



## GUIA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA

### LABORATÓRIO DE SOLOS

**CAPITULO ÚNICO**

**Cia E Cnst**

**DATA EMISSÃO:** 28/02/2012  
**ATUALIZADO:** 30/08/2012  
**REVISÃO:**19/10/2015

#### 1. DEFINIÇÃO DE SOLOS

É todo material de construção ou mineração da crosta terrestre que pode ser escavável por meio de pá, picareta, escavadeira, etc., sem necessidade de explosivos. O controle tecnológico é realizado através de ensaios pela equipe, em laboratório e/ou "in situ", e visam determinar parâmetros exigidos em normas, confirmando-os ou enquadrando-os, a partir dos resultados, dentro das especificações de cada projeto.

#### 2. MISSÃO OF ENG

Executar o gerenciamento técnico e operacional dos trabalhos da Equipe de Laboratório de Solos no canteiro de trabalho.

#### 3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- a. Lei Nº 9.605, de 12 Fev 98 - Lei de Crimes Ambientais (disponível em <http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>);
- b. Portaria Nº 001-DEC, de 26 de setembro de 2011 – Instruções Reguladoras para o Sistema de Gestão Ambiental no Âmbito do Exército (IR 50-20);
- c. Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977 - Segurança e Medicina do Trabalho;
- d. Normas Reguladoras(NR) vigentes de Segurança e Medicina do Trabalho aprovadas pela Portaria Nº 3.214, de 08 de junho de 1978;
- e. NBR 9895/1987 - Solo - Índice de Suporte Califórnia;
- f. DNER-ME 041/94: Preparação de Amostras de Solos para Ensaios de Caracterização;
- g. DNER-ME 129/94: Compactação dos Solos;
- h. DNER-ME 080/94: Análise Granulométrica dos Solos;
- i. DNER-ME 122/94: Solos - Determinação do Limite de Liquidez;
- j. DNER-ME 082/94: Solos - Determinação do Limite de Plasticidade;
- k. DNER-ME 049/94: Índice de Suporte Califórnia (CBR);
- l. DNER-ME 052/94: Determinação do Teor de Umidade com o Emprego do SPEEDY;
- m. DNER-ME 092/94: Determinação da Densidade Aparente "IN SITU" com Emprego do Frasco de Areia.

#### 4. SITES ÚTEIS

- a. DNIT: [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br);
- b. ABNT: [www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br).

#### 5. FILMES

Não há

## 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS FASES DA ATIVIDADE

### a. Preparação de amostras

#### 1) Coleta de material no trecho em execução

Para a coleta de uma amostra representativa deve-se evitar material com presença de matéria orgânica, pedras ou outros materiais que comprometam a execução dos ensaios.



#### 2) Secagem parcial da amostra de solo

A amostra de solo como recebida do campo deverá ser seca ao ar ou pelo uso de aparelho secador, de modo que a temperatura não exceda 60°C, a menos que experiência prévia tenha mostrado que uma maior temperatura não mudará as características do solo.



#### 3) Destorroamento

A seguir, desagregam-se completamente os torrões no almofariz com a mão de gral recoberta de borracha, de maneira que evite reduzir o tamanho natural das partículas individuais do solo.



#### 4) Quarteamento

Reduz-se todo material preparado com o auxílio do repartidor de amostras ou pelo quarteamento, até se obter uma amostra representativa para os ensaios desejados (cerca de 1500 g, para solos argilosos ou siltosos e de 2000 g, para solos arenosos ou pedregulhosos).



#### 5) Peneiramento

Passa-se esta amostra seca ao ar na peneira de 2,0 mm, tomando-se a precaução de não desagregar, no almofariz, com auxílio de mão de gral revestida de borracha, todos os torrões que ainda existam eventualmente, de modo a assegurar a retenção na peneira somente dos grãos maiores que a abertura da malha.



### **b. Compactação do solo**

É o processo manual ou mecânico que tem por objetivo a redução de seu volume de vazios pela expulsão do ar, e, assim, aumentar sua resistência tornando-o mais estável. A compactação de um solo visa melhorar suas características, não só quanto à resistência, mas também nos aspectos de permeabilidade, compressibilidade, etc.

- 1) Inserção da amostra selecionada no recipiente para a realização do ensaio.



- 2) Aplicar em cada camada golpes com o soquete caindo de 45,72 cm, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada.



- 3) Deverão ser coletadas duas amostras representativas de cerca de 250 g cada, para a determinação do teor de umidade.



**c. Granulometria por peneiramento**

Utilizado para a fração grossa do solo (grãos com até 0,074mm de diâmetro equivalente), realiza-se pela passagem do solo por peneiras padronizadas, e pesagem das quantidades retidas em cada uma delas.



**d. Ensaio limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP)**

1) O limite de liquidez é o valor de umidade para o qual o solo passa do estado plástico para o estado fluido. O procedimento para a determinação do limite de liquidez utiliza o *Aparelho de Casagrande* (abaixo). O ensaio é regulamentado pelo ME-122/94 – Determinação do limite de Liquidez.



2) O limite de plasticidade é o valor da umidade para o qual o solo passa do estado semi-sólido para o estado plástico. O ensaio é regulamentado pelo ME-082/94 – Determinação do limite de Plasticidade.



#### **e. Índice de Suporte Califórnia (CBR)**

O Índice Suporte Califórnia (CBR) é utilizado como base para o dimensionamento de pavimentos flexíveis. Para realização desse ensaio, são confeccionados corpos de prova no valor da umidade ótima (wot), utilizando-se três diferentes energias de compactação (a maior energia empregada sendo aproximadamente igual à do Proctor modificado). O CBR representa a capacidade de suporte do solo se comparada com a resistência à penetração de uma haste de cinco centímetros de diâmetro em uma camada de pedra britada, considerada como padrão (CBR=100%).



#### **f. Teor de umidade pelo “Speedy”**

A determinação do teor de umidade de solos e agregados miúdos com utilização do aparelho “Speedy” tem base na reação química da água existente em uma amostra com o carbureto de cálcio, realizada em ambiente confinado.

O gás acetileno ao expandir-se gera pressão proporcional à quantidade de água existente no ambiente. A leitura dessa pressão em um manômetro permite a avaliação do teor de umidade de amostras.



### **g. Densidade “*in situ*”**

Aplica-se a solos de qualquer granulação, contendo ou não pedregulhos, que possam ser escavados com ferramentas de mão e cujos vazios naturais sejam suficientemente pequenos, de forma a evitar que a areia usada no ensaio penetre nos mesmos. O material que está sendo ensaiado deve ser suficientemente coesivo e firme, de modo que as paredes da cavidade a ser aberta permaneçam estáveis e as operações a serem realizadas não provoquem deformações na mesma. Não é aplicável quando as condições locais ensejarem a percolação de água para o interior da cavidade.



## **7. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS À EXECUÇÃO DOS ENSAIOS**

- a.** Projeto executivo;
- b.** Normas Técnicas do DNIT e ABNT;
- c.** Ordem de serviço da Sec Tec/OM, regulando procedimento específicos de ensaios;
- d.** Contrato das Empresas Terceirizadas;
- e.** Cartilha de normas de segurança do trabalho /EPI;
- f.** Livro diário de obras; e
- g.** Cartilha de NGA do destacamento.

## **8. MEDIDAS PRELIMINARES**

- a.** Verificar a situação do laboratório com relação às instalações, equipamentos, ferramentas manuais e outros materiais necessários à realização de ensaios;
- b.** Verificar a existência de Normas Técnicas atualizadas para consulta;
- c.** Verificar a necessidade de realização de ensaios nas unidades fabris, frentes de serviço e laboratório, devendo dimensionar e planejar o emprego das equipes de controle tecnológico do laboratório para cumprir os prazos estabelecidos;
- d.** Dirimir as dúvidas com o Cmt Dst, Of Eng Resp Obra, Técnico de Segurança Trabalho e com a Seção Técnica (SFC);
- e.** Solicitar, com oportunidade, os meios complementares ao Cmt Dst (SFC);
- f.** Verificar, com pelo menos uma semana de antecedência (S-1), se o estoque de material de laboratório para a realização dos ensaios previstos é compatível com os serviços a serem realizados durante a semana S. Se não, comunicar, com oportunidade, ao Cmt Dst (preferencialmente tomar conhecimento da rotina logística do Dst de forma manter-se sempre adiantado com relação ao fornecimento de materiais);
- g.** Levantar as necessidades de EPI para o pessoal, distribuindo-os mediante “Termo

de Responsabilidade”;

**h.** Informar-se do correto preenchimento do Livro de Controle Tecnológico de cada ensaio;

**i.** Reunir-se com toda a sua equipe, realizar a simulação dos trabalhos (SFC) a serem executados, ouvir sugestões do pessoal experiente, emitir as suas orientações técnicas referentes ao trabalho, respeitando a NGA do Destacamento e normas de segurança; e

**j.** Reunir-se com empresas terceirizadas (SFC).

## 9. SEQUÊNCIA A SER OBSERVADA PARA EXECUÇÃO DA ATIVIDADE

**a.** Reunir todas as equipes de controle tecnológico e transmitir as tarefas para a jornada;

**b.** Verificar se as equipes estão com os meios necessários para a realização dos ensaios previstos (viatura, ferramentas, etc);

**c.** Distribuir as equipes de controle tecnológico em seus locais de trabalho;

**d.** Verificar se as condições de trabalho para as equipes de controle tecnológico estão adequadas (segurança, sincronia com a execução dos trabalhos de engenharia, alimentação, transporte, etc);

**e.** Realizar os ensaios de controle tecnológico do solo;

**f.** Verificar se a execução dos ensaios estão de acordo com as normas técnicas do DNIT e ABNT;

**g.** Verificar se os ensaios estão sendo devidamente identificados e registrados;

**h.** Tomar nota de aspectos a serem evidenciados e aperfeiçoados para as jornadas seguintes.

## 10. MEDIDAS COMPLEMENTARES

**a.** Conferir os registros e resultados dos ensaios realizados durante a jornada;

**b.** Reunir as equipes de controle tecnológico para transmitir aspectos a serem ajustados e aperfeiçoados para os ensaios da próxima jornada;

**c.** Providenciar a preparação do laboratório, equipamentos e ferramentas necessárias a realização dos ensaios no dia seguinte; e

**d.** Participar da reunião diária de “pôr-do-sol”, informando os resultados alcançados, as dificuldades encontradas, o planejamento para o dia seguinte e as necessidades para os próximos dias (antever a situação, agindo com pró-atividade de forma a não faltar insumos e equipamentos para o cumprimento da missão);

**e.** Registrar as Lições Aprendidas.

## 11. CUIDADOS TÉCNICOS ESPECIAIS A SEREM OBSERVADOS

**a.** Na **Preparação de Amostras de Solos para Ensaio de Caracterização** a amostra deverá ser seca ao ar ou pelo uso de aparelho secador, de modo que a temperatura não exceda 60°C. Ao desagregar completamente os torrões no almofariz com a mão de gral, deve-se evitar reduzir o tamanho natural das partículas individuais do solo;

**b.** No **Ensaio de Compactação**, deve ser assentado, previamente, sobre o disco espaçador, um papel de filtro circular de 15 cm de diâmetro. Após a compactação, deve-se ter o cuidado de destacar com a espátula o material a ele aderente. As energias de compactação a ser utilizadas no ensaio dependerá do especificado em projeto, sendo 12 golpes para a energia normal, 26 golpes para a energia intermediária e 55 golpes para a modificada;

**c.** Na **Análise Granulométrica dos Solos**, as partículas de solos devem ser divididas em grupos pelas suas dimensões (frações de solo) e determinadas suas proporções relativas



ao peso total da amostra;

**d. O Ensaio de Limite de Liquidez**, utilizando-se o aparelho de Casagrande, requer perícia apurada do operador, pois a dinâmica do ensaio possui os seguintes inconvenientes:

- 1) dificuldade para se fazer a ranhura em solos contendo areia;
- 2) dificuldade com o cinzel devido ao desgaste da concha;
- 3) atrito do solo com a concha para solos de baixa plasticidade;
- 4) baixa repetibilidade do ensaio para solos lateríticos problemáticos;
- 5) influência do operador na definição da profundidade da ranhura;
- 6) a altura de queda da concha deve ser constante e igual a 1 cm;
- 7) Nunca usar a concha do aparelho para homogeneização da mistura; e
- 8) A manivela do aparelho deve ser girada com velocidade de duas voltas por

segundo.

**e. Ensaio de Limite de Plasticidade**

1) O número de rolagens deverá estar compreendido entre 80 e 90 por minuto, considerando-se uma rolagem como o movimento da mão para frente e para a trás;

2) Dificilmente o operador poderá produzir a desagregação do cilindro exatamente com 3 mm de diâmetro, a não ser reduzindo o número de rolagens, a pressão da mão, ou ambos e continuando a operação, sem deformação posterior, até que o cilindro se desagregue;

**f.** Para a determinação do **Índice de Suporte Califórnia** tem-se que passar por três fases anteriores: a execução de um ensaio de compactação, na energia do Proctor Modificado, a preparação dos corpos de prova, o ensaio de expansão e finalmente o ensaio de determinação do Índice de Suporte Califórnia ou CBR ("California Bearing Ratio"), propriamente dito;

**g.** Na determinação do **Teor de Umidade com o emprego do Speedy** deve-se vedar bem a tampa do aparelho, verificar a perfeita calibração do manômetro, limpar o aparelho após o ensaio e usar o carbureto de cálcio adequado;

**h.** Na determinação da **Densidade Aparente "IN SITU" com Emprego do Frasco de Areia** deve-se ter cuidado especial em limpar a superfície do solo onde será feita a determinação, tornando-a, tanto quanto possível plana e horizontal.

## 12. NOTAS

**a.** Alguns dos ensaios descritos nesse guia apresentam diferentes métodos de determinação dos parâmetros, tendo-se que fazer a escolha correta de qual método utilizar, de acordo com os recursos disponíveis e conforme o projeto;

**b. Com relação ao ensaio de Compactação**

- Quando a amostra representativa é passada na peneira de 19 mm, havendo material retido, este deve ser substituído por igual quantidade em peso do material passante na peneira de 19 mm e retido na de 4,8 mm.

**c. Com relação à Granulometria por peneiramento**

- A umidade das frações de solo acima de 2,0 mm devem ser desprezadas.

**d. Com relação ao Limite de Liquidez**

1) Verificar as características da base de ebonite do aparelho, deixando cair, em queda livre, a esfera de aço com 8 mm de diâmetro, de uma altura de 250 mm sobre a superfície da mesma, devendo a altura de restituição estar compreendida entre 185 mm e 230 mm;

2) Verificar a massa do conjunto concha+guia do excêntrico que deve estar compreendida no intervalo de 200 g  $\pm$  20 g;

3) O pino que liga a concha ao dispositivo de sustentação não deve estar gasto, não permitindo deslocamentos laterais; os parafusos que prendem a concha ao dispositivo de sustentação devem estar bem apertados; a concha do aparelho não deve apresentar sulco devido ao uso prolongado do cinzel;

4) Para uso do cinzel, observar que para solos argilosos, o cinzel deverá ser passado

uma única vez, pressionando-se a ponta do mesmo contra a concha, de modo a se obter uma canelura regular, limpa e com as dimensões da seção transversal do cinzel e para solos arenosos, o cinzel deverá ser passado diversas vezes, de modo a abrir progressivamente a canelura;

5) Não é permitido girar a manivela estando a mão do operador sobre a base do aparelho.

**e. Com relação ao Limite de Plasticidade**

1) Quando o limite de plasticidade não puder ser determinado, deve-se anotar o índice de plasticidade como NP (não plástico);

2) Quando o solo for extremamente arenoso, o ensaio de plasticidade deve ser feito antes do ensaio do limite de liquidez.

**f. Com relação ao ensaio de Teor de umidade pelo método do "Speedy"**

Se a leitura manométrica for menor do que 20 kPa, o ensaio deve ser repetido com peso de amostra imediatamente superior ao empregado. Se a leitura for maior do que 150 kPa, repete-se o ensaio com um peso imediatamente inferior.

### **13. FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA O CUMPRIMENTO DA MISSÃO**

- a. Planejamento adequado da utilização dos meios disponíveis;
- b. Manutenção da precisão dos equipamentos do laboratório;
- c. Execução respeitando as normas técnicas;
- d. Registro preciso dos resultados dos ensaios.

### **14. PESSOAL QUE DEVE SER CONSULTADO PARA A EXECUÇÃO DA ATIVIDADE**

- a. Oficial Eng<sup>o</sup> Responsável pela Obra;
- b. Chefes de Equipes (Topografia, Laboratórios, Manutenção de Eqp / Vtr, Apropriação, etc.);
- c. Eng<sup>o</sup> Responsável pela empresa terceirizada (SFC);
- d. Técnico de segurança do trabalho;
- e. Técnico Ambientalista da OM, etc.

### **15. DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES**

a. O dimensionamento da equipe é calculado em função do número de equipes de "produção" e freqüência dos ensaios. A quantidade de integrantes das equipes poderá ser alterada de acordo com a necessidade.

- 1) 1 Chefe de Equipe: Ten
- 2) 1 Ad Chefe de Equipe: Sgt
- 3) Equipe Compactada:
  - a) 1 Laboratorista
  - b) 2 Auxiliares
- 4) Ensaio de caracterização:
  - a) 1 Laboratorista
  - b) 1 Auxiliar
- 5) Equipe de Campo
  - a) 1 Laboratorista
  - b) 3 Auxiliares

b. Os ensaios e os equipamentos para realização destes em laboratório são os seguintes:

- 1) Coleta de material: Saco de lona e pá;

- 2) Destorroamento do solo: Almofariz e mão de grau com borracha;
- 3) Pesagem: Bandeja, colher tipo jardineiro e balança;
- 4) Compactação: Proveta, bacia de alumínio, misturador mecânico, soquete , cilindro, régua bixelada, concha, cápsula de alumínio, balanças, estufa e extrator de amostra;
- 5) Granulometria: Jogo de peneiras completo com fundo e tampa, balança, escova de limpeza e cápsula de porcelana;
- 6) Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade: Aparelho Casa Grande completo, espátula de aço, cápsula de alumínio, balança, placa de vidro com uma superfície esmerilhada e estufa.
- 7) Índice de Suporte Califórnia (CBR): Proveta, bacia de alumínio, misturado mecânico, soquete, cilindro, régua bixelada, concha, cápsula de alumínio, balanças, estufa, tripé porta extensômetro, extensômetro, anel de sobre carga, Prensa CBR / ISC elétrica com anel dinamométrico; e
- 8) Densidade “in situ”: Aparelho Speedy, frasco de areia composto com funil, placa com orifício central, talhadeira, concha, marreta, pincel, trena, saco plástico, areia calibrada, balança e peneira 4,8mm.

## **16. GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURA**

- a. C 20 – 1: Glossários de Termos e Expressões para Uso no Exército (3ª Edição / 2005);
- b. C 21 – 30: Abreviaturas, Símbolos e Convenções Cartográficas (4ª Edição / 2002); e
- c. MD 33 – M – 02: Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas (3ª Edição / 2008).