MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM

Solos - determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas

Norma rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 049/94 p. 01/14

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, determina o valor relativo do suporte de solos, utilizando-se amostras deformadas não trabalhadas de material que passa na peneira de 19 mm, correspondente à umidade ótima e massa específica aparente máxima seca, obtidas nas condições que o Método estabelece.

ABSTRACT

This document of test is intended for determining the California bearing ratio of soils when they are compacted in the laboratory at optimum moisture content to varying degrees of density using a 2,49 kg hammer dropped from a height of 305 mm. The test is useful for evaluating subgrade and base courses containing materials passing the 19 mm sieve. It presents requirements concerning apparatus, sampling, and conditions for obtaining results.

SUMÁRIO

- 0 Apresentação
- 1 Objetivo
- 2 Referência
- 3 Aparelhagem
- 4 Amostra
- 5 Ensaio
- 6 Cálculos
- 7 Resultados

Anexo normativo

0 APRESENTAÇÃO

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-ME 049/74 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

Macrodescritores MT: norma, ensaio em laboratório, método de ensaio, ensaio de solo

Microdescritores DNER: ensaio, ensaio de laboratório, ensaio de solo, ensaio CBR

Palavras-chave IRRD/IPR: ensaio (6255), método de ensaio (6288), solo (4156), índice califórnia (CBR) (3087), amostra (material) (6251)

Descritores SINORTEC: normas, amostras, ensaio do solo

Aprovada pelo Conselho Administrativo em 24/02/75

Resolução nº * Sessão nº CA/ 7/75

Processo nº 51100000887/94-7

* dado não disponível

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Adaptação da DNER-ME 049/74 à DNER-PRO 101/93,

aprovada pela DrDTc em 05/04/94.

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições para determinação do Índice de Suporte Califórnia de solos utilizando amostras não trabalhadas.

2 REFERÊNCIA

2.1 Referência bibliográfica

No preparo desta Norma foi consultado o seguinte documento:

DNER-ME 049/74, designada Índice de Suporte Califórnia de solos utilizando amostras não trabalhadas.

3 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) conjunto de bronze ou latão, constituído de molde cilíndrico com 15,20 cm de diâmetro interno e 17,80 cm de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com 5,00 cm de altura, com entalhe inferior interno em meia espessura, e prato de base perfurado com 24,00 cm de diâmetro, com dispositivo para fixação do molde cilíndrico antes referido (Figura 1 em anexo);
- b) disco espaçador maciço, de aço, com 15,00 cm de diâmetro e 6,40 cm de altura (Figura 2 em anexo);
- c) soquete cilíndrico de bronze ou latão, para compactação, face inferior plana, de altura de queda de 45,70 cm, com 4,50 kg de peso e 5,00 cm de diâmetro de face inferior (Anexo-Figura 3);
- d) prato perfurado de bronze ou latão, com 14,90 cm de diâmetro e 0,50 cm de espessura, com haste central de bronze ou latão, ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente e recartilhada externamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro (Anexo-Figura 4);
- e) tripé porta-extensômetro, de bronze ou latão, com dispositivo para fixação do extensômetro (Anexo-Figura 5);
- f) disco anelar de aço para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes, com 2,27 kg de peso total, com diâmetro externo de 14,90 cm e diâmetro interno de 5,40 cm (Figura 6 em anexo);
- g) extensômetro com curso mínimo de 10 mm, graduado em 0,01 mm;
- h) prensa para determinação do índice de suporte Califórnia (Anexo-Figura 3) composta de:
 - quadro formado por base e travessa de ferro fundido e 4 (quatro) tirantes de aço, apresentando a travessa um entalhe inferior para suspensão de um conjunto dinamométrico;
 - macaco de engrenagem, de operação manual por movimento giratório de uma manivela, com duas velocidades, acompanhado de um prato reforçado ajustável ao macaco, com 24 cm de diâmetro, para suportar o molde;
 - conjunto dinamométrico com capacidade para 4 000 kg, sensível a 2,5 kg, constituído por anel de aço com dimensões compatíveis com a carga acima apresentada, com dispositivo para se fixar ao entalhe da travessa; extensômetro graduado em 0,001 mm, fixa ao centro do anel para medir encurtamento diametrais; pistão de penetração (Figura 8 em anexo), de aço, com 4,96 cm de diâmetro e com uma altura de cerca de 19 cm, variável conforme as condições de ensaio, fixo à parte inferior do anel; e extensômetro graduado em 0,01 mm, com curso maior que 12,70 mm, fixo lateralmente ao pistão, de maneira que seu pino se apoie na borda superior do molde.

- i) extrator de amostras do molde cilíndrico, para funcionamento por meio de macaco hidráulico, com movimento alternativo de uma alavanca;
- j) balde de chapa de ferro galvanizado com capacidade de cerca de 20 litros, com fundo de diâmetro mínimo de 25 cm;
- 1) papel de fitro circular de cerca de 15 cm de diâmetro;
- m) balança com capacidade de 20 kg, sensível a 5 g.

4 AMOSTRA

- 4.1 A amostra recebida será seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada e reduzida, com o auxílio do repartidor de amostas ou por quarteamento, até se obter uma amostra representativa de 6 000 g, para solos siltosos ou argilosos e 7 000 g, para os arenosos ou pedregulhosos.
- 4.2 Passa-se esta amostra representativa na peneira de 19 mm; havendo material retido nessa peneira, procede-se à substituição do mesmo por igual quantidade em peso do material passando na de 19 mm e retido na 4,8 mm, obtido de outra amostra representativa conforme o item 4.1.
- 4.3 Repete-se as operações referidas nos itens 4.1 e 4.2 tantas vezes quantos corpos-de-prova tiverem de ser moldados, geralmente cinco.

5 ENSAIO

- 5.1 Moldagem do corpo-de-prova
- 5.1.1 Fixa-se o molde à sua base metálica, ajusta-se o cilindro complementar e apoia-se o conjunto em base plana e firme. Compacta-se o material referido no Capítulo 4, com o disco espaçador especificado no item 3.b, como fundo falso, em cinco camadas iguais de forma a se ter uma altura total de solo de cerca de 12,5 cm, após a compactação. Cada camada receberá 12 golpes do soquete (caso de materiais de subleito), 26 ou 56 golpes (caso de materiais de sub-base e base), caindo de 45,7 cm, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada.
- 5.1.2 Remove-se o cilindro complementar, tendo-se antes o cuidado de destacar, com o auxílio de uma faca, o material a ele aderente. Com uma régua rígida biselada rasa-se o material na altura exata do molde e determina-se, com aproximação de 5 g, o peso do material úmido compactado, P'h
- 5.1.3 Retira-se do material excedente da moldagem uma amostra representativa de cerca de 100 g para a determinação da umidade. Pesa-se esta amostra e seca-se em estufa a 105 °C 110 °C até constância de peso, e fazem-se as pesagens com aproximação de 0,1 g.
- 5.1.4 Repetem-se as operações dos itens 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.3 para teores crescentes de umidade, utilizando amostras de solo não trabalhadas, tantas vezes quantas necessárias para caracterizar a curva de compactação. Estes corpos-de-prova moldados serão utilizados nos ensaios de expansão e penetração.

Procede-se ao cálculo da massa específica aparente do solo conforme descrito no Capítulo 6.

5.2 Expansão

Terminadas as moldagens necessárias para caracterizar a curva de compactação, o disco espaçador de cada corpo-de-prova será retirado, os moldes invertidos e fixados nos respectivos pratos-base perfurados.

Em cada corpo-de-prova, no espaço deixado pelo disco espaçador será colocada a haste de expansão com os pesos anelares que equivalem ao peso do pavimento.

Esta sobrecarga não poderá ser menor do que 4,536 kg.

Adapta-se, ainda, na haste de expansão, um extensômetro fixo ao tripé porta-extensômetro, colocado na borda superior do cilindro, destinado a medir as expansões ocorridas, que deverão ser anotadas de 24 em 24 horas, em porcentagens da altura inicial do corpo-de-prova. Os corpos- de-prova deverão permanecer imersos em água durante 4 (quatro) dias.

Terminado o período de embebição, cada molde com o corpo-de-prova será retirado da imersão e deixada escoar a água durante 15 minutos, pesando-se a seguir o conjunto. Findo esse tempo, o corpo-de-prova estará preparado para a penetração.

Procede-se ao cálculo da expansão e da água absorvida durante a embebição, conforme descrito no Capítulo 6.

5.3 Penetração

O ensaio de penetração é realizado em uma prensa conforme especificado no item 3.h.

Para esse ensaio deverão ser colocadas no topo de cada corpo-de-prova, dentro do molde cilíndrico as mesmas sobrecargas utilizadas no ensaio de expansão (ver item 5.2).

Leva-se esse conjunto ao prato da prensa e faz-se o assentamento do pistão de penetração no solo através da aplicação de uma carga de aproximadamente 4,5 kg controlada pelo deslocamento do ponteiro do extensômetro do anel dinamométrico; zeram-se, a seguir, o extensômetro do anel dinamométrico e o que mede a penetração do pistão no solo. Aciona-se a manivela da prensa (dispositivo micrométrico) com a velocidade de1,27 mm/min (0,05 pol/min). Cada leitura considerada no extensômetro do anel é função de uma penetração do pistão no solo e de um tempo especificado para o ensaio, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Leituras obtidas no extensômetro do anel em função da penetração do pistão no solo e do tempo.

Tempo	Tempo Penetração		Leitura no extensômetro do anel	
min	pol	mm	mm	
0,5	0,025	0,63	-	
1.0	0,050	1,27	_	
1,5 2,0 3,0 4,0	0,075	1,90	· -	
2,0	0,100	1,90 2,54	-	
3,0	0,150	3,81	-	
4,0	0,200	5,08	- ' · .	
6,0	0,300	7,62	-	
8,0	0,400	10,16	* -	
10,0	0,500	12,70		

As leituras efetuadas no extensômetro do anel medem encurtamentos diametrais provenientes da atuação das cargas.

No gráfico de aferição do anel tem-se a correspondência entre as leituras lidas no extensômetro do anel e as cargas atuantes.

O cálculo do Índice de Suporte Califórnia (ISC) correspondente a cada corpo-de-prova será calculado conforme descrito no Capítulo 6.

6 Cálculos

- 6.1 O cálculo da massa específica aparente do solo seco compactado de cada corpo-de-prova moldado como descrito no item 5.1 na umidade h, é feito como segue:
- 6.1.1 Determina-se primeiramente a massa específica aparente úmida (μ_h), de cada corpo-de-prova, pela fórmula:

$$\mu_h = \frac{P'_h}{V}$$
, em g/cm³

onde:

P'_h - peso do solo úmido compactado, obtido como indicado em 5.1.2, em g;

V - volume do solo úmido compactado, em cm³.

 $6.1.2\,$ A seguir se obtém a massa específica aparente do solo seco compactado ($\mu_{\rm s}$) pela fórmula:

$$\mu_{s} = \mu_{h} \times \frac{100}{100 + h}$$
 em g/cm³

onde:

h - teor de umidade do solo compactado como indicado em 5.1.3, em percentagem.

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

onde:

P_h - peso do material úmido;

P_s - peso do material seco.

6.1.3 O cálculo de expansão e da água absorvida (item 5.2) durante a embebição para cada corpo-de-prova será feito obedecendo a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Cálculo da expansão e da água absorvida

1	2	3	4	5	6		
			Molde n°				
Data Hora		Tempo Decorrido	Leituras no extensômetro	Diferença de leituras no extensômetro	Expansão		
	,	min	mm	mm	%		
Peso do mo após embel		úmido					
Peso da ágo	ua absor	vida, g					

As colunas apresentadas na Tabela 2 indicam:

Coluna 1 - data do início do ensaio;

Coluna 2 - hora das leituras efetuadas no extensômetro;

Coluna 3 - tempo decorrido entre as leituras do extensômetro, que deverão ser de 24 em 24 horas;

Coluna 4 - leituras no extensômetro;

Coluna 5 - diferença das leituras efetuadas de 24 em 24 horas;

Coluna 6 - porcentagem de expansão relativa à altura inicial do corpo-de-prova.

O cálculo do Índice de Suporte Califórnia (item 5.3) correspondente a cada corpo-de-prova será feito obedecendo a Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Cálculo do Índice de Suporte Califórnia (ISC)

1		2	3	4	5	6	7
Tempo em Penetração		Pressão Leituras no padrão extensômetro		Molde N° Pressão		ISC	
minutos	mm	pol	kg/cm ²	mm	Calculada kg/cm²	Corrigida kg/cm²	%
0,5	0,63	0,025	_				
1,0	1,27	0,050	-				
1,5	1,90	0,075	_				
2,0	2,54	0,100	70			. 1	
3,0	3,81	0,150	_				
4,0	5,08	0,200	105				
6,0	7,62	0,300	132				
8,0	10,16	0,400	161				
10,0	12,70	0,500	182				
	.1			<u> </u>		L1	

As colunas apresentadas no quadro indicam:

Coluna 1 - tempo;

Coluna 2 - penetração ocorrida no tempo especificado;

Coluna 3 - pressão padrão, que é a correspondente a um determinado tipo de pedra britada que apresenta Indice de Suporte Califórnia de 100%

Coluna 4 - leituras no extensômetro do anel;

Coluna 5 - pressão correspondente às leituras do anel no gráfico de aferição do mesmo;

Coluna 6 - pressão corrigida;

Coluna 7 - o Índice de Suporte Califórnia (ISC).

A pressão corrigida (coluna 6) pode ser obtida pela correção da curva pressão-penetração. Consiste em ajustar o ponto zero da curva a fim de corrigir os efeitos provenientes da irregularidade da superfície do corpo-de-prova.

Apresentando a curva pressão-penetração um ponto de inflexão, traça-se uma tangente à curva nesse ponto até que a mesma intercepte o eixo das abscissas; a curva corrigida será então esta tangente mais a porção convexa da curva original, considerada a origem mudada para o ponto em que a tangente corta o eixo das abscissas; seja c a distância deste ponto à origem dos eixos. Soma-se às abscissas dos pontos correspondentes às penetrações de 0,1 polegada e 0,2 polegadas a distância c, com o que se determina, na curva obtida, os valores correspondentes das novas ordenadas, as quais representam os valores das pressões corrigidas para as penetrações antes referidas.

A correção pode ser obtida como mostra o gráfico da figura 9 em anexo.

O Índice de Suporte Califórnia (ISC), em percentagem, para cada corpo-de-prova é obtido pela fórmula:

ISC =

pressão calculada ou pressão corrigida
pressão padrão

x 100

adotando-se o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas.

7 RESULTADOS

7.1 Determinação da massa específica aparente máxima, seca e úmida ótima

Os valores das massa específicas aparentes, secas, de cada corpo-de-prova, e os valores correspondentes das umidades de moldagem permitirão o traçado da curva de compactação do solo.

A ordenada máxima da curva fornece a massa específica aparente, máxima seca, e a abscissa que lhe corresponde é a umidade ótima do solo.

7.2 Determinação do Índice de Suporte Califórnia final

De preferência, na mesma folha em que se representa a curva de compactação, usando-se a mesma escala das umidades de moldagem, registram-se, em escala adequada, sobre o eixo das ordenadas, os valores dos Índices de Suporte Califórnia obtidos segundo este Método, correspondentes aos valores das umidades que serviram para a construção da curva de compactação anteriormente descrita.

O valor da ordenada desta curva, correspondente à umidade ótima antes determinada, fornece o Índice de Suporte Califórnia (ISC).

ORIFÍGIO DE 0,32 NO PRATO DE BASE OU LATÃO IS,00 SESPAÇADOR IS,00 PREBAIXO 1,60 PREBAIXO 1,60 PRESAIXO 1

UNIDADE DE MEDIDA: CENTÍMETRO (cm)

FIGURA I - MOLDE CILÍNDRICO, CILÍNDRO COMPLEMENTAR E BASE METÁLICA

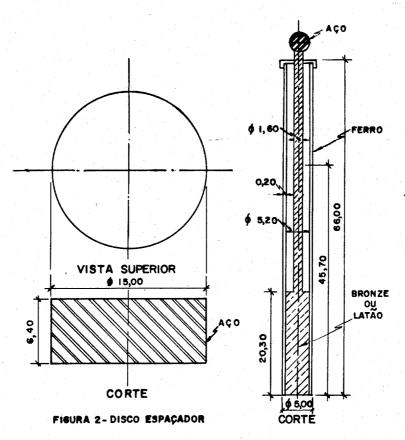
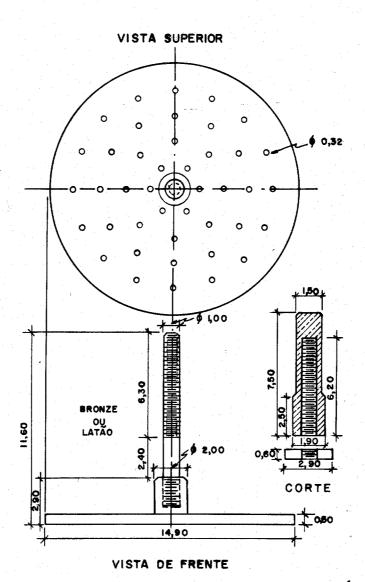


FIGURA 3 - SOQUETE

UNIDADE DE MEDIDA : CENTÍMETRO (am)



UNIDADE DE MEDIDA: CENTÍMETRO (cm)

FIGURA 4 - PRATO PERFURADO COM HASTE AJUSTÁVEL

FIGURAS 6,7,8

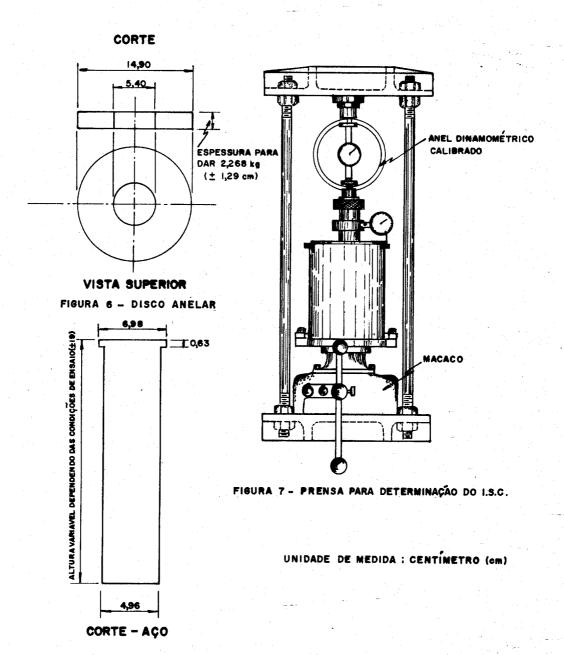


FIGURA 8 - PISTÃO DE PENETRAÇÃO

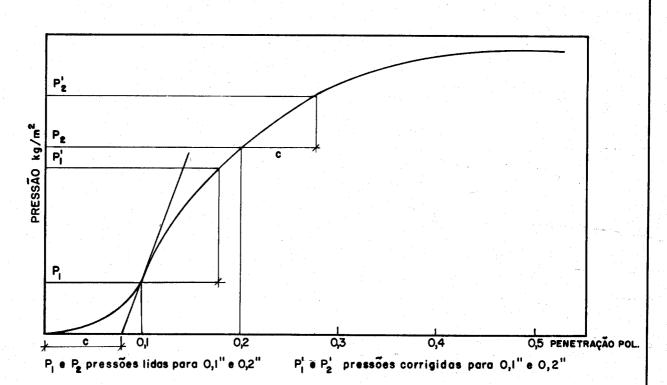
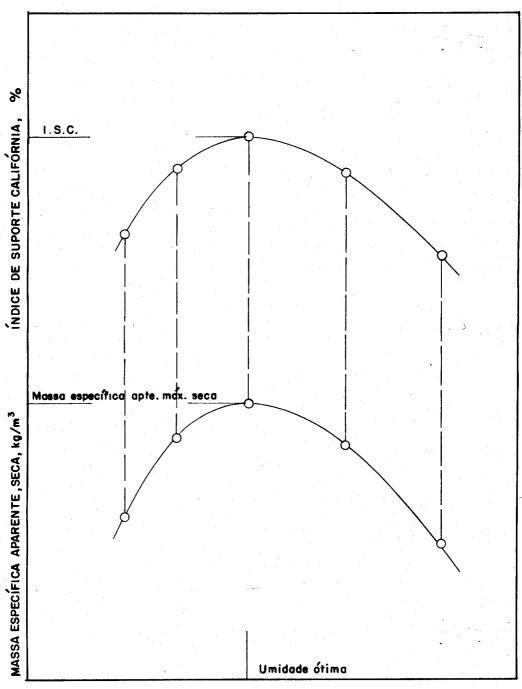


FIGURA 9



UMIDADE %