FATEC-SP

TRANSPORTES E OBRAS DE TERRA

Movimento de Terra e Pavimentação

FOLHAS DE ENSAIOS E QUESTIONÁRIOS PREPARATÓRIOS PARA AS PROVAS DA DISCIPLINA

MECÂNICA DOS SOLOS

Prof. Dr. Edson de Moura

1º semestre / 2024

Questionário 1 – AULA 1 - OS SOLOS SOB O PONTO DE VISTA DA ENGENHARIA CIVIL E HISTÓRIA DA MECÂNICA DOS SOLOS

1. O que é alteração de rocha?
2. Como se dá o fenômeno de alteração?
3. Que tipo de solo pode-se esperar da alteração da rocha de basalto?
4. Descreva o processo de alteração do granito?
5. Por que se utiliza a denominação de solo residual?
6. Qual a definição de solo para fins rodoviários?
7. Por que o intemperismo nos trópicos foi mais acentuado?
8. A rocha de arenito após o processo de alteração resulta em que tipo de solo, porquê?
9. O que caracteriza um solo transportado?
10. O que são solos sedimentares?
11. Defina evolução pedológica.
12. O que são loess?
13. Quais as principais diferenças entre solos orgânicos e a turfa?
14. O que são rochas ígneas ou magmáticas?
15. O que são rochas sedimentares?
16. O que são rochas metamórficas?
17. Qual a importância dos materiais dos horizontes O e A para obras civis

Questionário 2 - AULA 2 - PREPARO DE AMOSTRAS DE SOLOS PARA ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

1) O que significa um solo estar com o teor de umidade correspondente a umidade higroscópica?
2) Por que se devem destorroar os grumos de solos com auxílio de uma mão de gral revestida com borracha?

Exercícios 1 - Determinar os teores de umidade, as massas secas e úmidas e as respectivas massas específicas aparentes secas e úmidas, conforme dados apresentados na tabela abaixo. Utilizar às umidades correspondentes as letras para os cálculos. (preencher todos os campos em aberto):

Determinação do teor de umidade (w) (%)										
Amostra	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tara	26,25	30,91		18,45	24,55		28,72	27,87	32,04	28,85
Tara + Pu	79,45	90,63	77,63	79,81	81,02	95,54	98,91		107	
Tara + Ps	70,31	80,56		71,68			88,71		107,25	80,20
Ps			40,88		44,68			69,87		
Pw			7,74			10,05				
w(%)								15,1	13,4	

Determinação das massas secas (Ps) ou úmidas (Pu) com base nas umidades correspondentes acima										
Amostra	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Pu (g)	1695,6		1250,5		3695,2	2025,9		7896,5	799,5	2153,0
Ps (g)		1852,0		1963,5	3155,0	1727,0	785,6			1872,2

Determinação das massas específicas (γs) ou úmidas (γu) com base nas umidades correspondentes acima										
Amostra	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
γu (g/cm³)	1,89				1,65	1,84	1,72			1,82
γs (g/cm³)		1,78	1,92	1,989				1,59	1,69	

Exercício 4

O teor de umidade de uma amostra de solo saturado é 45%, a massa específica dos sólidos γd = 2,90 g/cm³.Calcular o índice de vazios (e), porosidade (n) e a massa específica aparente seca da amostra (γs). Adotar um Pu da amostra.

Exercício 5

Uma amostra de solo que não está completamente saturada, tem Pu de 53,4 g e um volume de 36,5 cm³, depois de seca em estufa o peso da amostra reduziu para 42,7 g. O γd = 2,69 g/cm³. Calcular o grau de saturação (S), massa específica aparente seca (γs) e úmida (γu) da amostra.

Exercício 6

Um recipiente contém 2 m^3 de areia, o γ_d = 2,68 t/m^3 e Ps = 3.324,0 kg. Calcular a quantidade de água requerida para saturar a areia do recipiente.

Exercício 7

Uma amostra cilíndrica de solo tem 5,0 cm de diâmetro e 10 cm de altura. A massa da amostra em Pu = 316,0 g. Após secagem em estufa apresentou Ps = 298,0 g e não sofreu redução em seu volume. O γ_d = 2,75 g/cm^3. Pede-se: e, n, S, w, γs.

Exercício 8

Três porções de mesma amostra, identificadas como A B e C apresentam as informações:

Amostra A	Pu = 736,5 g	w = 13,7%
Amostra B	Pu = 467,3 g	w = 9,4%
Amostra C	Pu = 1080 g	w = 7,2%

As três amostras foram misturadas em uma única embalagem. Qual o teor de umidade resultante?

Exercício 9

Um bloco de amostra de solo indeformada, após ter sido extraído em campo, foi envelopado hermeticamente com tecido e parafina, de forma a não perder umidade. O bloco tem Pu = 19.567 g e w = 11,6%. No manuseio desse bloco no laboratório, indevidamente, ocorreu uma abertura no invólucro o que ocasionou uma perda de umidade. O bloco apresentou Pu = 18,984 g após a perda de umidade. Qual o teor de umidade final do bloco da amostra de solo?

Exercício 10

No preparo de uma amostra úmida de solo o laboratorista adicionou quantidade de água a mais. O Ps = 800 g e a umidade desejada w = 12,0%. Após a determinação do teor de umidade, a amostra apresentou teor de umidade de 14,3%. Qual a massa de água que o laboratorista adicionou a mais?

Exercício 11

Uma massa de solo úmido tem Pu = 5.500 g e w = 1,6%. Deseja-se adicionar água suficiente para que o teor de umidade seja w = 13,7%. Qual a massa de água a ser adicionada?

Exercício 12

Um corpo de prova de solo com Pu = 1.720 g, w = 9,8% e γ_d = 2,76 g/cm^3 está sendo compactado em um molde cilíndrico com diâmetro = 100 mm.

O corpo de prova num determinado estágio da compactação denominado de estágio A, apresentou altura de 135 mm. Após sofrer uma nova compactação, denominado de estágio B, apresentou altura de 110 mm. Pede-se: γs, γu, e, n, S para ambos os dois estágios.

Exercício 13

Qual a massa específica dos grãos de uma amostra de solo sabendo-se que: Ps = 89,67 g, Pic+água+Ps = 1321,65 g e Pic+água = 1264,77 g

Exercício 14

Na determinação da massa específica dos grãos de um determinado solo, o resultado foi γd = 2,68 g/cm3. Ocorre que o laboratorista não preencheu o campo com o Ps da amostra. Sabe-se que Pic+água+Ps = 1347,46 g e Pic+água = 1290,00 g.

Exercício 15

Uma massa de solo saturada tem Pu = 45 g e w = 45%. Para que essa massa de solo atinja S =50%, qual a massa de água que deve ser removida?

Exercício 16

De um corte foram removidos 180.000 m^3 de solo, com um índice de vazios de 1,22. Quantos m^3 de aterro compactado com e = 0,76 poderão ser construídos?

Exercício 17

Qual o volume de uma amostra de solo de Ps = 480 kg, γd = 2,74 g/cm^3, w = 13,6% e S = 48%?

Exercício 18

Um grande volume de solo deve ser transportado. O volume no local de origem é de 278.000 m^3 e esse material apresenta massa específica aparente natural (γn) de 1,21 g/cm^3 e γd de 2,69 g/cm^3 e apresenta umidade de 5%. Sabendo-se que após o transporte, o solo estará na condição de e = 0,78. Qual o volume que o solo irá ocupar após o transporte.

Exercício 19

Durante o processo de compactação de um corpo de prova de solo em um cilindro de 4" de diâmetro, Pu = 1980 g, teor de umidade de 12% e γd = 2,71 g/cm^3 em um determinado estágio da compactação o corpo de prova apresentou altura de 15 cm. Em qual altura o corpo de prova apresentou o valor de e = 1,32?

Exercício 20

Uma porção de solo de Pu (inicial) = 3567 g, após ser exporta ao sol, atingiu o valor de Pu (pós-sol) = 3347 g e essa amostra nessa segunda condição foi determinado o teor de umidade de 8,9%. Qual o teor de umidade para a condição de Pu (inicial) e qual a massa de água que evaporou da amostra quando ao sol?

Exercício 21

Uma caixa com 2,7 m^3 com amostra de solo totalmente preenchida, Dados: Ps = 5,5 t, γd = 2,75 g/cm^3. Qual a massa de água necessária para saturar a amostra e qual o teor de umidade da amostra?

Exercício 22

No preparo de umedecimento de uma mistura de solo o laboratorista errou e adicionou 25% a mais da água requerida. Para corrigir o teor de umidade qual a massa de solo a ser adicionada à mistura?

Exercício 23

Em um tubo de sondagem, foi tirada uma amostra indeformada com volume de 1.876 cm^3, o Pu do corpo de prova foi de 2.565 g e o teor de umidade de 18%. Para a determinação da massa específica dos grãos, tem-se (Pic + água + Ps) = 1409,5 g, (Pic + água) = 1290,00 g e Ps = 189,50 g. Determinar: γu, γs, e, n, S.

Exercício 24

O teor de umidade de uma amostra de solo saturada é de 31%, sabendo-se que o γd = 2,74 g/cm^3, pede-se para determinar o índice de vazios (e), porosidade (n) e a massa específica aparente seca da amostra (γs). Adotar um Pu da amostra.

Exercício 25

Uma massa de solo perdeu 47g de água devido a exposição ao ar e após perder essa quantidade de água apresentou Pu = 378 g e 18% de umidade. Qual o teor de umidade antes da perda d'água?

Exercício 26

Um solo tem Pu = 300g, w = 10% e γd = 2,70 g/cm^3, V = 200 cm^3. Quanto de água deve ser adicionado a amostra para que a saturação atinja 80%?

Exercício 27

Um corpo de prova cilíndrico, de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura tem Pu de 310 g e w = 5%, com γd= 2,67 g/cm^3, pede: γu, γs, e, S, n. Se esse corpo de prova sofre uma redução de 15% na sua altura (passando para 8,5 cm), sem perda de material sólido. Qual a saturação da amostra nessa condição?

Exercício 28

Uma caixa de 2 m^3 de volume contém uma amostra de areia que ocupa todo o seu volume. O γd = 2,67 g/cm^3 e teor de umidade dessa areia é de 12,5%. O Vs dessa areia ocupa 60% do volume da caixa. Pergunta-se qual a saturação dessa areia e qual a massa de água necessária para saturação da areia?

Exercício 29

Na execução de um perfil de sondagem com amostrador tipo *Shelby*, foi possível obter, para um determinado tipo de solo, uma amostra indeformada. Dados: Pu 1680 g, Volume da amostra = 1225 cm^3, teor de umidade = 14,8% e γd = 2,65 g/cm^3. Pede-se: γs, γu, e, S, n.

Exercício 30

Numa operação de laboratório foi somada três porções do mesmo solo em uma única embalagem. Sabe-se que: amostra A com Pu = 824,25 g e w = 14,8%, amostra B com Pu = 1069 g e w = 9,7% e amostra C com Ps = 900 g. Pergunta-se qual o teor de umidade resultante?

Exercício 31

Em uma obra de transporte de solo, as atividades de: escavação/carregamento e transporte são pagos com valores distintos da atividade de espalhamento e compactação. Foi transportado um volume de 458.000 m^3 e após o transporte, o solo apresentou o valor de e = 0,81 e γu = 1,39 g/cm^3 e w = 13%. Ocorre que o fiscal perdeu a planilha de controle e não se

sabe o volume de solo que o material apresentava antes de ser transportado. Sabe-se que o solo apresentava valor de e = 1,11. Qual é o volume desse solo antes de ser transportado? Sabendo-se que não ocorreu varrição no teor de umidade, qual a massa específica aparente seca desse solo antes do transporte?

Exercício 32

Uma massa de solo saturada tem Pu = 2456 g e w = 50%. Para que essa massa de solo atinja S =50%, qual a massa de água que deve ser removida?

Exercício 33

Um bloco de amostra de solo indeformada, após ter sido extraído em campo, foi envelopado hermeticamente com tecido e parafina, de forma a não perder umidade e apresentou w = 14,6%. No manuseio desse bloco no laboratório, indevidamente, ocorreu uma abertura no invólucro o que ocasionou uma perda de umidade. O bloco apresentou teor de umidade de 11,6% e Pu = 21.840 g após a perda de umidade. Qual o Pu inicial do bloco?

Gabarito

Ex. 4 - e = 1,30, n = 0,57 e γs = 1,26 g/cm³
Ex. 5 - S = 0,52, γs = 1,17 g/cm³ e γu =1,46 g/cm³
Ex. 6 - Volume de 0,76 m³
Ex. 7 - e = 0,82, n =0,45, S = 0,19, w = 5,8% e γs = 1,51 g/cm³
Ex. 8 – w = 9,7%
Ex. 9 – w = 8,3%
Ex. 10 – Pw = 18,4g
Ex. 11 = Pw = 655,02 g
Ex. 12 – Estágio A = γs = 1,47 g/cm³, γu = 1,61 g/cm³, e = 0,89, n = 0,47 e S = 0,31
Estágio B = γs = 1,81 g/cm³, γu = 1,99 g/cm³, e = 0,53, n = 0,35 e S = 0,52
Ex. 13 – γd = 2,73 g/cm³
Ex. 14 – Ps = 91,66 g
Ex. 15 – Pw = 7 g
Ex. 16 – V(aterro) = 142.703 m³
Ex. 17 – V = 311,18 m³ ou 311182 cm³
Ex. 18 – V = 211987 m³
Ex. 19 – altura = 18,74 cm
Ex. 20 – w = 16,1%, Pw = 220 g
Ex. 21 – 0,7 t, w = 12,7%
Ex. 22 – Acrescer 25 % de Ps a amostra
Ex. 23 - γu = 1,37 g/cm³, γs = 1,16 g/cm³, e = 1,34, n = 0,57 e S = 0,34
Ex. 24 – e = 0,85, n = 0,46 e γs = 1,48 g/cm³
Ex. 25 – w = 32,7%
Ex. 26 – Pw = 51,9g
Ex. 27 - γu = 1,58 g/cm³, γs = 1,51 g/cm³, e = 0,77, S = 17,3%, n = 43,6% e S (p/ 8,5 cm) = 26,3%
Ex. 28 – S = 50% e Pw para saturar = 0,4 t
Ex. 29 - γu = 1,37 g/cm³, γs = 1,19 g/cm³, e = 1,22, S = 0,32 e n = 0,55.
Ex. 30 – w = 7,7%

Ex. 31 – V(inicial) = 533911 m^3 e γs(inicial) = 1,06 g/cm^3
Ex. 32 – Pw = 409,33 g
Ex. 33 – Pu = 22.427 g

Questionário 3 - (respostas discursivas) - AULA 3 - ÍNDICES FÍSICOS

1. Como proceder para determinar o teor de umidade em solos com presença de matéria orgânica?
2. Para a determinação do teor de umidade em amostras de solos tem-se utilizado estufa com temperatura entre 105°C e 110°C, por quê?
3. Caso uma amostra de solo seja seca em uma fonte de calor de 300°C, que tipo de dano pode ocasionar ao solo?
4. Uma amostra úmida de solo pode ser seca em estufa com temperatura de 60°C?
5. Quais os tipos de água possíveis de serem encontradas no solo?
6. Quais os tipos de água passíveis de serem extraídas com a secagem em estufa com temperatura entre 105°C e 110°C?
7. Uma massa de solo úmida Pu = 100 g foi seca em estufa com temperatura entre 105°C e 110°C até constância de peso. Foi encontrada uma massa de água Pw = 10g. Porque o teor de umidade dessa amostra não é 10%?
8. Deduza o fator de conversão.
9. Se uma amostra de solo permanecer exposta ao ar em temperatura ambiente, ela irá secar até que teor de umidade? Por quê?

Questionário 4 – AULA 4 - ANÁLISE GRANULOMETRIA DE SOLOS

1) Qual o intuito da de se determinar a granulometria de um solo?
2) O que se pode esperar quanto a capacidade de suporte de um solo com presença pronunciada de material grosso?
3) Idem a questão 2, de um solo com presença pronunciada de fração argila?
4) Se for uma argila da família da caulinita somente o ensaio de granulometria é suficiente para uma expectativa quanto ao comportamento do solo?
5) Qual a função do defloculante no ensaio de sedimentação?
6) Como se deve expressar um resultado de ensaio de granulometria?
7) Ensaio exemplo: Traçar o gráfico da distribuição granulométrica referente ao ensaio abaixo (diâmetro ϕmm x % < ϕ), das três partes: peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação.
8) O que indica o coeficiente de uniformidade (Cu) de um solo?
9) O que indica o coeficiente de curvatura (Cc) de um solo?

FATEC-SP

GRANULOMETRIA

Interessado:			Local / Material :	Gnaisse	
ordem Nº	Amostra : 1		Profundidade (m):		data: 19/10/2022

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE			PENEIRAMENTO GROSSO (peso em gramas)	
Cápsula Nº	13	195	A) Amostra total úmida :	992,35
Pu + T g	118,09	102,75	B) Solo seco retido # 10 :	9,97
Ps + T g	117,40	102,17	C) solo úmido passado # 10 (a - b) :	982,38
Pw g	0,69	0,58	D) solo seco pen.. # 10 (A-B) / (1+h) :	974,07
Tara g	37,26	33,51	E) amostra total seca (b+d) :	984,04
Ps g	80,14	68,66	PEN. FINO E SEDIMENTAÇÃO (peso em gramas)	
Umidade %	0,86	0,84	Peso da amostra úmida: cps 3	78,29
w média %	0,85		peso da amostra seca:	77,63

DENSIDADE DOS GRÃOS

Picnômetro M	TEMP. º C:	23,4	Picnômetro M	TEMP. º C:	23,4
Solo úmido cps	g	72,56	Solo úmido cps	g	72,56
(A) solo seco	g	71,95	(A) solo seco	g	71,95
(B) Picnômetro + água	g	1219,50	(B) Picnômetro + água	g	1219,50
(A) + (B)	g	1291,45	(A) + (B)	g	1291,45
(C) Picnômetro+água+solo	g	1265,35	(C) Picnômetro+água+solo	g	1265,35
(A) + (B) - (C)	g	26,10	(A) + (B) - (C)	g	26,10
Massa esp. dos grãos	(g/cm³)	2,755	Massa esp. dos grãos	(g/cm³)	2,755

PENEIRAMENTO GROSSO 139

Peneira Nº	Diâmetros ϕ (mm)	Peso da amostra seca Retido	Passado	% < ϕ
	50	0	984,04	100,00
	38	0	984,04	100,00
	25	0	984,04	100,00
	19	0	984,04	100,00
	9,5	0	984,04	100,00
4	4,8	0	984,04	100,00
10	2	9,97	974,07	98,99

PENEIRAMENTO FINO 120

D ϕ(mm)	Peso da Amostra seca Retido	Passado	% < ϕ Parcial	% < ϕ
1,20	0,06	77,57	99,92	98,91
0,60	0,84	76,79	98,92	97,92
0,42	1,25	76,38	98,39	97,39
0,30	1,51	76,12	98,05	97,06
0,15	6,49	71,14	91,64	90,71
0,075	17,50	60,13	77,46	76,67

SEDIMENTAÇÃO 0

Temp. ºc	Intervalo de tempo	Hora	Leitura	Altura de queda	Correção (Δ L)	L.corrigida (Lc)	γ_a	Diâmetro dos grãos ϕ (mm)	Q % < ϕ
21,6	30 seg.	14:20:30	39,00	7,40	4,88	34,12	0,9979	0,0501	68,22
21,6	1 min.	14:21:00	37,50	7,75	4,88	32,62	0,9979	0,0362	65,22
21,6	2	14:22:00	35,00	8,40	4,88	30,12	0,9979	0,0267	60,22
21,5	4	14:24:00	33,00	7,80	4,90	28,10	0,9979	0,0182	56,18
21,3	8	14:28:00	30,50	8,50	4,94	25,56	0,998	0,0135	51,11
21,2	15	14:35:00	29,00	8,90	4,96	24,04	0,998	0,0101	48,07
21,0	30	14:50:00	26,50	9,55	5,00	21,50	0,998	0,0074	42,99
20,7	1 hora	15:20:00	24,00	10,20	5,06	18,94	0,9981	0,0054	37,87
20,0	2	16:20:00	22,00	10,70	5,02	16,98	0,9982	0,0040	33,95
19,8	4	18:20:00	19,00	11,50	5,24	13,76	0,9983	0,0029	27,52
19,5	7	20:20	17,00	12,00	5,30	11,70	0,9983	0,0023	23,40
19,3	24,27	14:36	11,50	13,50	5,34	6,16	0,9984	0,0013	12,32

viscosidade	tempo (s)
9,92E-06	30
9,92E-06	60
9,92E-06	120
9,92E-06	240
9,97E-06	480
9,97E-06	900
1,00E-05	1800
1,01E-05	3600
1,03E-05	7200
1,04E-05	14400
1,04E-05	25200
1,05E-05	87372

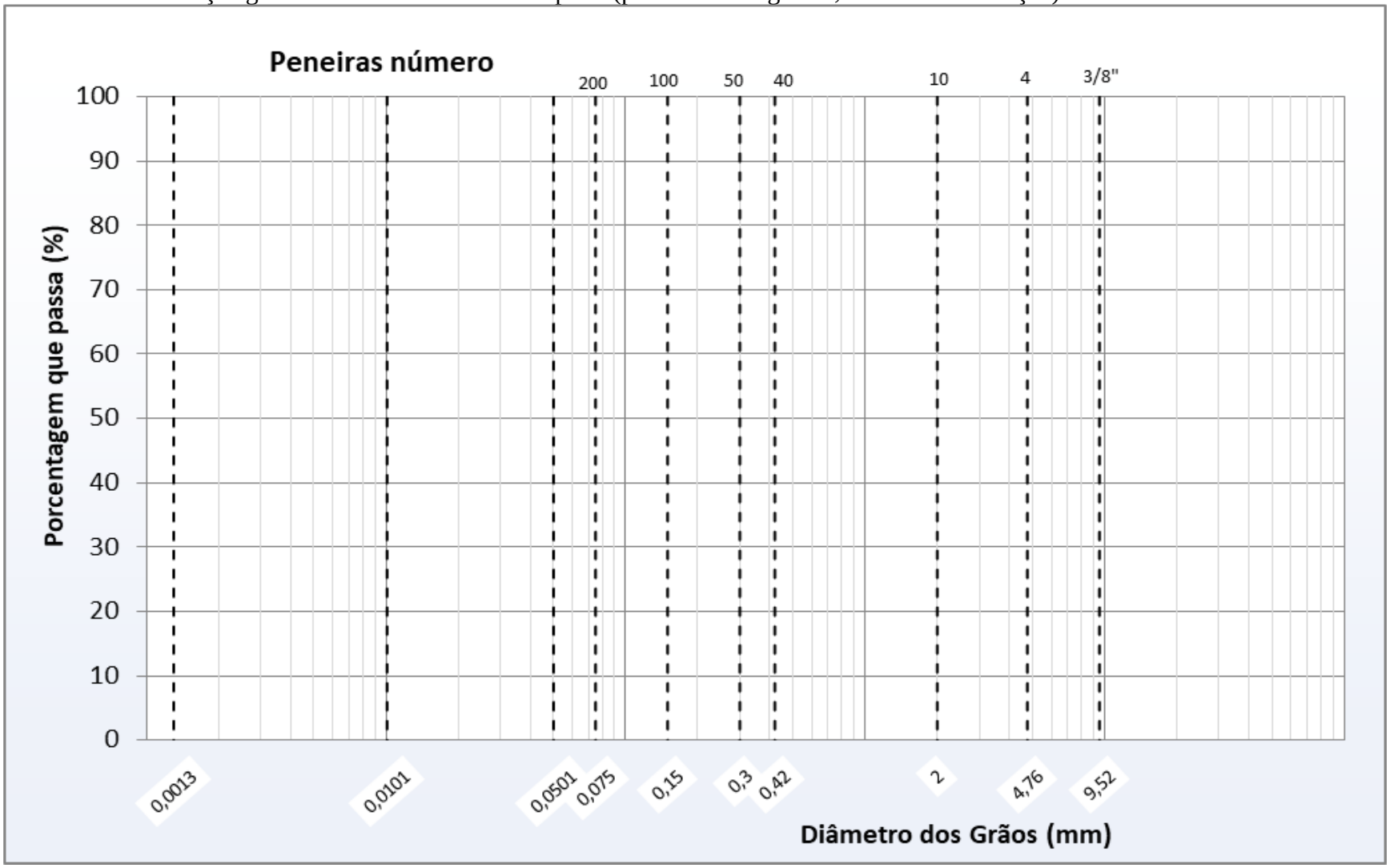
Densímetro Nº 78516	Correção do densímetro	M.esp.dos grãos (δ) = 2,755	% de mat. passado # 10 (a) = 98,99	Q = _ δ_ _a_ . Lc (δ–γ_a) Ps

Caracterização visual tátil :

Lc = (leitura - Correção)

Diâmetro dos grãos = Raiz de (1800*visc da água)

Gráfico da distribuição granulométrica do ensaio completo (peneiramento grosso, fino e sedimentação)



FATEC-SP

Folha de ensaio de granulometria – aula prática

FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

GRANULOMETRIA DE SOLOS

Interessado:		Local:	
Ordem n.	Amostra:	Profundidade:	Data:

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE			PENEIRAMENTO GROSSO (peso em gramas)	
Cápsula n.			(A) Amostra total úmida	
Pu + T g			(B) Solo seco retido # 10 :	
Ps + T g			(C) Solo úmido passaso # 10 (a - b) :	
Água g			(D) Solo seco # 10 (A-B) / (1+w) :	
Tara g			(E) Amostra total seca (b+d) :	
P. seco g			PEN. FINO E SEDIMENTAÇÃO (peso em gramas)	
Umidade %			Peso da amostra úmida (Pu):	
w (%) média			Peso da amostra seca (Ps)	

MASSA ESPECÍFICA DOS SÓLIDOS

Picnômetro	Temp °C:		Picnômetro	Temp °C:	
Solo úmido (Pu)	cps	g	Solo úmido (Pu)	cps	g
(A) Solo seco (Ps)		g	(A) Solo seco (Ps)		g
(B) Picnômetro + água		g	(B) Picnômetro + água		g
(A) + (B)		g	(A) + (B)		g
(C) Picnômetro + Água + Ps		g	(C) Picnômetro + Água + Ps		g
(A) + (B) - (C)		g	(A) + (B) - (C)		g
Massa epecífica dos sólidos (γd)		(g/cm³)	Massa epecífica dos sólidos (γd)		(g/cm³)

PENEIRAMENTO GROSSO

Peneira n.	Diâmetro ϕ (mm)	Peso da amostra seca Ret. Acum.	Peso da amostra seca Pass.Acum.	Q % < ϕ
2"	50			
1 1/2"	38			
1"	25			
3/4"	19			
3/8"	9,5			
4	4,8			
10	2			

PENEIRAMENTO FINO

Peneira n. / ϕ(mm)	Peso da amostra seca Ret. Acum.	Peso da amostra seca Pass.Acum.	% < ϕ Parcial	Q % < ϕ
16 / 1,19				
30 / 0,59				
40 / 0,42				
50 / 0,297				
100 / 0,149				
200 / 0,075				

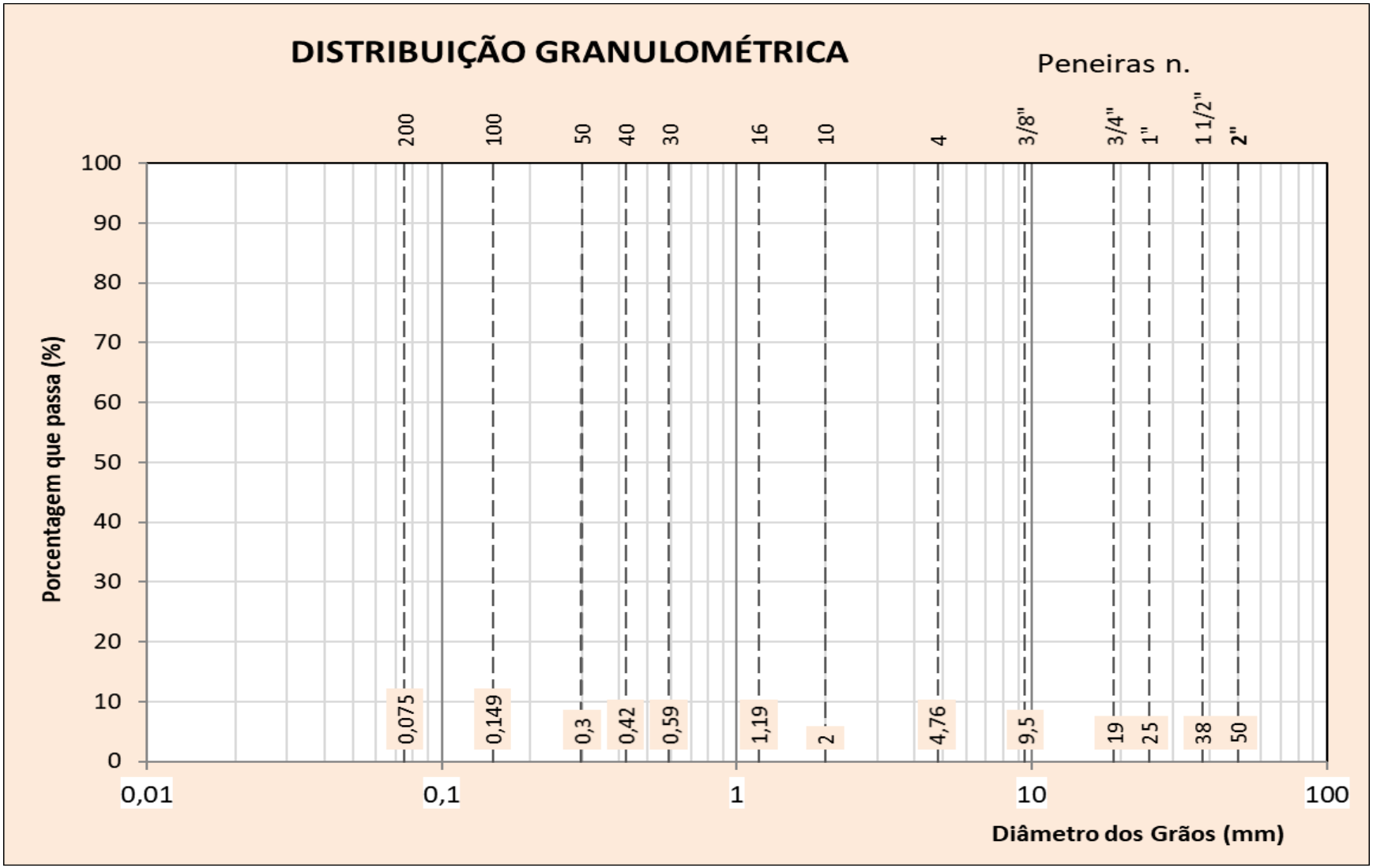
SEDIMENTAÇÃO

Temp. °C	Intervalo de leitura	Hora	Leitura	Altura de queda (a)	Correção (ΔL)	Leitura cor. (Lc)	γ_t	D. grãos ϕ (mm)	Q % < ϕ

Densímetro Nº	Correção do densímetro	Massa esp. dos grãos (γd) =	% de mat. < # n. 10 % =	$Q = \frac{\gamma_d}{\gamma_d - \gamma_t} * \frac{a}{P_s} * L_c$

Caractererização visual tátil:

D = diâmetro dos grãos = Raiz de (1800*visc da água) Lc = (leitura - Correção)


DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA
Peneiras n.
200
100
50
40
30
16
10
4
3/8"
3/4"
1"
1 1/2"
2"
Porcentagem que passa (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0,075
0,149
0,3
0,42
0,59
1,19
2
4,76
9,5
19
25
38
50
0,01
0,1
1
10
100
Diâmetro dos Grãos (mm)

FATEC-SP

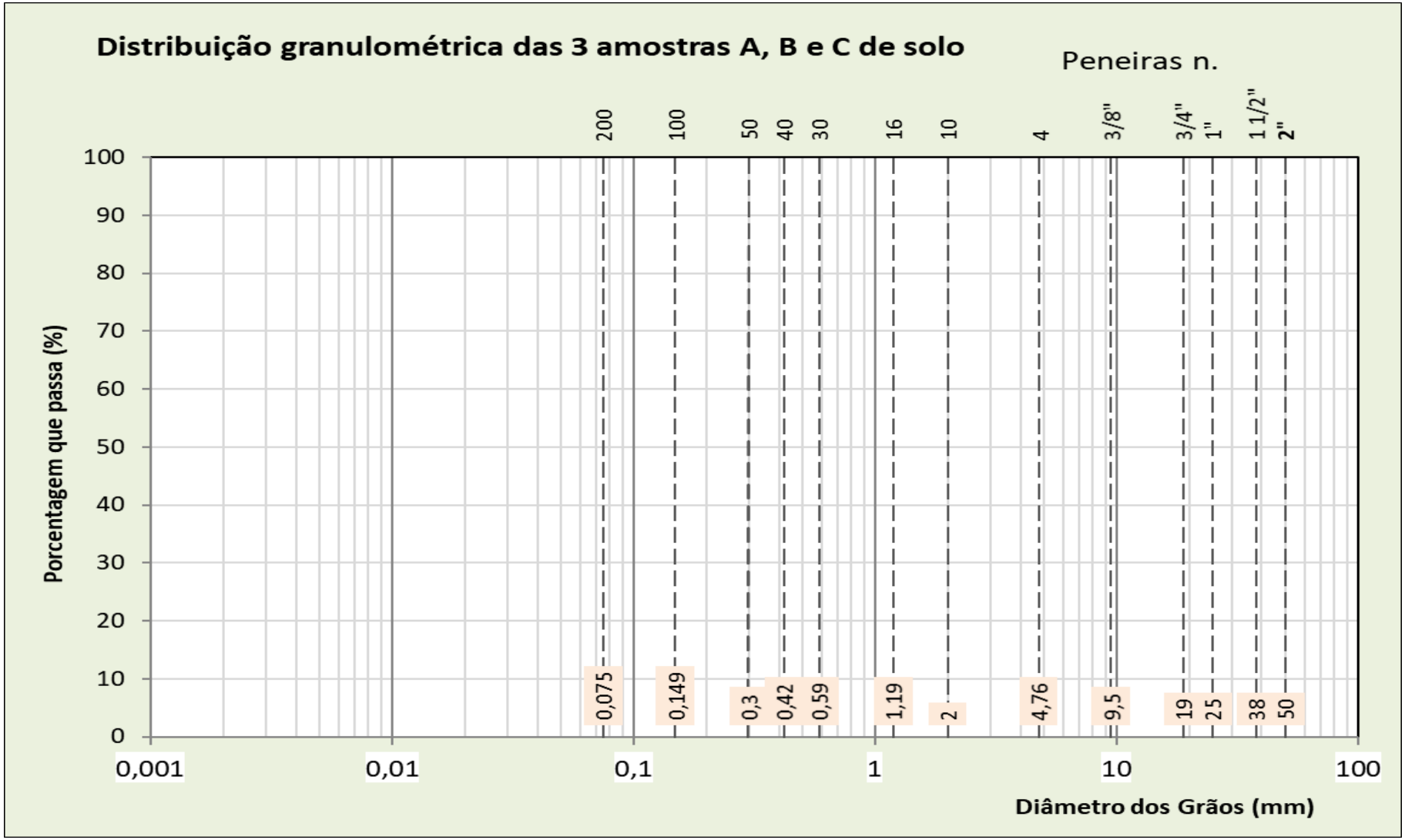
Exercício 1

Traçar as três distribuições granulométricas e determinar o Cu e Cc expressando a uniformidade e a graduação, respectivamente, de cada uma. Determine também as porcentagens das frações de pedregulho, areias grossa, médias e finas e as porcentagens de silte e de argila de cada material.

Peneiras	Solos		
(mm)	A	B	C
19,1	100	100	100
12,5	80	100	100
9,52	67	100	100
4,76	50	100	100
2	48	100	100
1,2	45	100	100
0,6	37	100	100
0,42	25	95	100
0,25	14	81	100
0,15	7	61	71
0,075	3	40	15
0,03	2,8	16	8
0,02	2,5	10	7
0,01	2,4	9	6
0,007	2,3	9	5

	D_{10}	D_{30}	D_{60}	Cc	Cu
A					
B					
C					

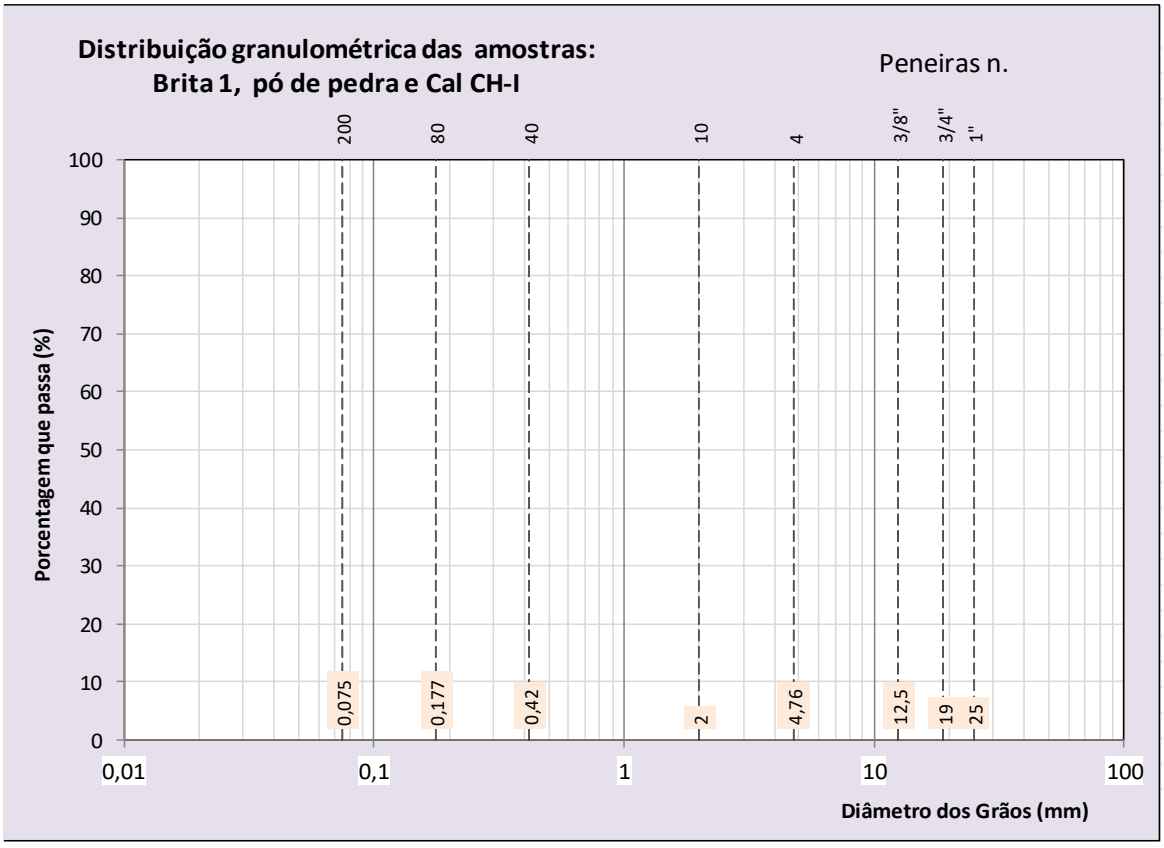
FATEC-SP


Distribuição granulométrica das 3 amostras A, B e C de solo
Peneiras n.
200
100
50
40
30
16
10
4
3/8"
3/4"
1"
1 1/2"
2"
Porcentagem que passa (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0,075
0,149
0,3
0,42
0,59
1,19
2
4,76
9,5
19
25
38
50
0,001
0,01
0,1
1
10
100
Diâmetro dos Grãos (mm)

Exercício 2 – Traçar as curvas granulométricas dos materiais: brita 1, pó de pedra e Cal CH-I

GRANULOMETRIA

Peneiras		Materiais								
		Brita 1			Pó de pedra			Cal CH-I		
n.	(mm)	Mat. Ret. Acumulado	Mat. Passa Acumulado	% que Passa	Mat. Ret. Acumulado	Mat. Passa Acumulado	% que Passa	Mat. Ret. Acumulado	Mat. Passa Acumulado	% que Passa
1"	25,4	0			0			0		
3/4"	19,1	0			0			0		
1/2"	12,5	666,3			0			0		
4	4,76	2732,4			89,12			0		
10	2	2875,6			423,61			0		
40	0,42	2927,7			872,2			0		
80	0,177	2948,3			1139,7			16,5		
200	0,075	2961,9			1293,9			49,5		
Massa total		3000			1500			330		



Mat. q passa acumulado = Massa total - Mat. Retido acumulado

$$\%\ que\ passa = \frac{Mat.\ q\ passa\ acumulado}{Massa\ total} * 100$$

Questionário 5 - AULA 05 – DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE SONDAGENS

1. Qual tipo de sondagem é o mais empregado em pavimentação, por quê?
2. Quais as principais finalidades da realização da sondagem de poços de inspeção?
3. O que caracteriza uma sondagem a percussão?
4. O que significa as siglas SPT?
5. Um resultado de SPT = 15 o que significa?
6. Um resultado de SPT = 47/10 o que significa?
7. Por que a sondagem a trado para pavimentação é conduzida até a profundidade de 1,5 m abaixo do greide?
8. Para ensaios geotécnicos em amostras indeformadas em laboratório quais as características que a amostra deve apresentar e qual tipo de sondagem se obtêm esse material para análise?
9. Qual principal parâmetro se obtém com a sondagem SPT?
10. Qual o critério de parada para as sondagens: à trado e SPT?
11. Em que condição se opta pela sondagem rotativa durante a realização de uma sondagem tipo SPT?
12. O que é trépano?
13. Quando se utiliza a sondagem rotativa?

AULA 6 - COMPACTAÇÃO DE SOLOS

Exercício 1

Ensaio de Compactação de Proctor

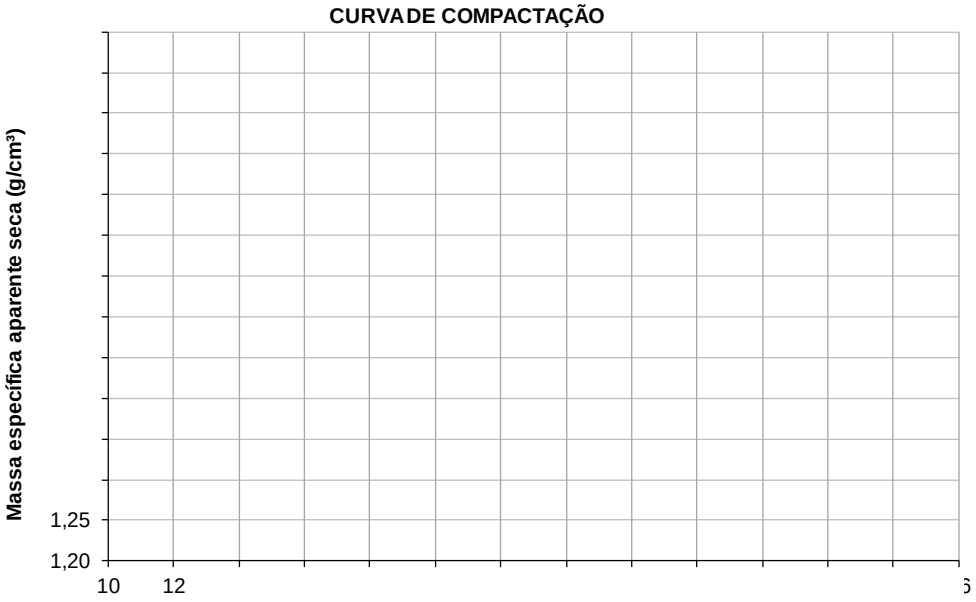
Faz. Jussara Descrição do solo:

Aluno:_____ Energia: (X) Normal ( ) Intermediário ( ) Intermediária Data:

Determinação do Teor de Umidde										
Pontos	1		2		3		4		5	
cápsula nº	65	71	197	51	47	200	46	127	49	134
P solo úm. + Tara (g)	109,80	95,12	132,17	156,08	147,02	160,66	153,14	145,36	189,18	146,83
P solos seco + Tara (g)	102,37	88,81	118,18	140,32	130,82	139,14	132,81	124,82	157,32	123,45
Tara (g)	45,36	38,25	33,51	46,23	47,14	32,58	47,11	38,27	45,67	40,20
Ps (g)										
Pw (g)										
Umidade (%)										
Teor de um. Média (%)										

Dados da Compactação										
	Massa do molde	2421,00	g	Volume do molde=	1000,57	cm3				
Molde + solo úm (g)	4116		4275		4400		4362		4283	
solos úmido (g)										
solo seco (g)										
M.Esp. Ap. Úm. (g/cm³)										
M.Esp. Ap.Seca. (g/cm³)										

CURVA DE COMPACTAÇÃO



W ótima	Massa específica aparente seca máxima	Saturação na W ótima

SATURAÇÃO

Umidade (%)	Massa específica aparente		
	S = 100%	S = 90%	S = 70%

$\gamma d = 2{,}73$ g/cm³

$$\gamma_s = \frac{1}{\frac{1}{\gamma_d} + \frac{w}{S}}$$

FATEC-SP

Exercício 2

Ensaio de Compactação de Proctor

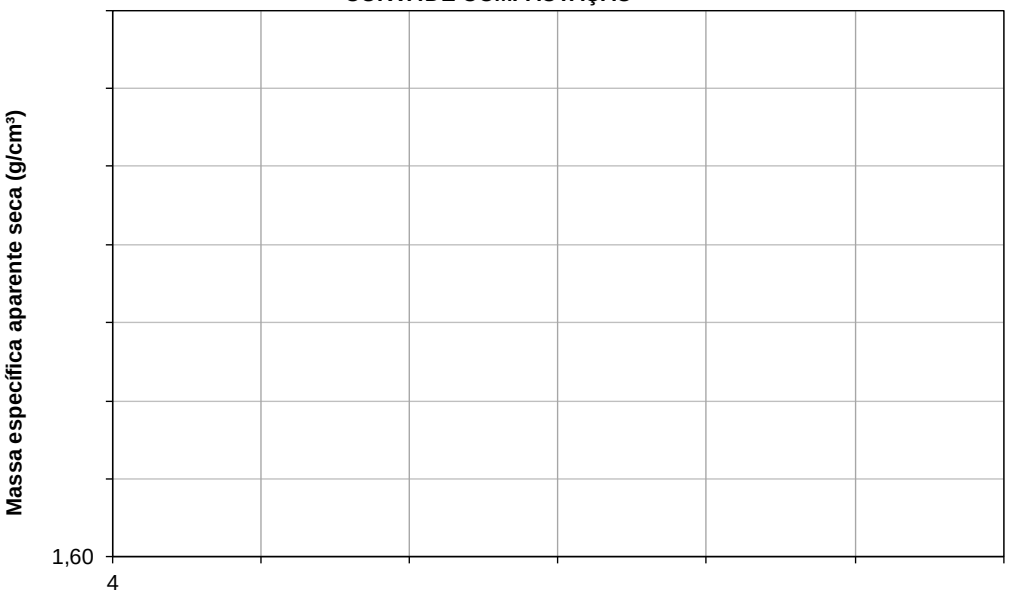
Identificação: Descrição do solo:

Aluno:_____ Energia: (X) Normal ( ) Intermediário ( ) Intermediária Data:

Determinação do Teor de Umidde										
Pontos	1		2		3		4		5	
cápsula nº	31	24	112	12	47	58	69	14	26	38
P solo úm. + Tara (g)	84,01	77,54	110,59	133,50	123,44	137,08	99,82	85,12	129,56	121,78
P solos seco + Tara (g)	81,78	75,23	104,60	126,74	117,24	125,56	93,37	78,81	119,23	111,24
Tara (g)	45,36	38,25	33,51	46,23	47,14	32,58	42,36	28,25	47,11	38,27
Ps (g)										
Pw (g)										
Umidade (%)										
Teor de um. Média (%)										

Dados da Compactação										
	Massa do molde	2421,00	g	Volume do molde=	1000,57	cm3				
Molde + solo úm (g)	4290		4520		4700		4682		4553	
solos úmido (g)										
solo seco (g)										
M.Esp. Ap. Úm. (g/cm³)										
M.Esp. Ap.Seca. (g/cm³)										

CURVA DE COMPACTAÇÃO



W ótima	Massa específica aparente seca máxima	Saturação na W ótima

SATURAÇÃO

Umidade (%)	Massa específica aparente		
	S = 100%	S = 90%	S = 80%

$\gamma d = 2{,}74$ g/cm³

$$\gamma_s = \frac{1}{\frac{1}{\gamma_d} + \frac{w}{S}}$$

Figura 1a - Folha de ensaio de compactação de aula prática

Ensaio de Compactação de Proctor

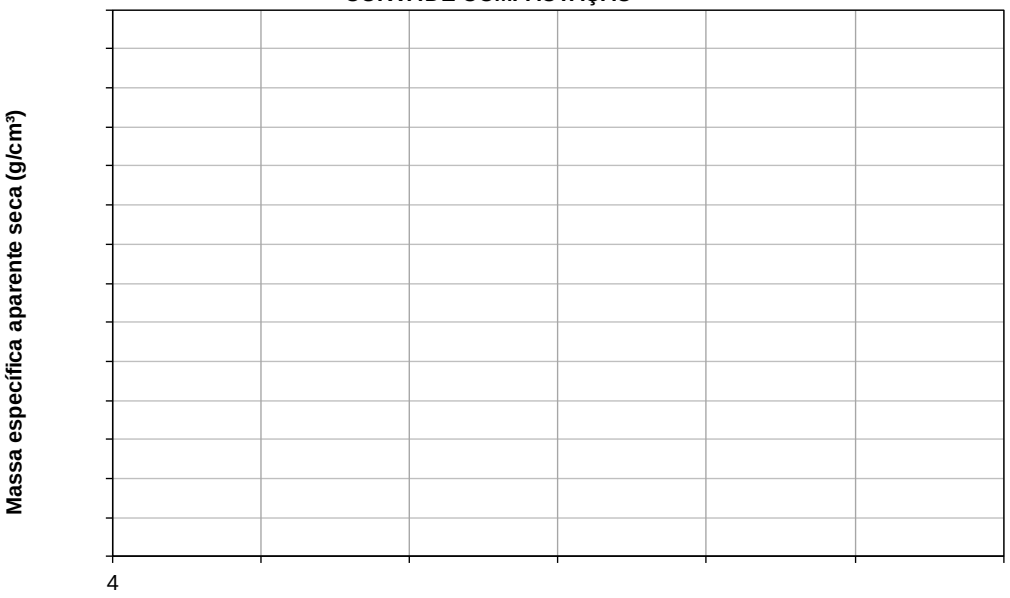
Identificação: Descrição do solo:

Aluno:_____ Energia: ( ) Normal ( ) Intermediário ( ) Intermediária Data:

Determinação do Teor de Umidde										
Pontos										
cápsula nº										
P solo úm. + Tara (g)										
P solos seco + Tara (g)										
Tara (g)										
Ps (g)										
Pw (g)										
Umidade (%)										
Teor de um. Média (%)										

Dados da Compactação						
	Massa do molde		g	Volume do molde=	cm3	
Molde + solo úm (g)						
solos úmido (g)						
solo seco (g)						
M.Esp. Ap. Úm. (g/cm³)						
M.Esp. Ap.Seca. (g/cm³)						

CURVA DE COMPACTAÇÃO



W ótima	Massa específica aparente seca máxima	Saturação na W ótima

SATURAÇÃO

Umidade (%)	Massa específica aparente		
	S = ____%	S = ____%	S = ____%

γd = _____ g/cm³

$$\gamma_s = \frac{1}{\frac{1}{\gamma_d} + \frac{w}{S}}$$

Figura 2b - Folha de ensaio de compactação de aula prática

Ensaio de Compactação de Proctor

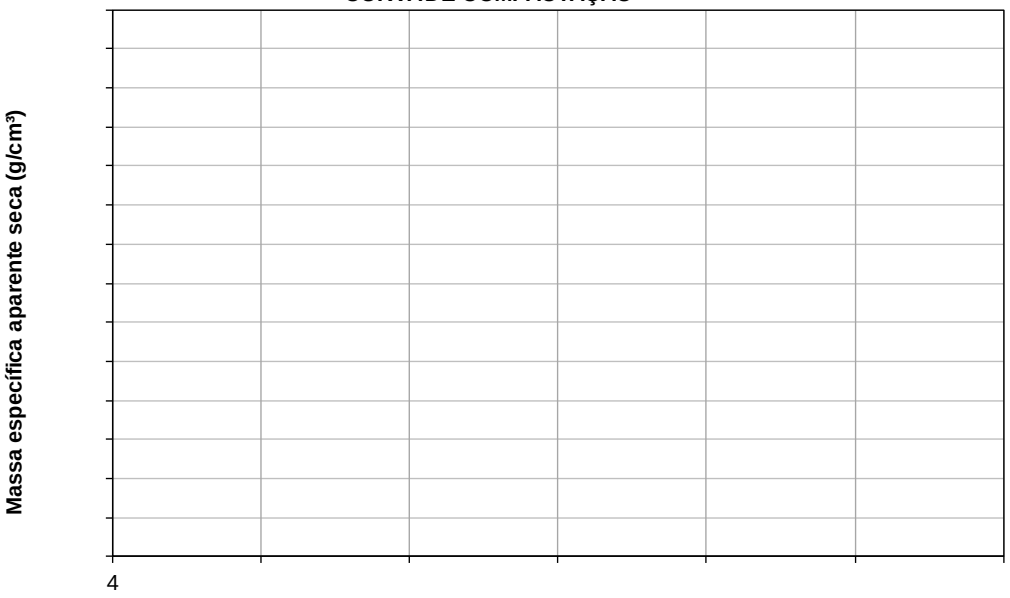
Identificação: Descrição do solo:

Aluno:_____ Energia: ( ) Normal ( ) Intermediário ( ) Intermediária Data:

Determinação do Teor de Umidde										
Pontos										
cápsula nº										
P solo úm. + Tara (g)										
P solos seco + Tara (g)										
Tara (g)										
Ps (g)										
Pw (g)										
Umidade (%)										
Teor de um. Média (%)										

Dados da Compactação						
	Massa do molde		g	Volume do molde=	cm3	
Molde + solo úm (g)						
solos úmido (g)						
solo seco (g)						
M.Esp. Ap. Úm. (g/cm³)						
M.Esp. Ap.Seca. (g/cm³)						

CURVA DE COMPACTAÇÃO



W ótima	Massa específica aparente seca máxima	Saturação na W ótima

SATURAÇÃO

Umidade (%)	Massa específica aparente		
	S = ____%	S = ____%	S = ____%

γd = _____ g/cm³

$$\gamma_s = \frac{1}{\frac{1}{\gamma_d} + \frac{w}{S}}$$

Exercício 1 e 2 – Determinar a compacidade relativa (ID) para a amostra de areia

Exercício 1 - aula prática

Dados iniciais			Ps	Vs	Vv	e mín	e máx
γ_d		g/cm³	(g)	(cm³)	(cm³)		
$\gamma_{smáx}$		g/cm³					
$\gamma_{smín}$		g/cm³					
ID ≥ 70%							

$$e_{real} = -I_D(e_{máx} - e_{mín}) + e_{máx}$$

$$I_D = \frac{e_{máx} - e_{real}}{e_{máx} - e_{mín}}$$

e real =

e real =

$e = \frac{V}{V_s} - 1$		Vs = V / e + 1		Vs =		
				Vs =		cm³

Ps = Vs * γ_d			γ_s = Ps / V			
Ps =			γ_s =			
Ps =		g	γ_s ≥		g/cm³	

Exercício 2 - aula prática

Dados iniciais			Ps	Vs	Vv	e mín	e máx
γ_d		g/cm³	(g)	(cm³)	(cm³)		
$\gamma_{smáx}$		g/cm³					
$\gamma_{smín}$		g/cm³					
ID ≥ 70%							

$$e_{real} = -I_D(e_{máx} - e_{mín}) + e_{máx}$$

$$I_D = \frac{e_{máx} - e_{real}}{e_{máx} - e_{mín}}$$

e real =

e real =

$e = \frac{V}{V_s} - 1$		Vs = V / e + 1		Vs =		
				Vs =		cm³

Ps = Vs * γ_d			γ_s = Ps / V			
Ps =			γ_s =			
Ps =		g	γ_s ≥		g/cm³	

Questionário – Compactação de solos

1. Quais as vantagens de se compactar os solos empregado em camadas de pavimento?
2. Qual a definição de compactação de solos?
3. Quais os tipos de energia de compactação são utilizados em camadas de pavimentação?
4. A energia modificada é utilizada em que tipo de material e, normalmente, para que camada do pavimento?
5. Que tipo de dano pode ser ocasionado ao solo pelo excesso de compactação?
6. Materiais sem coesão com as areias como se processo a densificação e o controle tecnológico desses materiais?
7. Quais os parâmetros são obtidos na curva de compactação de solos?
8. Por que no ramo seco da curva de compactação a estrutura mostra-se mais floculada e no ramo úmido mais dispersa?
9. Dois materiais A e B estavam sendo ensaiados para aplicação como camada de sub-base na duplicação de uma rodovia. O material A apresentou na condição de umidade ótima e massa específica aparente máxima uma saturação de 66%, já o material B nesse mesma condição uma saturação de 88%. Com base somente nessa informação, qual dos dois materiais apresentariam melhor comportamento em serviço e por quê?
10. Para materiais granulares qual o tipo de rolo compactador é o mais indicado?
11. Para materiais coesivos qual tipo de rolo compactados é o mais indicado?
12. Compactadores tipo placa vibratória e/ou sapos mecânicos em que condições são utilizados?
13. Utiliza-se rolo de pneu em compactação de solos? Em que condição?
14. Em uma obra na fundação foi utilizado um material granular e o controle tecnológico foi realizado através da compacidade relativa. Dados fornecidos pelo laboratório da obra para realização do controle foram: $\gamma d = 2{,}69$ g/cm³, $\gamma s(máx) = 1{,}76$ g/cm³ e $\gamma s\ (mín) = 1{,}58$ g/cm³. Para a aceitação do corpo de aterro o ID deve, necessariamente, ser superior a 66%. Com os dados do controle tecnológico da obra obteve um valor de $e_{real} = 0{,}59$. Com base nesse valor de e_{real} qual o ID alcançado na execução da obra e o serviço deve ser aceito? qual a massa específica real de campo?

Aula 07 – RESISTÊNCIA DE SOLOS

Exercício resolvido

Exercício 1 – Ensaio de CBR

FATEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO — Exercício 1

Departamento de Transportes e Obras de Terra — Prof. Dr. Edson de Moura

Aluno: n. matr.: ___/___/____

Determinar a massa de água a ser adicionada ao Pu para moldagem do corpo de prova de ISC baseado no ensaio de Proctor, moldar corpo de prova, submeter imersão, romper e traçar a curva de ISC, determinar o valor do ISC e a expansão do material	Parâmetros PROCTOR		
	Umidade ótima:		14,0%
	Massa esp. ap seca		1,69 g/cm³

ENSAIO DE ISC - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - NORMA DNIT 172:2016 - ME

Massa de solo para moldadem do corpo-de-prova de ISC Pu = 5480,0 g e $w_{nat.}$ = 6,6%	Teor de umidade natural (%) (preparo)		
	Cápsula (nº)	12	89
Deteminar a quantidade de água necessária para que a porção de solo destinado a moldagem do corpos-de-prova de ISC atinja o teor ótimo obtido no ensaio de Proctor (anexo)	Pu + tara (g)	60,25	55,41
	Ps + tara (g)	57,58	53,45
	Tara (g)	18,65	22,56
Resposta:	Ps (g)		
	Pw (g)		
	umidade (%)		
Massa de água adicionada: g	Umidade Média natural (%)		

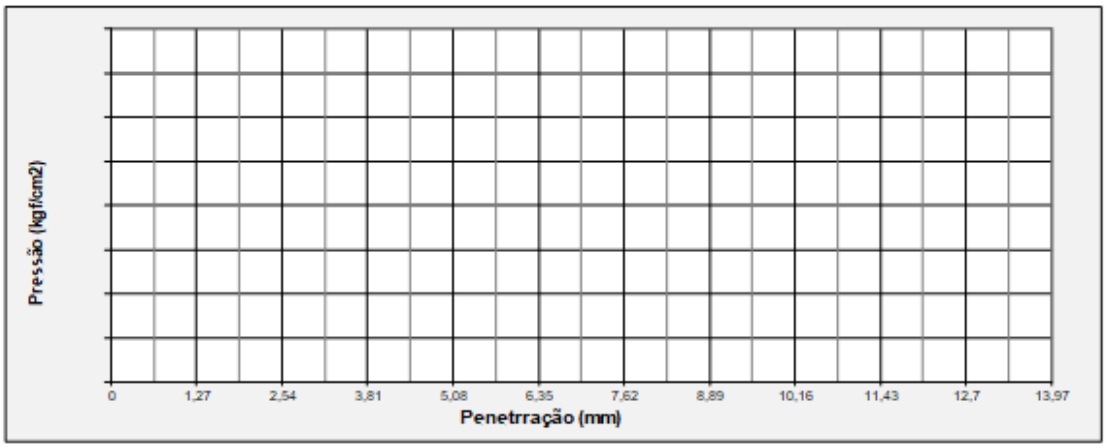
TEOR DE UMIDADE / MOLDAGEM E RUPTURA DO CORPOS DE PROVA DE ISC

Teor de umidade (%) corpo de prova ISC		
Cápsula nº	27	33
P. solo úm. + Tara (g)	101,87	97,54
P. solo seco + Tara (g)	92,69	88,65
Peso da Tara (g)	28,99	28,99
P solo seco (g)		
P água (g)		
Umidade (%)		
Média umidade (w%)		

Dados da Compactação cp ISC	
Massa do molde = 4425 g	Volume do molde = 2001,8 cm3
Molde + solo úmido (g)	8196
solo úmido (g)	3771
solo seco (g)	
Massa esp.ap.úmid. (g/cm3)	
Massa esp.ap.seca (g/cm3)	

Penetração do ISC			
Tempo (min)	Penetração (mm)	Carga kgf	Pressão kgf/cm2
0,5	0,63	70	
1,0	1,27	120	
1,5	1,9	170	
2,0	2,54	210	
2,5	3,17	260	
3,0	3,81	300	
3,5	4,44	340	
4,0	5,08	380	
5,0	6,35	420	
6,0	7,62	460	
7,0	8,89	500	
8,0	10,16	540	
9,0	11,43	570	
10,0	12,7	600	

GRÁFICO DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA



CÁLCULO DO VALOR DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA — **EXPANSÃO**

Penetração (mm)	Pressão (no ensaio) (kgf/cm2)	Pressão padrão (kgf/cm2)	ISC Individual %	ISC Média %	Exp = (Lf-Li)/H*100	Expansão (%)	
					Li - L inicial	1,00	mm
					Lf - L final	1,89	mm
2,54		70,31			H - Altura do cp	113,4	mm
5,08		105,46			Expansão =		%

Folha de ensaio – Aula prática

FATEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO — Exercício 2

Departamento de Transportes e Obras de Terra — Prof. Dr. Edson de Moura

Aluno: n. matr.: ___/___/___

Determinar a massa de água a ser adicionada ao Pu para moldagem do corpo de prova de ISC baseado no ensaio de Proctor, moldar corpo de prova, submeter à imersão, romper e traçar a curva de ISC, determinar o valor do ISC e a expansão do material		Parâmetros PROCTOR	
		Umidade ótima:	13,6%
		Massa esp. ap seca	1,75 g/cm³

ENSAIO DE ISC - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - NORMA DNIT 172:2016 - ME

Massa de solo para moldadem do corpo-de-prova de ISC		Teor de umidade natural (%) (preparo)	
Pu = 6752,0 g e $w_{nat.}$ = %		Cápsula (nº)	2	8
Deteminar a quantidade de água necessária para que a porção de solo		Pu + tara (g)	89,85	81,47
destinado a moldagem do corpos-de-prova de ISC atinja o teor ótimo obtido no		Ps + tara (g)	87,99	79,85
ensaio de Proctor (anexo)		Tara (g)	12,55	15,24
Resposta:				
Massa de água adicionada:	g	Umidade Média natural (%)		

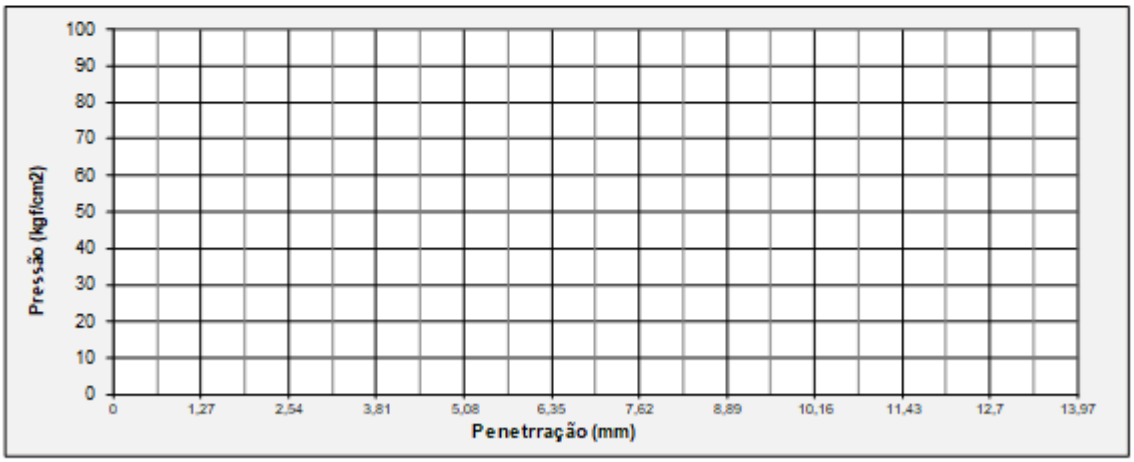
TEOR DE UMIDADE / MOLDAGEM E RUPTURA DO CORPOS DE PROVA DE ISC

Teor de umidade (%) corpo de prova ISC		
Cápsula nº	54	63
P. solo úm. + Tara (g)	90,25	97,21
P. solo seco + Tara (g)	81,78	87,52
Peso da Tara (g)	18,26	15,36
P solo seco (g)		
P água (g)		
Umidade (%)		
Média umidade (w%)		

Dados da Compactação cp ISC	
Massa do molde = 4385 g	Volume do molde = 1968,8 cm3
Molde + solo úmido (g)	8358
solo úmido (g)	3973
solo seco (g)	3504
Massa esp.ap.úmid. (g/cm3)	1,99
Massa esp.ap.seca (g/cm3)	1,75

Penetração do ISC			
Tempo (min)	Pentração (mm)	Carga kgf	Pressão kgf/cm2
0,5	0,63	320	
1,0	1,27	598	
1,5	1,9	820	
2,0	2,54	1008	
2,5	3,17	1200	
3,0	3,81	1317	
3,5	4,44	1398	
4,0	5,08	1480	
5,0	6,35	1587	
6,0	7,62	1655	
7,0	8,89	1704	
8,0	10,16	1755	
9,0	11,43	1768	
10,0	12,7	1807	

GRÁFICO DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA



CÁLCULO DO VALOR DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA

Penetração (mm)	Pressão (no ensaio) (kgf/cm2)	Pressão padrão (kgf/cm2)	ISC Individual %	ISC a
2,54		70,31		
5,08		105,46		

EXPANSÃO

Exp = (Lf-Li)/H*100		
Li - L inicial	1,00	mm
Lf - L final	1,29	mm
H - Altura do cp	113,4	mm
Expansão =		%

FA TEC – FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO — Folha de ensaio

Departamento de Transportes e Obras de Terra — Prof. Dr. Edson de Moura

Aluno: n. matr.: ___/___/____

Determinar a massa de água a ser adicionada ao Pu para moldagem do corpo de prova de ISC baseado no ensaio de Proctor, moldar corpo de prova, submeter imersão, romper e traçar a curva de ISC, determinar o valor do ISC e a expansão do material	Parâmetros PROCTOR	
	Umidade ótima:	
	Massa esp. ap seca	

ENSAIO DE ISC - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - NORMA DNIT 172:2016 - ME

Massa de solo para moldadem do corpo-de-prova de ISC Pu = g e Wnat. = %	Teor de umidade natural (%) (preparo)		
	Cápsula (nº)		
Deteminar a quantidade de água necessária para que a porção de solo destinado a moldagem do corpos-de-prova de ISC atinja o teor ótimo obtido no ensaio de Proctor (anexo)	Pu + tara (g)		
	Ps + tara (g)		
	Tara (g)		
Resposta:	Ps (g)		
	Pw (g)		
	umidade (%)		
Massa de água adicionada: g	Umidade Média natural (%)		

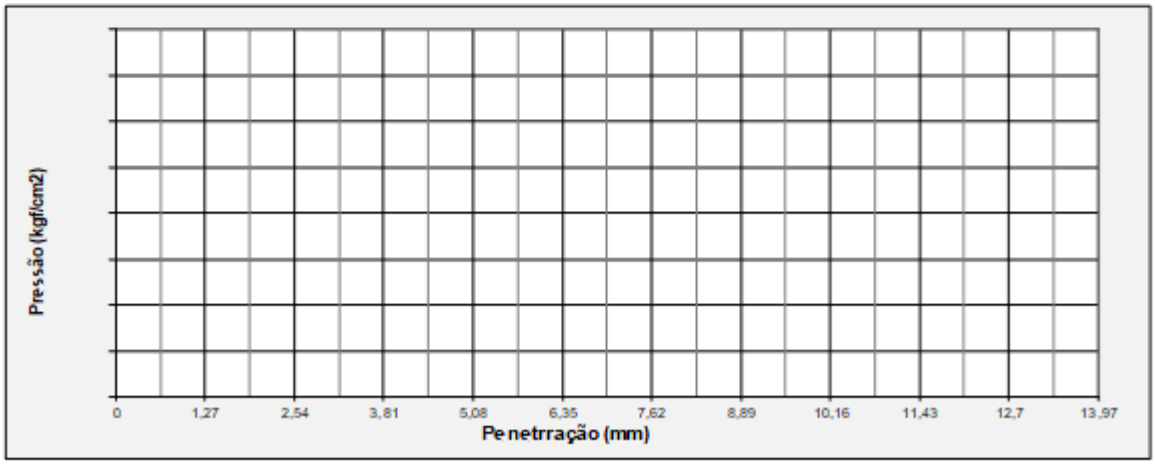
TEOR DE UMIDADE / MOLDAGEM E RUPTURA DOCORPOS DE PROVA DE ISC

Teor de umidade (%) corpo de prova ISC		
Cápsula nº		
P. solo úm. + Tara (g)		
P. solo seco + Tara (g)		
Peso da Tara (g)		
P solo seco (g)		
P água (g)		
Umidade (%)		
Média umidade (w%)		

Dados da Compactação cp ISC	
Massa do molde = 4425 g	Volume do molde = 2001,8 cm3
Molde + solo úmido (g)	
solo úmido (g)	
solo seco (g)	
Massa esp.ap.úmid. (g/cm3)	
Massa esp.ap.seca (g/cm3)	

Penetração do ISC			
Tempo (min)	Pentração (mm)	Carga kgf	Pressão kgf/cm2
0,5	0,63		
1,0	1,27		
1,5	1,9		
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		

GRÁFICO DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA



CÁLCULO DO VALOR DO ISC - ÍNDICE SUPORTE CALIFÓRNIA

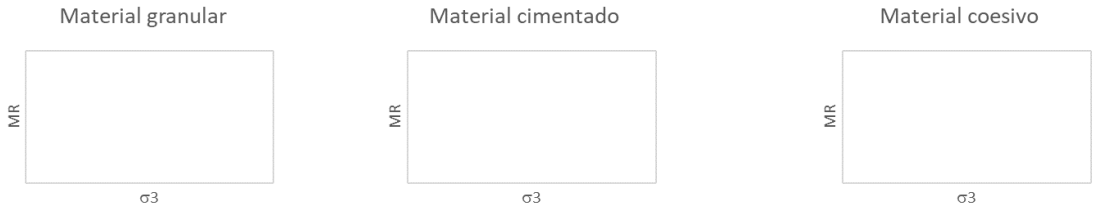
Penetração (mm)	Pressão (no ensaio) (kgf/cm2)	Pressão padrão (kgf/cm2)	ISC Individual %	ISC Média %
2,54		70,31		
5,08		105,46		

EXPANSÃO

Exp = (Lf-Li)/H*100	Expansão (%)	
Li - L inicial		mm
Lf - L final		mm
H - Altura do cp	113,4	mm
Expansão =		%

Questionário – Resistência de solos

1. Qual a finalidade do ensaio de CBR
2. Na ruptura do solo no ensaio de CBR, pode-se utilizar os pesos anelares correspondente a duas pressões: um disco ou dois discos. O que se pretende simular?
3. Os ensaios de resistência à tração por compressão diametral e de compressão simples, normalmente, são executados para que tipos de materiais? E por quê?
4. Quais parâmetros são extraídos do ensaio de CBR?
5. O ensaio de módulo de resiliência para os materiais: granulares, cimentados e coesivos, apresentam que tipo de curva de MR x $\sigma 3$ e MR x σd



6. Determinar a média e o desvio padrão dos corpos de prova (Tabela abaixo) de um material cimentado.

CP	Altura					Diâmetro (mm)					Carga	RT
n.	A1	A2	A3	A4	Média	D1	D2	D3	D4	Médio	N	MPa
1	200,10	200,52	199,98	199,95		101,50	101,40	101,25	101,54		17580	
2	202,10	197,48	201,98	201,95		101,10	101,50	101,96	101,85		16701	
3	201,09	201,41	200,97	200,94		101,05	101,48	101,51	101,63		15890	
4	197,07	201,41	196,95	196,92		101,50	2101,87	101,80	101,89		17089	
4	200,99	202,53	200,87	200,84		101,01	101,23	101,58	101,74		18001	
5	200,99	201,51	200,87	200,84		101,69	101,58	101,21	101,91		17535	
											Média	
											D.Padrão	

7. É sabido que o valor de CBR de um material depende da natureza do material, da granulometria, forma das partículas e principalmente do grau de compactação. O módulo de resiliência, como foi visto, depende ainda das tensões atuantes, ou seja, a elasticidade é não-linear. Como base nessas afirmações é possível obter uma correlação entre o CBR e o MR?

AULA 08 – LIMITES DE ATTERBERG

FATEC-SP

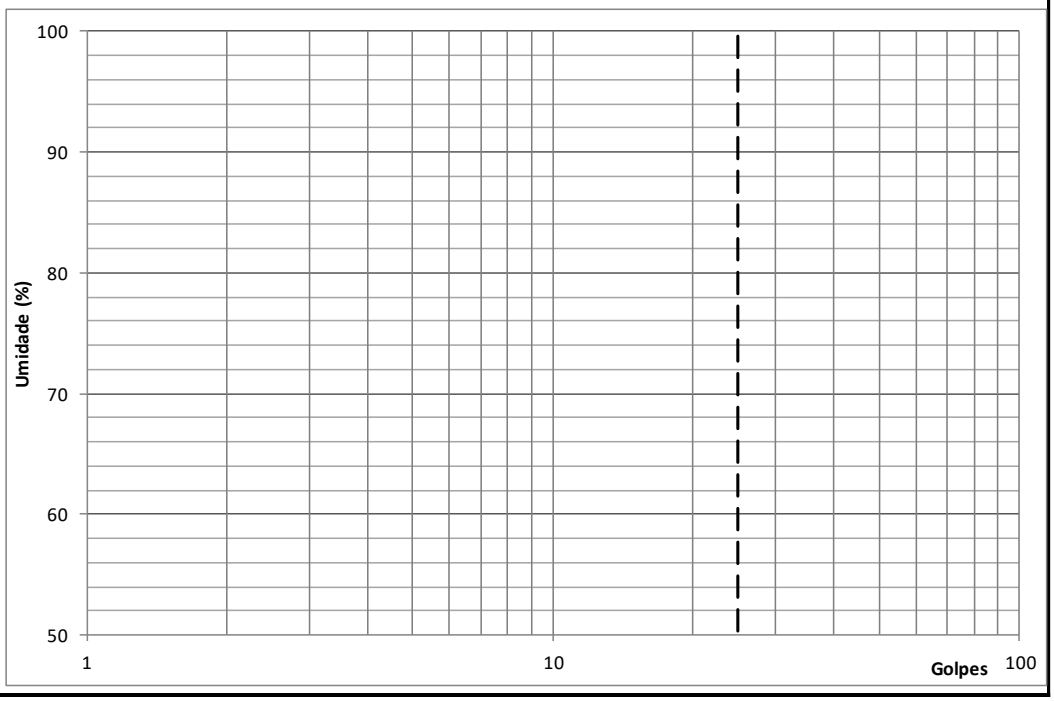
FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

Aluno:		Matrícula n.	
Amostra:	Local:		Data ___/ ___/ ____

LIMITE DE LIQUIDEZ

Determinações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
cápsula nº	2	5	84	18	36				
Púm. + Tara (g)	62,85	56,18	45,64	59,58	59,91	44,09			
Ps + Tara (g)	60,59	53,63	43,33	56,77	57,37	41,71			
Tara (g)	57,10	49,88	39,98	52,86	54,00	38,59			
Ps (g)									
P w (g)									
Umidade (%)									
Nº DE GOLPES	44,0	35,0	26,0	17,0	13,0	9,0			



LIMITE DE PLASTICIDADE

Pontos	1º	2º	3º	4º	5º				
cápsula nº	65	35	10						
Púm. + Tara (g)	11,15	10,74	10,65						
Ps + Tara (g)	9,88	9,81	9,45						
Tara (g)	7,05	7,85	6,91						
Ps (g)									
Pw (g)									
Umidade (%)									
Média (%)									

RESULTADOS

Limite de Liquidez:	
Limite de Plasticidade:	
Índice de Plasticidade:	

Observação

Operador: Data ____/ ____/ ____

APOSTILA DE MECÂNICA DOS SOLOS - Prof. Dr. Edson de Moura

Folha de ensaio – aula prática

FATEC-SP

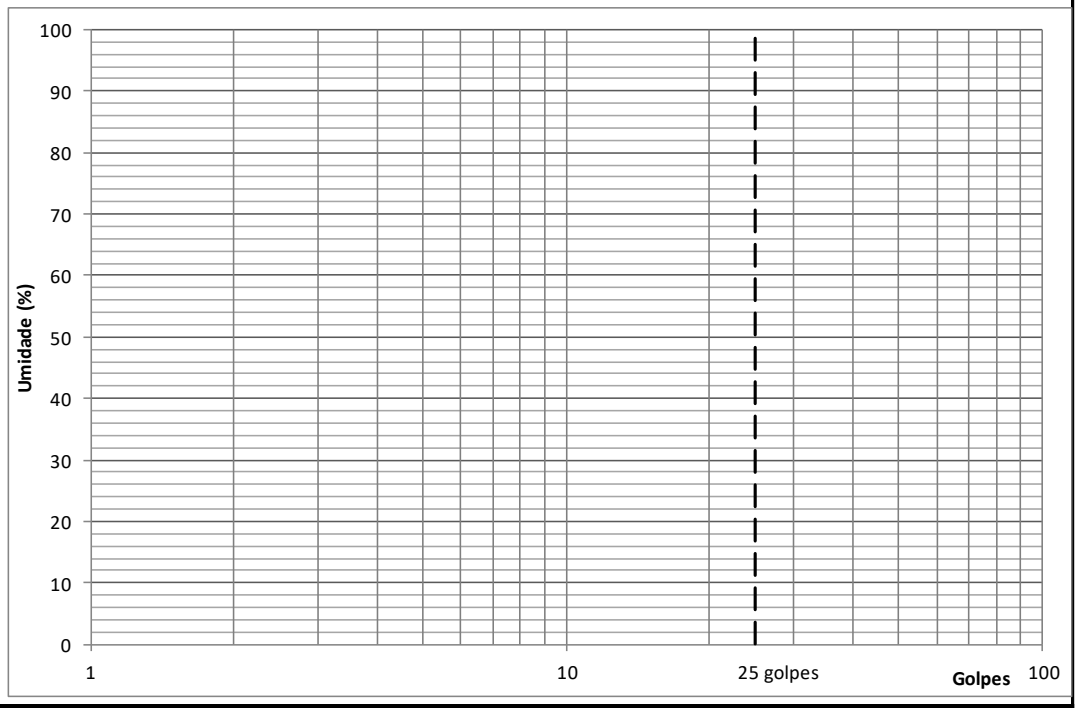
FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

Aluno:	Matrícula n.	
Amostra:	Local:	Data ___/ ___/ _____

LIMITE DE LIQUIDEZ

Determinações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
cápsula nº									
Púm. + Tara (g)									
Pseco + Tara (g)									
Tara (g)									
P seco (g)									
P água (g)									
Umidade (%)									
Nº DE GOLPES									



LIMITE DE PLASTICIDADE

Pontos									
cápsula nº									
Púm. + Tara (g)									
Pseco + Tara (g)									
Tara (g)									
P seco (g)									
P água (g)									
Umidade (%)									

RESULTADOS

Limite de Liquidez:	
Limite de Plasticidade:	
Índice de Plasticidade:	

Observação

Operador: Data ____/ ____/ ____

APOSTILA DE MECÂNICA DOS SOLOS - Prof. Dr. Edson de Moura

Folha de ensaio – aula prática

FATEC-SP

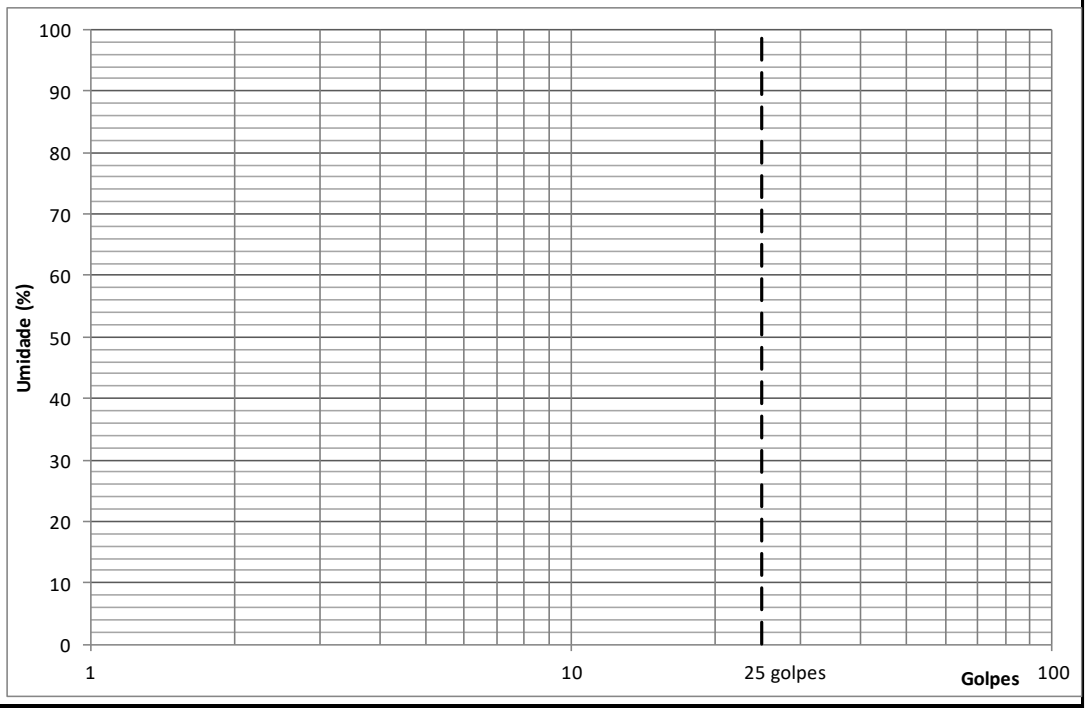
FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

Aluno:	Matrícula n.	
Amostra:	Local:	Data ___/ ___/ _____

LIMITE DE LIQUIDEZ

Determinações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
cápsula nº									
Púm. + Tara (g)									
Pseco + Tara (g)									
Tara (g)									
P seco (g)									
P água (g)									
Umidade (%)									
Nº DE GOLPES									



LIMITE DE PLASTICIDADE

Pontos									
cápsula nº									
Púm. + Tara (g)									
Pseco + Tara (g)									
Tara (g)									
P seco (g)									
P água (g)									
Umidade (%)									

RESULTADOS

Limite de Liquidez:	
Limite de Plasticidade:	
Índice de Plasticidade:	

Observação

Operador: Data ____/ ____/ ____

APOSTILA DE MECÂNICA DOS SOLOS - Prof. Dr. Edson de Moura

AULA 09 – CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS TRB

Tabela 1 – Classificação HRB

Material	Identificação	Limites de Atterberg			Granulometria (peneiras)*			Classificação HBR
		LL	LP	IP	Aberturas (mm) e número (n.)			
		(%)	(%)	(%)	2/ 10	0,42/40	0,075/200	
0	Brita graduada	-o-	NP					
1	Brita graduada	-o-	NP					
2	Areia argilosa laterítica (RJ) – Brasil.	29	10					
3	Areia Silto-argilosa sedimentar - Suíça	17	5					
4	Areia siltosa saprolítica sobre gnaisse (SP) - Brasil	28	9					
5	Argila laterítica de basalto (SP) - Brasil	54	24					
6	Argila saprolítica sobre basalto (SP) - Brasil	56	25					

Figura 3 - Distribuição granulométrica dos materiais da tabela 09

Figura 4- Quadro de classificação HRB

Classificação geral	*Materiais granulares (p) (35% ou menos passando na peneira nº 200)*							*Materiais siltosos e argilosos (p) (mais de 35% passando na peneira de nº 200)*			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo.	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Peneiração: % que passa: Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Nº 200 (*p*)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40: Limite de Liquidez-*LL*-(%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade-*IP*-(%)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo (*IG*) . . .	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra britada, pedreg. e areia.		Areia fina	Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como sub-leito.	Excelente a bom							Fraco a pobre			

– Processo de classificação: Com os dados de laboratório, iniciar a classificação da esquerda para a direita, por eliminação. O primeiro grupo da esquerda que satisfizer aos dados, será o grupo procurado.

– Solos A-7: Se $IP < LL - 30$ será A-7-5; Se $IP > LL - 30$, será A-7-6.

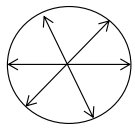
AULA 10 – METODOLOGIA – MINIATURA COMPACTADO TROPICAL – MCT - MÉTODO DAS PASTILHAS

FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS MCT - MÉTODO DAS PASTILHAS

EMITENTE:	EMISSÃO / FOLHA	EXECUTADO POR:

km OU ESTACA	RODOVIA	FURO Nº	PROF.	CAMADA	VISTO	DATA



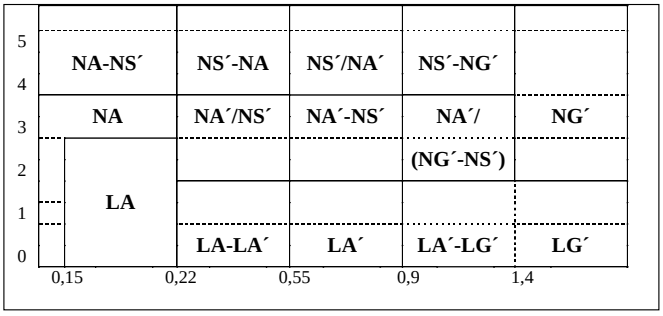
Contração (mm)	Aneis n.	Diâmetro contraido 0º	120º	240º	Média parcial
				Média final	

Contração = 20 mm - diâmetro contraido

Penetração após reabsorção dàgua	total _____ mm

Parâmetros classificatórios	
Contração	Penetração

CLASSIFICAÇÃO MCT
Preliminar

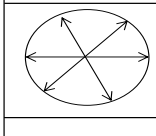


FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS MCT - MÉTODO DAS PASTILHAS

EMITENTE:	EMISSÃO / FOLHA	EXECUTADO POR:

km OU ESTACA	RODOVIA	FURO Nº	PROF.	CAMADA	VISTO	DATA



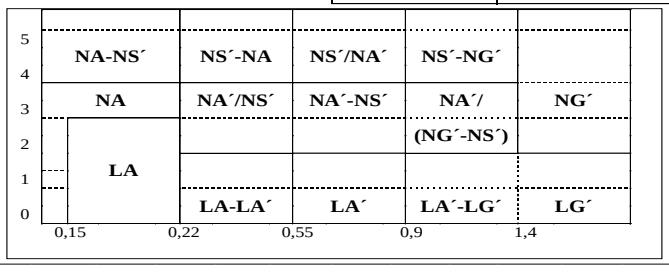
Contração (mm)	Aneis n.	Diâmetro contraido 0º	120º	240º	Média parcial
				Média final	

Contração = 20 mm - diâmetro contraido

Penetração após reabsorção dàgua	total _____ mm

Parâmetros classificatórios	
Contração	Penetração

CLASSIFICAÇÃO MCT
Preliminar



.

FATEC-SP

Apresentam-se a seguir dois exercícios, modelos, de classificação convencional de solos pela metodologia MCT.

FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES E OBRAS DE TERRA

Laboratório de Mecânica dos Solos

ENSAIO DE CLASSIFICAÇÃO M-MCV - Simplificado MODELO 01

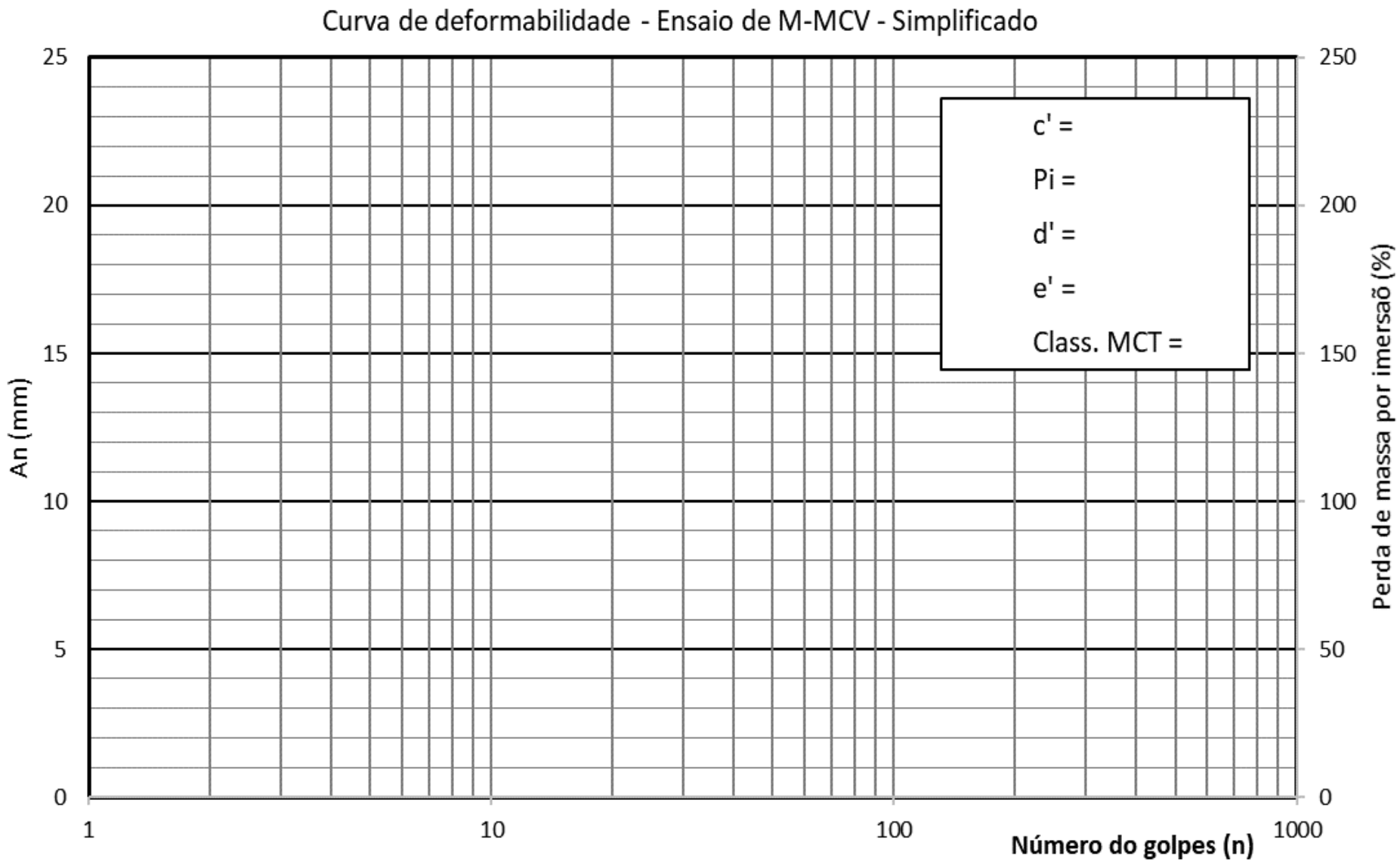
REGISTRO DOS DADOS DO ENSAIO

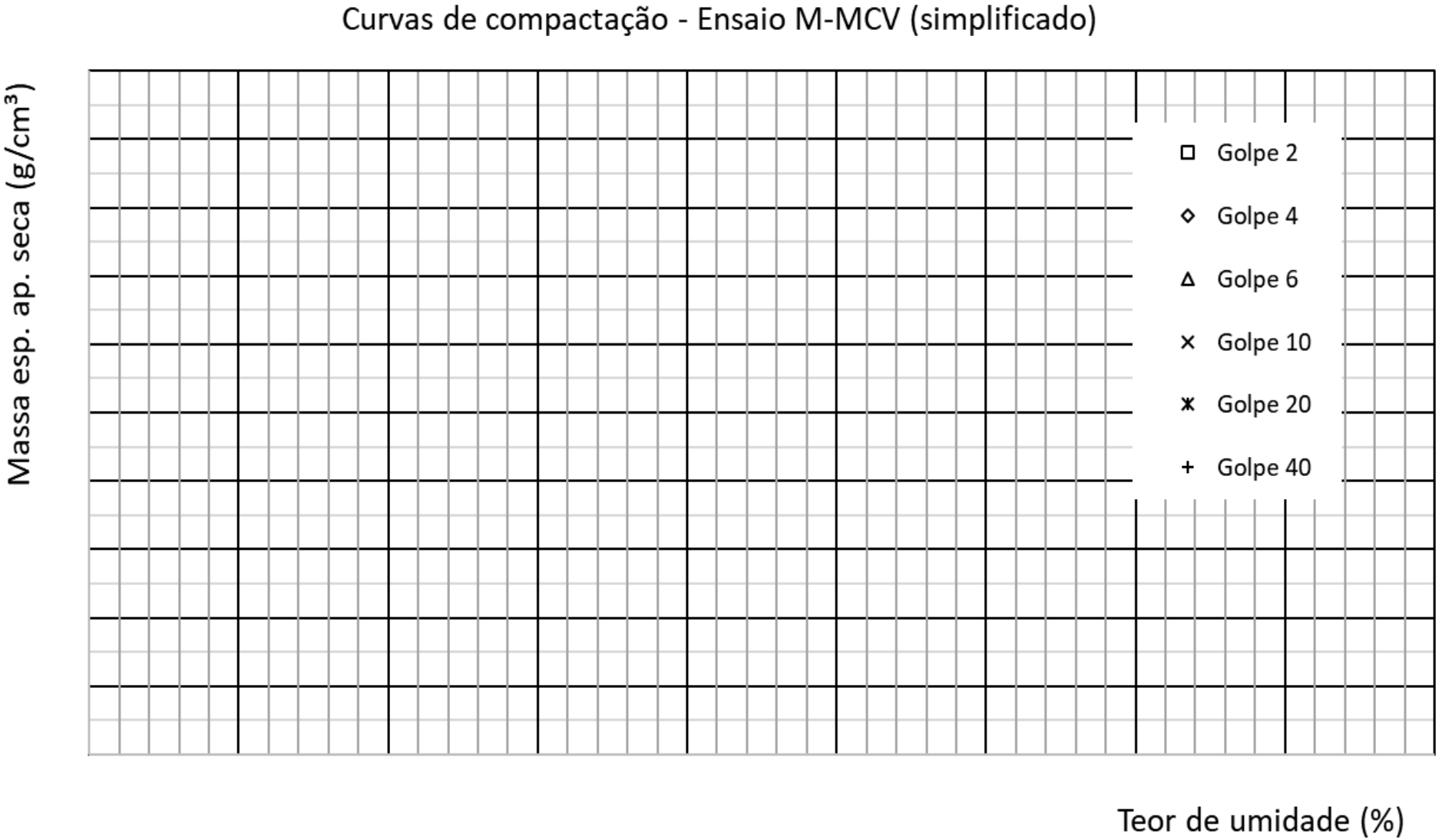
Solo:	Interessado:
Obra:	Laboratorista:

Massa do cp =	200 g		k = 43,42 + 50,00 =	93,43	Data do ensaio :	

	Porção + Água 300 + 66				Porção + Água 300 + 58				Porção + Água 300 + 50				Porção + Água 300 + 42			
	Molde N-05				Molde C-05				Molde N-08				Molde N-04			
Golpes	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs
(n)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)
0	16,16				12,19				10,43				9,80			
2	36,67				34,79				32,27				30,09			
4	40,57				39,69				38,13				35,95			
6	41,31				41,40				40,61				38,45			
10	41,34				41,89				42,70				40,96			
20					42,01				43,62				43,30			
40									43,70				44,59			
60													45,00			
Umidade	Capsula n.		64	142	Capsula n.		191	70	Capsula n.		302	35	Capsula n.		194	998
	Mu.+ Tara (g)		86,99	101,34	Mu.+ Tara (g)		98,74	92,12	Mu.+ Tara (g)		101,25	81,57	Mu.+ Tara (g)		89,32	79,48
	Ms + Tara (g)		72,87	85,72	Ms + Tara (g)		84,54	79,22	Ms + Tara (g)		89,72	70,91	Ms + Tara (g)		79,60	70,53
	Tara (g)		10,16	16,35	Tara (g)		16,58	16,73	Tara (g)		24,65	10,42	Tara (g)		16,07	10,90
	Umidade (%)				Umidade (%)				Umidade (%)				Umidade (%)			

	Porção + Água 300 + 34				Ponto extra				Ponto extra			
	A-04											
Golpes	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs
(n)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)
0	9,04											
2	27,52											
4	33,20											
6	36,00											
10	38,90											
20	41,66											
40	43,07											
60	43,92											
80												
Umidade	Capsula n.		119	4	Capsula n.				Capsula n.			
	Mu.+ Tara (g)		87,19	78,08	Mu.+ Tara (g)				Mu.+ Tara (g)			
	Ms + Tara (g)		79,26	70,82	Ms + Tara (g)				Ms + Tara (g)			
	Tara (g)		16,52	14,45	Tara (g)				Tara (g)			
	Umidade (%)				Umidade (%)				Umidade (%)			


Curva de deformabilidade - Ensaio de M-MCV - Simplificado
25
20
15
10
5
0
An (mm)
250
200
150
100
50
0
Perda de massa por imersaõ (%)
1
10
100
1000
Número do golpes (n)
c' =
Pi =
d' =
e' =
Class. MCT =

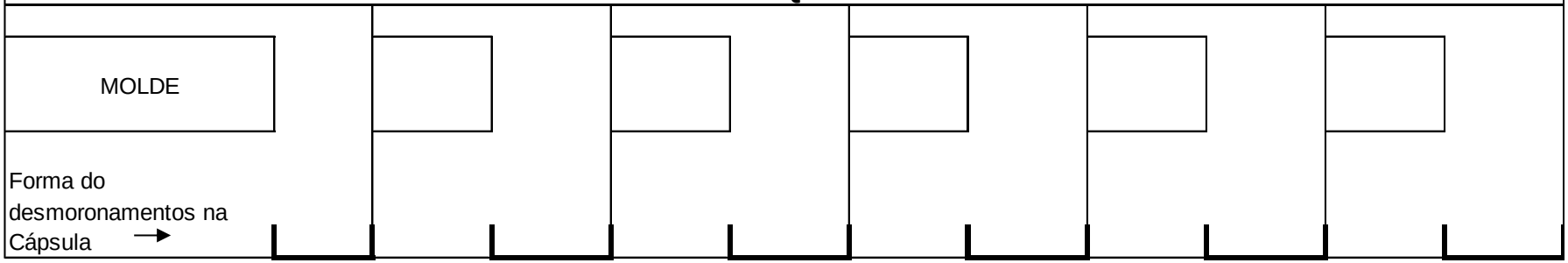

Curvas de compactação - Ensaio M-MCV (simplificado)
Massa esp. ap. seca (g/cm³)
Golpe 2
Golpe 4
Golpe 6
Golpe 10
Golpe 20
Golpe 40
Teor de umidade (%)

FATEC-SP

Determinação da Perda de Massa por Imersão da Solos Compactados - MCT - modelo 01

Condição de Compactação		300 + 66	300 + 58	300 + 50	300 + 42	300 + 36
Molde	Nº	C-03	P-09	C-02	N-01	A-04
Teor de Umidade	(%)					
Pu	(g)	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Ps	(g)					
Altura do C.P.	(cm)					

CROQUÍS



Determinação da Massa Seca Desprendida						
Cápsula	Nº	250	57	267	153	65
Ps + Tara	(g)	60,63	82,01	74,55	130,18	135,44
Peso da Tara	(g)	26,42	49,04	26,48	26,07	25,57
Ps Desprendido (Pd)	(g)					
Fator de Redução		1	1	1	1	1
PI	**(%)**					

$$Pi = \frac{altura * Pd * 100}{Ps}$$

FATEC-SP

FATEC - FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES E OBRAS DE TERRA

Laboratório de Mecânica dos Solos

ENSAIO DE CLASSIFICAÇÃO M-MCV - Simplificado MODELO 02

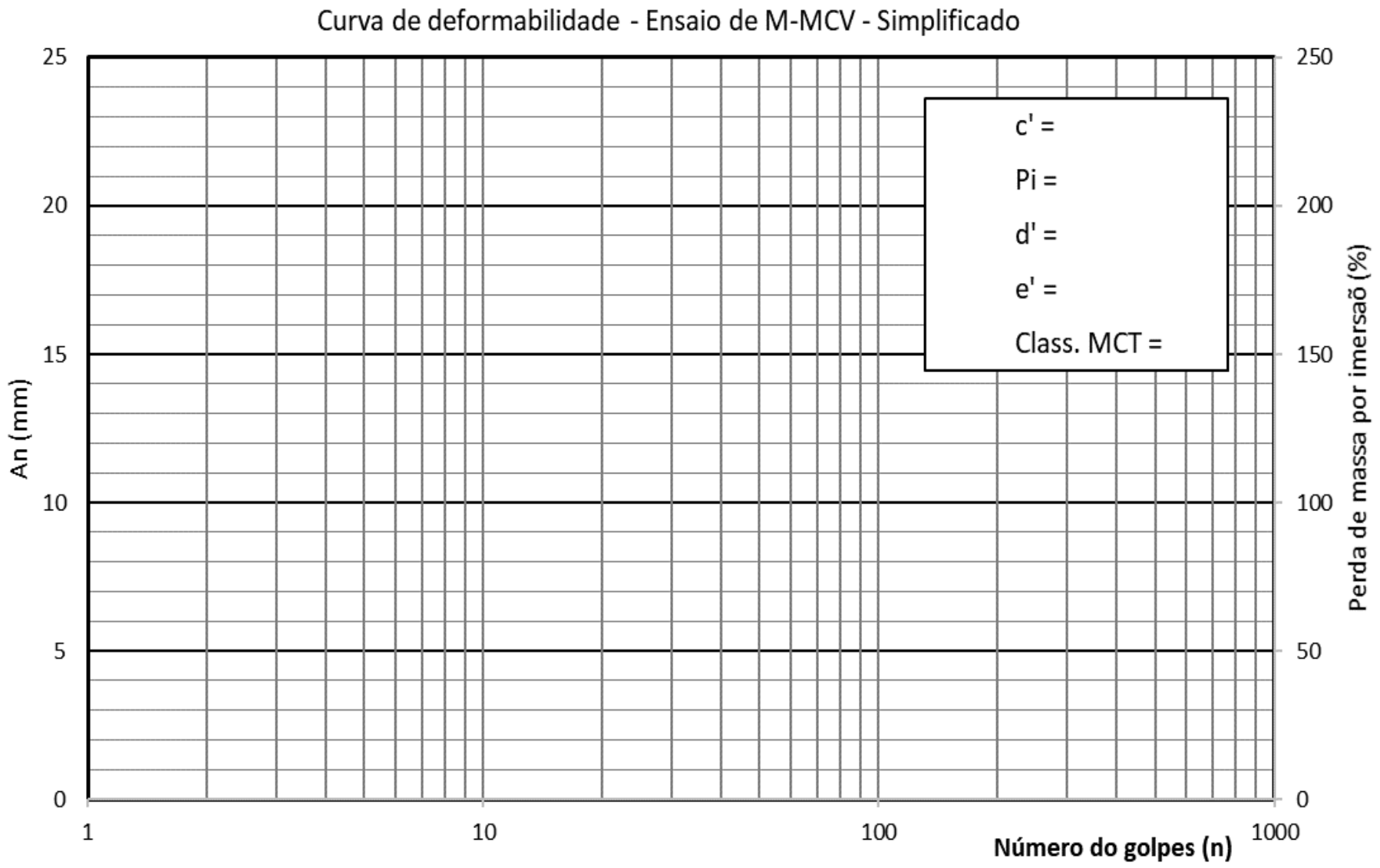
REGISTRO DOS DADOS DO ENSAIO

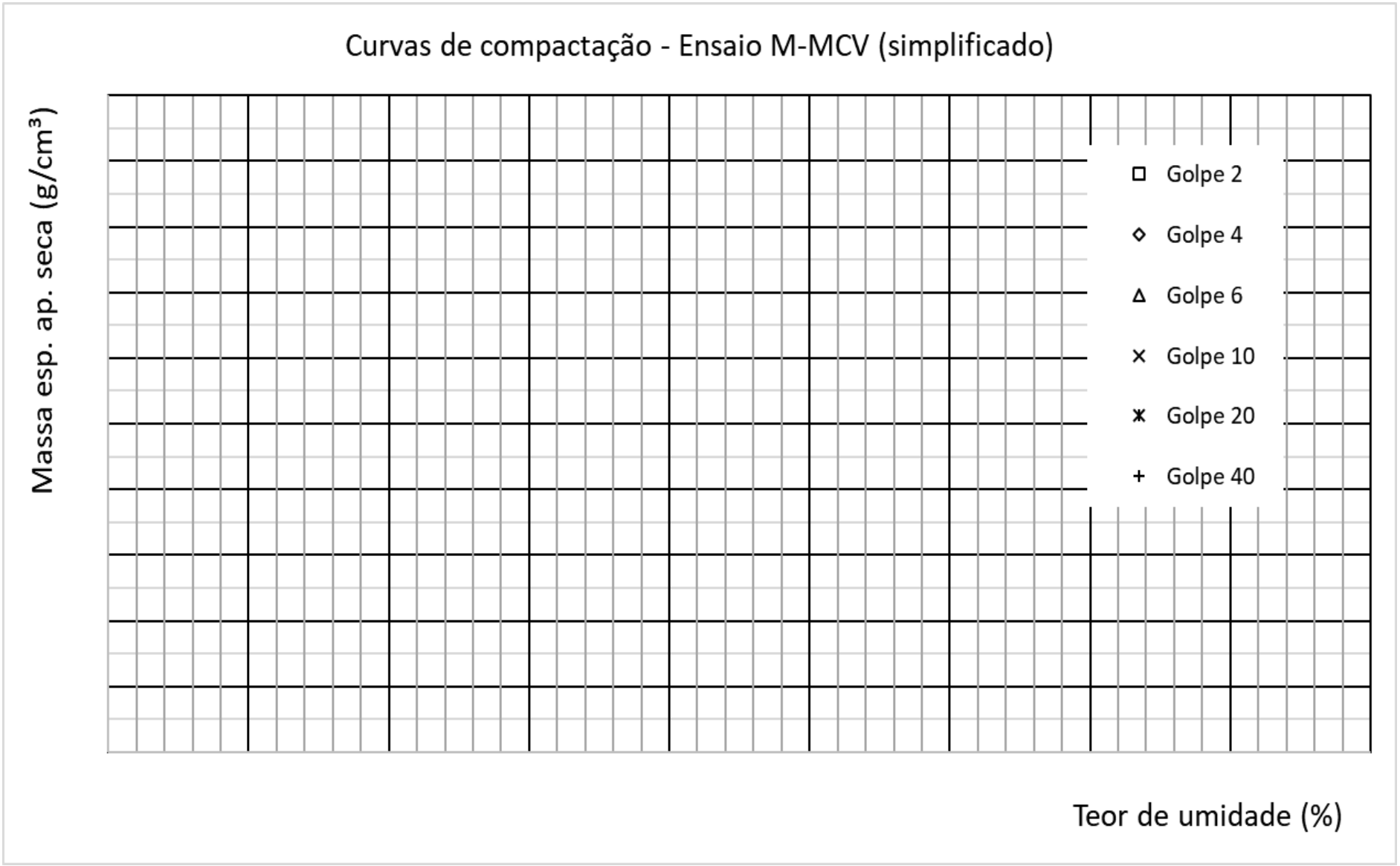
Solo:	Interessado:		
Obra:			Laboratorista:

Massa do cp =	200 g			k = 43,42 + 50,00 =	93,43	Data do ensaio :

	Porção + Água 300 + 45				Porção + Água 300 + 40				Porção + Água 300 + 35				Porção + Água 300 + 30			
	N-09				N-06				N-08				N-04			
Golpes	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs
(n)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)
0	16,26				17,50				13,66				9,54			
2	39,03				35,00				31,67				25,25			
4	43,27				40,51				36,62				30,45			
6	43,58				43,07				39,50				33,64			
10	43,78				44,94				42,78				36,72			
20					45,06				45,30				41,03			
40									46,14				44,45			
60													45,52			
80													46,17			
Umidade	Capsula n.		9	20	Capsula n.		159	22	Capsula n.		385	133	46,17		291	153
	Mu.+ Tara (g)		91,91	75,39	Mu.+ Tara (g)		98,80	70,63	Mu.+ Tara (g)		76,78	84,38	Mu.+ Tara (g)		97,44	74,93
	Ms + Tara (g)		81,54	66,50	Ms + Tara (g)		88,45	63,71	Ms + Tara (g)		69,27	76,75	Ms + Tara (g)		90,79	69,40
	Tara (g)		14,56	8,94	Tara (g)		15,85	14,19	Tara (g)		10,83	15,81	Tara (g)		28,12	16,62
	Umidade (%)				**Umidade (%)**				**Umidade (%)**				**Umidade (%)**			

	Porção + Água 300 + 25				Ponto de aula				Ponto de aula			
	P-07											
Golpes	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs	Leitura	An		γs
(n)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)	(mm)	(mm)		(g/cm3)
0	11,90											
2	25,18											
4	30,00											
6	32,85											
10	36,20											
20	40,24											
40	43,44											
60	44,66											
80	45,36											
Umidade	Capsula n.		916	193	Capsula n.				Capsula n.			
	Mu.+ Tara (g)		81,81	87,1	Mu.+ Tara (g)				Mu.+ Tara (g)			
	Ms + Tara (g)		76,89	80,96	Ms + Tara (g)				Ms + Tara (g)			
	Tara (g)		24,72	18,64	Tara (g)				Tara (g)			
	Umidade (%)				**Umidade (%)**				**Umidade (%)**			


Curva de deformabilidade - Ensaio de M-MCV - Simplificado
c' =
Pi =
d' =
e' =
Class. MCT =
An (mm)
Perda de massa por imersaõ (%)
Número do golpes (n)
0
5
10
15
20
25
50
100
150
200
250
1
10
100
1000


Curvas de compactação - Ensaio M-MCV (simplificado)
Massa esp. ap. seca (g/cm³)
Golpe 2
Golpe 4
Golpe 6
Golpe 10
Golpe 20
Golpe 40
Teor de umidade (%)

FATEC-SP

Determinação da Perda de Massa por Imersão da Solos Compactados - MCT

Condição de Compactação		300 + 45	300 + 40	300 + 35	300 + 30	300 + 25
Molde	Nº	N-09	N-06	N-08	N-04	P-07
Teor de Umidade	(%)					
Pu	(g)	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Ps	(g)					
Altura do C.P.	(mm)					
MOLDE						
Forma do desmoronamento na Cápsula →						

Determinação da Massa Seca Desprendida

Cápsula	Nº	267	115	56	163	39
Ps + Tara	(g)	62,85	61,56	33,5	25,8	23,91
Peso da Tara	(g)	26,48	25,89	23,82	25,8	23,91
Ps Desprendida (Pc	(g)					
Fator de Redução		1	1	1	1	1
PI	**(%)**					

$$Pi = \frac{altura * Pd * 100}{Ps}$$

FATEC-SP

Folha de ensaio

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo	Nome da amostra	K =	Data __/__/__
	Interessado:	Estaca	Laboratorista

Porção +Água			**Cilindro**	
Preparação	≠ de leitura para cessar a compactação mm	Leitura (cm)	an (cm)	Densidade Seca (g/cm3)
0	-o-			
2	0,10			
4	0,10			
6	0,10			
10	0,20			
20	0,50			
40	1,00			
Altura final do corpo-de-prova				

Umidade		
Cápsula n.		
Massa Úmida + Tara (g)		
Massa Seca + Tara (g)		
Tara (g)		
Teor de Umidade (%)		

Porção +Água			**Cilindro**	
Golpes	≠ de leitura para cessar a compactação mm	Leitura (cm)	an (cm)	Densidade Seca (g/cm3)
0	-o-			
2	0,10			
4	0,10			
6	0,10			
10	0,20			
20	0,50			
40	1,00			
60	1,00			
Altura final do corpo-de-prova				

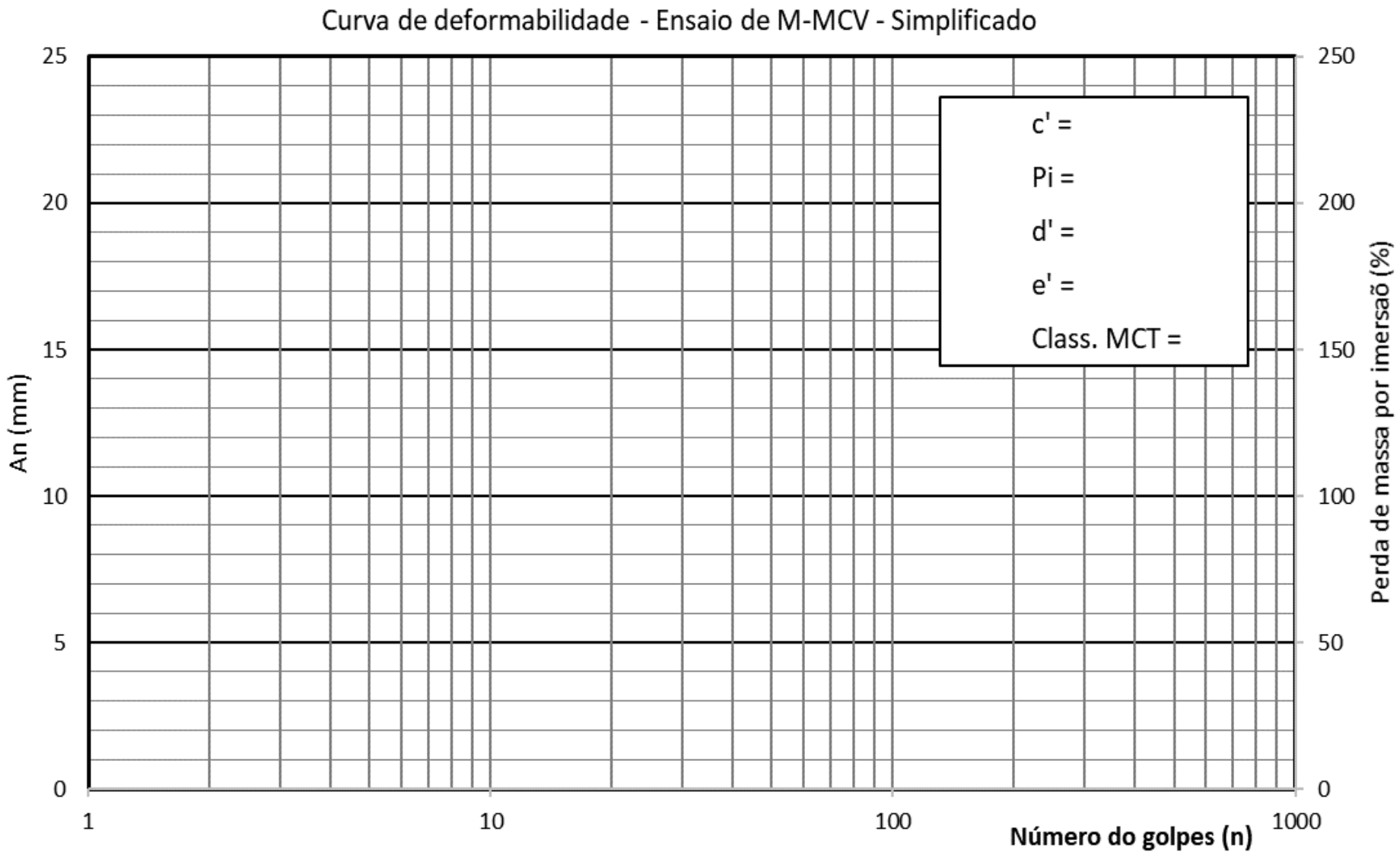
Umidade		
Cápsula n.		
Massa Úmida + Tara (g)		
Massa Seca + Tara (g)		
Tara (g)		
Teor de Umidade (%)		

Porção +Água			**Cilindro**	
Golpes	≠ de leitura para cessar a compactação mm	Leitura (cm)	an (cm)	Densidade Seca (g/cm3)
0	-o-			
2	0,10			
4	0,10			
6	0,10			
10	0,20			
20	0,50			
40	1,00			
60	1,00			
80	1,00			
100	1,00			
Altura final do corpo-de-prova				

Umidade		
Cápsula n.		
Massa Úmida + Tara (g)		
Massa Seca + Tara (g)		
Tara (g)		
Teor de Umidade (%)		

Porção +Água			**Cilindro**	
Golpes	≠ de leitura para cessar a compactação mm	Leitura (cm)	an (cm)	Densidade Seca (g/cm3)
0	-o-			
2	0,10			
4	0,10			
6	0,10			
10	0,20			
20	0,50			
40	1,00			
60	1,00			
80	1,00			
100	1,00			
120	1,00			
140	1,00			
Altura final do corpo-de-prova				

Umidade		
Cápsula n.		
Massa Úmida + Tara (g)		
Massa Seca + Tara (g)		
Tara (g)		
Teor de Umidade (%)		


Curva de deformabilidade - Ensaio de M-MCV - Simplificado
c' =
Pi =
d' =
e' =
Class. MCT =
An (mm)
Perda de massa por imersaõ (%)
Número do golpes (n)
0
5
10
15
20
25
50
100
150
200
250
1
10
100
1000

Curvas de compactação - Ensaio M-MCV (simplificado)
Massa esp. ap. seca (g/cm³)
Golpe 2
Golpe 4
Golpe 6
Golpe 10
Golpe 20
Golpe 40
Teor de umidade (%)

FATEC-SP

Determinação da Perda de Massa por Imersão da Solos Compactados - MCT

Condição de Compactação						
Molde	Nº					
Teor de Umidade	(%)					
Pu (corpo de prova)	(g)					
Ps (corpo de prova)	(g)					
Altura do C.P.	(mm)					
CROQUÍS						
MOLDE						
Cápsula						

Determinação da Massa Seca Desprendida						
Cápsula	Nº					
Massa Seca + Tara (g)						
Massa da Tara	(g)					
Massa Desprendida (g)						
Fator de Redução						
PI	**(%)**					

$$Pi = \frac{altura * Pd * 100}{Ps}$$

MINI-PROCTOR - Dados de Compactação

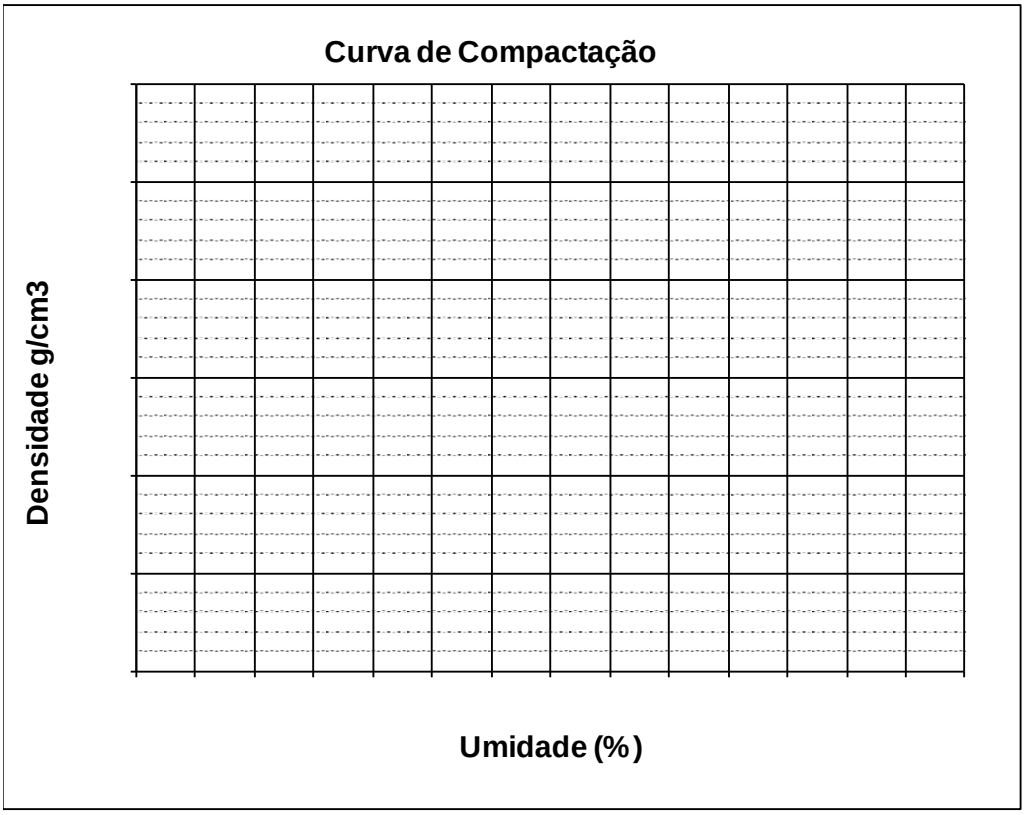
Energia:	Amostra:
K= =	

Compactação

Solo +Água					
Massa Umid.					
Leit. Fina (mm)					
Altura do cp. (mm)					
Dens. Seca					

Umidade

Capsula (n.)					
P.Umid.+t (g)					
P.Seca +t (g)					
tara (g)					
umidade(%)					



Umidade Ótima = %	**Dens ap. seca máx. g/cm3**

Questionário – Limites de Atterberg / Classificação HRB e Classificação MCT

1. Qual o significado físico do ensaio de limite de liquidez (LL)?
2. Qual o significado físico do ensaio de limite de plasticidade (LP)?
3. Valores de índice de plasticidade (IP) elevados indica que tipo de solo?
4. Qual o conceito da atividade de Skempton?
5. Quais são as propriedades de engenharia?
6. Quais são as propriedades índices utilizadas na classificação HRB?
7. Porque a classificação HRB é baseada nas propriedades índices?
8. Classificar segundo a HRB os solo A e B e indicar, com base nessa classificação qual material apresentaria melhor comportamento em uma camada de base de pavimento de baixo volume de tráfego.

Solo A	Granulometria:	< 2,0 mm = 65%
		< 0,42 mm = 42,5%
		< 0,075 mm = 28%
	Limkites de Aterberg	LL = 36,8%
		LP = 31,9%
Solo A	Granulometria:	< 2,0 mm = 100%
		< 0,42 mm = 68%
		< 0,075 mm = 49,5%
	Limkites de Aterberg	LL = 44,4%
		LP = 28,6%

9. Qual a(s) vantagem(ns) e desvantagem(ns) de se classificar os solos de forma expedita?
10. Porque as classificações MCT e HRB, necessariamente, fazem uso da fração do solo passante na peneira n. 40 (abertura 0,42 mm)?
11. Porque as classificações MCT e HRB, é necessariamente, espatular a pasta de solo para a classificação?
12. Quais as principais vantagens de se classificar solos tropicais utilizando a classificação MCT?
13. Os parâmetros c' e d' estão associados a que propriedades dos solos?
14. Qual o conceito do parâmetro Pi da classificação MCT?
15. Porque o parâmetro e' está associado ao carater laterítico do solo?
16. Com base nos parâmetros classificatórios MCT das duas amostras de solo X e Y (abaixo), classificar as duas amostras e com base nos resultados das classes obtidas, o que se pode esperar quanto ao comportamento em serviços dessas duas amostras?

Parâmetro	Solo X	Solo Y
c'	1	1,1
d'	85	12
Pi (%)	0	110

17. O parâmetro RIS o que indica sobre as características dos solos conforme metodologia MCT?
18. Qual a abrangência de recobrimento no território nacional de solos de comportamento laterítico?
19. Porque foi adotado o termo "comportamento" laterítico e não simplesmente laterítico dos solos classificados pela metodologia MCT?
20. Em que condições pode-se utilizar um solo com características indesejáveis, quanto a sua resposta estrutural, em uma dada camada de pavimento?

AULA 11 – CONTROLE DE CAMPO

Questionário – Controle Tecnológico

1. Qual a finalidade da realização do controle tecnológico da umidade e da massa específica aparente seca de camadas compactados de solo?
2. No controle de umidade de solos em campo, qual a inconveniência do emprego dos métodos: Estufa, *Speedy test*, Álcool isopropílico, Frigideira e nuclear (fonte radioativa)?
3. No controle de massa específica aparente seca, qual a inconveniência do emprego dos métodos: cravação de cilindro, nuclear (fonte radioativa), funil areia,
4. Exercício:

Em uma implantação de rodovia estão executando a camada de sub-base com solo. O trecho em questão é entre as estacas 657 e 687. Foram analisadas 3 jazidas com potencial de ser utilizada, com os seguintes parâmetros:

Jazida	TE	γ nat	γs	W ót	Custo de escavação	Distância de transporte
	(%)	(g/cm³)	(g/cm³)	(%)	(R$)	(km)
Saruê	31	1,21	1,65	17,8	9,30	3.180
Pau d'água	33	1,18	1,68	16,1	9,55	3.350
Caninana	27	1,16	1,74	13,6	9,40	3.150

A largura da plataforma a ser executada é de 16 m. A camada de sub-base tem espessura de com 40 cm e será executada em duas camadas de 20 cm cada. Assumindo-se para as 3 jazidas o custo de transporte de R$ 3,55 para cada m³/km e o custo de compactação R$ 9,81 m³ compactado, determinar qual jazida apresenta o menor custo para execução do serviço de compactação.

Jazida	Serviço	Custo unitário		Parâmetros do solo			Volume total	Custo R$
		R$	Unidade	Massa esp. ap.				
Saruê	Escavação		m³	γ nat		g/cm³		
	Transporte		m³/km	γt		g/cm³		
	Compactação		m³	γu		g/cm³		
Distância de transporte = _____ km						Total		

Pau d'água	Escavação		m³	γ nat		g/cm³		
	Transporte		m³/km	γt		g/cm³		
	Compactação		m³	γu		g/cm³		
Distância de transporte = _____ km						Total		

Canina na	Escavação		m^3	γ nat		g/cm^3		
	Transporte		m^3/km	γt		g/cm^3		
	Compactação		m^3	γu		g/cm^3		
Distância de transporte = _____ km							Total	

CONTROLE DE COMPACTAÇÃO DE CAMADA DE SOLO PELO MÉTODO DO FUNIL E AREIA – Exercício resolvido[1]

CONTROLE TECNOLÓGICO DE UMIDADE PELO MÉTODO DA FRIGIDEIRA E DENSIDADE PELO MÉTODO DO FUNIL E AREIA COM ESPECIFICAÇÃO DE ACEITAÇÃO DE SERVIÇO PELO CRITÉRIO ESTATÍSTICO

	Parâmetros	Especificação	Critério de aceitação	Limites
Solo	$W_{ótima}$ = 20,5%	+ 1% e - 2%	por compação direta	LIE ≥ 18,5% LSE < 21,5%
	γs: 1,62 g/cm3	Espe GC ≥ 95%	Análise estatística unilateral	$\bar{X} - KS \geq LIE \geq 95\%$

Estaca n.	Teor de umidade				Massa esp. apaente da camada de controle						CG
					Pu	Ps	Volume do furo				
	P.úmido (g)	P.seco (g)	P água (g)	Teor (%)	(g)	(g)	Pif (g)	Pff (g)	Paf	Volume furo (cm3)	γs (g/cm3)	
234	164,93	135,61	29,32	21,6	1271,02	1045,25	6395,34	4518,92	1082,10	689,24	1,52	0,94
235	179,06	146,06	33,00	22,6	1262,83	1030,04	6326,33	4508,49	1023,52	651,92	1,58	0,98
236	152,06	123,82	28,24	22,8	1137,13	926,00	5846,18	4119,92	931,94	593,59	1,56	0,96
237	209,83	175,28	34,55	19,7	1126,01	940,69	5710,93	3963,78	952,83	606,90	1,55	0,96
238	198,17	165,06	33,11	20,1	1154,77	961,51	5829,45	4085,71	949,42	604,73	1,59	0,98
239	204,86	171,17	33,69	19,7	1121,02	936,52	5652,97	3939,69	918,96	585,32	1,60	0,99
240	170,15	142,06	28,09	19,8	1132,26	945,13	5974,54	4241,07	939,15	598,18	1,58	0,98
241	172,87	142,68	30,19	21,2	1187,75	979,99	5986,27	4224,29	967,66	616,34	1,59	0,98
242	196,18	163,58	32,60	19,9	1209,04	1008,37	5908,00	4085,67	1028,01	654,78	1,54	0,95
243	187,49	155,56	31,93	20,5	1222,98	1014,92	6033,76	4184,19	1055,25	672,13	1,51	0,93

γs da areia=	**1,57**	**g/cm3**	$Média\ (\bar{X})$	0,96	0,0033
Pc =	**794,32**	**g**	**D. Padrão (S)**		
			$\bar{X} - KS$		

Estacas fora da especificação de umidade: 235 e 236
Critério estatístico para o GC (X) aceito ( ) rejetado

[1] (shift mode (all 3) enter (limpar)/ Mode sd/inserir valores M+/ ao final shift 2 (S-VAR) 1(média) 2(desvio padrão) 3(desvio padrão amostral - adotar esse)

Exercício 1

CONTROLE TECNOLÓGICO DE UMIDADE PELO MÉTODO DA FRIGIDEIRA E DENSIDADE PELO MÉTODO DO FUNIL E AREIA COM ESPECIFICAÇÃO DE ACEITAÇÃO DE SERVIÇO PELO CRITÉRIO ESTATÍSTICO

	Parâmetros	Especificação	Critério de aceitação	Limites
Solo	$W_{ótima}$ = 11,3%	+ 1% e - 2%	por compação direta	LIE ≥ LSE <
	γs: 1,82 g/cm3	Espe GC ≥ 95%	Análise estatística unilateral	$\bar{X} - KS \geq LIE \geq$

Estaca n.	Teor de umidade				Massa esp. apaente da camada de controle							CG
					Pu	Ps	Volume do furo					
	P.úmido (g)	P.seco (g)	P água (g)	Teor (%)	(g)	(g)	Pif (g)	Pff (g)	Paf	Volume furo (cm3)	γs (g/cm3)	
125	152,48	135,78			1394,58		8148,49	6175,81				
126	166,61	149,23			1386,40		8079,48	6123,20				
127	139,61	126,99			1310,69		7599,33	5669,26				
128	197,38	175,45			1249,57		7464,08	5628,38				
129	185,72	165,23			1278,34		7582,60	5718,61				
130	192,41	171,34			1244,59		7406,12	5577,07				
131	157,70	143,23			1285,83		7727,69	5818,54				
132	160,42	142,85			1311,32		7739,42	5839,89				
133	183,73	163,75			1332,60		7661,15	5801,74				
134	175,04	155,73			1346,55		7786,91	5867,06				
					γs da areia= 1,57 g/cm3					$Média(\bar{X})$		
							Pc = 794,32 g			Desvio Padrão (S)		
										$\bar{X} - KS$		

Para determinação do Ps, não utilizar as umidades que estivem fora da especificação, para essas estacas utilize a umidade ótima.

Estacas fora da especificação de umidade:	Critério estatístico para o GC Se ( ) aceito ( ) rejetado

Exercício 2

FATEC-SP

CONTROLE TECNOLÓGICO DE UMIDADE PELO MÉTODO DA FRIGIDEIRA E DENSIDADE PELO MÉTODO DO FUNIL E AREIA COM ESPECIFICAÇÃO DE ACEITAÇÃO DE SERVIÇO PELO CRITÉRIO ESTATÍSTICO

	Parâmetros	Especificação	Critério de aceitação	Limites
Solo	$W_{ótima}$ = 10,5%	+ 1% e - 2%	por compação direta	LIE ≥ LSE <
	γs: 1,95 g/cm3	Espe GC ≥ 98%	Análise estatística unilateral	$\bar{X} - KS \geq LIE \geq$

Estaca n.	Teor de umidade				Massa esp. apaente da camada de controle						CG
					Pu	Ps	Volume do furo				
	P.úmido (g)	P.seco (g)	P água (g)	Teor (%)	(g)	(g)	Pif (g)	Pff (g)	Paf	Volume furo (cm3)	γs (g/cm3)	
401	69,64	63,14			2005,80		7405,88	5030,20				
402	84,15	77,27			1997,61		7336,87	4924,61				
403	54,39	50,27			1891,91		6856,72	4514,85				
404	117,01	108,04			1880,79		6721,47	4397,25				
405	105,05	96,38			1889,55		6839,99	4510,65				
406	114,30	103,07			1855,80		6663,51	4405,45				
407	76,15	68,36			1867,04		6985,08	4759,76				
408	79,18	71,08			1922,53		6996,81	4725,13				
409	105,06	94,39			1943,82		6918,54	4601,37				
410	95,56	85,70			1957,76		7044,30	4741,66				

Para determinação do Ps, não utilizar as umidades que estivem fora da especificação, para essas estacas utilize a umidade ótima.

γs da areia= 1,57 g/cm3	$Média(\bar{X})$	
Pc = 794,32 g	Desvio Padrão (S)	
	$\bar{X} - KS$	

Estacas fora da especificação de umidade:	Critério estatístico para o GC Se ( ) aceito ( ) rejetado