical aspects related to this purpose and, finally, will be considered as final considerations on the subject.

**Keywords:** sampling; tests; improvement.

## INTRODUÇÃO

A amostragem é uma das etapas rotineiras da engenharia geotécnica, visto que a partir dessa prática, são obtidas as amostras de solo, que levadas ao laboratório, são realizados ensaios de diferentes naturezas, e conseqüentemente, parâmetros mecânicos, hidráulicos ou físicos requeridos para os projetos de obras civis são determinados. Tendo em vista a importância desses parâmetros na prática da engenharia, o método como o material é extraído em campo (amostragem), deve ser compatível com o grau de responsabilidade do ensaio pretendido, bem como da obra civil que empregará tais parâmetros (MACHADO et al., 1977).

A amostragem é o processo de retirada de amostras de um solo tendo como objetivo avaliar as propriedades de engenharia do material. As amostras obtidas podem ser tanto amostras deformadas, quanto indeformadas (MACHADO et al., 1977).

As amostras deformadas são amostras de solo retirada com a destruição ou modificação de suas características in situ. Por outro lado, as amostras indeformadas são amostras de solo retirada sem ou com pequena modificação de suas características in situ (MACHADO, 1977).

Ensaio de laboratório, como os ensaios de caracterização física, dentre outros, que demandam fidelidade somente quanto à distribuição do tamanho dos grãos do solo in-situ são realizados com material amolgado, cuja amostragem é simples e, portanto, não será abordada neste trabalho (KNAPPET & CRAIG, 2014).

Todavia, nos ensaios de laboratório que requerem a preservação da estrutura do solo em campo, bem como do teor de umidade, como os ensaios de adensamento, resistência ao cisalhamento e ensaios de papel filtro para solos não saturados são realizados com material indeformado, onde a amostragem é mais complexa e de maior custo ao comparar-se à amostragem amolgada (KNAPPET & CRAIG, 2014).

Sendo assim, o presente trabalho irá discursar à respeito de aspectos importantes da amostragem indeformada de solos. Para esse fim, será apresentada uma revisão bibliográfica acerca de amolgamento e qualidade das amostras, adiante serão abordados os principais métodos e equipamentos utilizados na amostragem de solos, bem como aspectos técnicos relacionados a esse fim e, por fim, serão apresentadas as considerações finais sobre os itens tratados.

## **2. AMOLGAMENTO E QUALIDADE DAS AMOSTRAS**

Segundo Ladd & Lambe (1963), a amostragem perfeita seria a qual o amolgamento fosse decorrente do alívio de tensões cisalhantes *in-situ*. No entanto, em amostragens reais ocorrem perturbações devido a modificação no estado de tensões efetivas, à cravação, transporte, extrusão do corpo de prova para moldagem (quando usado tubo amostrador) moldagem do corpo de prova e montagem em células de ensaios, distorção estrutural, dentre outros fatores.

De acordo com Sandronni (1977), a distorção estrutural da amostra acontece em razão da destruição do arranjo micro-estrutural dos grãos que acontece naturalmente, quando do puncionamento pelo amostrador e que a região do solo afetada por esta distorção é da mesma ordem de grandeza da espessura das paredes do amostrador. Visando tentar combater esses efeitos, o procedimento de extrair amostras com diâmetro superior aos do ensaio, bem como utilizar a porção central das amostras nos ensaios, são procedimentos recomendados a serem adotados na prática.

Ensaio experimentais corroboram a ideia de que efeitos de amolgamento durante o processo de amostragem estão presentes mesmo que se lance mão de amostragem perfeita. Tais estudos indicaram que a tensão efetiva média difere consideravelmente da poropressão negativa residual, ao contrário do que foi apresentado por Skempton & Sowa (1963) onde análise da

variação do estado de tensões efetivas em argilas durante amostragem perfeita, devido ao descarregamento não drenado apresentou poropressão negativa igual em módulo à tensão efetiva média.

A Figura 1 mostra o caminho de tensões que ocorre durante um processo de amostragem e manuseio (LADD e LAMBE, 1963 *apud* OLIVEIRA, 2002). A Figura 1 indica que o ponto A representa o estado de tensões in situ do solo antes da amostragem. O ponto P diz respeito à amostragem perfeita. O ponto B corresponde ao final da cravação do amostrador e o ponto C representa a retirada da amostra do terreno. O ponto D corresponde ao final da extrusão da amostra do tubo. O ponto E representa a variação na tensão efetiva devido à poropressão e redistribuição da umidade. Por outro lado, o ponto F indica a diminuição na tensão efetiva devido à moldagem e montagem do corpo de prova na célula triaxial. O ponto G representa a tensão efetiva de um corpo de prova no início de um ensaio triaxial não adensado não drenado, UU, após a aplicação da tensão confinante, que é a primeira etapa do ensaio, adensamento (OLIVEIRA, 2002).

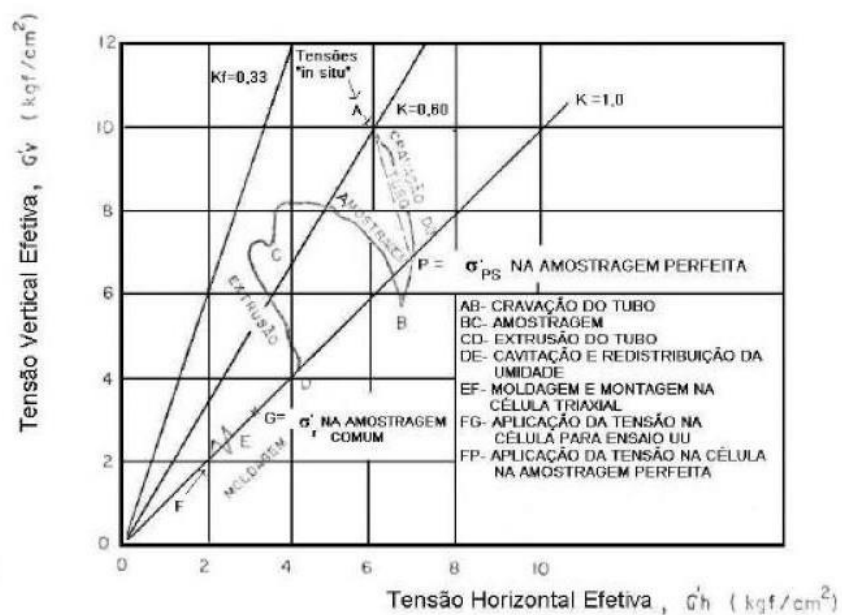


Figura 1 – Trajetória de tensões sofridas por uma amostra até ser ensaiada (Oliveira, 2002).

Sendo a qualidade da amostragem um dos aspectos mais importantes na confiabilidade dos parâmetros geotécnicos determinados em laboratório, diversos estudos foram realizados sobre os parâmetros de medição de qualidade de amostragem indeformada. Pesquisadores como Ladd e Lambe (1963) realizaram estudos com o intuito de definir esses parâmetros e propuseram para o cálculo do índice de qualidade a razão  $\sigma_s'/\sigma_{ps}'$ . Lunne et. al (1997), sugerem a razão  $\Delta e/(1+e_0)$ , sendo este índice mais amplamente utilizado na prática da engenharia geotécnica, conforme é mostrado na Tabela 1 (sendo  $\Delta e$  a variação do índice da vazios antes e após amostragem, e  $e_0$  índice de vazios antes da amostragem).

**Tabela 1 – Índice de qualidade de amostragem (Lunne et. al., 1997).**

OCR	$\Delta e/(1 + e_0)$			
	Muito boa a excelente	Boa a regular	Pobre	Muito pobre
1 – 2	< 0,04	0,04 – 0,07	0,07 – 0,14	> 0,14
2 – 4	< 0,03	0,03 – 0,05	0,05 – 0,10	> 0,10

### 3. MÉTODOS E EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE AMOSTRAS

Sabe-se que amostragem pode ser feita por meio de acesso direto ou indireto ao local de coleta. A amostragem por acesso direto é limitada a profundidades relativamente pequenas e é usualmente empregada em materiais rígidos o suficiente para que não ocorra amolgamento, tais como solos residuais, dentre outros. Em contrapartida, a amostragem por acesso indireto pode ser realizada em grandes profundidades e é habitualmente realizada em fundo de furos de sondagem (KNAPPET & CRAIG, 2014).

#### 3.1 Amostragem por meio de acesso direto

Este tipo de amostragem é feito em poços de inspeção ou em trincheiras de grande extensão. A abertura de poços e trincheiras tem como objetivo a amostragem por meio de blocos,

realizada na superfície do terreno, acima da cota do nível de água. A Figura 2 mostra a retirada de um bloco de solo prismático indeformado (POERSCHKE, 2016). A dimensão do bloco prismático é de (30x30x30cm).



**Figura 2 - Retirada da amostra indeformada (Poerschke, 2016).**

Os procedimentos são divididos em quatro etapas. Primeiramente, esse molde é cravado no solo e efetuado a escavação em torno e na base do mesmo, até separar o bloco do maciço. Em seguida, é retirado o bloco, aplicado parafina no mesmo, colocado um tecido poroso e aplicado novamente a parafina, a fim de preservar a umidade e a estrutura do bloco. A Figura 3 mostra o bloco em uma caixa contendo serragem, com etiqueta de identificação pronto para ser enviado para o laboratório, onde ficará acondicionado em uma câmara úmida até a utilização em ensaios (POERSCHKE, 2016).



**Figura 3 - Amostra indeformada acondicionada para o transporte (Poerschke, 2016).**

Além da abertura de poços e trincheiras, na amostragem por meio de acesso direto também podem ser utilizados tubos amostradores, inseridos de forma manual (KNAPPET & CRAIG, 2014).

### **3.2 Amostragem por meio de acesso indireto**

Sabe-se que a amostragem por meio de acesso indireto em solos de baixa consistência, é realizada por meio da introdução de amostrador no fundo de furos de sondagem. Após trazido à superfície, removem-se porções superior e inferior de solo nas extremidades do tubo, e estas são seladas com cera derretida de camadas de espessura de aproximadamente 25 mm e, por fim, o tubo é tampado e transportado ao laboratório (KNAPPET & CRAIG, 2014).

Os principais tipos de amostradores disponíveis no mercado apresentados por Knappet & Craig (2014) são: amostrador de tubo aberto (Figura 4A); amostrador de paredes finas (Figura 4B); amostrador bipartido (Figura 4C); amostrador de pistão estacionário (Figura 4D); amostrador contínuo (Figura 4E); amostrador de ar comprimido (Figura 4F). A seguir estes serão brevemente detalhados, segundo seus principais aspectos técnicos e executivos (KNAPPET & CRAIG, 2014).



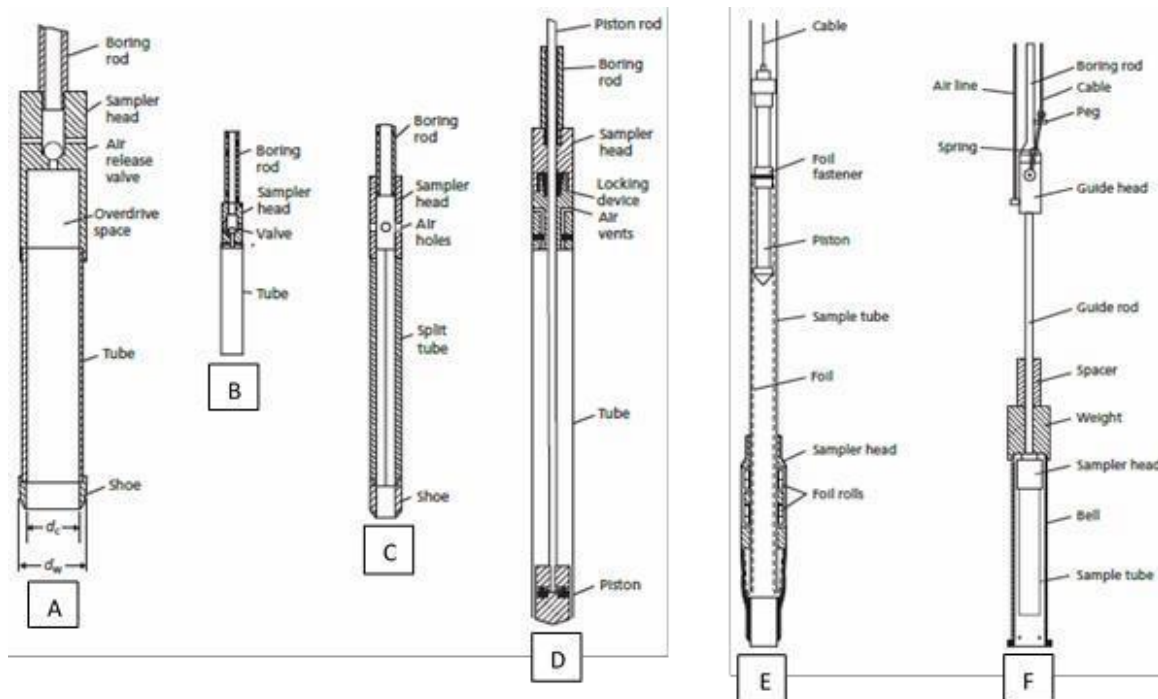


Figura 4 – Principais tipos de amostradores. (A) Tubo aberto. (B) Paredes finas. (C) Bipartido. (D) Pistão estacionário. (E) Contínuo. (F) Ar comprimido (Knappet & Craig, 2014).

### 3.2.1 Amostrador de tubo aberto

Este tipo de amostrador consiste em um tubo de aço longo, de em geral 45 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro, com uma sapata de corte unida à extremidade inferior e uma cabeça unida à extremidade superior. Nesta cabeça são conectadas as hastes de perfuração e é onde se localiza uma válvula de retenção que permite a saída de ar e água à medida que o material penetra no interior do tubo, além de auxiliar na retenção da amostra durante a retirada do tubo (KNAPPET & CRAIG, 2014).

Com relação aos métodos de cravação, podem ser utilizadas cravações dinâmicas ou estáticas. A cravação dinâmica consiste na queda de um peso ou de um martelo deslizante sobre, enquanto que a estática, no uso de macaco hidráulico ou mecânico. Este equipamento é adequado para amostragem em solos argilosos e arenosos, sendo que para este último, deve-se adaptar um retentor de testemunhos (sistema de aletas acionadas por molas) evitando perda de solo durante a retirada do tubo (KNAPPET & CRAIG, 2014).

### 3.2.2 Amostrador de parede fina

O Amostrador tipo tubo aberto (Shelby) é um amostrador simples usado em amostragem de argilas, que consiste de um tubo metálico inoxidável de parede fina acoplado a uma cabeça de amostragem e às hastes de sondagem. Na cabeça do amostrador existem aberturas para saída da água, além de válvula de proteção contra formação de coluna de água (POERSCHKE, 2016).

Segundo Sandroni (1977), o comprimento do material amostrado não seja menor que 80 cm, sob a justificativa de que as porções superior e inferior não são adequadas para ensaios de responsabilidade, sendo o núcleo central indeformado insuficiente para fornecer corpos de prova para um número considerável de ensaios. Os tubos também não deverão ser maiores que 120 cm, devido ao desenvolvimento de atrito excessivo entre o material e a parede do tubo durante a extração.

Com relação ao diâmetro da amostra, Sandroni (1977) sugere que estes sejam maior que 5 cm, devido a formação de uma zona de plastificação igual a espessura do amostrador ao redor do mesmo. Este diâmetro deve ser inferior a 15 cm, devido ao risco de instabilidade de furos com grandes diâmetros e limitações laboratoriais quanto ao manuseio de amostras largas.

Sabe-se que a espessura de um amostrador de parede fina determina a qualidade da amostra a ser obtida, sendo que esta espessura é obtida pela relação de áreas, sendo no máximo 10% para amostragem em argilas moles. Quanto à folga interna que tem como objetivo aliviar o atrito entre o solo e o interior do amostrador, o valor não deve ser superior a 1% (SANDRONI, 1977).

Essas recomendações se referem à algumas relações entre as dimensões de um amostrador tubular, que se baseiam nos seguintes parâmetros (OLIVEIRA, 2002):

- Razão de área ( $C_{\alpha}$ )

$$C_{\alpha} = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_i^2} \times 100 (\%)$$

- Relação de folga interna ( $C_i$ )

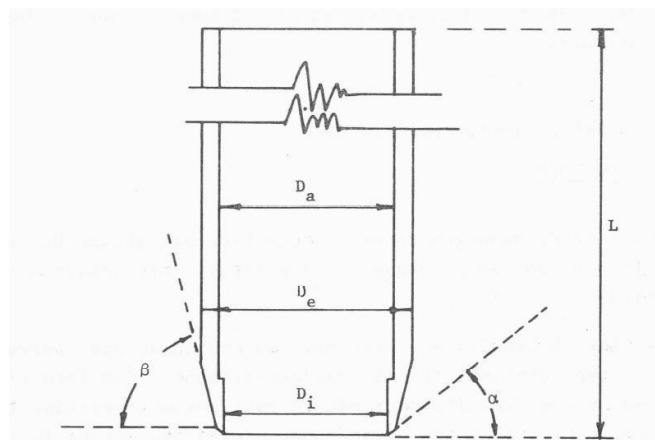
$$C_i = \frac{D_a - D_i}{D_i} \times 100 (\%)$$

Onde:

$D_e$  – diâmetro externo

$D_i$  - diâmetro interno da ponta

$D_a$ - diâmetro do interior do amostrador



**Figura 5 – Amostrador tipo Shelby para argilas moles (Sandroni, 1977).**

De acordo com Oliveira (2002), o ângulo da sapata de corte do amostrador (ângulo  $90^\circ - \beta$ ) como mostra a Figura 5, é também determinante na qualidade da amostragem, sendo esta qualidade maior segundo menores ângulos da sapata, sendo recomendados valores intermediários entre  $5^\circ$  e  $10^\circ$ .

### 3.2.3 Amostrador bipartido

Este tipo de amostrador consiste em um tubo dividido na direção longitudinal da peça, em duas metades. Como o tubo aberto, apresenta uma cabeça para liberação de fluidos e uma sapata de corte. Após a retirada do tubo, o mesmo é facilmente aberto e a amostra recolhida para

armazenamento. Os diâmetros interno e externo são de 35 e 50 mm, respectivamente, sendo a relação de área aproximadamente 100%, de forma que este amostrador amolga consideravelmente o material amostrado. Este equipamento faz parte da composição de ensaio SPT, sendo amplamente utilizado para identificação de mudanças de camadas (OLIVEIRA, 2002).

### 3.2.4 Amostrador de pistão estacionário

O amostrador tipo pistão estacionário é um amostrador cuja extremidade inferior do tubo é fechada com um pistão. A coleta de amostras com amostrador de tubo de pistão estacionário impede a entrada de água e solo amolgado no interior do tubo e pode ser cravado sem perfuração prévia, oferecendo melhor qualidade das amostras, como é mostrado na Figura 6 (OLIVEIRA, 2002).

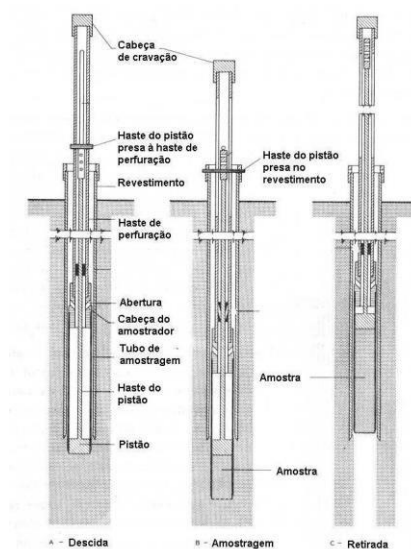


Figura 6 - Amostrador de pistão estacionário (OLIVEIRA, 2002).

### 3.2.5 Amostrador contínuo

Amostradores contínuos são capazes de obter amostras indeformadas de até 25m de comprimento, facilitando na observação da variação da textura do solo e seus detalhes ao longo da profundidade do maciço. O tubo apresenta diâmetro de 6,8 cm e sua extremidade inferior é dotado de uma borda cortante afiada (OLIVEIRA, 2002).

A principal especificação deste tipo de amostrador é que não haja atrito entre amostra e interior do tubo. Para isto, usualmente usam-se tiras finas sobrepostas de metal no interior do tubo. Além disso, na extremidade inferior do tubo, 16 rolos de lâmina de metal são encaixados nos rebaxos do interior da parede. As extremidades destas lâminas são unidas a um pistão localizado dentro do amostrador e preso a um cabo fixo na superfície do terreno. Conforme o conjunto é introduzido no solo, as lâminas se desenrolam e envolvem a amostra, reduzindo o atrito durante seu deslocamento (OLIVEIRA, 2002).

### **3.2.5 Amostrador de ar comprimido**

Este tipo de amostrador é usual na amostragem indeformada de areias saturadas, abaixo do nível d'água. O tubo amostrador tem, em geral, 6 cm de diâmetro e é unido a uma cabeça de amostrador com válvula de escape, controlado por diafragma de borracha. Na cabeça do amostrador é acoplada uma haste de guia oca, junto a uma cabeça-guia no topo. Um tubo externo (camisa) envolve o tubo amostrador e este é unido a um peso que desliza na haste guia. As hastes de perfuração localizam-se no topo da cabeça-guia e o peso do conjunto é suportado por uma corrente fixa à extremidade inferior desta haste (OLIVEIRA, 2002).

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse trabalho apresentou uma abordagem sobre amostragem que têm impacto direto em projetos geotécnicos. As principais conclusões estão listadas a seguir.

- a) A partir da amostragem, é possível realizar ensaios de diferentes naturezas, a fim de serem obtidos parâmetros mecânicos, hidráulicos ou físicos;
- b) A competência na coleta desse material, ou seja, realização da amostragem tomando todos os cuidados cabíveis, é diretamente proporcional a qualidade da amostra e à precisão dos resultados que serão buscados no laboratório;
- c) O ato executivo da amostragem tem consequências inevitáveis, tais como a alteração do estado de tensão efetiva e a distorção estrutural da amostra. Algumas medidas com o objetivo de

combater esses efeitos formas apresentadas. Todavia, as amostras ensaiadas em laboratório nunca terão as mesmas características que possuíam em campo, mesmo tomando todos os cuidados durante a amostragem;

d) Realizar a amostragem com os equipamentos e cuidados necessários referentes a cada tipo de solo, é fundamental para a obtenção dos resultados almejados.

#### 4. REFERÊNCIAS

NBR 9820. **Solo – Coleta de amostras de baixa consistência em furos de sondagem**. Rio de Janeiro: 5p, 1977.

HVORSLEV, M.J. **Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes – Waterways Experiment Station** – Vicksburg, Mississipi USA, 1949.

JAMIOLKOWSKI, M., LADD, C.C., GERMAINE, J.T. E LANCELLOTA, R. **New developments in field and laboratory testing of soil**, Theme Lecture, 11th ICSMFE, San Francisco, USA, Vol. 1: 57-153, 1985.

KNAPPET, J., & CRAIG, R. **Craig Mecânica dos Solos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2014.

LADD, C. C. E LAMBE, T.W. **The strength of undisturbed clay determined fro undrained tests**, ASTM, Symposium on Laboratory Shear Testing of Soils, STP 361: 342-371, 1963.

LAMBE, T., & WHITMAN, R. **Soil Mechanics**. Massachusetts Institute of Technology: Wiley, 1969.

MACHADO, L. S E MACHADO, C. F. M. **Mecânica dos Solos - I Conceitos introdutórios**. Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais (Setor de Geotecnia). Bahia: 112 p, 1977.

OLIVEIRA, J. T. R. **A influência da qualidade da amostra no comportamento tensão-deformação-resistência de argilas moles.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 272 p, 2002.

POERSCHKE, NELSON. **Amostras de Solos – Tipos, retirada e utilização.** Universidade Federal de Roraima. Roraima: 23p, 2016.

SANDRONI, S.S. **Amostragem indeformada em argilas moles.** 1º Simpósio da ABMS-NE - Prospecção do subsolo – Recife: pp. 81-106, 1977.

SKEMPTON, A., & SOWA, V. **The behaviour of saturated clays during sampling and testing.** Géotechnique,1963.