

Tecnologia, Infraestrutura e Território



Manual Didático para a Execução do Ensaio Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Julio Bizarreta Ortega

Sara Ochoa Averos

Coleção Manuales

Manual Didático para a Execução do Ensaio Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Julio Bizarreta Ortega
Sara Ochoa Averos



Julio Bizarreta Ortega

Sara Ochoa Averos

Manual Didático para a Execução do Ensaio

Índice de Suporte Califórnia (ISC)

© 2022 EDUNILA – Editora Universitária

Catálogo na Publicação (CIP)

Ortega, Julio Bizarreta.

O77m Manual Didático para a Execução do Ensaio Índice de Suporte Califórnia (ISC) / Julio Bizarreta Ortega, Sara Ochoa Averos. Foz do Iguaçu: EDUNILA, 2022.

PDF (30 p.) : il. Col. Manuales.

ISBN: 978-65-86342-27-7

1. Engenharia rodoviária. 2. Índice de Suporte Califórnia - CBR (California Bearing Ratio). 3. Resistência de solo. 4. Ensino Médio. I. Ortega, Julio Bizarreta. II. Averos, Sara Ochoa. III. Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA. IV. Título.

CDU 625

Ficha catalográfica elaborada por Leonel Gandi dos Santos CRB11/753

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida, arquivada ou transmitida por qualquer meio ou forma sem prévia autorização por escrito da EDUNILA – Editora Universitária.

EDUNILA – Editora Universitária
Av. Silvio Américo Sasdelli, 1842
Térreo – Edifício Comercial Lorivo
Bairro Itaipu A | Foz do Iguaçu/PR
CEP: 85866-000 | Caixa Postal 2044
+55 (45) 3522-9832
+55 (45) 3522-9836
editora@unila.edu.br
<https://portal.unila.edu.br/editora>


Associação Brasileira
das Editoras Universitárias


Editora da
Universidade Federal da
Integração Latino-Americana

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA	
Gleisson Pereira de Brito	<i>Reitor</i>
Luis Evelio Garcia Acevedo	<i>Vice-reitor</i>
EDUNILA – EDITORA UNIVERSITÁRIA	
Antonio Rediver Guizzo	<i>Chefe da EDUNILA</i>
Ailda Santos dos Prazeres	<i>Assistente em administração</i>
Francieli Padilha Bras Costa	<i>Programadora visual</i>
Leonel Gandi dos Santos	<i>Bibliotecário-documentalista</i>
Natalia de Almeida Velozo	<i>Revisora de textos</i>
Ricardo Fernando da Silva Ramos	<i>Assistente em administração</i>
CONSELHO EDITORIAL	
Antonio Rediver Guizzo	<i>Presidente do Conselho</i>
Natalia de Almeida Velozo	<i>Representante do Órgão Executivo da EDUNILA</i>
Anderson Antonio Andreata	<i>Representante dos técnico-administrativos em educação da UNILA</i>
Diego Moraes Flores	<i>Representante do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território (ILATIT – UNILA)</i>
Andrea Ciacchi	<i>Representante do Instituto Latino-Americano de Arte, Cultura e História (ILACH – UNILA)</i>
Marcela Boroski	<i>Representante do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza (ILACVN – UNILA)</i>
Gilson Batista de Oliveira	<i>Representante do Instituto Latino-Americano de Economia, Sociedade e Política (ILAESP – UNILA)</i>
Laura Beatriz Tauro	<i>Representante da Universidade Nacional de Misiones – UNAM (Argentina)</i>
Raquel Quadros Velloso	<i>Representante da PUC – Rio de Janeiro (Brasil)</i>
Alai García Diniz	<i>Representante da UNIOESTE – Cascavel (Brasil)</i>
Paulínia García Rámirez	<i>Representante da Universidad CES (Colômbia)</i>
Luis Eduardo Aragon Vaca	<i>Representante da UFPA (Brasil)</i>
Joselaine Raquel da Silva Pereira	<i>Representante dos discentes de pós-graduação da UNILA</i>
Rafael Alexander Velasco Castillo	<i>Representante dos discentes de graduação da UNILA</i>
EQUIPE EDITORIAL	
Natalia de Almeida Velozo	<i>Revisão de textos</i>
Leonel Gandi dos Santos	<i>Normalização bibliográfica</i>
Francieli Padilha Bras Costa	<i>Capa, projeto gráfico e diagramação</i>

Dedicamos este manual a nossos colegas de laboratório

Errar por tentar não é errado, o
errado é não tentar pensando
que vai dar errado.

Elielton Lima

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Molde cilíndrico para ISC e seus acessórios	14
Figuras 2A a 2E – Moldagem dos corpos de prova	18
Figura 3 – Preparação do CP na etapa de expansão	20
Figuras 4A e 4B – Mergulhar os CP.....	20
Figura 5 – Equipamento ISC	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de energia de compactação	16
Tabela 2 – Dados gerais.....	22
Tabela 3 – Dados teores de umidade	22
Tabela 4 – Dados da massa específica aparente seca	23
Tabela 5 – Determinação da curva de saturação	24
Tabela 6 – Dados gerais do ISC	25
Tabela 7 – Determinação da umidade atual.....	25
Tabela 8 – Quantidade de água a ser adicionada para atingir a umidade necessária para a preparação das amostras para o ensaio ISC.....	26
Tabela 9 – Determinação da umidade desejada.....	26
Tabela 10 – Determinação da massa específica aparente seca	27
Tabela 11 – Determinação da expansão	28
Tabela 12 – Determinação da penetração.....	29
Tabela 13 – Determinação do ISC.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Y	Massa específica dos grãos do solo
Y_a	Massa específica da água
Y_s	Massa específica aparente seca
D	Diâmetro
h	Teor de umidade
h_a	Média teor de umidade atual
$ISC_{0,1}$ "	Índice de Suporte Califórnia correspondente à penetração de 2,54 mm
$ISC_{0,2}$ "	Índice de Suporte Califórnia correspondente à penetração de 5,08 mm
M_1	Massa do solo úmido + cápsula
M_2	Massa do solo seco + cápsula
$P_{0,1}$ "	Pressão correspondente à penetração de 2,54 mm
$P_{0,2}$ "	Pressão correspondente à penetração de 5,08 mm
P_h	Peso úmido do solo compactado
P_m	Peso do molde
P_{sm}	Peso da amostra seca na umidade necessária
P_u	Peso do molde + solo úmido
S	Grau de saturação
U_p	Umidade necessária
V	Volume útil do molde cilíndrico
V_a	Quantidade de água a colocar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	13
3.1	Materiais.....	13
3.2	Metodologia.....	15
4	ATIVIDADES E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	22
4.1	Ensaio de compactação	22
4.2	Etapa de compactação das amostras para o Ensaio ISC	25
4.3	Etapa expansão	28
4.4	Etapa penetração	29
5	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade dos materiais para uso em pavimentação dependia de métodos indiretos, como identificação do solo e análise da fração fina. Porém, com o aumento do tráfego durante o início da década de 1930, tornou-se evidente que esses procedimentos não eram mais adequados. Assim, desenvolveram-se testes que gerassem uma correlação favorável entre o desempenho observado nas estradas e a ação do tráfego. O teste que cumpriu com esses requerimentos foi o teste de *California Bearing Ratio* (CBR) ou ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC), reportado por O. J Porter em 1930 (HEAD, 1994).

O ISC compara a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão num corpo de prova de solo ou material granular e a mesma penetração em um material padronizado de referência.

Esse teste foi recomendado à *American Society for Testing and Materials* como um ensaio padrão por Stanton em 1944 e ainda é reconhecido e usado no mundo como um critério importante no projeto de pavimentos.

Este trabalho pretende apresentar uma introdução sobre o ensaio do ISC de maneira sucinta, clara e de fácil compressão para um aluno que esteja começando os ensaios experimentais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC), ou *California Bearing Ratio* (CBR), é um ensaio empírico desenvolvido em 1930 no laboratório do Departamento de Pesquisa de Materiais da Divisão de Rodovias da Califórnia, nos Estados Unidos (HEAD, 1994).

O ensaio tem como finalidade determinar o valor relativo de ISC para o teor de umidade ótimo e a massa específica aparente seca máxima de solos, assim como os valores de expansão do solo. A partir disto, pode-se classificar solos com capacidade de suporte suficiente para a utilização em subleito ou camadas de um pavimento rodoviário (BOWLES, 1980).

Inicialmente, o Índice foi utilizado na Segunda Guerra Mundial como parâmetro para a construção dos pavimentos em pistas de aeroportos. Entretanto, na atualidade, o ensaio ISC ainda é utilizado por engenheiros de estradas para obtenção da capacidade de suporte dos materiais que serão utilizados em um projeto de pavimento (BAÑON BLÁZQUES; BEVIÁ GARCÍA, 2002; FONSECA, 2002).

A partir deste ensaio obtêm-se um valor numérico que relaciona a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão em um corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão em uma brita graduada padronizada (BRASIL, 2006).

Durante o ensaio são medidas, respectivamente, pressões para 2,54 mm e 5,08 mm de penetração do pistão de corpo de prova. Comparando o ISC calculado para cada caso, se o valor do ISC obtido para 5,08 mm for o meio, então repete-se o ensaio. Se no segundo ensaio o maior valor de ISC foi novamente obtido para 5,08 mm de penetração do pistão, então esse valor é adotado como valor final (BOWLES, 1980).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) é a encarregada de desenvolver as Normas Brasileiras (NBR). A norma técnica para o Índice de Suporte Califórnia é a NBR 9895:2016, tendo por normas complementares a NBR 5734:1989 (Peneiras para ensaios), a NBR 6457:2016 (Amostras de solos) e a NBR 7182:2016 (Ensaio de Compactação). Pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), tem-se a norma DNER-ME 049:1994. Segundo a NBR 9895, a determinação do ISC é obtida mediante um procedimento conjunto de preparação da amostra, moldagem dos corpos de prova, expansão e penetração.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

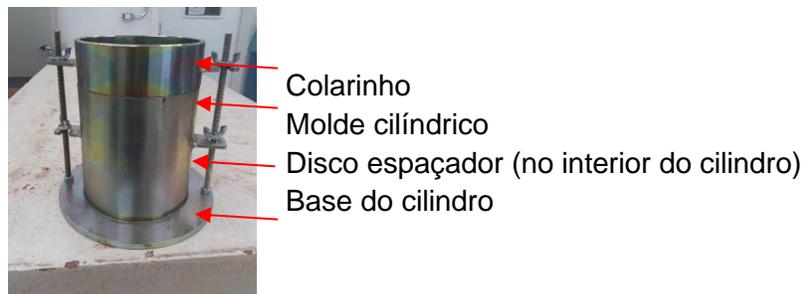
3.1 Materiais

A lista de materiais apresentada é fundamentada na NBR 9895:2016 e nas recomendações de Head (1994). A seguir, apresentamos a lista de materiais:

- Prensa elétrica de 5000 kgf de capacidade para ensaios ISC Almofariz de porcelana com gral (pistilo) e luva.
- Molde cilíndrico metálico com as dimensões padronizadas especificadas pela NBR 9895, com altura de 177,8 mm e diâmetro de 152,4 mm. Soma-se ao cilindro metálico (molde) o colarinho e a base com altura de 60,8 mm e diâmetro de 152,4 mm (detalhes na figura 1).
- Disco espaçador com altura de 63,5 mm e diâmetro de 150,0 mm.
- Disco anelar para sobrecarga.
- Prato perfurado com haste ajustável com altura de 5,0 mm e diâmetro de 145,0 mm.
- Extensômetros com curso mínimo de 10,0 mm e precisão de 0,01 mm.
- Tripé porta extensômetro para cilindro.
- Balanças que permitam pesar nominalmente 200 g e 20 kg, com resoluções de 0,01 g e 1 g.

- Bandejas metálicas.
- Cápsulas metálicas pequenas com tampas para determinar o teor de umidade.
- Conchas metálicas.
- Óleo ou desmoldante (exemplo: vaselina).
- Espátula de lâmina flexível.
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C.
- Papel filtro circular com diâmetro de 150,0 mm.
- Peneira de 4,8 mm.
- Pincel com cerdas de 25,4 mm.
- Provetta de vidro de 1 L.
- Régua de aço biselada com 30,0 cm de comprimento.
- Faca metálica.
- Soquete metálico para compactação mecanizada, com massa de 4536 ± 10 g e controle de queda de 457 ± 2 mm.
- Tanque ou recipiente para imersão dos corpos de prova.

Figura 1 – Molde cilíndrico para ISC e seus acessórios



Fonte: AUTORES (2019).

3.2 Metodologia

I. Preparação da amostra

1. Colocar o solo dentro de bandejas metálicas e secar ao ar por 24 horas, sobre uma superfície limpa e nivelada.
2. Destorroar a amostra seca por meio de almofariz de porcelana, evitando-se a quebra dos grãos.
3. Fazer o quarteamento da amostra:
 - a. Misturar a amostra até ficar homogênea
 - b. Fazer uma pilha cônica
 - c. Achatar a pilha até obter uma espessura uniforme e um diâmetro definido
 - d. Dividir a amostra em 4 partes iguais
 - e. Retirar duas partes diagonalmente opostas
 - f. Fazer um novo quarteamento com as duas partes restantes até atingir 6000 g para solos siltosos ou argilosos (fração granulométrica $< 0,075$ mm) e 7000 g para os arenosos ou pedregulhosos (fração granulométrica $\geq 0,0075$ mm)
4. Peneirar a amostra:
 - g. Passar a amostra na peneira de 19 mm
 - h. Se houver material retido nessa malha, deve-se substituir por igual quantidade em peso do material passado na de 19 mm e retido na peneira de 4,8 mm

II. Moldagem dos corpos de prova

1. Selecionar a energia de compactação considerando a camada do pavimento (subleito, sub-base ou base). As energias de compactação segundo a NBR 7182:2016 são apresentadas na tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de energia de compactação

Cilindro	Características inertes a cada energia de compactação	Energia		
		Normal	Intermediária	Modificada
Grande	Soquete (4,540 kg)	Grande	Grande	Grande
	Número de camadas	5	5	5
	Altura do disco espaçador (mm)	63,5	63,5	63,5
Empregos típicos		Subleito e reforço de subleito	Base e sub-base	

Fonte: ABNT (2016).

2. Colocar óleo ou desmoldante nas paredes do molde cilíndrico (pode ser vaselina sólida)
3. Pesar o molde na balança de 20 kg
4. Fazer a montagem do cilindro:
 - a. Colocar o colarinho na parte superior do molde cilíndrico
 - b. Sobrepor o conjunto cilíndrico na base metálica
 - c. Posicionar com precaução o disco espaçador por dentro do molde cilíndrico
 - d. Colocar o papel filtro com diâmetro igual ao do molde utilizado (para evitar a aderência da amostra de solo à base metálica) (figura 2B)
 - e. Transferir o conjunto cilíndrico ao soquete de compactação mecânico

5. Fazer o acerto da umidade:

- f. Medir, na proveta de vidro, a quantidade de água necessária para cada umidade desejada (em torno de 5 percentagens de umidade determinadas no ensaio de compactação pelo método Proctor – 3 abaixo da umidade ótima, 2 acima da umidade ótima)
- g. Adicionar a água ao solo e homogeneizar a amostra (figura 2C)

6. Determinar o teor de umidade*:

- h. Pesar as cápsulas metálicas com as tampas
- i. Colocar o solo retirado dentro de cada cápsula metálica
- j. Fechar com a tampa e pesar
- k. Deixar as cápsulas dentro do forno 24 horas
- l. Findo esse prazo, pesar as cápsulas com solo seco + tampa para determinar o teor de umidade em cada caso

*O processo de pesagem será realizado na balança de 200g (figura 2D)

7. Compactar o corpo de prova:

- m. Com a ajuda da concha, colocar um quinto de solo dentro do conjunto cilíndrico
- n. Ligar o soquete metálico com número de golpes previamente programado
- o. Ao terminar a primeira camada, com uma faca metálica escarificar o solo e adicionar a segunda camada de solo (um quinto de solo)
- p. Ligar o soquete metálico e, ao concluir o número de golpes previsto, terminar de escarificar novamente o solo de forma a obter amostras que serão colocadas em cápsulas metálicas para posterior determinação da umidade de cada uma
- q. Colocar a terceira camada de solo, ligar o soquete metálico e repetir o processo para as duas últimas camadas

A sequência descrita para a compactação é ilustrada na figura 2E.

8. Ao terminar a última camada, deve haver um excesso de, no máximo, 10 mm de solo, o qual deve ser removido e rasado com o auxílio da régua biselada.

9. Retirar o disco espaçador e pesar o molde mais a amostra de solo na balança de 20 kg.

Figuras 2A a 2E – Moldagem dos corpos de prova



2A



2B



2C



2D



2E

Fonte: AUTORES (2019).

III. Expansão

1. Preparação do corpo de prova:
 - a. Inverter os moldes e fixá-los nos respectivos pratos-base, ou seja, após a compactação e o corte da superfície superior, a placa de base e o disco espaçador são removidos e o molde é invertido
 - b. A placa de base é ajustada à parte recortada da amostra, embaixo de um papel filtro, conforme ilustra a figura 3

2. Após a compactação do corpo de prova (CP), no espaço deixado pelo disco espaçador, colocar o prato perfurado com a haste de expansão e sobre ele os dois discos anelares cuja massa total deve ser de (4540 ± 20) g.

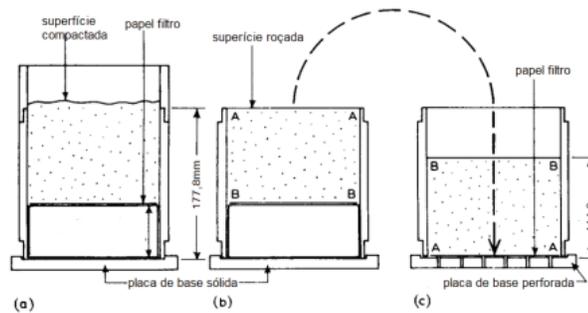
3. Na haste de expansão, adaptar a haste do extensômetro e ajustar a leitura inicial (figura 4A).

4. Mergulhar o molde 117,8 mm, até a linha de referência, como mostrado na figura 4B.

5. Efetuar as leituras a cada 24 horas por 3 dias.

6. Terminado o período de saturação, retirar cada corpo de prova e deixar escoar a água durante 15 minutos.

Figura 3 – Preparação do CP na etapa de expansão



Fonte: Adaptado de HEAD (1994).

Figuras 4A e 4B – Mergulhar os CP



4A



4B

Fonte: AUTORES (2019).

IV. Penetração

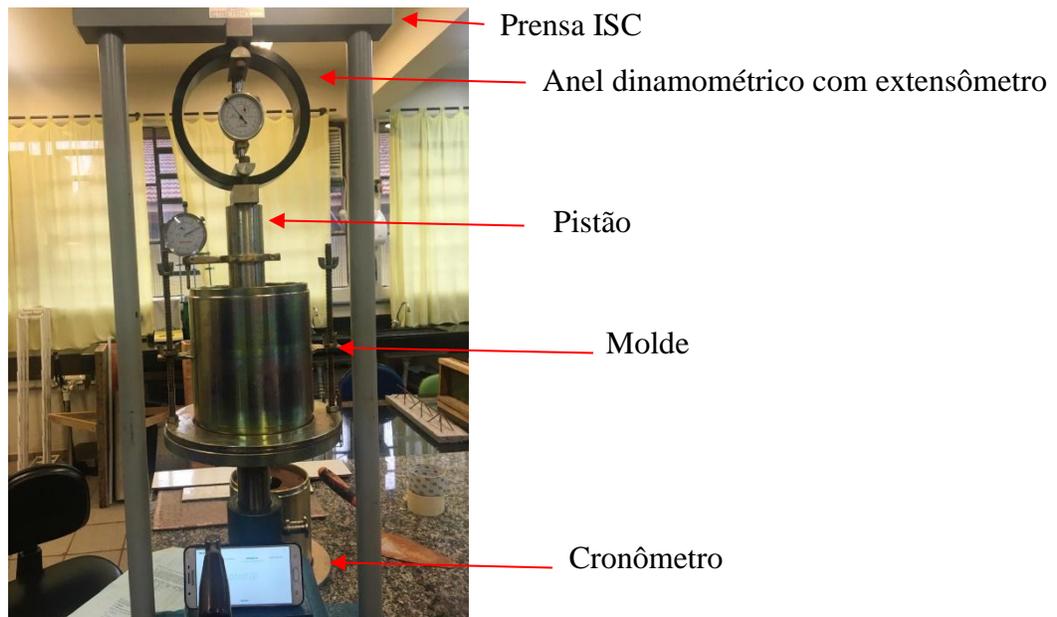
1. Preparação do CP:

- a. Retirar o extensômetro, o sistema móvel de medida de expansão, a haste e os discos anelares de sobrecarga
- b. Colocar novamente os discos anelares de sobrecarga e transferir à prensa ISC, conforme ilustrado na figura 5

2. Ajuste do CP na prensa:
 - a. Centralizar o pistão
 - b. Girar a manivela para aproximar o pistão à amostra de solo
 - c. Parar de girar a manivela quando se registrem valores no extensômetro do anel dinamométrico

3. Determinação do ISC:
 - a. Proceder ao assentamento do pistão de penetração na amostra de solo
 - b. Zerar os extensômetros
 - c. Acionar a manivela da prensa com velocidade de 1,27 mm/min

Figura 5 – Equipamento ISC



Fonte: AUTORES (2019).

4 ATIVIDADES E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Ensaio de compactação

O ensaio de compactação é uma etapa anterior ao ensaio ISC e tem por objetivo determinar dois parâmetros: a umidade ótima e a massa específica aparente máxima. As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os elementos que devem ser considerados para a determinação dos parâmetros anteriormente mencionados.

Tabela 2 – Dados gerais

Energia de compactação		Peso do soquete	
Camadas		Nº golpes	
Dimensões do molde	Diâmetro [cm]		
	Altura [cm]		
	Volume [cm ³]		

Tabela 3 – Dados teores de umidade

Identificação da cápsula [-]			
Massa do solo úmido + cápsula M_1 [g]			
Massa do solo seco + cápsula M_2 [g]			
Massa do recipiente M_3 [g]			
Teor de umidade h [%]			

$$h = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (1)$$

Tabela 4 – Dados da massa específica aparente seca

Identificação da cápsula [-]			
Peso do molde P_m [g]			
Peso do molde + solo úmido P_u [g]			
Peso úmido do solo compactado P_h [g]			
Volume útil do molde cilíndrico V [cm ³]			
Teor de umidade do solo compactado h [%]			
Massa específica aparente seca Y_s [g/cm ³]			

$$Y_s = \frac{P_h \times 100}{V (100 + h)} = \frac{\frac{P_h}{V}}{1 + \frac{h (\%)}{100}} \quad (2)$$

4.2 Etapa de compactação das amostras para o Ensaio ISC

Nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 são apresentados os elementos que devem ser considerados para a compactação, lembrando que são 3 percentagens abaixo da umidade ótima e 2 percentagens acima daquele valor.

Tabela 6 – Dados gerais do ISC

Energia de compactação		Peso do soquete	
Camadas		Nº golpes	
Dimensões do molde	Diâmetro [cm]		
	Altura [cm]		
	Volume [cm ³]		

Tabela 7 – Determinação da umidade atual

Identificação da cápsula [-]			
Massa do solo úmido + cápsula M_1 [g]			
Massa do solo seco + cápsula M_2 [g]			
Massa do recipiente M_3 [g]			
Teor de umidade h [%]			
Média teor de umidade atual ha [%]			

$$ha = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (3)$$

Tabela 8 – Quantidade de água a ser adicionada para atingir a umidade necessária para a preparação das amostras para o ensaio ISC

Umidade necessária U_p [%]	
Peso da amostra na umidade atual P_h [g]	
Peso da amostra seca na umidade atual P_s [g]	
Peso da amostra seca na umidade necessária P_{sn} [g]	
Quantidade de água a colocar V_a [ml]	

$$P_s = \frac{P_h}{\left(\frac{ha}{100} + 1\right)} \quad (4)$$

$$P_{sn} = P_s \times \left(1 + \frac{U_p}{100}\right) \quad (5)$$

$$V_a = P_{sn} - P_s \quad (6)$$

Tabela 9 – Determinação da umidade desejada

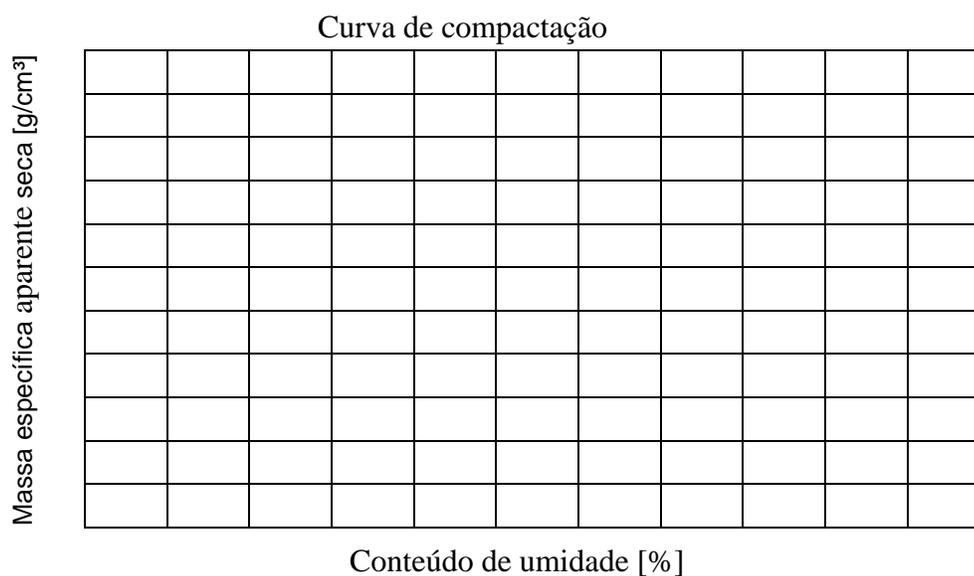
Identificação da cápsula [-]			
Massa do solo úmido + cápsula M_1 [g]			
Massa do solo seco + cápsula M_2 [g]			
Massa do recipiente M_3 [g]			
Teor de umidade h [%]			

$$h = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (7)$$

Tabela 10 – Determinação da massa específica aparente seca

Identificação da cápsula [-]			
Grau de saturação igual a 100% S			
Teor de umidade do solo compactado h [%]			
Massa específica da água Y_a [g/cm ³]			
Massa específica dos grãos do solo Y [g/cm ³]			
Massa específica aparente seca Y_s [g/cm ³]			

$$Y_s = \frac{P_h \times 100}{V(100 + h)} = \frac{\frac{Ph}{V}}{1 + \frac{h(\%)}{100}} \quad (8)$$



4.3 Etapa expansão

Tabela 11 – Determinação da expansão

Altura inicial do corpo de prova [mm]			
Tempo transcorrido [horas]	Leitura no relógio comparador (deflectômetro) [mm]	Diferença de leitura no relógio comparador (deflectômetro) [mm]	Expansão [%]

$$\text{Expansão} = \frac{(\text{leitura final} - \text{leitura inicial no extensômetro})}{\text{altura inicial do corpo de prova}} \times 100 \quad (9)$$

4.4 Etapa penetração

Tabela 12 – Determinação da penetração

Diâmetro do pistão [mm]			Área do pistão [mm ²]	
Tempo [min]	Penetração [mm]	Leitura [mm]	Carga [N]	Pressão [MPa]
0,5	0,63			
1,0	1,27			
1,5	1,90			
2,0	2,54			
2,5	3,17			
3,0	3,81			
3,5	4,44			
4,0	5,08			
5,0	6,35			
6,0	7,62			
7,0	8,89			
8,0	10,16			
9,0	11,43			
10,0	12,7			

Tabela 13 – Determinação do ISC

Penetração [mm]	Pressão [MPa]	ISC [%]	Padrão [kgf/cm ²]
	Calculada	Corrigida	
2,54	$P_{0,1''} =$	$ISC_{0,1} =$	70
5,08	$P_{0,2''} =$	$ISC_{0,2} =$	105

Nota: adotar o maior dos valores obtidos nas penetrações de 2,54 mm e 5,08 mm.

$$ISC_{0,1} = \frac{(P_{0,1''})}{70} \times 100 \quad (10)$$

$$ISC_{0,2} = \frac{(P_{0,2''})}{105} \times 100 \quad (11)$$

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9895**: Índice de Suporte Califórnia: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT. **ABNT NBR 5734**: Peneiras para ensaios: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT. **ABNT NBR 6457**: amostras de solo: preparação para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABNT. **ABNT NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BAÑON BLÁZQUES, L.; BEVIÁ GARCÍA, J. **Manual de carreteras**: construcción, mantenimiento. Espanha: Universidad de Alicante, 2000.

BOWLES, J. **Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil**. México: McGraw Hill de México, 1980.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), 2006.

MONTEJO FONSECA, A. **Ingeniería de pavimentos para carreteras**. 2. ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002. 734 p.

HEAD, K. H. **Manual of soil laboratory testing**: permeability, shear strength and compressibility tests. 2. ed. Nova York: Wiley, 1994. 440 p.



Este manual didático apresenta uma introdução sobre o ensaio do Índice de Suporte Califórnia (ISC), ou California Bearing Ratio (CBR), de maneira sucinta, clara e de fácil compreensão para um discente iniciante nos ensaios experimentais.