



## GUIA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA

### ENCARREGADO DO LABORATÓRIO DE SOLOS E DE ASFALTO

**CAPITULO ÚNICO**

**Sec Tec: Laboratório**

**DATA DA EMISSÃO: 7/05/2012**

**ATUALIZADO: 21/05/2012**

**REVISÃO:13/03/2014**

### **1. DEFINIÇÃO DE LABORATÓRIO DE SOLOS E DE ASFALTO**

É o órgão encarregado do controle de qualidade e da assistência técnica à execução de obras de terra desde o reconhecimento até a sua conclusão.

### **2. MISSÃO DO OFICIAL DE ENGENHARIA**

Proceder ao correto dimensionamento do pessoal técnico, do material e da aparelhagem sob sua responsabilidade nas frentes de serviço, em sintonia com as necessidades da obra, obedecendo às exigências normativas a cargo do órgão fiscalizador.

### **3. LEGISLAÇÃO BÁSICA**

- a. Curso Básico de Mecânica dos Solos. Carlos de Souza Pinto. Ed Oficina de Textos. 3ª edição 2006;
- b. Mecânica dos Solos e suas aplicações. Homero Pinto Caputo. Ed LTC. 1988.
- c. Prático de Laboratório de Solos. Ben-Hur de Albuquerque e Silva, Antônio Carlos Rodrigues Guimarães e Álvaro Vieira. Instituto Militar de Engenharia e Associação Brasileira de Pavimentação. 2011;
- d. Pavimentação Asfáltica - Formação Básica para Engenheiros. Liedi Bariani Bernucci, Laura Maria Goretti da Motta, Jorge Augusto Pereira Ceratti e Jorge Barbosa Soares. Petrobras e ABEDA. 2008;
- e. Manual de Pavimentação. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006;
- f. Materiais Betuminosos, conceituação, especificação e utilização. Salomão Pinto. Departamento de Engenharia de Fortificação e Construção do Instituto Militar de Engenharia. 1998;
- g. Prático de Materiais e Misturas Asfálticas. Antônio Carlos Rodrigues Guimarães. Instituto Militar de Engenharia e Associação Brasileira de Pavimentação. 2010;
- h. Coletânea de Normas Técnicas do DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

#### 4. SITES ÚTEIS

- a. Instituto Militar de Engenharia - [www.ime.eb.br](http://www.ime.eb.br)
- b. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br)
- c. Associação Brasileira de Pavimentação - [www.abpv.org.br](http://www.abpv.org.br)
- d. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos - [www.abms.com.br](http://www.abms.com.br)
- e. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - [www.sbcs.org.br](http://www.sbcs.org.br)

#### 5. FILMES

<http://www.youtube.com/watch?v=2zMxNH0LzEM>  
<http://www.youtube.com/watch?v=-9rL8MGfoIE&feature=related>  
[http://www.youtube.com/watch?v=\\_rUvo1sHvYk&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=_rUvo1sHvYk&feature=related)  
<http://www.youtube.com/watch?v=3-ijXebrLVM&feature=related>  
<http://www.youtube.com/watch?v=D43v5LDjeUI&feature=related>  
<http://www.youtube.com/watch?v=3vzC55lcOxo&feature=related>  
<http://www.youtube.com/watch?v=tmp-cdvUCbA&feature=related>

#### 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO DA ATIVIDADE





*Aspecto geral do interior de um Laboratório de Ensaios Tecnológicos de Destacamento*

## **7. DOCUMENTOS NECESSÁRIOS À EXECUÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DE UMA OBRA**

- a. Boletim de Sondagem;
- b. Relatório Diário de Serviços;
- c. Registro de Ensaios;
- d. Coletânea de Normas Técnicas.

## **8. MEDIDAS PRELIMINARES**

- a. Reconhecimento: É feito através de sondagens que nos permite ter uma idéia do comportamento das camadas inferiores e de suas qualidades;
- b. Amostragem: A principal preocupação que se deve ter ao fazer uma amostragem é que esta seja representativa. Ao fazermos uma amostragem devemos identificar todas as amostras fazendo constar na etiqueta os seguintes dados: trecho, lote, estaca, corte ou caixa de empréstimo, número do furo, número da amostra, profundidade, classificação visual, remetente e data;
- c. Os dados de uma sondagem são transcritos para o Boletim de Sondagem;
- d. Com os diversos boletins confecciona-se o Perfil de Sondagem do corte ou da caixa de empréstimo considerada;
- e. As investigações do terreno com a coleta de amostras e os ensaios de laboratório são interligados e, naturalmente, o escopo, tipo e qualidade das investigações e subseqüentes ensaios são decididos face à consideração dos problemas em potencial da estrutura ou construção proposta;
- f. A concepção da estrutura do pavimento e a seleção dos materiais a serem empregados dependem principalmente dos seguintes fatores: do tráfego (volume e composição), da vida ou período de projeto, da disponibilidade de materiais da região, do relevo, das condições climáticas da região, da geometria e das condições de drenagem da via;
- g. Betume é a mistura de hidrocarbonetos de elevado peso molecular, solúvel no bissulfeto de carbono, que compõe o asfalto e o alcatrão;
- h. Asfalto é o material cimentante, preto, sólido ou semi-sólido, que se liquefaz quando aquecido, composto de betume e alguns outros metais. Pode ser encontrado na

natureza (CAN), mas em geral provém do refino do petróleo (CAP);

- i. Quase todo o asfalto em uso hoje em dia é obtido do processamento de petróleo bruto (ou cru). Muitas refinarias são localizadas próximas a locais com transporte por água ou supridos por dutos a partir de terminais marítimos;
- j. As características tecnológicas dos agregados servem para assegurar uma fácil distinção de materiais, de modo a poder comprovar sua homogeneidade, bem como selecionar um material que resista, de maneira adequada, às cargas e à ação ambiental às quais o pavimento irá sofrer.

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

Os ensaios de solos podem ser agrupados em categorias, de acordo com os objetivos a atingir e as propriedades que pretendem determinar.

### a. Ensaios de caracterização

Estes ensaios permitem a classificação dos solos e, conseqüentemente, uma previsão do seu comportamento nos demais ensaios e futuramente na construção:

- 1) Identificação Táctil e Visual dos Solos;
- 2) Determinação dos Índices Físicos do Solo;
  - Teor de umidade natural (estufa/infravermelho/álcool/speedy),
  - Peso Específico Aparente,
  - Densidade Real dos Grãos.
- 3) Composição Granulométrica; e
  - Peneiramento,
  - Sedimentação.
- 4) Índices de Consistência (Limites de Atterberg).
  - Limite de Liquidez - LL,
  - Limite de Plasticidade – LP,
  - Limite de Contração – LC.

### b. Ensaios de compactação

Em muitos projetos de Engenharia Civil, tais como a construção de aterros, pavimentos rodoviários e aeroportos, os solos precisam ser levados a um estado mais denso para melhorar suas propriedades geotécnicas. Para isso, são compactados mecanicamente por equipamentos dotados de rolos, martelos ou vibradores:

- 1) Ensaio de compactação normal ou ensaio de Proctor;
- 2) Ensaio de compactação com energia do AASHO intermediária; e
- 3) Ensaio de compactação com energia do AASHO modificada.

### c. Ensaios para pavimentos

Os ensaios frequentemente empregados nos projetos de pavimentos são os seguintes:

- 1) Equivalente de areia;

- 2) Índice Suporte Califórnia – ISC ou CBR;
- 3) Mini-CBR; e
- 4) Triaxial cíclico.

**d. Ensaio de adensamento**

Os solos de granulação fina sofrem, quando submetidos a um carregamento, um processo de adensamento, ou seja, deformam-se com diminuição de volume pela expulsão da água dos vazios. Com o ensaio de adensamento determinam-se os parâmetros necessários ao cálculo das seguintes previsões:

- 1) Amplitude dos recalques totais e diferenciais;
- 2) Tempo total de recalque; e
- 3) Evolução do recalque com o tempo.

**e. Resistência ao cisalhamento**

Os principais ensaios de asfaltos realizados no país são:

**1) Penetração**

- a) Utilizado para determinação da dureza ou consistência relativa de um CAP.
- b) NBR 6576 - Materiais betuminosos - Determinação da penetração.
- c) ASTM D 5 - Determinação de penetração de materiais betuminosos (Penetration of Bituminous Materials).

**2) Ponto de Amolecimento**

- a) Técnica para a definição da temperatura na qual um CAP se torna fluido.
- b) NBR 6560 - Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola.
- c) ASTM D 36 - Determinação do ponto de amolecimento (método do anel e bola) (Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)).

**3) Viscosidade Saybolt-Furol e Viscosidade Brookfield**

- a) O ensaio de viscosidade é empregado para a determinação do estado de fluidez de um CAP em diversas temperaturas de aplicação e uso do material.
- b) NBR 14950 - Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- c) mASTM E 102 - Determinação da Viscosidade Saybolt Furol de materiais betuminosos a temperaturas elevadas (Standard Test Method for Saybolt Furol Viscosity of Bituminous Materials at High Temperatures).
- d) ASTM D 4402 - Determinação da viscosidade do asfalto a temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional (Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer).

**4) Ponto de Fulgor**

- a) É a menor temperatura, na qual os vapores emanados durante o

aquecimento do material asfáltico se inflamam quando expostos a uma fonte de ignição.

b) NBR 11341 - Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland.

c) ASTM D 92 - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland (Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester).

### **5) Dutilidade**

a) É dada pelo alongamento em centímetros obtido antes da ruptura de uma amostra de CAP com o menor diâmetro de 1 cm<sup>2</sup> em banho de água a 25 °C

b) NBR 6293 - Materiais betuminosos - Determinação da dutilidade.

c) ASTM D 113 - Dutilidade de materiais betuminosos (Ductility of Bituminous Materials).

## **10. MEDIDAS COMPLEMENTARES**

- a. Velar pelas condições ótimas de operação do laboratório;
- b. Aplicação das normas de higiene, segurança, saúde ocupacional e gestão ambiental e /ou identificar os responsáveis por estas tarefas;
- c. Elaborar Partes Requisitórias e Termos de Referência para mobilização de laboratórios;
- d. Gerenciar a manutenção e reforma das instalações físicas;
- e. Atualizar e responder pela documentação do laboratório;
- f. Controlar a calibração e manutenção dos equipamentos conforme necessário;
- g. Avaliar o desempenho do pessoal técnico sob sua responsabilidade;
- h. Responder pelo Material Carga sob sua responsabilidade e assegurar a correta utilização do mesmo que está a guiado ao pessoal destacado;
- i. Estabelecer as atividades necessárias para controlar o acesso e a manutenção das instalações do laboratório;
- j. Planejar e controlar o trabalho atribuído ao pessoal do laboratório;
- k. Realizar ensaios e testes solicitados;
- l. Identificar e administrar as amostras;
- m. Analisar o funcionamento adequado dos equipamentos antes da realização dos testes;
- n. Controlar as condições ambientais de acordo com as exigências estabelecidas nas normas técnicas para a realização dos ensaios.

## **11. CUIDADOS TÉCNICOS ESPECIAIS A SEREM OBSERVADOS**

Atualmente, os equipamentos e as técnicas para a realização da maioria dos ensaios de solos e asfaltos estão altamente desenvolvidos e aperfeiçoados. Entretanto, este aspecto não se constitui numa garantia de que serão obtidos os melhores resultados no levantamento de um local para um projeto em particular. A representatividade e confiabilidade dos resultados dos ensaios mantêm uma relação estreita com o processo de amostragem e o tratamento concedido às amostras, desde a coleta até a realização dos ensaios.

Estão apresentados, a seguir, alguns comentários e recomendações relacionados aos cuidados técnicos especiais a serem observados na qualidade das amostras.

**a. Processos de amostragem**

Os ensaios de laboratório são realizados em amostras coletadas durante uma campanha de investigação do local onde será construída a obra e a escolha do tipo dessas amostras está condicionada, principalmente, às características e parâmetros do solo a serem determinados.

Qualquer que seja a natureza das amostras, a principal exigência é que sejam representativas da massa que compõe a camada da qual foram retiradas. Isto implica em decisões sobre dimensões da amostra, método de amostragem e ponto de coleta.

Todas as amostras devem ser encaminhadas ao laboratório com as informações sobre o método de amostragem, a localização exata e nivelamento dos locais de coleta, data de amostragem e outras informações relevantes.

**b. Estocagem das amostras**

Preferencialmente, as amostras devem ser testadas pouco tempo após a chegada ao laboratório, porque a estocagem das amostras, mantendo-se o teor de umidade e outras propriedades é muito difícil. Por outro lado, quanto mais cedo forem obtidos os resultados dos ensaios das primeiras amostras coletadas num determinado local, mais fácil será a modificação da programação com a indicação de maior número de amostras ou de maiores dimensões. Inevitavelmente, algum armazenamento será necessário e poderá até ser importante, se estudos posteriores estiverem programados. Nessas situações, a estocagem deve ser adequada em termos de espaço, temperatura e controle de umidade.

**c. Manuseio das amostras no laboratório**

Antes de qualquer ensaio e subsequentes análises, é responsabilidade essencial do laboratorista criar um sistema simples de registro e etiquetagem das amostras, fazendo anotações, identificando, descrevendo e classificando, adequadamente, as amostras de solo. Tal descrição poderá somente repetir as do responsável pelos trabalhos do campo, não obstante, servirá como uma verificação das informações vindas da prospecção que incluem detalhes tais como o número das amostras, profundidade de extração, etc.

Outro benefício da descrição do laboratório é o relacionamento posterior das mesmas com os resultados dos ensaios de laboratório, auxiliando a avaliação e julgamento dos resultados.

## 12. NOTAS

- a. O material rochoso, próximo à superfície da crosta terrestre, sofre continuamente um processo de decomposição e transporte;
- b. Intemperismo é o termo usado para descrever o processo de decomposição das rochas por agentes atmosféricos e biológicos (erosão pela chuva, rios, ventos e gelo);
- c. Ao produto final do intemperismo dá-se o nome de solo;
- d. Solos residuais são aqueles provenientes da decomposição e alteração das rochas *in-situ*, onde o agente de transporte é reduzido a um mínimo;
- e. Quando as condições climáticas e topográficas são favoráveis, os solos podem

sofrer os efeitos da erosão e de agentes transportadores (ação da gravidade, águas superficiais de rios ou enxurradas e o vento) que os removem para outros locais – terrenos baixos, rios ou oceanos. Os solos formados depois do transporte e deposição dos materiais chamam-se solos transportados;

f. Solos orgânicos, sob o ponto de vista da engenharia, apresentam características indesejáveis. Origina-se da decomposição de restos de plantas ou animais;

g. Solo é um sistema trifásico constituído das fases sólidas (mineral), líquida (água) e gasosa (ar ou vapor d'água);

h. A preparação das amostras é a etapa que precede a realização dos ensaios de caracterização. Compõe-se de cinco etapas: secagem parcial das amostras, destorroamento, quarteamento, pesagem e peneiramento;

i. A umidade do solo é definida como o peso da água contida em uma amostra de solo dividido pelo peso seco das partículas sólidas do solo, sendo expressa em percentagem;

j. O Índice de vazios é expresso como um número, ou seja é uma grandeza adimensional e portanto não possui unidade, e é definido como o volume dos poros dividido pelo volume ocupado pelas partículas sólidas de uma amostra de solo;

k. A porosidade do solo é expressa em percentagem, e é definida como o volume dos poros dividido pelo volume total de uma amostra de solo;

l. O grau de saturação é expresso em percentagem, e é definido como a "relação entre o volume de água e o volume de vazios presente em uma amostra de solo;

m. A Compactação é um processo mecânico através do qual se impõe ao solo uma redução do índice de vazios. Seu objetivo é melhorar as características mecânicas e hidráulicas do solo, proporcionando-lhe acréscimo de resistência e redução da compressibilidade e permeabilidade;

n. Classificação Granulométrica - técnica pela qual os diversos tipos de solos são agrupados e designados em função das frações preponderantes dos diversos diâmetros de partículas que os compõem;

o. Sistema Rodoviário de Classificação - sistema de classificação de solos, baseado na granulometria e nos limites de consistência do material;

p. Sistema Unificado de classificação de solos - foi criado pelo engenheiro Arthur Casagrande para aplicação em obras de aeroportos, contudo seu emprego foi generalizado sendo muito utilizado atualmente pelos engenheiros geotécnicos, principalmente em barragens de terra;

q. Classificação tátil-visual - sistema baseado no tato e na visão, por isso, para sua realização, é necessário um técnico experiente e bem treinado, que tenha prática nesse procedimento.

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

a. Ao chegar ao laboratório, conheça onde estão localizadas as fontes de água, extintores de incêndio ou mantas para fogo, saiba como usá-los corretamente e não hesite em usá-los se necessário, caso ocorra qualquer acidente comunique imediatamente ao responsável do laboratório;

b. Nunca ingira comidas ou bebidas e muito menos fume no laboratório. Lave suas mãos antes e depois de cada prática;

c. Nunca trabalhe só no laboratório, não execute nenhum ensaio sem prévia



autorização do seu chefe imediato;

- d. Descarte a vidraria danificada ou quebrada em local adequado;
- e. Nunca toque diretamente com a pele, bandejas ou grelhas de aquecimento, vidros e materiais de laboratório que foram previamente aquecidos, se for necessário fazê-lo, seja extremamente cuidadoso;
- f. Para segurança, use sempre o uniforme 4º A1 e demais EPIs para operações. O 5ºA e 5ºC apenas nas manutenções de instalações. Pessoal do segmento feminino não deve usar anéis, brincos nem pulseiras e se tiver cabelo longo prenda-o. Use sempre avental, ele pode protegê-lo de algumas queimaduras e impedir que a sua roupa seja danificada;
- g. Qualquer ensaio no qual sejam produzidos vapores tóxicos ou irritantes deve ser realizado dentro de uma câmara extratora ou na proximidade imediata de um extrator o suficientemente robusto para garantir a não contaminação do espaço do laboratório. Seja extremamente cuidadoso nestas situações;
- h. Mantenha sua área de trabalho limpa, seca e arrumada, siga as instruções para a montagem dos equipamentos e lembre-se que os livros e objetos pessoais devem ser retirados do local de trabalho já que podem interferir em seu trabalho resultando em situações perigosas;
- i. Realizar o armazenamento adequado dos reagentes e resíduos;
- j. Tenha em conta que os reagentes e/ou resíduos (especialmente os voláteis), devem estar em local bem ventilado para evitar a acumulação de vapores e protegidos dos raios diretos do sol. Óleos e materiais impregnados por eles devem ser armazenados separadamente;
- k. Quando os equipamentos de proteção pessoal não estiverem em uso, deverão ser guardados em local próximo ao local de trabalho, limpos, secos, longe de fontes de calor, frio ou radiação;
- l. Ao encerrar uma jornada de trabalho no laboratório, certifique-se de tê-lo deixado, pelo menos, tão limpo quanto quando foi encontrado. Se puder deixe-lo em melhor estado.

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

Um laboratório de solos e de asfalto deve contar com o pessoal civil e militar necessário para o normal desenvolvimento de suas atividades. De acordo com a finalidade do laboratório e o volume de trabalho, são previstos os seguintes cargos:

- a. Chefe da Seção Técnica da OM;
- b. Oficial Engenheiro Responsável pela Obra;
- c. Encarregado de Material do Laboratório;
- d. Chefe do Laboratório do Destacamento; e
- e. Auxiliares de Laboratório.

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

- a. Equipe da sede

- 1) Um graduado laboratorista Encarregado de Material;
  - 2) Um ou dois auxiliares.
- b. Equipe de campo
- 1) Um oficial ou graduado Chefe do Laboratório do Destacamento com dois auxiliares;
  - 2) Um graduado laboratorista para fiscalização dos serviços de solos com dois auxiliares;
  - 3) Um graduado laboratorista na Usina de Asfalto com um auxiliar;
  - 4) Um auxiliar nos serviços de pavimentação.

## 16. ACERVO FOTOGRÁFICO



*Preparo das amostras (DNER-ME 041/94)*



*Teor de umidade - Método Speedy (DNER-ME 052/94)*



*Granulometria por sedimentação (DNER-ME 051/94)*



*Granulometria por peneiramento (DNER-ME 080/94)*



*Limite de Liquidez (DNER-ME 044/94)*



*Limite de Plasticidade (DNER-ME 082/94)*



*Equivalente de areia (DNER-ME 054/97)*



*Densidade real do grão (DNER-ME 93/94)*



*Ensaio de compactação (DNER-ME 129/94)*



*Índice de Suporte Califórnia-CBR (DNER-ME 049/94)*



**Massa específica aparente "in situ" (DNER-ME036/94)**



**Ensaio de penetração (NBR-6576)**



**Ponto de amolecimento-anel e bola (NBR 6560)**



**Viscosímetro Saybolt-Furol (NBR 14950)**



**Viscosímetro Brookfield (ASTM D 4402)**



*Ponto de fulgor (NBR 11341)*



*Dutibilidade (NBR 6293)*

## **17. GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS**

IME - Instituto Militar de Engenharia

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ABPV - Associação Brasileira de Pavimentação

ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciências do Solo

ABEDA - Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Petróleo

CAN - Cimento Asfáltico Natural

AASHO - American Association of State Highway and Transportation Officials

ISC ou CBR - Índice de Suporte California

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas