



UFPb

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ESTABILIZAÇÃO DE SOLO COM CIMENTO

ANTÔNIO DE PÁDUA LEITE ROCHA



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

Ilmo. Sr. Coordenador do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB - Campina Grande - Pb

ANTONIO DE PÁDUA LEITE ROCHA, aluno regularmente matriculado no Curso de Engenharia Civil deste Centro, sob o número de inscrição 7521014-1, com estágio supervisionado no laboratório de solos II, da Universidade Federal da Paraíba, com sede em Campina Grande, vem requerer de Vossa Senhoria que se digne apreciar o seu relatório anexo, bem como o parecer do engenheiro do laboratório, Professor Carlos Roberto Vasconcelos Costa sobre o referido estágio. Ao mesmo tempo, solicita que o relatório seja encaminhado a quem de direito, para à atribuição do devido conceito e seja feita a Contagem dos Créditos correspondentes.

Nestes termos
P.E. Deferimento

Campina Grande, 28 de setembro de 1979

Antonio de Pádua Leite Rocha
Antonio de Pádua Leite Rocha

- 01 - AGRADECIMENTOS
- 02 - OBJETIVO
- 03 - FINALIDADE
- 04 - GENERALIDADES
- 05 - AMOSTRA
- 06 - ENSAIO
- 07 - CÁLCULOS
- 08 - RESULTADOS
- 09 - ANEXOS
- 10 - BIBLIOGRAFIA

01 - AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

Ao professor Carlos Roberto Vasconcelos Costa, pela orientação sincera, honesta e segura, e pelo incentivo com que o mesmo me orientou.

Aos professores Francisco Barbosa de Lucena e Ana Maria Vilar Campos Catão pela oportunidade que me concederam na realização deste estágio.

A Maria de Fátima Leite Rocha, no preparo dos originais datilógrafos.

Aos funcionários dos laboratórios de solo I e II, pela grande colaboração concedida.

02 - OBJETIVO

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo determinar as caracteristicas de 2 (dois) solos estabilizados com cimento quanto a resistência à compressão simples e durabilidade, por molhagem e secagem para vários teores de cimento e várias percentagens de úmidade.

03 - FINALIDADE

FINALIDADE

Estudar as melhores condições de estabilização com cimento de 2 (dois) solos extremos (CL e SM), um argiloso e ou tro arenoso, com a finalidade de empregá-los em revestimento de canais de irrigação, dando prosseguimento ao programa de pesquisas do Centro de Ciências e Tecnologia da U.F.P.b, visando o aproveitamento mais racional dos referidos solos nas obras já especificadas.

04 - GENERALIDADES

GENERALIDADES

Em virtude dos canais de irrigação dos perímetros apresentarem diversos problemas quanto à infiltração, como também determinadas áreas irrigadas perderem água facilmente causadas pela infiltração, o MINTER (Ministério do Interior) juntamente com a U.F.Pb pelo seu centro II, Campina Grande, resolveu realizar uma pesquisa de maneira a minimizar as perdas de água causadas pela infiltração nos canais, bem como apresentar uma maior durabilidade com o tempo e conseqüentemente com melhor economia.

Atualmente, os canais de irrigação são feitos de concreto, que apesar de satisfazerem muito bem a parte técnica, não acompanha ao outro requisito tão importante, qual seja o econômico. Em vista disto, pensou-se que se, se conseguisse estabilizar solo com diversos aditivos pudesse chegar a um revestimento que, em comparação com o anteriormente utilizado fosse também satisfatório.

Foram visitados os perímetros irrigados de Condado, Sumé no Estado da Paraíba ambos operados pelo DNOCS e dos perímetros Propriá e Itiuba nos Estados de Sergipe e Alagoas respectivamente sob operação da CODEVASF. (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco). Nestes perímetros foram extraídos 63 (sessenta e três) amostras, ensacadas e armazenadas no laboratório II do CCT U.F.P.B. Campina Grande, para posterior análises.

Foram feitos inicialmente a classificação dos referidos solos e, em virtude da dificuldade de estudar os diversos tipos

de solos então, escolheu-se apenas 2 (dois) solos de granulometria e plasticidade extrema.

Por se tratarem de um solo argiloso e outro arenoso a equipe técnica da pesquisa resolveu escolher os solos CL e SM, respectivamente. Solos estes trazidos do perímetro de Sumé do lote 32 e de uma jazida localizada em uma área perto da escola, local bem definido.

Fixados os solos para estudo de estabilização, utilizamos o método preconizado pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) para a escolha do teor de cimento provável. Com este teor provável e conhecendo-se a umidade ótima para o solo puro, fez-se variar estes teores para se chegar ao teor ótimo, isto é, aquele teor que fornece as melhores condições de trabalhidade (solo-cimento-plástico) econômica, resistência e durabilidade.

05 - AMOSTRA

AMOSTRA

As amostras colhidas no perímetro irrigado de Sumé foram estocadas em um depósito anexo ao laboratório de solo II, em seguida trazida para o mesmo, e procedido a secagem ao ar livre, destorroada no almofariz com auxílio de mão-de-gral e homogeneizada.

Para os diversos ensaios realizados foi seguido a seguinte ordem:

5.1 - CARACTERIZAÇÃO

Para os ensaios de caracterização as amostras foram preparadas seguindo o método MB-27 (Preparação de Amostras para ensaios de Caracterização).

5.2 - DENSIDADE REAL DOS GRÃOS

Para realização do ensaio de densidade real de solos a amostra foi preparada seguindo o método MB-28 (Preparação de Amostras para determinação da densidade real de solos).

5.3 - ESTABILIZAÇÃO DE SOLO-CIMENTO

Feita a homogeneização do material o mesmo foi estocado em sacos plásticos para evitar a perda de umidade e previamente determinada a umidade, isto para a moldagem dos corpos de prova pa

ra os ensaios de resistência à compressão simples e durabilidade por moldagem e secagem.

ENSAIOS

A realização dos ensaios podem ser desmembradas nas seguintes etapas:

- 6.1 - Caracterização
- 6.2 - Densidade Real
- 6.3 - Compactação
- 6.4 - Moldagem de Corpos de Prova
- 6.5 - Resistência à compressão simples
- 6.6 - Durabilidade, "Moldagem e Secagem".

6.1 - Caracterização

Para caracterização dos solos foi feito o ensaio de caracterização que consta dos seguintes:

- 6.1.1 - Limite de Liquidez
- 6.1.2 - Limite de Plasticidade
- 6.1.3 - Análise granulométrica por sedimentação

Todos esses ensaios foram feitos seguindo as orientações recomendadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) pelos seus métodos MB-30, MB-31 e MB-32, para ensaios de Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Análise granulométrica por sedimentação respectivamente.

6.2 - Densidade Real

O ensaio de densidade real foi realizado seguindo o método MB-28, preconizado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

6.3 - Compactação

Este ensaio foi feito seguindo o método MB-33, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

6.4 - Moldagem de Corpos de Prova

As moldagens dos corpos de provas para os ensaios de resistência à compressão simples e durabilidade por molhagem e secagem foram feitos pelo método SC-2 da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

6.5 - Resistência à compressão simples

A ruptura dos corpos de prova foi feita pelo método SC-4 da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

6.6 - Durabilidade por "Moldagem e Secagem"

Este ensaio foi realizado seguindo o método SC-3 da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

07 - CÁLCULOS

CÁLCULOS

Cálculo do teor de cimento para os ensaios de resistência à compressão simples e durabilidade por molhagem e seca - gem.

7.1 - Dados para o Solo CL.

Silte + Argila = 42%

Argila = 24%

Silte = 18%

LL = 31%

LP = 16%

IP = 15%

% que passa na peneira nº 10 = 99%

% que passa na peneira nº 40 = 93%

% que passa na peneira nº 200 = 82%

7.1.1 - Cálculo do índice de grupo (IG)

% que passa na peneira nº 200 = 82% } x = 2
IP = 15% }

% que passa na peneira nº 200 = 82% } y = 8
LL = 31% }

$$IG = x + y \rightarrow IG = 2 + 8 \quad IG = 10$$

7.1.2 - Tipo de Solo

Pela tabela da HRB teremos para:

LL = 31%

IP = 15%

IG = 10

% que passa na peneira nº 10 = 99%

% que passa na peneira nº 40 = 93%

% que passa na peneira nº 200 = 82%

SOLO A - 6

7.1.3 - Tipo de Norma

Como o solo é argiloso utilizaremos o método geral.

7.1.4 - Teor de cimento inicial

Para o solo A-6 a ABCP recomenda como ponto de partida um teor de cimento correspondente a 12% para o ensaio de compactação da mistura solo-cimento.

7.1.5 - Compactação Solo-cimento

Com a percentagem de cimento obtido de acordo com tipo de solo, foi feito o ensaio de compactação pelo método SC-1, obtendo-se os valores de 1880 g/cm^3 para a densidade seca máxima e 14,2% para a umidade ótima.

7.1.6 - Teor de Cimento Provável

Com $\gamma_{sm\acute{a}x}$ obtido no ítem anterior e com a percentagem de Silte e o índice de grupo determina-se a percentagem de cimento provável.

No nosso caso tivemos percentagem de Silte =

	= 18%
Índice de grupo IG	= 10
$\gamma_{sm\acute{a}x}$	= 1880 g/cm^3

Obtemos na tabela 3 do método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) um teor de 10% de cimento. Baseado no valor provável fizemos variar as percentagens de cimento de 10% a 16%, bem como, a umidade de moldagem. Em sumo, foi feito,

percentagens de cimento 10, 12, 14 e 16%

percentagens de umidade 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22%

7.1.7 - Quantidade de Cimento

A quantidade de cimento foi feita em relação ao peso do solo seco, para isto foi necessário determinar o peso de solo seco. Tomamos 2.500 gramas de solo úmido e conhecendo-se a sua umidade, determinamos o peso seco pela fórmula:

$$P_s = \frac{P_h}{1+h} \times 100$$

7.1.8 - Quantidade de Água

A quantidade da água foi determinada em relação ao peso seco total, isto é:

$P_a = P_{st} (H_{mold} - H_i)$, sendo

P_a = Peso da água e adicionar o solo

P_{st} = Peso seco total que é igual ao peso do solo seco mais o peso do cimento.

H_{mold} = Umidade de moldagem

H_i = Umidade Higroscópica.

7.1.9 - Verificação da Moldagem

Para cada corpo de prova foi tirada duas amostras e feita a determinação da umidade. O cálculo para determinação desta foi feito pela seguinte fórmula:

$$H\% = \frac{Pa}{Ps} \times 100 \text{ sendo,}$$

H - Umidade do solo expresso em percentagem

Pa - Peso da água contida no solo, o que corresponde a diferença entre o peso úmido e o peso seco correspondente.

Ps - Peso do solo seco em estufa a 110°C

7.1.10 - Verificação da Densidade Aparente

Conhecido o peso do corpo de prova úmido e o seu volume (1070 cm³), a densidade seca foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\gamma_s = \frac{\gamma_h}{1+H} \times 100$$

$$\gamma_h = \frac{Ph}{V} \text{ sendo,}$$

γ_s - Densidade Aparente seca

γ_h - Densidade Aparente úmida

H - Teor de umidade do solo

Ph- Peso do corpo de prova úmido

V - Volume do corpo de prova

7.1.11 - Resistência à compressão simples

Para a determinação da resistência à compressão simples dividimos a força que provocou a ruptura do corpo de prova pela área de contato sendo a área igual a 84,9 cm².

7.1.12 - Durabilidade por Moldagem e Secagem

O cálculo da perda do peso (%P) por molhagem e secagem foi determinado segundo as fórmulas abaixo:

$$\%P = \frac{E - F}{E} \times 100$$

sendo,

E - Peso seco inicial calculado por ocasião da moldagem do corpo de prova.

F - Peso seco final corrigido.

O peso seco final corrigido é calculado pe

la fórmula, $F = \frac{A}{B + 100} \times 100$ sendo,

A : Peso seco a 110°C

B : Percentagem de água retida no corpo de prova, no nosso caso B = 3,5%

7.2 - Dados para o solo, SM.

Silte + Argila = 20%

Silte = 4%

Argila = 16%

LL = NL

LP = NP

IP = NP

Percentagem que passa na peneira nº 200 - 20,4%

Percentagem que passa na peneira nº 40 - 60,0%

Percentagem que passa na peneira nº 10 - 97,7%

7.2.1 - Cálculo do início de Grupo (IG)

Percentagem que passa na peneira nº 200 - 20,4%

IP - NP

} x=0

Percentagem que passa na peneira nº 200 - 20,4%

LL - NL } y = 0

portanto, $IG = x + y$ $IG = 0 + 0$ $IG = 0$

7.2.2 - Tipo de Solo

Pela tabela da HRB, teremos para

LL = NL

LP = NP

% que passa na peneira 200 = 97,7%

% que passa na peneira 40 = 60,0%

% que passa na peneira 10 = 20,4%

Solo A - 2 - 4

7.2.3. - Tipo de Norma

Como o solo é arenoso, utilizamos o método sim
plificado.

7.2.4 - Teor de Cimento inicial

7.2.4.1 - Pedregulho fino mais areia grossa = 40%

Silte + Argila = 20%

teremos fig. 1 (método da ABCP), densidade apa
rente máxima estimada = 1.940 g /dm³.

7.2.4.2 - Silte mais Argila = 20%

Densidade aparente máxima estimada = 1.940 g /
/dm³, portanto, teor de cimento inicial = 6%

7.2.5 - Teor de Cimento Provável.

Como a percentagem foi de 6% o estudo foi feito tomando-se como base o teor de 6% de cimento fazendo-se variar a sua percentagem, bem como, o teor de umidade da seguinte maneira-

Cimento - 4 a 18% variando de 2 em 2%

Umidade - 8 a 18% variando de 1 em 1%

7.2.6 - Quantidade de cimento.

Por analogia a quantidade de cimento foi calculada da mesma maneira que o ítem 7.1.7

7.2.7 - Quantidade de água.

A quantidade de água foi calculada analogamente ao ítem 7.1.8.

7.2.8 - Verificação da moldagem.

Para a verificação da moldagem seguem-se a mesma analogia do ítem 7.1.9.

7.2.9 - Verificação da densidade.

Analogamente ao ítem 7.1.10 foi feita a verificação da densidade.

7.2.10- Resistência à compressão simples.

Para a determinação da Resistência a Compressão Simples seguiu-se a mesma analogia que o ítem 7.1.11.

7.2.11- Durabilidade por Molhagem e Secagem.

Os cálculos para a determinação da Durabilidade por molhagem e secagem são análogos ao item 7.1.12.

08-RESULTADOS

RESULTADOS

Os resultados dos ensaios realizados estão apre
sentados nos anexos.

09 - COMENTÁRIOS

COMENTÁRIOS

Mistura Solo SM-cimento

O anexo 11.4 apresenta a relação entre a perda de peso média e a umidade média de moldagem para os 7 (sete) teores de cimento testados. Observa-se obviamente que as perdas de peso (em %) diminuem com o aumento dos teores de cimento (em %). Também pode observar-se que existe um intervalo de umidade de moldagem na qual as perdas são mínimas. Umidade menores e maiores que este intervalo (para todos os teores de cimento testados) produzem um aumento de perdas de peso do material ensaiado.

Levando-se em consideração que a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, estabelece que para o tipo de solo ensaiado a máxima perda de peso permissível é de 14% foi possível, em função dos resultados contidos no anexo 11.4, estabelecer que o teor mínimo de cimento mais recomendável na mistura seria 8%. Quando tal composição é usada as perdas de peso médias nos corpos de prova variam entre 6 e 18% para os diferentes conteúdos de água da mistura testadas com uma média de 12%. Para todos os conteúdos de água testadas, as misturas com um teor de 6% de cimento sempre produzem perdas maiores de 15%. Para os mesmos teores de água, misturas com uma composição de 10% de cimento nunca produziram perdas maiores de 12%.

Desta mesma figura é possível se concluir também que as mínimas perdas de peso foram obtidas quando cada uma das misturas testadas foram moldadas com um conteúdo de água de aproximadamente 11%. Quando a mistura solo-cimento com um teor de

8% de cimento, foi moldada com um conteúdo de água em forno de 11%, onde as perdas foram ao redor de 7%. Com teores de água maiores ou menores de 11% as perdas de peso do material aumentam, alcançando, inclusive, valores maiores que 20% para 6% de teor de cimento.

Assim na construção dos canais experimentais, re vestidos com a mistura de solo SM-cimento, recomenda-se teores de cimento não inferiores aos 8%.

Convém ressaltar no entanto, que apesar do teor de umidade, em torno de 11%, ter apresentado uma mínima perda de peso média o mesmo não aconteceu com a resistência a compressão simples e nem tão pouco com a densidade aparente seca máxima da mistura. É oportuno fixar que em virtude do tipo de estrutura a ser construída (canal para irrigação) a perda de peso se torna um fator decisivo para determinação dos teores ótimos de aditivos e umidades.

O anexo 11.3 apresenta a relação entre a resistência a compressão simples dos corpos de prova moldados com diferentes teores de cimento e de umidade. Observa-se que a maior resistência foi obtida com teores de água em torno de 10%.

Mistura Solo CL-cimento

Da mesma forma que na dosagem do solo SM foi utilizado a metodologia preconizada pela Associação Brasileira de Cimento Portland, para o solo CL-cimento. Para tal mistura a ABCP recomenda uma perda de peso máximo após 12 ciclos de molhagem e secagem um valor máximo de 7%. No anexo 11.9 estão plotados os resultados correspondentes as perdas de peso versus umidade de moldagem para teores de cimento 10, 12, 14 e 16%. Observa-se para estes 4 níveis de cimento em geral as perdas variam entre 2 e 11%. As per

das mínimas foram obtidas quando os corpos de prova foram moldados com um conteúdo de água em torno de 17%, (perdas de 1.7, 2.0, 2.5 e 3.0% para teores de 10, 14, 12 e 10%, respectivamente). Considerando-se que estas perdas foram muito inferiores aquela admissível, ou seja, 7%, estão sendo realizados novos testes, usando-se teores de cimento de 4, 6 e 8%.

Da mesma forma que na mistura solo SM-cimento as perdas mínimas, para os vários teores de cimento e água se situam em torno da umidade ótima (17%). Tal não ocorre com a resistência a compressão simples nem tão pouco com a densidade aparente seca máxima. Assim as mínimas perdas não se pronunciaram quando a mistura apresentou a maior resistência a compressão e a maior densidade aparente. No anexo 11.7 apresenta a relação entre a densidade aparente seca e a umidade média de moldagem para vários teores de cimento. Observa-se que a maior densidade se obtém com conteúdos de água aproximadamente igual a 14%. O anexo 11.8 apresenta a relação entre a resistência a compressão e a umidade média de moldagem para os diferentes teores de cimento testados. Observa-se novamente que a maior resistência foi obtida também com um conteúdo de água na vizinhança de 14%.

10 - CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

Tendo como base os resultados obtidos em laboratório para o material pesquisado, com variação dos teores de umidade e de aditivos e consubstanciado na pesquisa bibliográfica sob o assunto, podemos fixar no quadro a seguir as misturas a serem utilizadas nos canais experimentais.

Tabela 1 - Composição das misturas a serem usadas no revestimento de canais.

MISTURAS	CIMENTO	ÁGUA
I SOLO SM	8%	11%
II SOLO CL	10%	17%

Com ~~as~~ misturas recomendadas serão construídos canais estáticos e dinâmicos. Os canais estáticos serão construídos no campo com objetivo principal de determinar as perdas de água por infiltração. Os ensaios serão realizados mediante o método da bacia (Bureau of Reclamation, 1976). Os canais serão também submetidos a períodos secos e molhados como ocorre na prática para se observar o comportamento das misturas quando submetidas a fatores de desgaste. Ao mesmo tempo serão construídos três canais adicionais pois usando-se solos SM e CL não revestidos, como testantes, e um terceiro revestido com plástico impermeável para determinar as perdas de água por evaporação. Os canais dinâmicos serão construídos no laboratório com as misturas recomendadas com o

objetivo principal de se determinar as perdas de material por ero
são e as características hidráulicas dos canais e revestimentos.

Tal como nos canais estáticos, os canais dinâmicos testemunhos serão construídos com os solos SM e CL não revestidos. Tanto na construção dos canais estáticos como nos dinâmicos a a preparação das misturas será feita na seguinte sequência:

- O solo e o cimento nas combinações especificadas são inicialmente misturadas em sêco. As quantidades de cimento recomendadas serão ar
bitrariamente incrementadas em duas unidades percentuais com o objetivo de assegurar uma adequada resistência a erosão provocada pela circulação da água.

11-ANEXOS

Ensaio de Caracterização e Densidade Real para
o solo SM.

5010 SM.
ANALISE GRANULOMÉTRICA COM SEDIMENTAÇÃO-DNER M 51-.....

ESTRADA: _____	ORGÃO EXECUTOR: _____
TRECHO: _____	INTERESSADO: _____
EST. OU km: _____	OPERADOR: _____
REGISTRO: _____ AMOSTRA: _____	VISTO: _____ DATA: _____

AMOSTRA TOTAL SÊCA		UMIDADE HIGROSCÓPICA		RESUMO DA GRANULOMETRIA	
Amostra total úmida	1000 g	Cápsula n° 171	14,7 g	Pedregulho; acima de 2,0 mm	2,3 %
Retido n° 10	22,9 g	Cápsula e solo úmido	56,7 g	Areia grossa: 2,0 a 0,42 mm	37,7 %
Passando n° 10 úmido	977,1 g	Cápsula e solo sêco	56,6 g	Areia fina: 0,42- 0,074 mm	39,6 %
Água	_____ g	Água	0,1 g	Silte + argila: abaixo	
Passando n° 10 sêco	975,1 g	Solo sêco	41,9 g	de 0,074 mm	2,04 %
Amostra total sêca	998,0 g	Umidade higroscópica - h	0,2 %	Total	100 %
		Fator de correção: = $\frac{100}{100+h}$	0,9980	Retido entre n° 10 e 200	_____ %

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL

Peneira	MATERIAL RETIDO			% que passa da amostra total	Peneira mm
	Pêso - g	% Amostra total	% Acumulada		
1 1/2 pol					38,1
1 pol					25,4
3/4 pol					19,1
3/8 pol					9,5
N° 4	2,3	0,2	0,2	99,8	4,8
N° 10	20,6	2,1	2,3	97,7	2,0

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL

Amostra parcial úmida 100 g Amostra parcial sêca 99,8 g

Peneira	MATERIAL RETIDO			% que passada amostra parcial	% que passa da amostra total	Peneira mm
	Pêso - g	% amostra parcial	% acumulada			
N° 16	9,3	9,3	9,3	90,7	88,6	1,2
N° 30	15,0	15,0	24,3	75,7	73,9	0,6
N° 40	14,2	14,2	38,5	61,5	60,0	0,42
N° 50	10,8	10,8	49,3	50,7	49,5	0,30
N° 100	21,4	21,4	70,7	29,3	28,6	0,15
N° 200	8,4	8,4	79,1	20,9	20,4	0,074

SEDIMENTAÇÃO

70g. Massa específica real 2,600 g/cm³ Densímetro 8 PRDV. N° 8

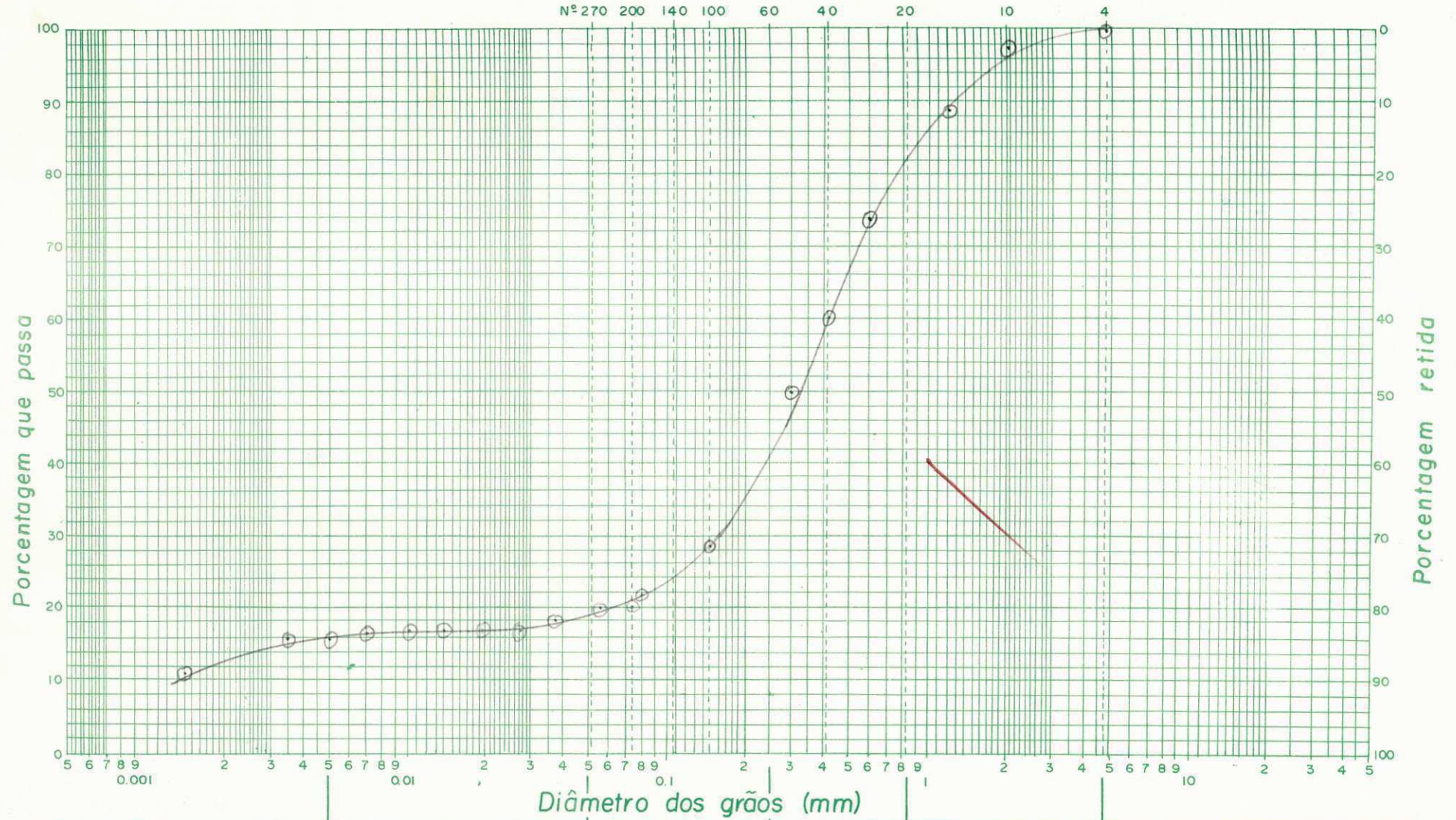
Data	Horo observado	Tempo decorrido (min)	Leitura densimétrica	Temperatura °C	Correção dev. à temp.	Leitura corrigida	Diâmetro mm	% da amostra parcial ou altura de queda - cm	% da amostra total
7,9	10:41,5	0,5	1,010	26	0,0012	1,0062	0,0773	21,7	21,4
8,1	10:42	1	1,0095	26	0,0012	1,0057	0,0550	20,7	20,2
7,6	10:43	2	1,0085	26	0,0012	1,0047	0,0383	18,4	18,0
7,7	10:45	4	1,008	26	0,0012	1,0042	0,0272	17,2	16,8
7,7	10:49	8	1,008	26	0,0012	1,0042	0,0192	17,2	16,8
7,7	10:56	15	1,0075	27	0,0015	1,0040	0,0139	17,4	17,0
7,7	11:11	30	1,0075	27	0,0015	1,0040	0,0098	17,4	17,0
7,8	11:41	60	1,0070	28	0,0018	1,0038	0,0069	17,4	17,0
7,9	12:41	120	1,0065	28	0,0018	1,0033	0,0049	16,3	15,9
8,0	14:41	240	1,0055	30	0,0023	1,0028	0,0034	16,5	16,1
3,2	10:41	1440	1,0055	26	0,0012	1,0017	0,0015	11,4	11,1

OBSERVAÇÕES: _____

Solo SM

GRANULOMETRIA

Peneiras (ASTM)



CLASSIFICAÇÃO
A. B. N. T.

Argila

Silte

Areia Fina

Areia média

Areia grossa

Pedregulho

UFPb - C. C. T. - D E C

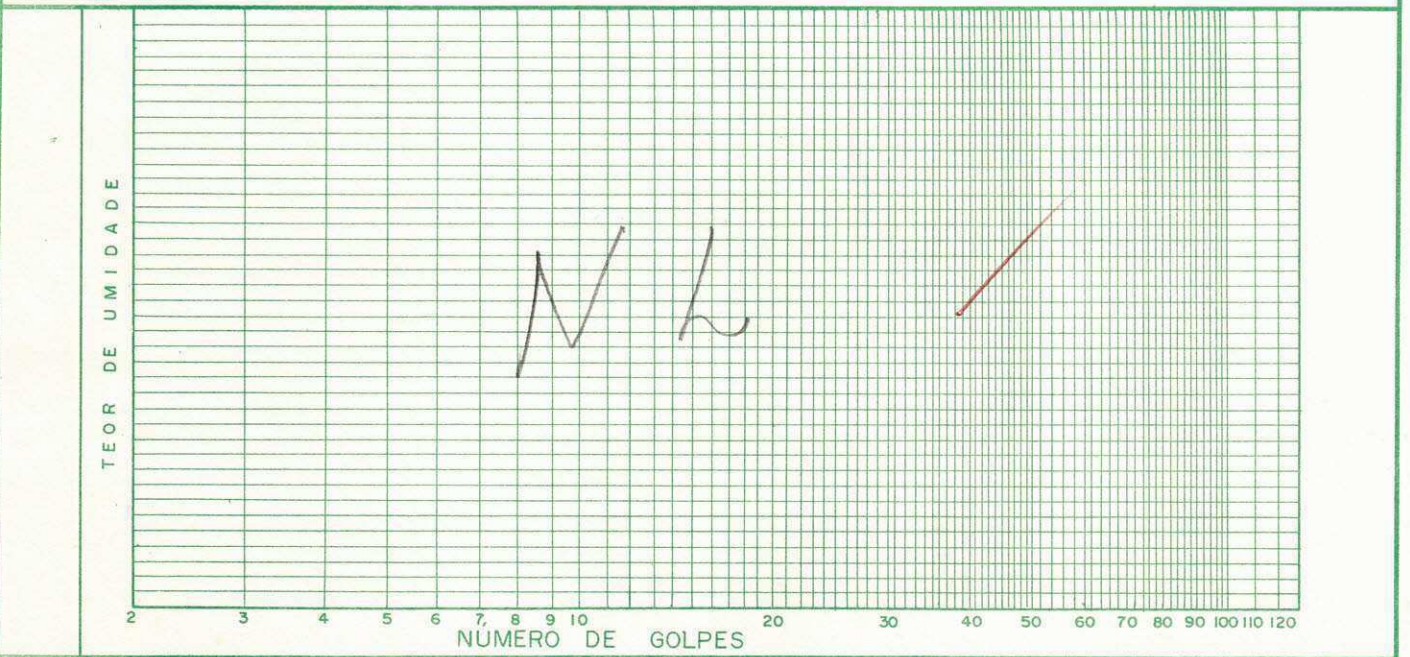
RODOVIA	TRECHO	REGISTRO N.º
PROCED-SL-JAZ-AT. etc	LOCALIZ. - FURO-EST-LADO	PROFUND. - cm
LABORATÓRIO:		

NATUREZA	RESULTADO:
Solo SM	LL= _____ IP= _____

L I M I T E D E L I Q U I D E Z

1	CAPSULA Nº								
2	Nº DE GOLPES								
3	PESO BRUTO ÚMIDO								
4	PESO BRUTO SECO								
5	TARA DA CÁPSULA								
6	PESO DA ÁGUA								
7	PESO DO SOLO SECO								
8	UMIDADE								

NL



ÍNICIO _____	OPERAÇÃO _____	VISTO _____	LL= _____ %
TERMINO: _____	CÁLCULO: _____		

L I M I T E D E P L A S T I C I D A D E

1	CAPSULA Nº								
2	PESO BRUTO ÚMIDO								
3	PESO BRUTO SECO								
4	TARA DA CÁPSULA								
5	PESO DA ÁGUA								
6	PESO DO SOLO SECO								
7	UMIDADE								

NP

ÍNICIO: _____	OPERAÇÃO: _____	VISTO: _____	LP= _____ %
TÉRMINO: _____	CÁLCULO: _____		IP= _____ %

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
 INST. TECNOLÓGICO - CCT - UFPb
 LABORATÓRIO DE SOLOS E ESTRUTURAS

NATUREZA: SOLO SM

DOSAGEM Nº: _____ DATA : _____
 RODOVIA : _____ OPERAÇÃO : _____
 THECHO : _____ CÁLCULO : _____
 VISTO : _____

DENSIDADE REAL

			1603	1613
1	Peso do picnômetro vazio	P1	34,7164	33,5007
2	Peso do picnômetro + amostra	p2	54,8809	52,9017
3	Peso do picnômetro + amostra + água	P3	97,0050	95,3813
4	Peso do picnômetro + água	P4	84,5928	83,4423
5	Densidade real	D	2,6010	2,6000

DENSIDADE REAL MÉDIA

2,6005

$$D = \frac{P2 - P1}{(P4 - P1) (P3 - P2)}$$

DENSIDADE APARENTE

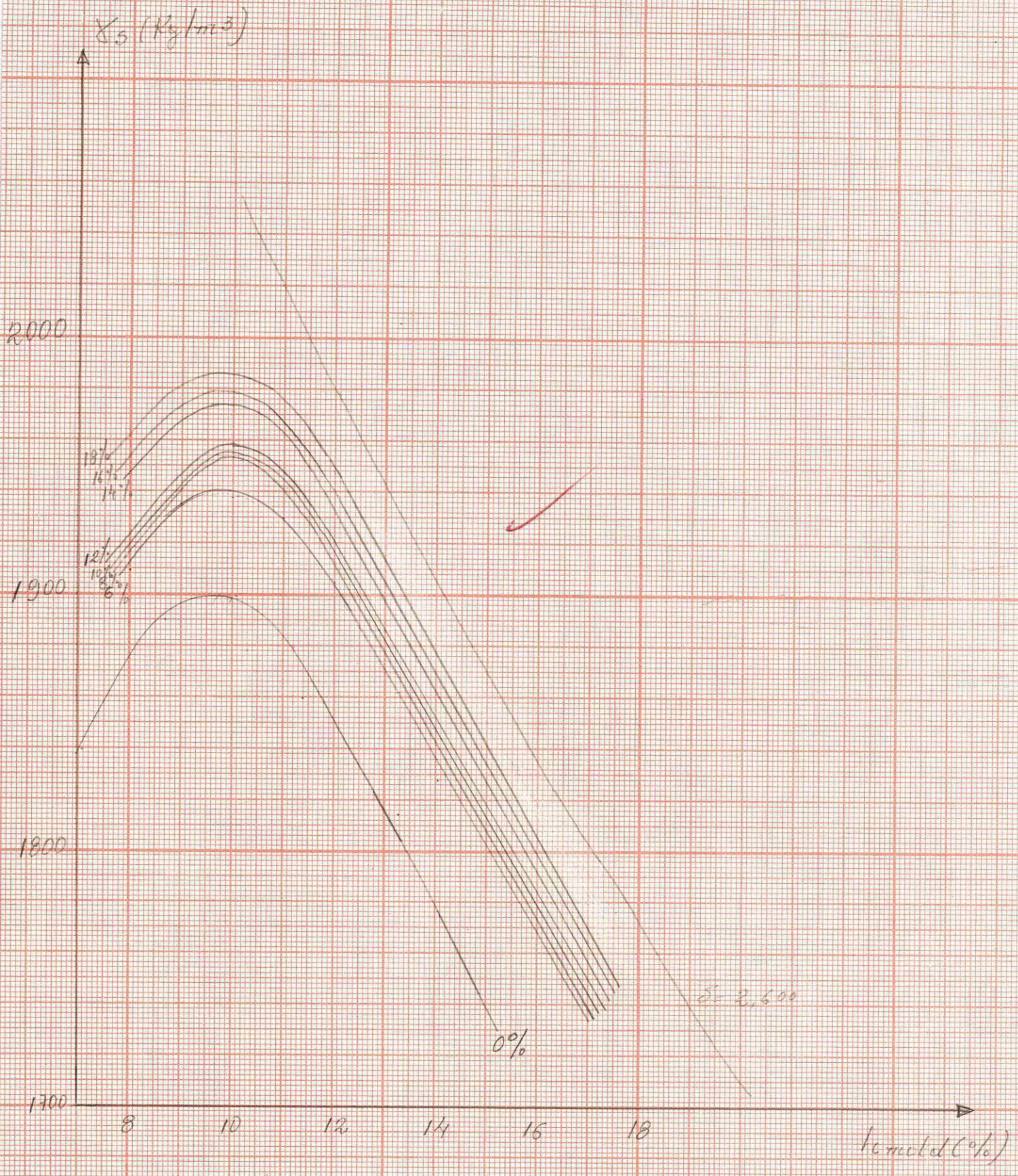
1	Peso da amostra	P		
2	Volume depositado	V		
3	Densidade aparente	dq		

DENSIDADE APARENTE MÉDIA

MR

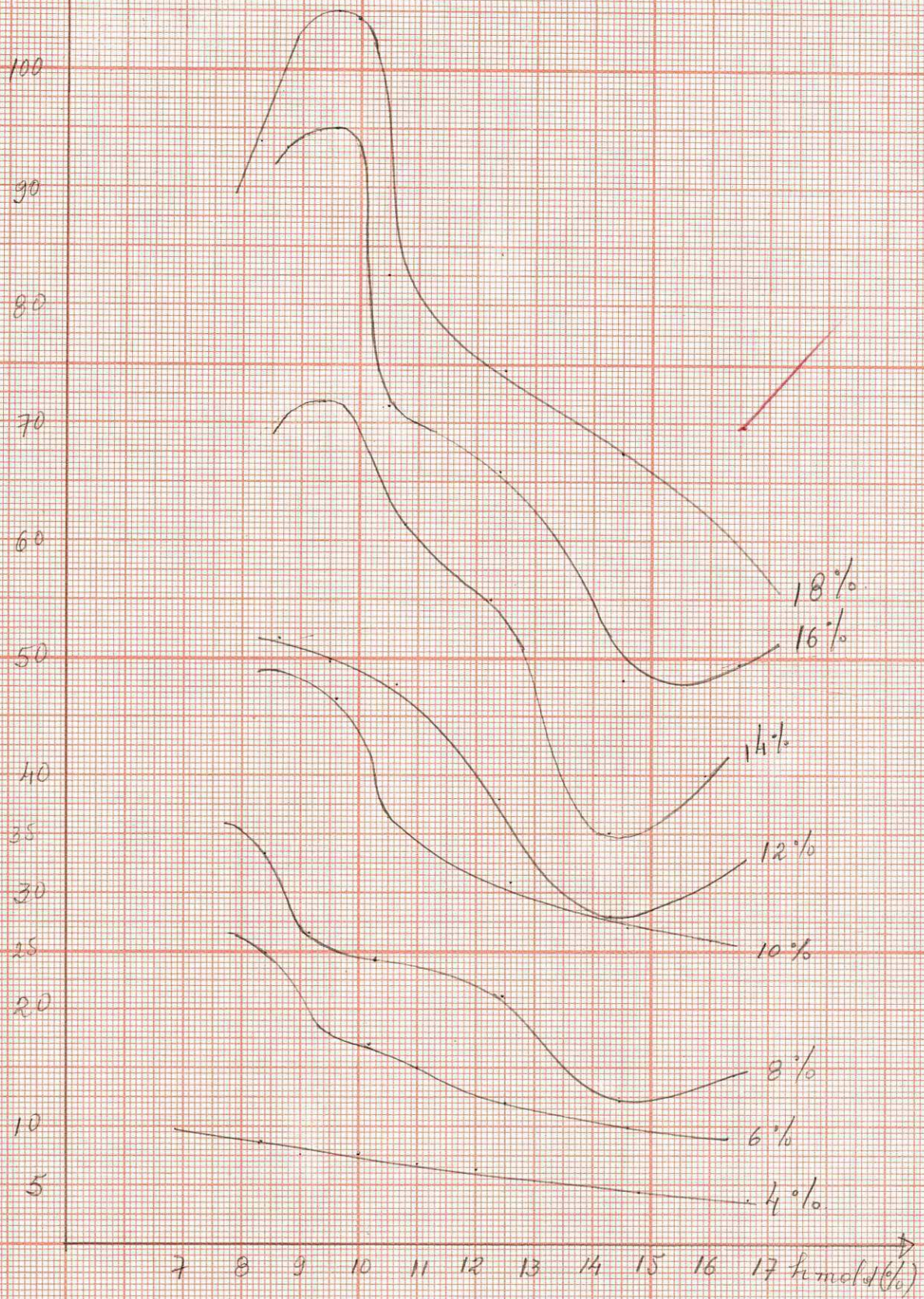
ANEXO 11.2

Relação densidade seca versus umidade para vá
rias percentagens de cimento solo SM.



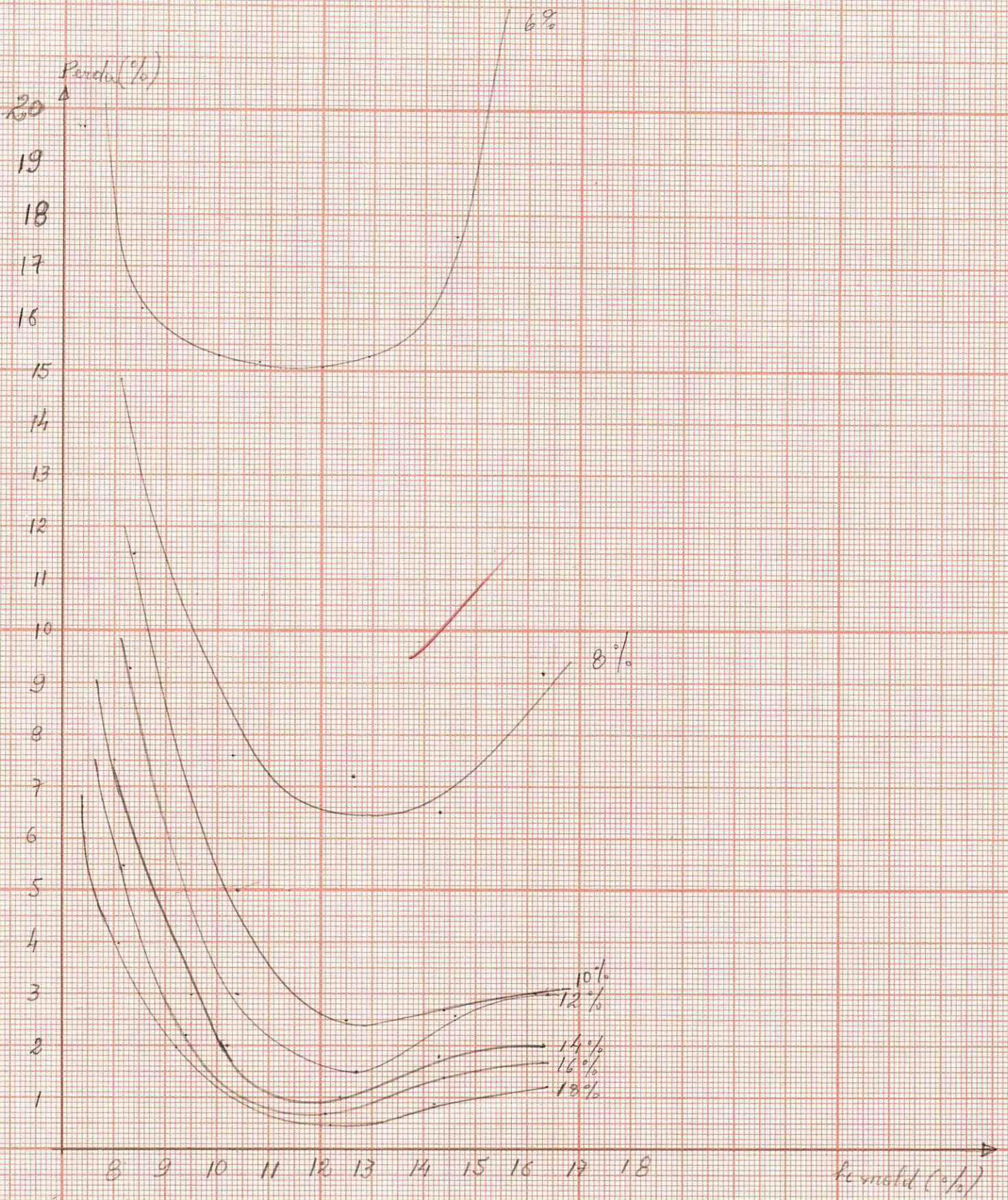
ANEXO 11.3

Ensaio de resistência a compressão simples ver
s os umidade para várias percentagens de cimento solo SM.




ANEXO 11.4

Relação entre perda de peso média final e a um
dade média de moldagem para várias percentagens de cimento de solo
SM.

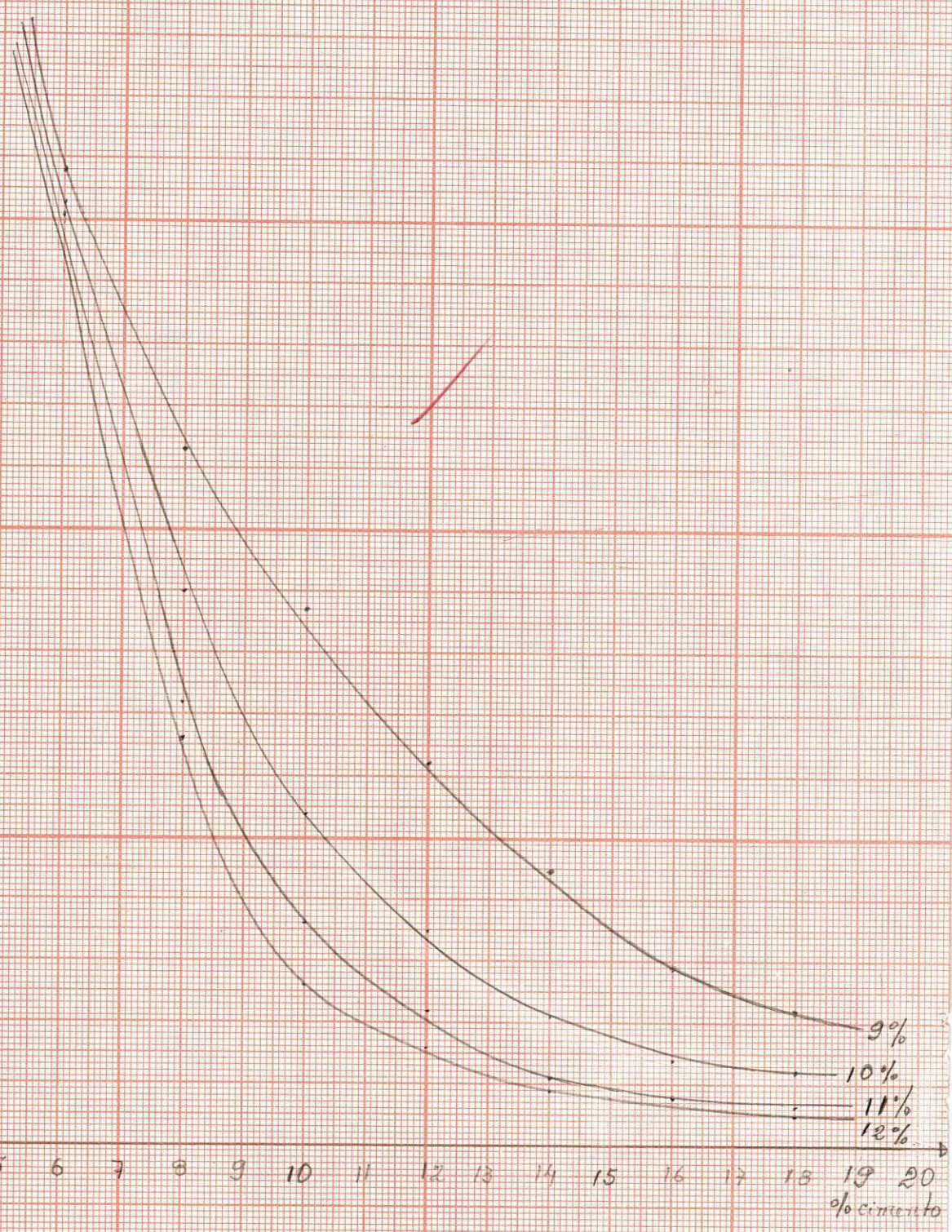


ANEXO 11.5



Relação entre perda de peso média final e a per
centagem de cimento para vários teores de umidade de moldagem de
solo SM.

Perda (%)



ANEXO 11.6



Ensaio de Caracterização e Densidade Real para
o solo CL.

ESTRADA: _____	ORGÃO EXECUTOR: _____
TRECHO: _____	INTERESSADO: _____
EST. OU km: _____	OPERADOR: _____
REGISTRO: _____ AMOSTRA: <u>4</u>	VISTO: _____ DATA _____

Solo CL

AMOSTRA TOTAL SECA		UMIDADE HIGROSCÓPICA		RESUMO DA GRANULOMETRIA	
Amostra total úmida	<u>1000</u> g	Cápsula nº	<u>18</u> g	Pedregulho: acima de 2,0mm	<u>0,6</u> %
Retido nº 10	<u>5,7</u> g	Cápsula e solo úmido	<u>35,3</u> g	Areia grossa: 2,0 a 0,42mm	<u>6,0</u> %
Passando nº 10 úmida	<u>994,3</u> g	Cápsula e solo seco	<u>33,9</u> g	Areia fina: 0,42-0,074 mm	<u>11,7</u> %
Água	_____ g	Tara da cápsula	<u>6,4</u> g	Silte + argila: abaixo	
Passando nº 10 seca	<u>949,6</u> g	Água	<u>1,3</u> g	de 0,074 mm	<u>81,7</u> %
Amostra total seca	<u>955,3</u> g	Solo seco	<u>27,5</u> g	Total	<u>100</u> %
		Umidade higroscópica - h	<u>4,7</u> %	Retido entre nº 10 e 200	_____ %
		Fator de correção = $\frac{100}{100+h}$	<u>0,955</u> %		

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL

Peneira	MATERIAL RETIDO			% que passa da amostra total	Peneira mm
	Pêso - g	% Amostra total	% Acumulada		
1 1/2 pol.					38,1
1 pol.					25,4
3/4 pol.					19,1
3/8 pol.					9,5
Nº 4					4,8
Nº 10	<u>5,7</u>	<u>0,6</u>	<u>0,6</u>	<u>99,4</u>	2,0

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL

Amostra parcial úmida 100 g Amostra parcial seca 95,5 g

Peneira	MATERIAL RETIDO			% que passa da amostra parcial	% que passa da amostra total	Peneira mm
	Pêso - g	% amostra parcial	% acumulada			
Nº 16	<u>1,5</u>	<u>1,6</u>	<u>1,6</u>	<u>98,4</u>	<u>97,8</u>	1,2
Nº 30	<u>2,6</u>	<u>2,7</u>	<u>4,3</u>	<u>95,7</u>	<u>95,1</u>	0,6
Nº 40	<u>1,6</u>	<u>1,7</u>	<u>6,0</u>	<u>94,0</u>	<u>93,4</u>	0,42
Nº 50	<u>2,4</u>	<u>2,5</u>	<u>8,5</u>	<u>91,5</u>	<u>90,9</u>	0,30
Nº 100	<u>4,1</u>	<u>4,3</u>	<u>12,8</u>	<u>87,2</u>	<u>86,7</u>	0,15
Nº 200	<u>4,8</u>	<u>5,0</u>	<u>17,8</u>	<u>82,2</u>	<u>81,7</u>	0,074

SEDIMENTAÇÃO

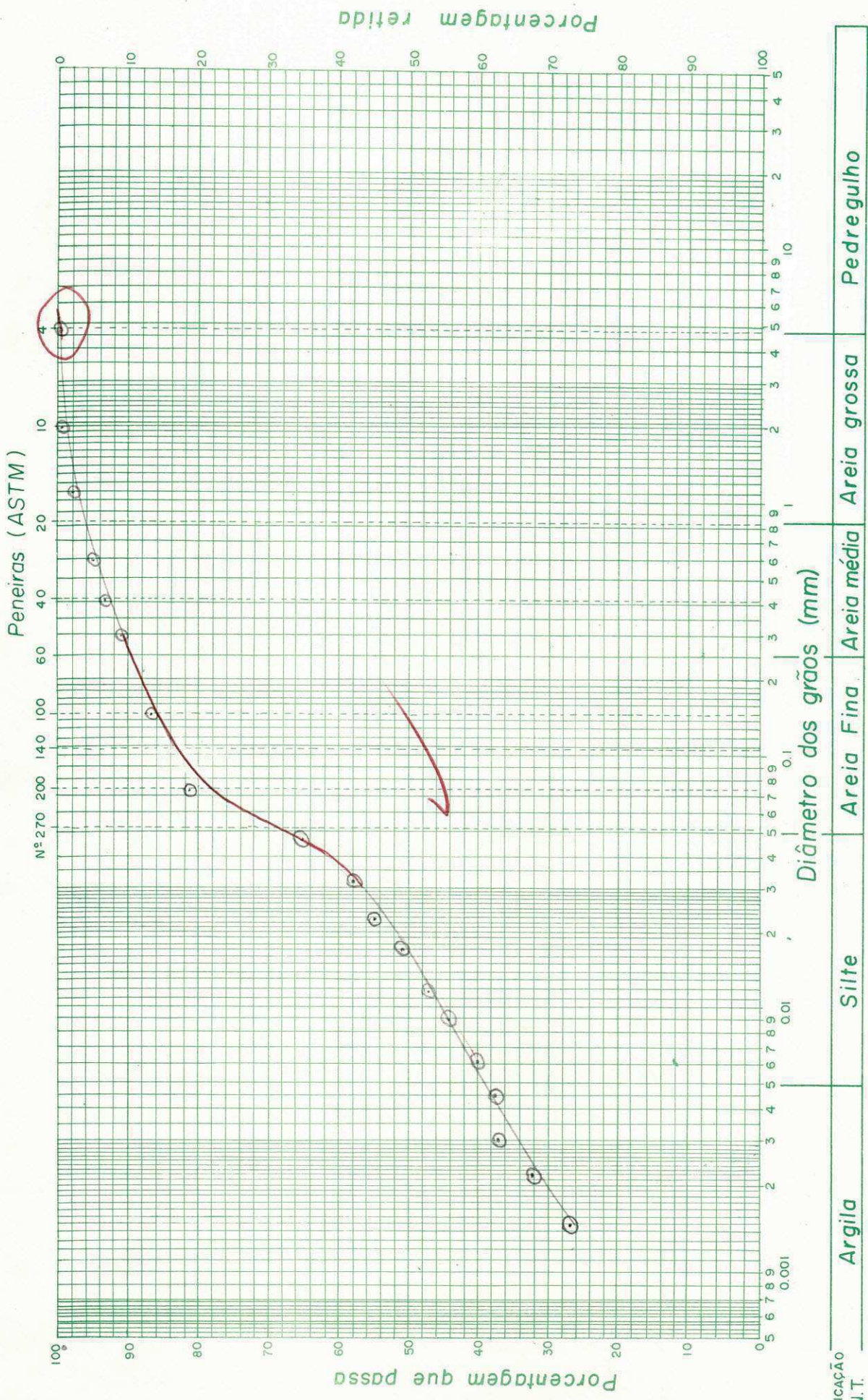
Massa específica real 2,700 g/cm³Densímetro 33

	Data	Hora observada	Tempo decorrido (min)	Leitura densimétrica	Temperatura °C	Correção dev. à temp.	Leitura corrigida	Diâmetro mm	% da amostra parcial ou altura de queda - cm	% da amostra total
3	8-2-79	9:30	1	1,040	25	0,0010	1,0362	0,0463	40,9	64,6
5	"	9:31	2	1,036	25	0,0010	1,0322	0,0337	36,8	58,0
6	"	9:33	4	1,034	25	0,0010	1,0302	0,0234	34,7	54,8
2	"	9:37	8	1,031	26	0,0012	1,0274	0,0167	32,0	50,5
6	"	9:44	15	1,029	26	0,0012	1,0254	0,0124	29,9	47,3
1	"	9:59	30	1,027	26	0,0012	1,0234	0,0089	27,9	44,2
7	"	10:29	60	1,024	27	0,0015	1,0207	0,0063	25,3	40,0
1	"	11:29	120	1,022	28	0,0018	1,0190	0,0045	23,8	37,6
5	"	13:29	240	1,020	31	0,0025	1,0177	0,0031	23,4	37,0
8	"	17:29	480	1,018	30	0,0023	1,0155	0,0022	20,7	32,2
3	9-2-79	9:29	1440	1,017	25	0,0010	1,0132	0,0014	16,9	26,7

OBSERVAÇÕES: _____

Solo CL

GRANULOMETRIA



CLASSIFICAÇÃO
A. B. N. T.

Argila

Silte

Areia Fina

Areia média

Areia grossa

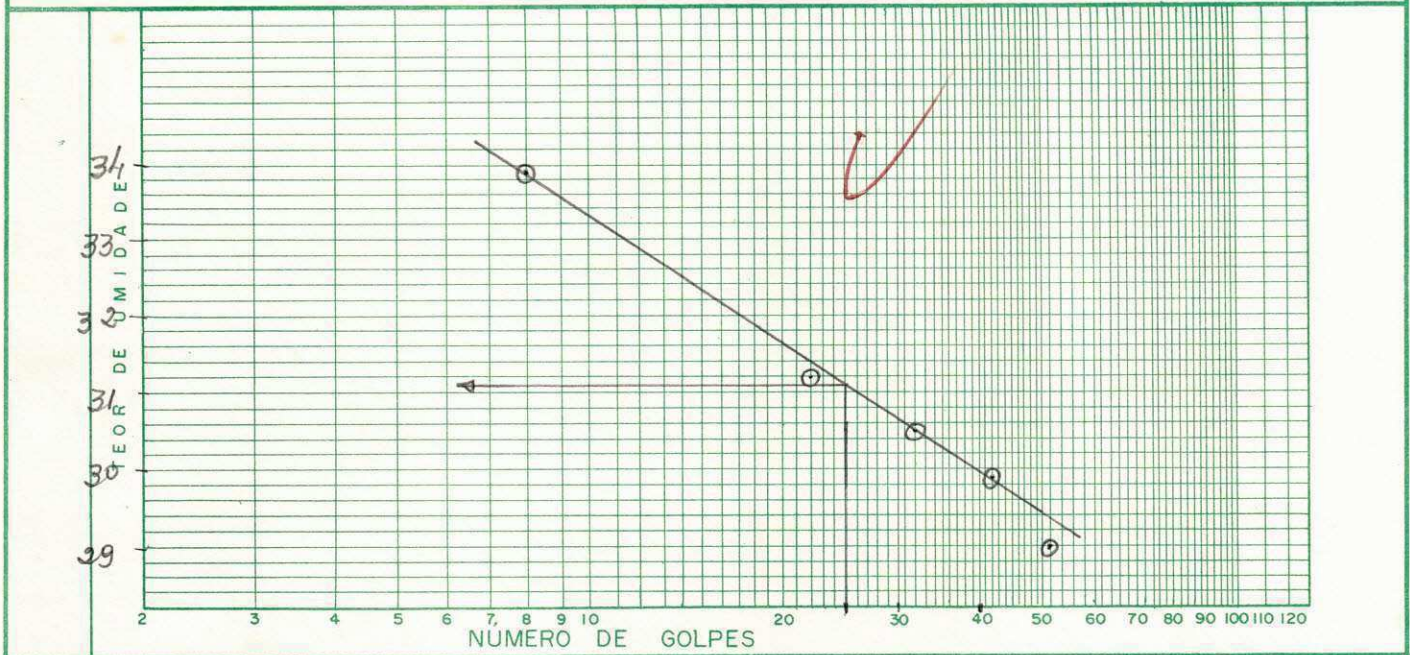
Pedregulho

UFPb - C. C. T. - DEC

RODOVIA	TRECHO		REGISTRO N.º
PROCED-SL-JAZ-AT. etc	LOCALIZ. - FURO-EST-LADO	PROFUND. - cm	LABORATÓRIO:
NATUREZA	SOLO CL.		RESULTADO: LL= <u>31,1</u> IP= <u>14,9</u>

L I M I T E D E L I Q U I D E Z

1	CAPSULA N.º	203	185	202	176	192		
2	N.º DE GOLPES	8	22	32	42	52		
3	PESO BRUTO ÚMIDO	25,27	28,42	30,02	32,30	41,53		
4	PESO BRUTO SECO	21,64	23,98	25,55	27,41	34,67		
5	TARA DA CÁPSULA	10,93	9,75	10,90	11,04	10,98		
6	PESO DA ÁGUA	3,63	4,44	4,47	4,89	6,86		
7	PESO DO SOLO SECO	10,71	14,23	14,65	16,37	23,69		
8	UMIDADE	33,9	31,2	30,5	29,9	29,0		



ÍNICIO _____ OPERAÇÃO _____ VISTO _____
 TERMINO: _____ CÁLCULO: _____

LL= 31,1 %

L I M I T E D E P L A S T I C I D A D E

1	CAPSULA N.º	430	1984	4	1985	5-03	02	
2	PESO BRUTO ÚMIDO	5,97	12,67	12,47	12,88	12,30	13,05	
3	PESO BRUTO SECO	5,76	12,41	12,24	12,62	12,07	12,81	
4	TARA DA CÁPSULA	4,30	10,81	10,70	11,05	10,65	11,33	
5	PESO DA ÁGUA	0,21	0,26	0,23	0,26	0,23	0,24	
6	PESO DO SOLO SECO	1,46	1,60	1,54	1,57	1,42	1,48	
7	UMIDADE	14,4	16,2	14,9	16,6	16,2	16,2	

ÍNICIO: _____ OPERAÇÃO: _____ VISTO: ^x _____
 TÉRMINO: _____ CÁLCULO: _____

LP= 16,2 %
IP= 14,9 %

LOTE-32

Solo CL

F-3 0,30-0,80

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA INST. TECNOLÓGICO - CCT - UFPb LABORATÓRIO DE SOLOS E ESTRUTURAS	Sumé
--	------

NATUREZA: Amostra A

DOSAGEM Nº: _____ DATA : _____
 RODOVIA : _____ OPERAÇÃO : _____
 THECHO : _____ CÁLCULO : _____
 VISTO : _____

DENSIDADE REAL ✓

			1651	2,502
1	Peso do picnômetro vazio	P1	35,3073	35,2596
2	Peso do picnômetro + amostra	p2	54,4531	62,8008
3	Peso do picnômetro + amostra + água	P3	97,2609	102,1691
4	Peso do picnômetro * água	P4	85,1858	84,8575
5	Densidade real	D	2,7078	2,6923

DENSIDADE REAL MÉDIA 2,7001

$$D = \frac{P2 - P1}{(P4 - P1) (P3 - P2)}$$


DENSIDADE APARENTE

1	Peso da amostra	P		
2	Volume depositado	V		
3	Densidade aparente	dq		

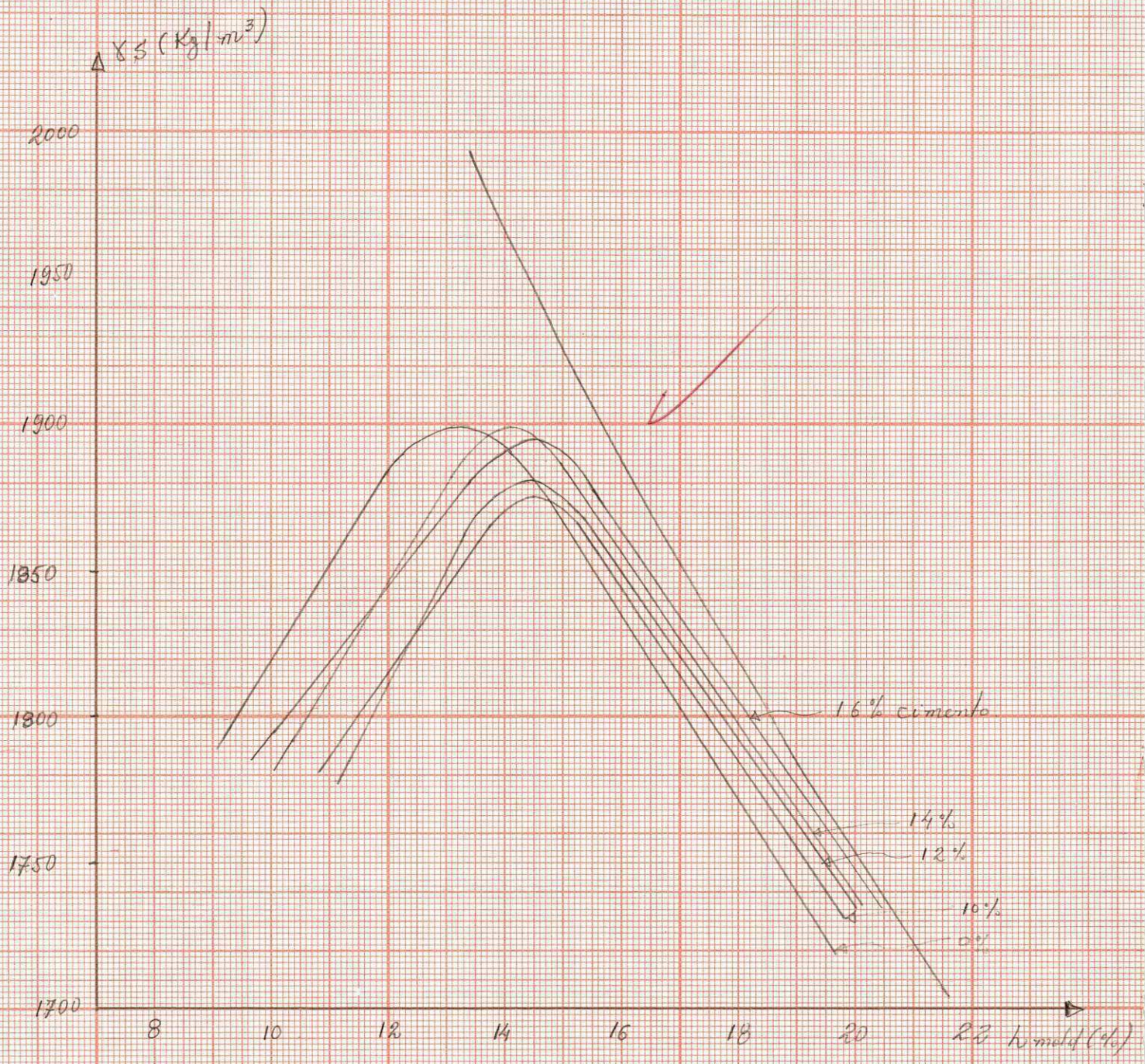
DENSIDADE APARENTE MÉDIA

MR

ANEXO 11.7

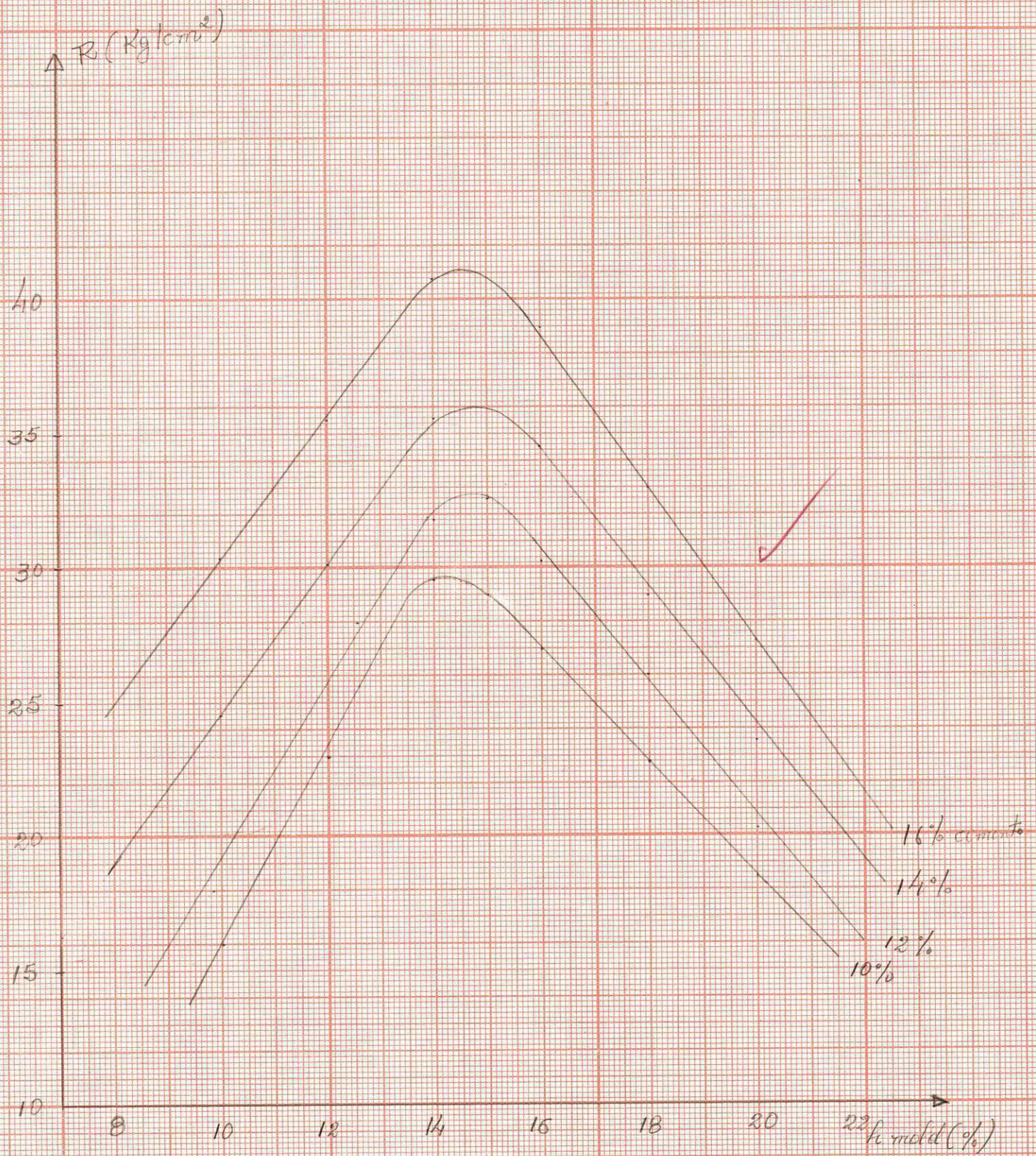


Relação densidade seca versus umidade para várias percentagens de cimento solo CL.



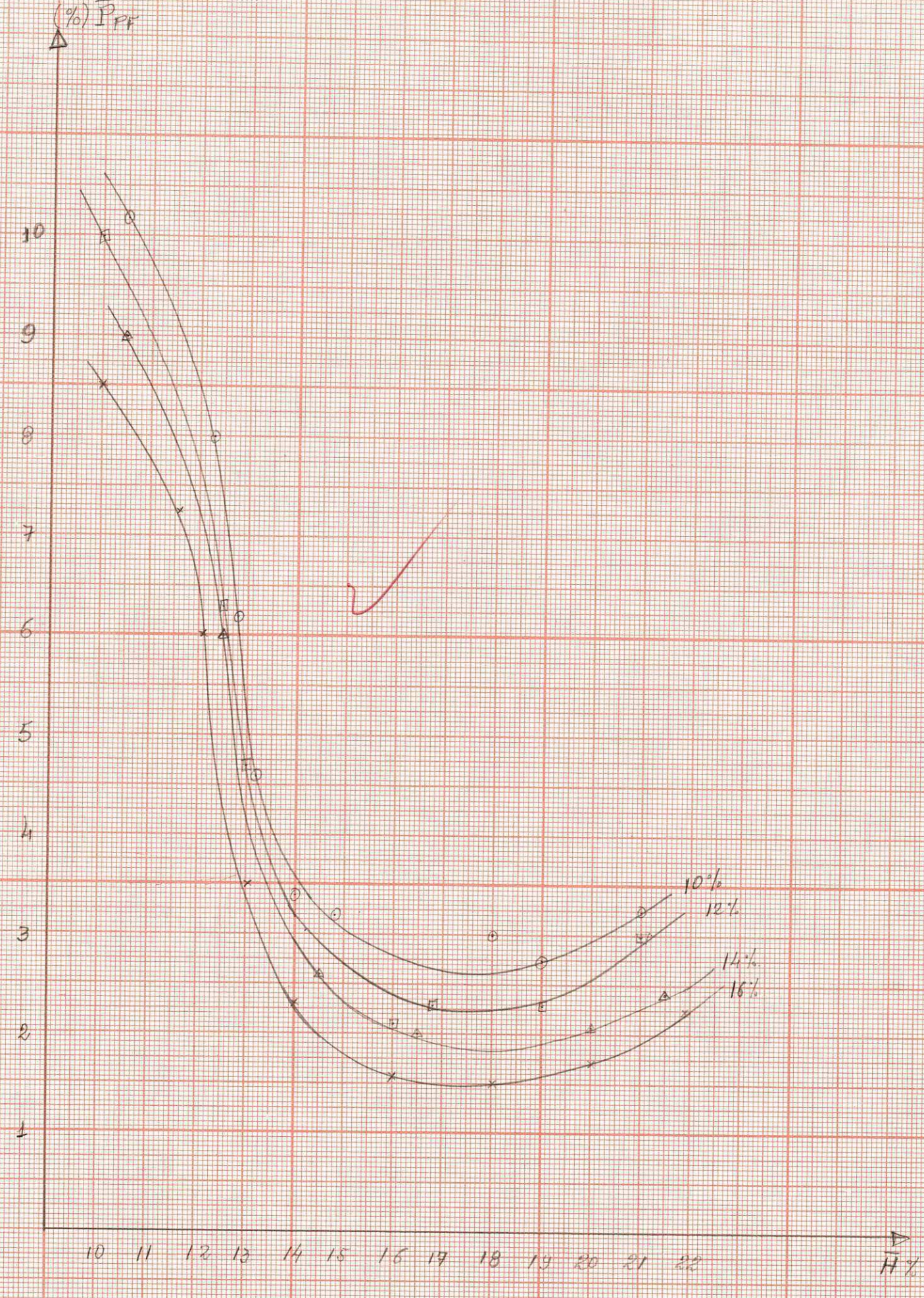
ANEXO 11.8

Ensaios de resistência à compressão simples ver
sus unidade para várias percentagens de cimento solo CL.



ANEXO 11.9

Relação entre perda de peso média final e a uni
dade média de moldagem para várias percentagens de cimento solo CL.

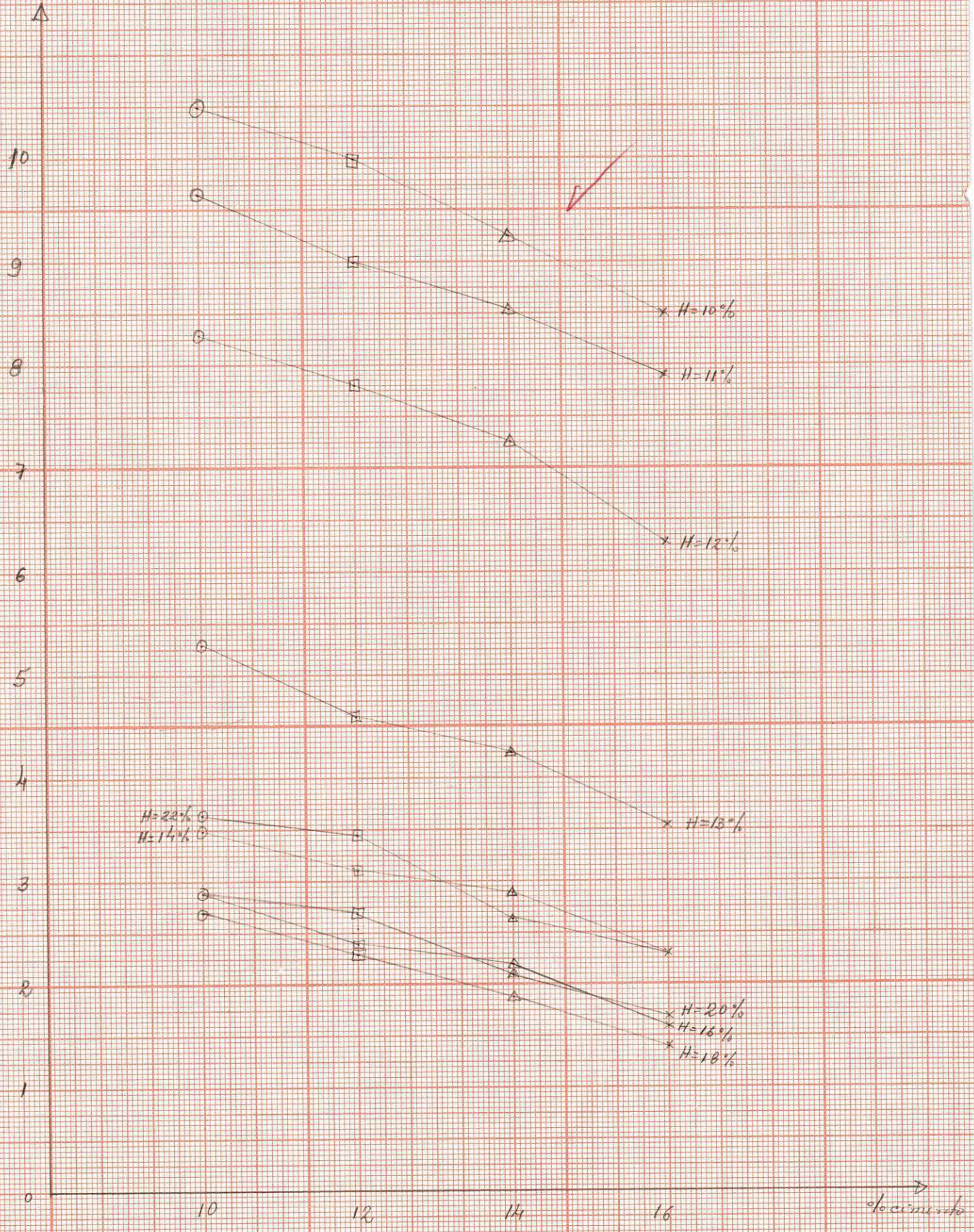


ANEXO 11.10



Relação entre a perda de peso média final e a
percentagem de cimento para vários teores de umidade de moldagem
do solo CL.

PERDAN (%)





12-BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 12.1 - Associação Brasileira de Normas Técnicas
(ABNT).
- 12.2 - Associação Brasileira de Cimento Portland
(ABCP).
- 12.3 - Bezerra, R.L., A Durabilidade de Solos La
teríticos Estabilizados com Cimento e Adi
tivos. Tese M.S.C. Centro de Ciências e
Tecnologia da U.F.P.B. Campina Grande Pb,
1976.
- 12.4 - Baptista, C.F.N., Editora Globo; Porto
Alegre 1976.