

LAUDO DE ENSAIOS DE SOLOS

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

CÓDIGO 170725-1

Contratante: **MUNICÍPIO DE SANTA TEREZINHA DE ITAIPU**
Obra: **TERMINAL DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE SANTA TEREZINHA DE ITAIPU**

Julho/2025

MAPA DE COLETA DA AMOSTRA



PROCEDIMENTOS DO ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Para realização de todos procedimentos dos ensaios seguiu-se as normas, ABNT NBR 7182/2020 Solo – Ensaio de compactação e ABNT NBR 6457/2016 Amostra de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

O ensaio de compactação de solos consiste em determinar a umidade ótima e a densidade máxima de compactação de um solo. Inicialmente, a amostra do solo é preparada e dividida em porções. Cada porção é misturada com diferentes teores de umidade, para avaliar o efeito da umidade na compactação. O solo é então colocado em um molde cilíndrico, e o martelo de compactação é utilizado para compactá-lo em camadas, sendo o número de golpes do martelo controlado. Para o ensaio Proctor Normal, utiliza-se um martelo de 2,5 kg com uma altura de queda de 30 cm.

Após a compactação, o solo é pesado para determinar sua massa e, a seguir, é feita a medição da umidade da amostra, que é determinada pela diferença de peso antes e depois da secagem. O procedimento é repetido para diferentes teores de umidade, gerando várias amostras compactadas. Com esses dados, é possível traçar uma curva de compactação, que relaciona a densidade seca com a umidade. A partir dessa curva, a umidade ótima e a densidade máxima são determinadas, sendo esses parâmetros essenciais para o controle da compactação do solo em obras de engenharia.

AMOSTRA

01

ENSAIO: COMPACTAÇÃO COM ENERGIA NORMAL - PROCTOR - NBR7182/2020 E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - CBR - NBR 6547/2016

AMOSTRA:	CONTRATANTE:	MUNICÍPIO DE SANTA TEREZINHA DE ITAIPU
01	LOCAL DA OBRA:	SANTA TEREZINHA DE ITAIPU
	DATA DA COLETA:	15/07/2025
CÓDIGO:	DATA DO ENSAIO:	16/07/2025
	PROFUNDIDADE:	0,6
	TIPO SOLO:	ARGILA
	ANALISTA:	ANDREI BATTISTI
170725-1		

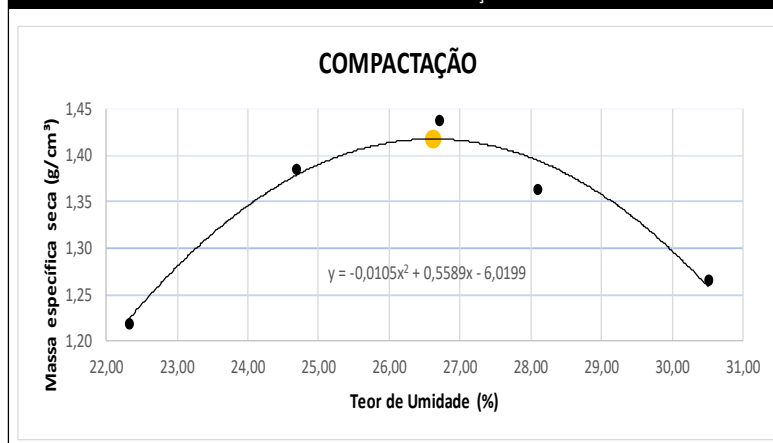
ITEM	UNIDADE DE MEDIDA	SÍMBOLO / FÓRMULA	ENERGIA NORMAL - 12 GOLPES - 5 CAMADAS				
MOLDE	Un.	N°	1	1	1	1	1
VOLUME DO MOLDE	cm ³	VM	1001,10	1001,10	1001,10	1001,10	1001,10
P. MOLDE	g	PM	2258,30	2258,30	2258,30	2258,30	2258,30
ÁGUA ADICIONADA	mL		0	41	81	119	159
P. SOLO ÚMIDO+ MOLDE	g	PSM	3750,80	3987,20	4081,10	4007,40	3913,00
P. SOLO ÚMIDO	g	PSU	1492,50	1728,90	1822,80	1749,10	1654,70
MASSA ESPECÍFICA APARENTE ÚMIDA	g/cm ³	$\rho_u = PSU/VM$	1,491	1,727	1,821	1,747	1,653

DETERMINAÇÃO DA ÚMIDADE HIGROSCÓPICA

CÁPSULA N°	PESO DA CAPSULA	CÁP. + SOLO ÚMIDO	CÁP. + SOLO SECO	PESO DA ÁGUA	PESO SOLO SECO	ÚMIDADE HIGROSCÓPICA
68	23,41	84,72	72,85	11,87	49,44	24,01
69	22,75	83,33	71,59	11,74	48,84	24,04

ITEM	UNIDADE DE MEDIDA	SÍMBOLO / FÓRMULA	ENERGIA NORMAL - 12 GOLPES - 5 CAMADAS									
CÁPSULA	Un.	N°	47	24	43	54	27	42	10	11	17	40
PESO DA CÁPSULA	g	PC	9,73	9,53	9,48	11,15	10,79	9,62	10,56	10,88	10,40	10,19
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	g	CSU	29,15	29,46	26,97	29,12	26,01	27,86	28,23	28,73	30,71	29,87
CÁPSULA + SOLO SECO	g	CSS	25,57	25,86	23,53	25,54	22,80	24,02	24,36	24,81	25,98	25,25
PESO DA ÁGUA	g	PA=CSU-CSS	3,58	3,60	3,44	3,58	3,21	3,84	3,87	3,92	4,73	4,62
PESO SOLO SECO	g	PSS=CSS-MC	15,84	16,33	14,05	14,39	12,01	14,40	13,80	13,93	15,58	15,06
TEOR DE ÚMIDADE	%	W= PA/PSS	22,60	22,05	24,48	24,88	26,73	26,67	28,04	28,14	30,36	30,68
TEOR DE ÚMIDADE ADOTADO	%	W	22,32		24,68		26,70		28,09		30,52	
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA	g/cm ³	$\rho_s = \rho_u / (1+W)$	1,219		1,385		1,437		1,364		1,266	

GRÁFICO DE COMPACTAÇÃO



RESULTADOS

AMOSTRA	01
TIPO DE SOLO	ARGILA
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA (g/cm ³)	1,417
UMIDADE ÓTIMA (%)	26,614

EXPANSÃO												
OBSERVAÇÕES	MOLDE Nº		8		15		19					
	HORARIO DA LEITURA	DATA	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
					0,70	0,80	0,35	0,40	0,26	0,30		
					0,71	0,81	0,35	0,40	0,28	0,32		
					0,72	0,82	0,36	0,41	0,28	0,32		
					0,72	0,82	0,37	0,42	0,28	0,32		
	ALTURA DO MOLDE (mm)		h		h	114,10	h	113,80	h	113,80		
	EXPANSÃO		EXP. (%)		EXP. (%)	0,72	EXP. (%)	0,37	EXP. (%)	0,28	EXP. (%)	
	$E(\%) = (L_{final} - L_{inicial}) / h$											
	TEOR DE ÚMIDADE		W(%)		W(%)	24,68	W(%)	26,70	W(%)	28,09	W(%)	

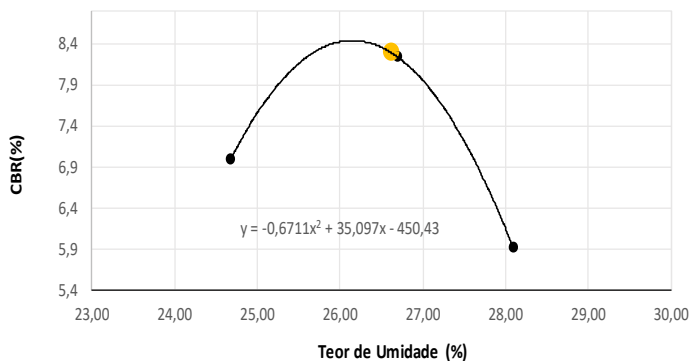
PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA												
OBSERVAÇÕES	MOLDE Nº		8		15		19					
	TEMPO (Min)	PENETRAÇÃO (mm)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)
DADOS DO ANEL	0,5	0,63			15	1,64	22	2,41	10	1,09		
CONSTANTE	1,0	1,27			25	2,73	35	3,83	15	1,64		
2112,3345	1,5	1,90			35	3,83	45	4,92	20	2,19		
	2,0	2,54			45	4,92	53	5,79	38	4,15		
	3,0	3,81			55	6,01	68	7,43	40	4,37		
	4,0	5,08			70	7,65	78	8,53	45	4,92		
	6,0	7,62			80	8,75	90	9,84	50	5,47		
	8,0	10,16			90	9,84	100	10,93	70	7,65		
	10,0	12,70			100	10,93	120	13,12	80	8,75		
	CORREÇÃO DA PRESSÃO PARA 0,1' (2,54 mm) (PADRÃO = 70,31 kg/cm²)		P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)
					4,9	7,0	5,8	8,2	4,2	5,9		
	CORREÇÃO DA PRESSÃO PARA 0,2' (5,08 mm) (PADRÃO = 105,46 kg/cm²)		P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)
					7,7	7,3	8,5	8,1	4,9	4,7		

FÓRMULAS: CBR 0,1' (%) = P. CORRIGIDA / 70,31 CBR 0,2' (%) = P. CORRIGIDA / 105,46

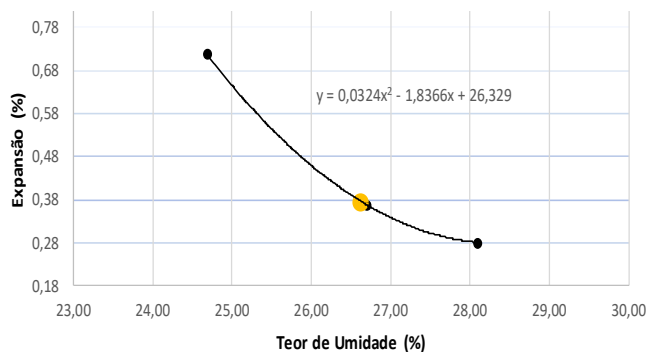
GRÁFICO DE CBR

GRÁFICO DE EXPANSÃO

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA



EXPANSÃO



RESULTADO

AMOSTRA	01
TIPO DE SOLO	ARGILA
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA (g/cm³)	1,417
UMIDADE ÓTIMA (%)	26,61
EXPANSÃO (%)	0,38
CBR (%)	8,30

AMOSTRA

02

ENSAIO: COMPACTAÇÃO COM ENERGIA NORMAL - PROCTOR - NBR7182/2020 E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - CBR - NBR 6547/2016

AMOSTRA:	CONTRATANTE:	MUNICÍPIO DE SANTA TEREZINHA DE ITAIPU
02	LOCAL DA OBRA:	SANTA TEREZINHA DE ITAIPU
	DATA DA COLETA:	15/07/2025
CÓDIGO:	DATA DO ENSAIO:	16/07/2025
	PROFUNDIDADE:	0,6
	TIPO SOLO:	ARGILA
	ANALISTA:	ANDREI BATTISTI
170725-1		

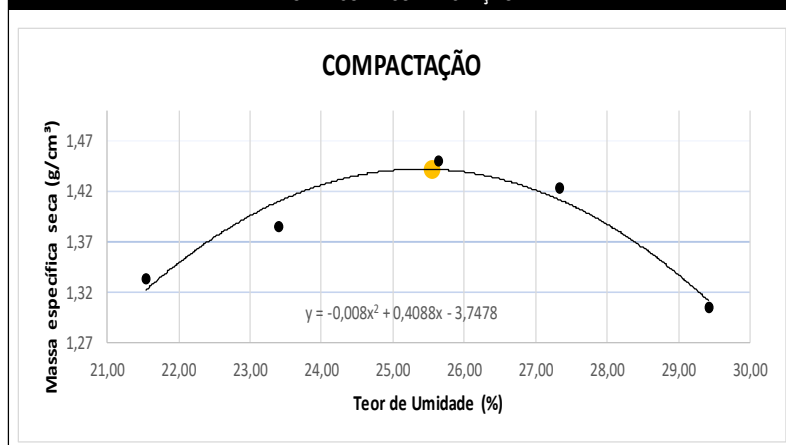
ITEM	UNIDADE DE MEDIDA	SÍMBOLO / FÓRMULA	ENERGIA NORMAL - 12 GOLPES - 5 CAMADAS				
MOLDE	Un.	N°	1	1	1	1	1
VOLUME DO MOLDE	cm ³	VM	1001,10	1001,10	1001,10	1001,10	1001,10
P. MOLDE	g	PM	2258,30	2258,30	2258,30	2258,30	2258,30
ÁGUA ADICIONADA	mL		107	147	186	224	261
P. SOLO ÚMIDO+ MOLDE	g	PSM	3881,30	3970,20	4082,00	4073,30	3948,60
P. SOLO ÚMIDO	g	PSU	1623,00	1711,90	1823,70	1815,00	1690,30
MASSA ESPECÍFICA APARENTE ÚMIDA	g/cm ³	$\rho_u = PSU/VM$	1,621	1,710	1,822	1,813	1,688

DETERMINAÇÃO DA ÚMIDADE HIGROSCÓPICA

CÁPSULA N°	PESO DA CAPSULA	CÁP. + SOLO ÚMIDO	CÁP. + SOLO SECO	PESO DA ÁGUA	PESO SOLO SECO	ÚMIDADE HIGROSCÓPICA
64	23,88	92,46	81,78	10,68	57,90	18,45
65	22,80	85,04	75,54	9,50	52,74	18,01

ITEM	UNIDADE DE MEDIDA	SÍMBOLO / FÓRMULA	ENERGIA NORMAL - 12 GOLPES - 5 CAMADAS									
CÁPSULA	Un.	N°	7	14	30	5	13	28	12	53	4	50
PESO DA CÁPSULA	g	PC	10,04	10,10	10,16	10,20	9,99	11,08	9,42	10,42	9,69	9,92
CÁPSULA + SOLO ÚMIDO	g	CSU	28,61	27,76	23,02	27,14	26,47	27,24	25,49	28,13	28,76	27,51
CÁPSULA + SOLO SECO	g	CSS	25,33	24,62	20,58	23,93	23,10	23,95	22,05	24,32	24,46	23,48
PESO DA ÁGUA	g	PA=CSU-CSS	3,28	3,14	2,44	3,21	3,37	3,29	3,44	3,81	4,30	4,03
PESO SOLO SECO	g	PSS=CSS-MC	15,29	14,52	10,42	13,73	13,11	12,87	12,63	13,90	14,77	13,56
TEOR DE ÚMIDADE	%	W= PA/PSS	21,45	21,63	23,42	23,38	25,71	25,56	27,24	27,41	29,11	29,72
TEOR DE ÚMIDADE ADOTADO	%	W	21,54	23,40	23,40	23,40	25,63	25,63	27,32	27,32	29,42	29,42
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA	g/cm ³	$\rho_s = \rho_u / (1+W)$	1,334	1,386	1,386	1,386	1,450	1,450	1,424	1,424	1,305	1,305

GRÁFICO DE COMPACTAÇÃO



RESULTADOS

AMOSTRA	02
TIPO DE SOLO	ARGILA
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA (g/cm ³)	1,442
UMIDADE ÓTIMA (%)	25,550

EXPANSÃO												
OBSERVAÇÕES	MOLDE Nº				3		16		5			
	HORARIO DA LEITURA	DATA	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)	EXP. (%)	LEITURA (mm)
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
					0,53	0,60	0,26	0,30	0,18	0,20		
					0,54	0,62	0,27	0,31	0,18	0,20		
					0,55	0,63	0,27	0,31	0,18	0,21		
					0,56	0,64	0,28	0,32	0,18	0,21		
	ALTURA DO MOLDE (mm)		h		h	113,90	h	113,80	h	113,90		
	EXPANSÃO		EXP. (%)		EXP. (%)	0,56	EXP. (%)	0,28	EXP. (%)	0,18	EXP. (%)	
	$E(%) = (L_{final} - L_{inicial}) / h$											
	TEOR DE ÚMIDADE		W(%)		W(%)	23,40	W(%)	25,63	W(%)	27,32	W(%)	

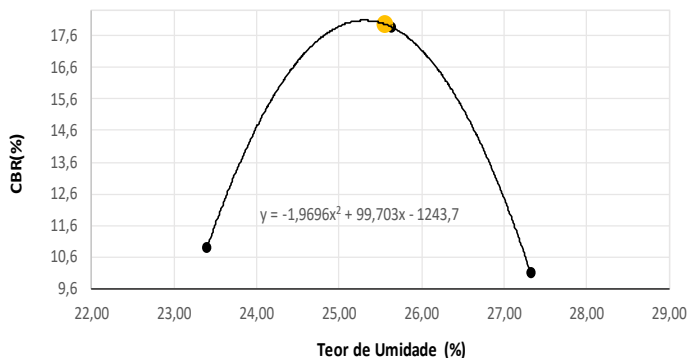
PENETRAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA												
OBSERVAÇÕES	MOLDE Nº				1		16		9			
	TEMPO (Min)	PENETRAÇÃO (mm)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)	LEITURA (0,001mm)	PRESSÃO (kgf/cm²)
DADOS DO ANEL	0,5	0,63			40	4,37	58	6,34	35	3,83		
CONSTANTE	1,0	1,27			50	5,47	85	9,29	45	4,92		
2112,3345	1,5	1,90			60	6,56	100	10,93	55	6,01		
	2,0	2,54			70	7,65	115	12,57	65	7,11		
	3,0	3,81			80	8,75	134	14,65	80	8,75		
	4,0	5,08			90	9,84	147	16,07	92	10,06		
	6,0	7,62			110	12,03	166	18,15	106	11,59		
	8,0	10,16			120	13,12	180	19,68	114	12,46		
	10,0	12,70			140	15,31	200	21,86	125	13,67		
	CORREÇÃO DA PRESSÃO PARA 0,1' (2,54 mm) (PADRÃO = 70,31 kg/cm²)		P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)
					7,7	10,9	12,6	17,9	7,1	10,1		
	CORREÇÃO DA PRESSÃO PARA 0,2' (5,08 mm) (PADRÃO = 105,46 kg/cm²)		P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)	P. COR.	CBR (%)
					9,8	9,3	16,1	15,2	10,1	9,5		

FÓRMULAS: CBR 0,1' (%) = P. CORRIGIDA / 70,31 CBR 0,2' (%) = P. CORRIGIDA / 105,46

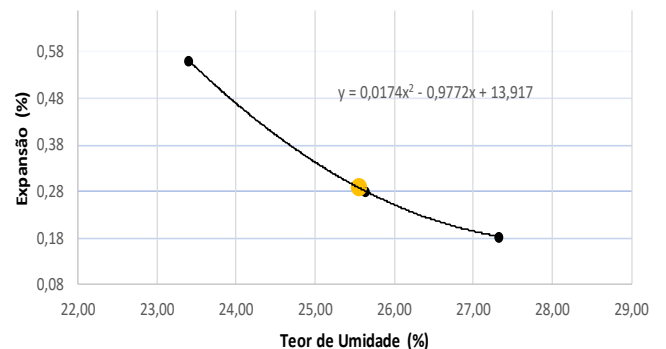
GRÁFICO DE CBR

GRÁFICO DE EXPANSÃO

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA



EXPANSÃO



RESULTADO

AMOSTRA	02
TIPO DE SOLO	ARGILA
MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA MÁXIMA (g/cm³)	1,442
UMIDADE ÓTIMA (%)	25,55
EXPANSÃO (%)	0,29
CBR (%)	17,95

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados dos ensaios servem de parâmetro para a execução de projeto de pavimentação e são apresentados em resumo na tabela abaixo.

Amostra	Tipo de Solo	Densidade Aparente Seca Máxima (g/cm ³)	Umidade Ótima (%)	L. S. C.	EXPANSÃO
01	ARGILA	1,417	26,21	8,30	0,38
02	ARGILA	1,442	25,55	17,95	0,29

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Declaro para os devidos fins de direitos e obrigações, que as informações fornecidas neste documento são verdadeiras e de responsabilidade dos seguintes profissionais, registrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná – CREA-PR.

Foz do Iguaçu, 17 de julho de 2025.

Eng. Breno de Melo Lavinicki
CREA-PR 193850/D

Terrano Engenharia Ltda
CNPJ: 40.546.187/0001-48