



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília - DF - CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

AGOSTO 2023

NORMA DNIT 443/2023 – ME

Pavimentação – Solos – Ensaio de compactação utilizando moldes tripartidos – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.018515/2023-70

Aprovada pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 22/08/2023.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Compactação, solos, materiais granulares, molde tripartido

Nº total de páginas

12

Resumo

Este documento estabelece a sistemática a ser empregada na determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de solo e outros materiais granulares, compactados em moldes cilíndricos tripartidos, empregando as energias de compactação normal, intermediária ou modificada, utilizando corpos de prova moldados em laboratório, com amostras não trabalhadas, com dimensão máxima das partículas \leq a $\frac{1}{4}$ do diâmetro do corpo de prova. Descreve os equipamentos, amostragem, cálculos e condições para a obtenção dos resultados.

Abstract

This document establishes the systematic for determining the relationship between the moisture content and the dry bulk density of soils and other granular materials compacted on a cylindrical tripartite mold, at normal, intermediate or modified compaction energy, using specimens prepared by laboratory compaction, with unworked samples with a maximum particle size \leq to $\frac{1}{4}$ of the specimen diameter. It describes required apparatus, sampling, calculations, and the conditions for obtaining the results.

Sumário

Prefácio	2
1 Objetivo	2
2 Referências normativas	2
3 Termos e definições	2
4 Aparelhagem	3
5 Amostragem	3
6 Preparação das amostras	4
7 Execução do ensaio	5
8 Cálculos	6
9 Resultados	6
Anexo A (Normativo) – Energias de compactação	7
Anexo B (Normativo) – Geometria dos moldes	8
Anexo C (Informativo) – Procedimentos do ensaio de compactação em molde tripartido	9
Anexo D – Exemplo de relatório do ensaio de compactação em molde tripartido	10
Anexo E (informativo) – Bibliografia	11
Índice geral	12

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR conforme a Instrução Normativa nº 20/DNIT SEDE, de 1º de novembro de 2022 e a norma DNIT 001/2023 – PRO.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece a relação entre o teor de umidade do solo e sua massa específica aparente seca (curva de compactação), para solos e outros materiais granulares compactados em moldes cilíndricos tripartidos, empregando as energias de compactação normal, intermediária ou modificada.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – EM 035/95: Peneiras de malha quadrada para análise granulométrica de solos.
- b) _____. DNER – ME 051/94: Solos – Análise granulométrica.
- c) _____. DNER – PRO 003/94: Coleta de amostras deformadas de solos.
- d) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 412 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento – Método de ensaio.

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento técnico, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Compactação

Processo mecânico destinado a reduzir o volume de vazios de um solo, com o objetivo de aumentar sua

massa específica, resistência e estabilidade. As amostras são compactadas em moldes cilíndricos tripartidos, na energia de compactação especificada, por meio da aplicação de golpes sucessivos, com soquete de massa e altura de queda padronizadas.

A energia de compactação é calculada pela Equação (1):

$$E = \frac{M \times H \times N \times n}{V} \quad (1)$$

Onde:

E é a energia de compactação, expressa em quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm²);

M é a massa do soquete, expressa em quilogramas (kg);

H é a altura de queda do soquete, expressa em centímetros (cm);

N é o número de golpes por camada;

n é o número de camadas ($n = 10$);

V é o volume do CP, expresso em centímetro cúbico (cm³).

A Tabela A1 do Anexo A apresenta as características utilizadas para os cálculos das energias de compactação normal, intermediária e modificada.

3.2 Curva de compactação

É o gráfico cartesiano que correlaciona, para cada energia de compactação, em escala aritmética, os valores dos teores de umidade de compactação (h_c), no eixo das abscissas, e seus correspondentes valores de $MEAS$, no eixo das ordenadas. A curva de compactação, em geral, apresenta um formato aproximado de parábola, com a concavidade voltada para baixo, na qual a região anterior ao vértice teórico da parábola é designada de “ramo seco” e a região posterior ao vértice é designada “ramo úmido”, conforme exemplo da Figura D1 do Anexo D.

3.3 Massa específica aparente seca ($MEAS$)

Razão entre a massa de uma certa porção de solo seco

em estufa e o seu volume aparente, expressa em gramas por centímetro cúbico, ou outra unidade do SI.

3.4 Massa específica aparente seca máxima

É o valor de *MEAS*, obtido no eixo das ordenadas, correspondente ao vértice teórico da curva de compactação. Representa, para cada energia de compactação, o estado físico do solo no qual o corpo de prova apresenta o menor volume de vazios.

3.5 Teor de umidade

Razão entre a quantidade de água contida em uma certa porção de solo e a sua massa seca em estufa, expressa em porcentagem.

3.6 Umidade higroscópica

Teor de umidade residual que o solo apresenta quando seco ao ar.

3.7 Umidade ótima

É o valor de teor de umidade, obtido no eixo das abscissas, correspondente à massa específica aparente seca máxima.

4 Aparelhagem

A aparelhagem e os materiais necessários:

- a) Molde de compactação tripartido composto por: base, cilindro lateral tripartido, anel complementar (colarinho) e duas braçadeiras (ou abas soldadas nas laterais do cilindro tripartido). Os componentes do molde devem ser todos de aço e as dimensões internas do cilindro lateral devem ser 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura ou 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, conforme o Anexo B.

NOTA 1: A escolha do tamanho do cilindro tripartido está condicionada à granulometria da amostra a ser ensaiada (ver subseção 5.2).

- b) Soquete de compactação por impacto do tipo Proctor (manual ou automatizado). O soquete deve possuir face interior plana de diâmetro igual a $50,8 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ e pode ser leve, com massa de $2.500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ e altura de queda de $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$,

ou pesado, com massa de $4.536 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ e altura de queda de $457 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.

- c) Balança de precisão com capacidade nominal adequada para determinar a massa do corpo de prova (dentro e fora do cilindro), com acurácia de 0,2 %.
- d) Balança de precisão com capacidade nominal de 2 kg e resolução de 0,01 g.
- e) Estufa capaz de manter a temperatura a $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- f) Almofariz e com capacidade para 5 kg de solo e mão de gral recoberta com borracha.
- g) Repartidor de amostras de 5,0 cm de abertura.
- h) Régua de aço biselada, rija, de cerca de 30 cm de comprimento.
- i) Cápsulas de alumínio ou outro material adequado.
- j) Peneiras de malha quadrada, conforme a norma DNER – EM 035/95.
- k) Sacos plásticos, hermeticamente vedado.
- l) Recipientes e utensílios de laboratório, necessários para a preparação das amostras de solo.
- m) Vaselina sólida.
- n) Planilha de ensaio, conforme exemplo constante na Figura D1 do Anexo D.

5 Amostragem

As amostras devem ser coletadas de acordo com a norma DNER – PRO 003/94. A quantidade de material a ser coletado depende do tamanho do molde a ser utilizado. Para a moldagem de cinco corpos de prova no molde de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, sem reuso (amostras não trabalhadas), são necessários, no mínimo, 30 kg de material solto. Para a moldagem no molde de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, são necessários, no mínimo, 75 kg de material passante na peneira com abertura nominal de 37,5 mm.

A escolha do tamanho do molde de compactação é feita em função da granulometria do material, da seguinte forma:

- a) Solo ou material sem pedregulho: para materiais totalmente passantes na peneira nº 4 (4,75 mm), utiliza-se o cilindro tripartido de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura.
- b) Solo pedregulhoso e brita: para este tipo de material deve-se obedecer a relação entre o diâmetro máximo das partículas e diâmetro do corpo de prova de 1:4, como segue:
 - caso a amostra seja integralmente passante na peneira de 25 mm, deve-se utilizar o cilindro de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura;
 - caso a amostra apresente material retido na peneira de 25 mm, mas que seja totalmente passante na peneira de 37,5 mm, deve-se utilizar o cilindro de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura;
 - caso a amostra apresente até 10 % de material retido na peneira de 25 mm e não exista material suficiente para a realização do ensaio no cilindro de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, descarta-se o material retido na peneira de 25 mm, utilizando apenas o material passante nesta peneira, e realiza-se o ensaio no molde de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Esta informação deve constar no relatório do ensaio;
 - caso a amostra apresente material retido na peneira de 37,5 mm, deve-se proceder a substituição desta fração da amostra por igual quantidade de material passante na peneira de 37,5 mm e retido na peneira de 25 mm, de modo que o percentual da fração passante na peneira de 25 mm não seja alterado. Com a amostra resultante após a substituição, realiza-se o ensaio no molde de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura. A fração retida na peneira de 37,5 mm deve ser descartada.

NOTA 2: A granulometria dos solos e agregados deve ser determinada, previamente, conforme as normas DNER – ME 051/94 e DNIT 412 – ME, respectivamente.

6 Preparação das amostras

A preparação das amostras para o ensaio de compactação deve obedecer às etapas seguintes:

- a) Colocar toda a amostra recebida em bandejas para secar até que a sua umidade fique próxima da umidade higroscópica. Esta secagem pode ser realizada ao ar livre ou em estufa com temperatura máxima de 60 °C.
- b) Depois da secagem, destorroar toda a amostra, com o auxílio do almofariz e da mão de gral revestida de borracha. Todos os torrões de solo presentes na amostra devem ser destorroados, sem que ocorra a quebra de partículas.
- c) Reduzir a amostra destorroada (se necessário) por quarteamento ou com o auxílio do repartidor de amostras, até se obter a quantidade mínima necessária, conforme a seção 5.
- d) Peneirar a amostra reduzida nas peneiras com abertura nominal de 37,5 mm, 25 mm e 4,75 mm, registrar as massas das frações retidas em cada peneira e realizar o descarte, caso seja necessário, conforme as instruções da seção 5.
- e) Juntar todas as frações da amostra que não foram descartadas, homogeneizar bem e coletar duas amostras, para determinar a umidade higroscópica, determinada conforme a subseção 7.2.
- f) Dividir a amostra restante em cinco porções com, aproximadamente, a mesma quantidade de material.
- g) Em uma das cinco porções, adicionar água gradativamente (medindo o volume adicionado) e revolvendo continuamente o material, até atingir um teor de umidade considerado próximo da umidade ótima presumível para o material utilizado.

- h) Homogeneizar a porção preparada com a umidade ótima presumível e destorroar manualmente o material, para minimizar os grumos e uniformizar o teor de umidade. Em seguida, adicioná-la em saco plástico hermeticamente vedado, identificado com o número três (3º ponto da curva de compactação) e manter em câmara úmida, por um período mínimo de 12 horas. No caso de brita, não é necessária a permanência do material em câmara úmida.
- i) Para as quatro porções restantes, adicionar, em cada uma delas, separadamente, os volumes de água necessários para que se obtenham duas porções com umidade inferior à umidade ótima presumível (1º e 2º pontos da curva de compactação) e duas com umidade superior (4º e 5º pontos), de modo que as cinco amostras preparadas para o ensaio tenham teores de umidade sucessivamente crescentes entre si, com variação de umidade entre pontos consecutivos da curva de compactação de, aproximadamente, 2 % para solos, e 1 % para solos pedregulhosos e britas.
- j) Homogeneizar, separadamente, as quatro porções preparadas, logo após a adição de água, destorroando manualmente o material, para minimizar os grumos e uniformizar o teor de umidade. Em seguida, adicioná-las, individualmente, em sacos plásticos hermeticamente vedados, identificados com os números um, dois, quatro e cinco (1º, 2º, 4º e 5º pontos da curva de compactação), seguindo a ordem crescente de umidades, e manter as amostras em câmara úmida (se o material for solo), junto com a amostra de umidade ótima presumível, por um período mínimo de 12 horas.
- b) Montar o cilíndrico lateral, envolvendo e prendendo as três partes com a duas braçadeiras, apertadas por meio de parafusos, de modo que as partes do cilindro não se afastem durante a compactação.
- c) Pesar o conjunto cilindro tripartido e braçadeiras, e anotar a massa obtida como M_1 .
- d) Fixar o cilindro tripartido com as braçadeiras na base do molde, com parafusos, e posicionar o molde montado sobre uma base plana de concreto, para a compactação manual, ou sobre a base do compactador automatizado.
- e) Tomar a porção preparada com o menor teor de umidade, retirar do saco plástico e homogeneizar.
- f) Colocar dentro do molde um papel filtro de diâmetro igual ao diâmetro interno do cilindro tripartido.
- g) Compactar a amostra em 10 camadas com alturas iguais e acrescentar o anel complementar (colarinho) na penúltima camada. Os parâmetros para a compactação devem ser determinados conforme a Tabela A1 do Anexo A.
- h) Remover o anel complementar, tomando-se o cuidado de destacar com uma espátula o material a ele aderido, e rasar o excesso de material, na altura exata do cilindro lateral, com a régua biselada.
- i) Limpar o material da parte externa do molde e desprender da base o cilindro tripartido, com o corpo de prova e as braçadeiras.
- j) Pesar o corpo de prova compactado, dentro do cilindro, com as braçadeiras, e anotar a massa obtida como M_2 . A massa do corpo de prova úmido será igual a $M_2 - M_1$.
- k) Remover as braçadeiras e desmontar o cilindro tripartido, aplicando golpes leves em suas bordas, se necessário.
- l) Desmanchar o corpo de prova e coletar, da sua parte central, duas amostras de 250 g cada, para determinar o teor de umidade da amostra, conforme a subseção 7.2.

7 Execução do ensaio

7.1 Compactação

A compactação dos corpos de prova deve ser realizada na energia especificada e com o molde de dimensões apropriadas, conforme os seguintes passos:

- a) Limpar o molde a ser usado e lubrificar as partes internas com vaselina sólida, removendo os excessos.

- m) Repetir os passos anteriores, utilizando as demais porções da amostra, em ordem crescente e umidade.

7.2 Determinação da umidade

A determinação do teor de umidade, onde for necessária, deve ser feita conforme os passos seguintes:

- Identificar e pesar, separadamente, duas cápsulas, limpas e secas e anotar as respectivas massas como A_1 e B_1 .
- Colocar as amostras úmidas coletadas dentro das cápsulas, pesar, separadamente, os dois conjuntos amostra úmida + cápsula e anotar as respectivas massas obtidas como A_2 e B_2 . As massas das amostras úmidas serão iguais a $A_2 - A_1$ e $B_2 - B_1$, respectivamente.
- Transferir os conjuntos para uma estufa e secar as amostras na temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por um período mínimo de 12 h ou até constância de massa.
- Pesar, separadamente, os conjuntos amostra seca + cápsula e anotar as respectivas massas obtidas como A_3 e B_3 . As massas das amostras secas serão iguais a $A_3 - A_1$ e $B_3 - B_1$, respectivamente.
- Calcular os dois valores de umidade, conforme a subseção 8.1, e obter a média aritmética entre eles.

8 Cálculos

8.1 Teor de umidade

O teor de umidade, onde for necessário, deve ser calculado pela Equação (2), utilizando as massas determinadas conforme a subseção 7.2:

$$h = \frac{(m_h - m_s) \times 100}{m_s} \quad (2)$$

Onde:

h é o teor de umidade, expresso em porcentagem (%);

m_h é a massa da amostra úmida, expressa em gramas (g);

m_s é a massa da amostra seca em estufa, expressa em gramas (g).

8.2 Massa específica aparente seca

Calcular a massa específica aparente seca de cada corpo de prova compactado, pela Equação (3):

$$MEAS = \frac{M_h \times 100}{(100 + h_c) \times V} \quad (3)$$

Onde:

$MEAS$ é a massa específica aparente seca do corpo de prova compactado, expresso em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3).

M_h é a massa úmida do corpo de prova compactado, expressa em gramas (g).

V é o volume aparente do corpo de prova compactado, igual ao volume interno do cilindro tripartido utilizado, expresso em centímetros cúbicos (cm^3).

h_c é a umidade de compactação do corpo de prova compactado, expressa em porcentagem (%).

Com os pares de $MEAS$ e h_c , plotar a curva de compactação do solo. Se um dos ramos da curva (seco ou úmido) tiver apenas um ponto, uma sexta porção de solo deve ser preparada, com a umidade adequada, para completar a curva.

9 Resultados

O Relatório deve conter os dados de identificação do ensaio e as informações seguintes:

- energia de compactação utilizada;
- percentuais passantes nas peneiras da Seção 5;
- tamanho do molde utilizado;
- curva de compactação;
- massa específica aparente seca máxima;
- teor de umidade ótima;
- planilha de ensaio completa.

Anexo A (Normativo) – Energias de compactação**Tabela A1 – Características do ensaio de compactação**

Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Volume (cm³)	Energia (kgf.cm/cm³)	Nº de camadas	Altura de queda (cm)	Massa do soquete (kg)	Nº de golpes por camada	
10,0	20,0	1570,8	Normal 6,0	10	30,5	2,500	12	
					45,7	4,536	5	
					30,5	4,536	7	
					45,7	2,500	8	
			Intermediária 13,0		30,5	2,500	27	
					45,7	4,536	10	
					30,5	4,536	15	
					45,7	2,500	18	
			Modificada 27,3		30,5	2,500	56	
					45,7	4,536	21	
					30,5	4,536	31	
					45,7	2,500	38	
15,0	30,0	5301,5	Normal 6,0	10	30,5	2,500	42	
					45,7	4,536	15	
					30,5	4,536	23	
					45,7	2,500	28	
			Intermediária 13,0		30,5	2,500	90	
					45,7	4,536	33	
					30,5	4,536	50	
					45,7	2,500	60	
			Modificada 27,3		30,5	2,500	190	
					45,7	4,536	70	
					30,5	4,536	105	
					45,7	2,500	127	
	$N = \frac{E \times V}{M \times H \times n}$			N - Nº de golpes por camada E - Energia de compactação V - Volume de solo compactado n - Nº de camadas M - Massa do soquete H - Altura de queda do soquete				

Anexo B (Normativo) – Geometria dos moldes

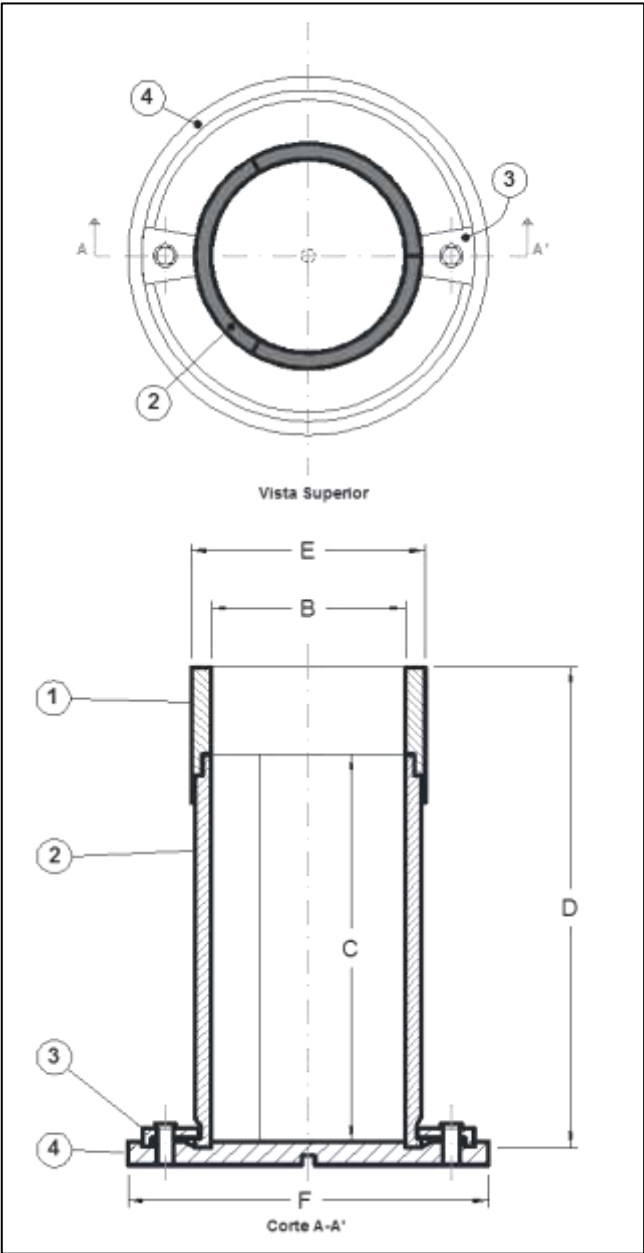


Figura B1 – Cilindro de compactação tripartido

Tabela B1 – Dimensões do cilindro de compactação tripartido

Peças	Dimensões (mm)		
	Cota	100x200	150x300
1 - Colarinho	B	100	150
	E	116	174
2 - Cilindro tripartido	C	200	300
	D	248	372
3 - Fixador	-	-	-
4 - Base de suporte	F	184	220

Anexo C (Informativo) – Procedimentos do ensaio de compactação em molde tripartido**Figura C1 – Procedimento de compactação de um corpo de prova**

Anexo D – Exemplo de relatório do ensaio de compactação em molde tripartido

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO EM MOLDE TRIPARTIDO										
RODOVIA:					TRECHO:			DATA: ____ / ____ / ____		
AMOSTRA:					OPERADOR:					
ENERGIA DE COMPACTAÇÃO: NORMAL					DIMENSÕES DO MOLDE: 10 X 20					
DADOS DO ENSAIO										
Ponto	1		2		3		4		5	
Cilindro nº	12		35		41		25		19	
Massa do cilindro (g)	4.824,0		4.824,0		4.824,0		4.824,0		4.824,0	
Volume do cilindro (cm³)	1.570,8		1.570,8		1.570,8		1.570,8		1.570,8	
Massa do cilindro + solo úmido (g)	7.571,1		7.647,5		7.740,5		7.740,0		7.708,3	
Massa do solo úmido (g)	2.747,1		2.823,5		2.916,5		2.916,0		2.884,3	
Massa esp. ap. úmida (g/cm³)	1,749		1,797		1,857		1,856		1,836	
Cápsula nº	150	155	45	217	49	52	206	213	44	208
Massa da cápsula + solo úmido (g)	186,4	138,6	129,8	136,7	161,4	143,8	138,6	142,1	149,7	157,7
Massa da cápsula + solo seco (g)	153,4	116,1	108,7	115,1	130,7	118,1	113,7	116,6	119,9	126,5
Massa da cápsula (g)	42,0	40,4	41,0	44,3	39,8	40,7	43,9	46	39,9	43,5
Massa da água (g)	33,0	22,5	21,1	21,6	30,7	25,7	24,9	25,5	29,8	31,2
Massa do solo seco (g)	111,4	75,7	67,7	70,8	90,9	77,4	69,8	70,6	80,0	83,0
Teor de umidade (%)	29,6	29,7	31,2	30,5	33,8	33,2	35,7	36,1	37,3	37,6
Umidade média (%)	29,7		30,8		33,5		35,9		37,4	
Massa esp. ap. seca (g/cm³)	1,349		1,373		1,391		1,366		1,336	
Massa Específica Aparente Seca Máxima (g/cm³):					1,390			Umidade ótima (%): 33,24		

Curva de Compactação

O gráfico apresenta a curva de compactação com os seguintes dados extraídos da tabela:

Teor de umidade (%)	Massa específica aparente seca (g/cm³)
29,6	1,349
29,7	1,373
31,2	1,391
33,2	1,366
37,6	1,336

Figura D1 – Exemplo de planilha de ensaio

Anexo E (informativo) – Bibliografia

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7182:2016 – Solo – Ensaio de compactação.
- b) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – ME 162/94: Solos – Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas.
- c) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 134/2018 – ME: Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.
- d) _____. DNIT 141/2022 – ES: Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço.
- e) _____. DNIT 164/2013 – ME: Solos Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio.
- f) _____. DNIT 179/2018 – IE: Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio.
- g) _____. DNIT 181/2018 – ME: Pavimentação – Material Estabilizado Quimicamente – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.
- h) LIMA, C. D. A. Avaliação da deformação permanente de materiais de pavimentação a partir de ensaios triaxiais de cargas repetidas. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, 2020.
- i) LIMA, C. D. A. Estudo da deformação permanente de duas britas graduadas para uso em camadas de pavimentos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, 2016.
- j) ZUCCHI, F. L.; PASCOAL, P. T.; SANTOS, T. A.; MENDES, T. C.; BARONI, M.; PINHEIRO, R. J. B. Análise comparativa entre as metodologias de compactação da ABNT (2016) e REDE (2010) para solo argiloso e arenoso do estado do Rio Grande do Sul. 33º ANPET. Balneário Camboriú-SC, 2019.

Índice geral

Abstract.....	1	Massa específica aparente seca máxima	3.4.....3
Amostragem	5.....3	Massa específica aparente seca	8.2.....6
Anexo A (Normativo) - Energias de compactação.....	7	Massa específica aparente seca (MEAS)	3.3.....2
Anexo B (Normativo) - Geometria dos moldes	8	Objetivo	1.....2
Anexo C (Informativo) – Procedimentos do ensaio de compactação em molde tripartido.....	9	Prefácio	2
Anexo D – Exemplo de relatório do ensaio de compactação em molde tripartido.....	10	Preparação das amostras	6.....4
Anexo E (informativo) - Bibliografia	11	Referências normativas.....	2.....2
Aparelhagem	4.....3	Resultados	9.....6
Cálculos	8.....6	Resumo	1
Compactação.....	3.1...7.1.....2, 5	Sumário	1
Curva de compactação	3.2.....2	Teor de umidade	3.5...8.1.....3, 6
Determinação da umidade.....	7.2.....6	Termos e definições	3.....2
Execução do ensaio	7.....5	Umidade higroscópica.....	3.6.....3
		Umidade ótima	3.7.....3