



1937 - Dosagem de Concretos Plásticos

Sem Uso de Plastificantes e de Vibradores (Não havia)

Eng^o Fernando Luis Lobo Carneiro – I.N.T. / RJ

Revista Municipal de Engenharia

Prof. Eduardo C.
S. Thomaz

1936 – Rio de Janeiro



[Dirigível Zeppelin - Acervo - Estadão \(estadao.com.br\)](http://estadao.com.br)



Dirigível Zeppelin

Em 4 de abril de 1936 o dirigível Zeppelin Hindenburg, o maior e mais moderno dirigível da época, chegava ao Rio de Janeiro

1937 – Rio de Janeiro

Ano 1937\NUMERO I - VOLUME IV - JANEIRO (1)

REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA

INDICE DO IV VOLUME (ANO DE 1937)

ESTRUTURAS

Nova técnica para o concreto armado — Feliciano Pena Chaves	1
Ponte sobre o Rio Invernada, junto ao Campo Dos Afonsos — O2.ET	94
A nova cadeira de "Sistemas de Construção" do Curso de Arquitetura da Universidade do Brasil — Furtado Simas	142
Cobertura metálica do futuro arquivo do Palácio da Prefeitura — Ph. Frenkel	145
Resistencia dos materiais teórica e sistematizada — Feliciano Pena Chaves	225
Passagens para pedestres — O2ET	253
Resistencia dos materiais teórica e sistematizada — Feliciano Pena Chaves	293
Abacos — Sydney dos Santos e Sylvio Coelho da Rocha	372
Resistencia dos materiais teórica e sistematizada — Feliciano Pena Chaves	374

MATERIAIS

Dosagem de concretos plásticos — Fernando Luiz Lobo Carneiro	148
Comité Sul-Americano de Normas Técnicas — Ary Torres	312
Associação Brasileira de Ensaios de Materiais	368
1.ª Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaios	400

1938 – Rio de Janeiro

“ *Acaba de ser publicado em maio de 1937* ”



E.N.B.A. = Escola Nacional de Belas Artes / RJ

Com uma graduação satisfatória, os grãos pequenos enchem os vazios formados pelos grãos maiores e assim se economiza pasta. Oportunamente trataremos nestes Boletins das graduações mais aconselháveis, o que ha interesse em saber sempre que se tiver de escolher um agregado entre varios ou fixar a mistura conveniente de varios tipos de brita (4). Numa com-

(4) Com relação aos agregados em uso no Rio de Janeiro acaba de ser publicado na Revista da Diretoria de Engenharia da Prefeitura do Distrito Federal (Maio de 1937) um trabalho de autoria do eng.º Fernando Lobo Carneiro, intitulado «Dosagem dos concretos plasticos».

revista de arquitetura

A

1943 – Rio de Janeiro

**REVISTA
MUNICIPAL
DE
ENGENHARIA**



N.º 4 OUTUBRO, 1943 VOL. X

BIBLIOTECADOS. "C" DE MUSEUS DA CIDADE
16-12-1944

Prefeito do Distrito Federal:
DR. HENRIQUE DODSWORTH

Secretário Geral de Viação e Obras:
ENG. EDISON PASSOS

Chefe do Serviço de Propaganda Urbanística:
ENG. ICARAHY DA SILVEIRA

Fernando Luiz Lobo B. Carneiro — "Dosagem de Concretos".

Edição revista e ampliada pelo autor do conhecido trabalho "Dosagem de concretos plasticos" publicado em 1937 sob os auspícios do Instituto Nacional de Tecnologia. Esse novo boletim constitui toda a técnica atual de dosagem racional de concretos, incluindo nela as Normas Brasileiras, cuidadosamente preparado, e constituindo precioso elemento para o engenheiro que vai dosar concreto.

segue

A

1953 – Rio de Janeiro

<http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/dosagem.pdf>

aAA

1937 - DOSAGEM DE CONCRETOS PLÁSTICOS

Eng^o Fernando Luis Lobo Carneiro

INDICE

- 1 — **Introdução**
- 2 — **Materiais que constituem o agregado**
 - a) **Agregado miúdo**

Impurezas nocivas — A questão da matéria organica
Composição granulométrica
Composição granulométrica das areias empregadas no
Distrito Federal — Condições para o uso da areia
conhecida como areia do Leblon.
 - b) **Agregado graúdo**

Brita — Resistencia e durabilidade
Composição granulométrica e classificação das pedras
britadas empregadas no Distrito Federal.
- 3 — **Previsão da resistencia á compressão de um concreto**
 - a) Relação entre a resistencia e o fator aqua/cimento
 - b) Consistencia dos concretos
 - c) Variação da resistencia com a idade
- 4 — **Composição granulométrica dos concretos plásticos**
- 5 — **Relação entre a composição do concreto e o fator aqua/
cimento.**
- 6 — **Consumo de materiais**
- 7 — **Método de dosagem**
- 8 — **Conclusão** — Sugestões sobre especificações para cimentos
e solicitações admissíveis para o concreto

1 — INTRODUÇÃO

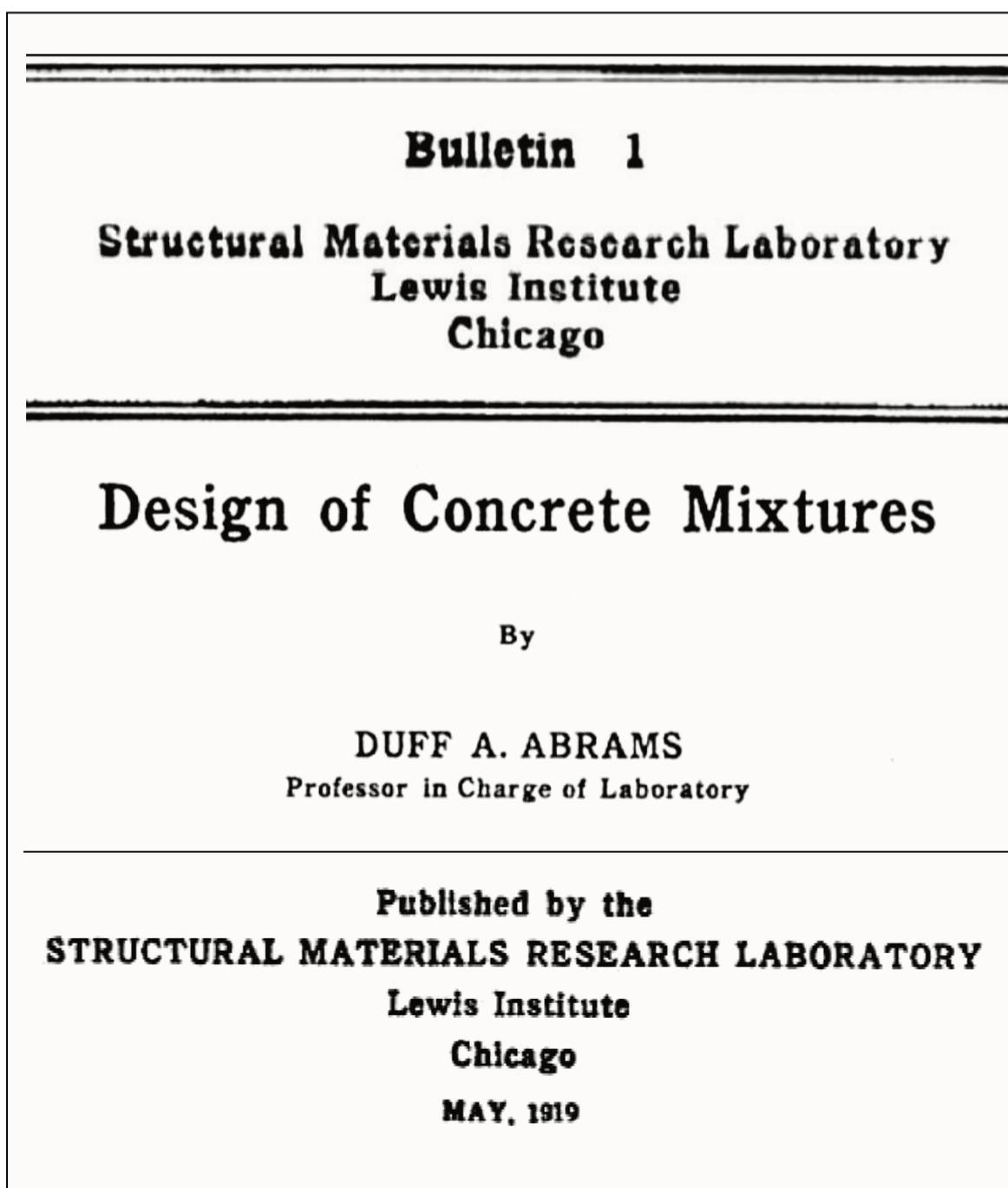
Não pretendemos neste trabalho tratar de um modo completo da dosagem racional de concretos. Aos que desejarem fazer um estudo mais profundo da questão, indicamos os trabalhos de Abrams e a obra "Der Aufbau des Mörtels und Betons" de Otto Graf, entre outras, além do boletim n.º 1 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

Comentário : *Livros citados.*

Duff Andrew Abrams , ver link:

http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/abrams_dosagem_rev11.pdf

1919



Otto Graf

Der Aufbau des Mortels und dês Betons

“Der Aufbau des Mörzels und des Betons” =
= a Estrutura da Argamassa e do Concreto

1930

Der Aufbau des Mörzels und des Betons.

Untersuchungen über die zweckmäßige Zusammensetzung der Mörzels und des Betons. Hilfsmittel zur Vorausbestimmung der Festigkeitseigenschaften des Betons auf der Baustelle. Versuchsergebnisse und

Erfahrungen aus der Materialprüfungsanstalt an der
Technischen Hochschule Stuttgart.

Otto Graf.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1930.

Erfahrungen aus der Materialprüfungsanstalt an der
Technischen Hochschule Stuttgart =

= Experiências do Instituto de Testes de Materiais da
Universidade Técnica de Stuttgart (Alemanha)

segue

A

Consideraremos mais de perto a dosagem de concretos com os materiais empregados no Distrito Federal. Aqui não possuímos pedregulho natural, já convenientemente graduado; temos á disposição pedras britadas de diferentes tipos, e, dentro de cada tipo, os grãos são quasi que uniformes.

Surge daí a necessidade de compôr um agregado graúdo com granulometria conveniente, misturando em determinadas proporções pedras britadas de diferentes tipos. Além disso as areias empregadas em construções no Distrito Federal ou têm composição granulométrica bôa, mas são suspeitas por conterem como impureza materia organica em quantidade relativamente grande ou são isentas de impurezas em grau nocivo, mas excessivamente finas.

Para obter um agregado com composição granulométrica conveniente o Instituto Nacional de Tecnologia tem-se orientado pela obra já referida de Otto Graf. Esse pesquisador estudou exhaustivamente a influencia da composição granulométrica dos concretos sobre as suas principais propriedades, tais como a resistencia á compressão, a elasticidade, a resistencia á tração, a durabilidade, a impermeabilidade á agua (e portanto a proteção das armações contra a ferrugem), a contração. Para a previsão da resistencia á compressão, seguimos a orientação de Abrams e seus continuadores.

Observemos aqui que a resistencia á compressão não é a unica das características de um concreto que deve ser considerada; hoje, com o grande progresso realizado na fabricação dos cimentos, podemos facilmente, com traços antigamente considerados pobres, obter resistencias á compressão mais que suficientes. Com a adoção de taxas de trabalho elevadas e o arrojo crescente que o aperfeiçoamento dos processos de calculo e de execução das obras permite aos engenheiros de concreto, cresce consideravelmente a importancia de duas outras propriedades até ha pouco relegadas para segundo plano — a resistencia á tração (na flexão), e a contração. E estas propriedades são altamente influenciadas pela composição granulométrica do concreto.

Trataremos apenas dos concretos plasticos porque estes ainda são os unicos usados entre nós.

a

2 — MATERIAIS QUE CONSTITUEM O AGREGADO

O agregado, que é o material inerte e resistente que entra na composição dos concretos, póde em geral ser dividido em duas partes bem distintas: o agregado miúdo ou areia, e o agregado graúdo (pedregulho natural ou brita).

Consideraremos agregado miúdo toda a parte do agregado que passar através de uma peneira de malhas quadradas com 4,8 mm de lado (Tyler), ou de uma peneira de aberturas circulares com 7 mm de diametro (peneira alemã).

a) **Agregado miúdo**

Impurezas nocivas — A questão do teor em matérias organicas

A areia deve ter grãos resistentes, duraveis, e inertes, isto é, sem ação quimica sobre o cimento. Além disso não deve conter impurezas que prejudiquem o endurecimento deste.

Entre essas impurezas prejudiciais salienta-se a matéria organica. Esta, quando além de certo limite, póde retardar ou mesmo impedir a péga do cimento, além de reduzir a resistencia final. Os americanos adotam, para determinar o "índice de matéria organica", um ensaio colorimetrico, que é descrito

segue

ria organica", um ensaio colorimetrico, que é descrito no boletim n.º 1 do I. P. T. de São Paulo. Quando esse indice é superior a 250 p. p. m. (ou 300, de acordo com as especificações do I. P. T. adotadas pelo Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo), a areia é considerada "suspeita", e só póde ser usada se um ensaio comparativo de resistencia á compressão demonstrar a inocuidade, no caso, da materia organica. A influencia desta não depende apenas de sua quantidade, mas tambem de sua natureza, e do modo por que está distribuida.

Em numerosos ensaios feitos no Instituto Nacional de Tecnologia, em diversas épocas, com as areias do tipo chamado "areia da Ilha", que são as usadas na quasi totalidade das construções do Distrito Federal, "nunca tivemos ocasião de encontrar uma amostra com menos de 1.000 p. p. m.", que é o ultimo grau da escala colorimétrica. Portanto quasi todas as areias empregadas em construções no D. F. deveriam ser consideradas suspeitas. Ensaios de resistencia á compressão têm demonstrado entretanto que na quasi totalidade dos casos a materia organica não tem influencia nociva sobre os concretos, como era de se esperar. Apenas em certas areias tão escuras que mais parecem terra vegetal, que devem ser sistematicamente recusadas pelos construtores, existe essa nocividade; lá tivemos ocasião de observar dois casos em que a pega do cimento foi consideravelmente retardada.

Transcrevendo a seguir...

Transcrevendo

“ Em numerosos ensaios feitos no Instituto Nacional de Tecnologia (I.N.T.) , em diversas épocas, com as areias do tipo conhecido como “ areia da Ilha” , que são as usadas na quase totalidade das construções do Distrito Federal , nunca tivemos ocasião de encontrar uma amostra com menos de 1.000 p.p.m. , que é o último grau da escala colorimétrica.

Portanto quase todas as areias empregadas em construções no D.F. (Distrito Federal) deveriam ser consideradas suspeitas .

Ensaio de resistência à compressão têm demonstrado, entretanto, que na quase totalidade dos casos a matéria orgânica não tem influência nociva sobre os concretos, como era de se esperar.

Apenas em certas areias tão escuras que mais parecem terra vegetal, que devem ser sistematicamente recusadas pelos construtores, existe essa nocividade ; lá tivemos ocasião de observar dois casos em que a pega do cimento foi consideravelmente retardada.

Julgamos pois inútil, no D. F. , o ensaio colorimétrico; deve ser suprimido das especificações, e substituído pela exigência de um ensaio prévio, comparativo, de resistência, que póde ser feito com concreto

rativo, de resistência, que pôde ser feito com concreto ou argamassa. Nos casos urgentes pôde ser empregado para esse ensaio um cimento de endurecimento rápido, o que permite obter-se um resultado em três ou sete dias.

Poder-se-ia pensar em exigir a lavagem das areias — isso porém, além de pouco economico, é atualmente inexequível, no D. F., devido á falta de agua. Além disso tivemos ocasião de verificar no I. N. T. que uma lavagem sumaria praticamente não reduz o índice de matéria organica apesar de melhorar o aspecto da areia. Tudo isso refere-se, como dissemos, á areia grossa, retirada de depósitos diversos, e conhecida entre os construtores como "areia da Ilha".

Existe também a areia conhecida como "areia do Leblon", que só agora começa a ser usada em construções. É excessivamente fina, mas de grande pureza, tendo índice de matéria organica sempre inferior a 300 p. p. m.

Apezar da lenda, corrente entre fornecedores de materiais, de que essa areia contém muito cloreto de sódio, verificámos, em diversos ensaios feitos pela Seção de Quimica Tecnologica do I. N. T., que ela contém apenas traços, e, o que certamente surpreenderá, contém menos cloreto de sódio que a areia da Ilha. Isso refere-se apenas ás areias retiradas dos depósitos em exploração atualmente.

Voltaremos a falar sobre o emprego da areia chamado "do Leblon" na execução de concretos, quando tratarmos da composição granulométrica dos agregados miúdos.

agregados miúdos.

Uma impureza comum das areias é a argila — **esta**, se estiver uniformemente distribuída e não aderente aos grãos, póde ser tolerada até o limite de 3 %. Em muitos casos a presença de argila abaixo desse limite aumenta ligeiramente a resistencia á tração do concreto.

Em casos suspeitos deve ser sempre feita uma análise química da areia a ser empregada.

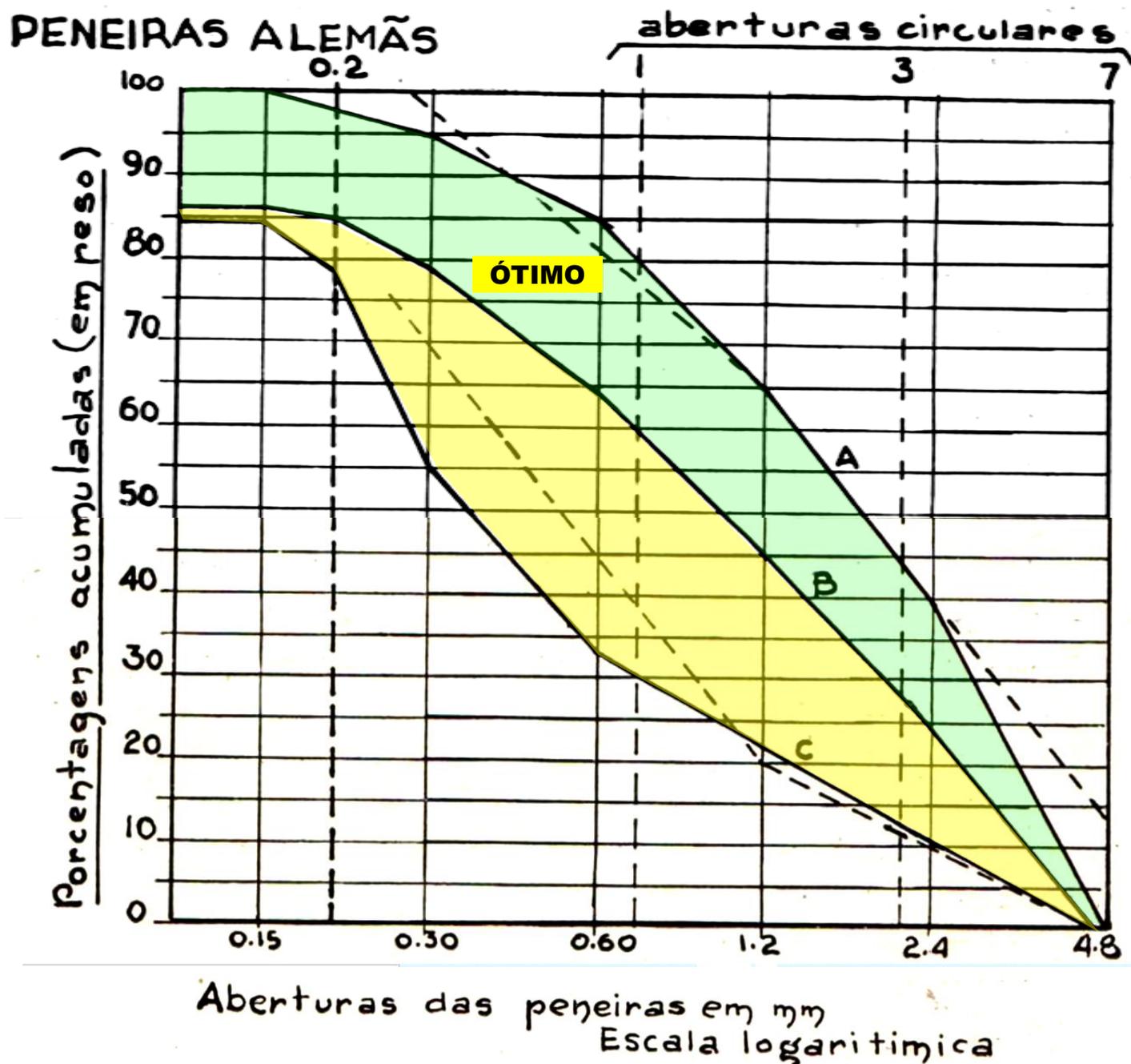
Composição granulométrica

A composição granulométrica do agregado miúdo tem grande influência sobre as propriedades do concreto. Uma areia com excesso de grãos finos, além de diminuir a resistencia á compressão e á tração, porque obriga a um maior consumo de agua para obter-se um concreto suficientemente plástico, aumenta consideravelmente a contração, e torna-o menos impermeavel, diminuindo tambem a proteção das armações contra a ferrugem.

REVISTA DA DIRECTORIA DE ENGENHARIA

segue

O agregado miúdo deverá ter grãos de diversos tamanhos, variando desde o menor até o correspondente ao diametro maximo (4,8 mm). Uma areia de grãos uniformes não deve ser usada na fabricação de concretos.



Série Tyler (malhas quadradas)

FIGURA 1

Na fig. 1 estão representados os limites dentro dos quais deve estar graduado o agregado miúdo, de acôrdo com o Regulamento alemão para concreto armado. Transformámos os graficos originais adoptando uma escala logaritmica para as aberturas das peneiras, e a série Tyler (1), de peneiras com malhas quadradas. As peneiras alemãs são de aberturas circulares (excepto a de 0,2 mm). A transformação é feita admitindo-se que uma abertura circular equivale a uma quadrada, de lado igual ao diametro da primeira dividido por $\sqrt{2}$, isto é, tendo para diagonal esse diametro. (v. Gehler: Erläuterungen zu den E. B. 1932. — 5.^a ed. pg. 63). Em linhas tracejadas representamos os limites de graduação admitidos pelo Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo especificação do I. P. T.).

Uma areia graduada entre as curvas A e B é, segundo o regulamento alemão, considerada ótima; — entre as curvas B e C, apenas toleravel. Ao aplicar

(1) As aberturas das peneiras da série Tyler, empregada para analyse granulometrica dos agregados, variam segundo uma progressão geométrica de razão 2. — São as seguintes: 0.15 mm, 0.30 mm, 0.6 mm, 1.2 mm, 2.4 mm, 4.8 mm, 9.5 mm, 19 mm, 38 mm, 76 mm. Além dessas são usadas tambem as peneiras chamadas "intermediarias", com aberturas de 25 mm e 50 mm.

entre as curvas B e C, apenas toleravel. Ao aplicar essa especificação, deve-se considerar como "areia" toda a parte do agregado que passar através da peneira de malhas quadradas com 4,8 mm, ou de aberturas circulares com 7 mm.

Otto Graf dá excepcional importancia á quantidade de areia que passa através da peneira com aberturas circulares de 1 mm (á qual ele chama "areia fina").

Podemos assim, simplificando, classificar as areias em dois tipos:

a) . . areias de composição granulométrica ótima — deverão ter pelo menos 65 % e no máximo 85 % de seus grãos retidos na peneira de malhas quadradas com 0,6 mm, (ou pelo menos 60 % e no máximo 80 % de seus grãos retidos na peneira com aberturas circulares de 1 mm) .

b) areias de composição granulométrica apenas toleravel deverão ter pelo menos 35 % de seus grãos retidos na peneira de malhas quadradas de 0,6 mm (ou pelo menos 30 % de seus grãos retidos na peneira de aberturas circulares de 1 mm) .

Além disso devemos impôr a condição de que o diametro maximo seja de 4,8 mm, ficando assim excluidos os agregados miudos excessivamente finos.

.As areias da classe (b) só poderão ser empregadas em obras comuns, onde as taxas de trabalhos

segue

das em obras comuns, onde as taxas de trabalhos adotadas foram pequenas, e em "traços com pelo menos 300 kg. de cimento por m³ de concreto".

Nas obras mais importantes, em que forem adotadas taxas de trabalho elevadas, e principalmente naquelas em que fôr grande a influencia da contração, ou nas muito expostas á ação do tempo, só poderão ser usadas areias da classe (a). Os teores mínimos de cimento por metro cubico de concreto serão: 240 kg. para as partes protegidas, e 270 kg. para as partes expostas (desde que as resistencias á compressão obtidas sejam suficientes).

Composição granulométrica das areias empregadas no Distrito Federal — Condições para o emprego das areias do tipo "Leblon".

De acordo com a composição granulométrica as areias empregadas em construções no Distrito Federal pódem ser classificadas em tres tipos, caracterizados por seus diâmetros máximos.

Chamamos "diâmetro máximo" de uma areia á abertura da peneira da série Tyler na qual a porcentagem acumulada é inferior a 5 %, sendo superior a esse valor na peneira imediatamente abaixo.

Os tres tipos a que nos referimos são os seguintes:

a) areia grossa — d_{max} — 4,8 mm — areia conhecida como "areia da Ilha".

b) areia média — d_{max} — 2,4 mm — areia conhecida como "areia do Leblon", e areia de Anchieta.

b) areia média — d_{max} — 2,4 mm — areia conhecida como "areia do Leblon", e areia de Anchieta (Adotada no I. N. T. para o ensaio normal de cimento).

c) areia fina — d_{max} — 1,2 mm — "areia do Leblon".

A mais usada é a areia grossa. As areias do Leblon mais comuns pertencem ao terceiro tipo.

O quadro abaixo resume os resultados de numerosos ensaios feitos no I. N. T. com essas areias.

segue

LIMITES DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AREIAS EMPREGADAS NO D. F.

Peneira	Porcentagens oculadas								
	Areia grossa (Ilha)			Areia média (Leblon, Anchieta)			Areia fina (Leblon)		
	Min.	Max.	Média	Min	Max.	Média	Min.	Max.	Média
4,8 mm	0	2	1	0	0	0	0	0	0
2,4 mm	9	16	14	0	2	1	0	1	0
1,2 mm	32	45	39	7	17	13	0	1	0
0,6 mm	56	82	75	54	72	63	12	31	22
0,3 mm	80	94	88	85	99	93	55	85	73
0,15 mm	95	100	97	97	100	98	98	100	99
Modulo de finura (1) .	2,7	3,4	3,1	2,4	2,9	2,7	1,7	2,2	2,0
dmax		4,8 mm			2,4 mm			1,2 mm	
Peso especificado absoluto I (médio) . . .		2,54			2,64			2,64	

(1) Lembremos que "módulo de finura" de um agregado é a soma das porcentagens acumuladas nas diversas peneiras da série Tyler, dividida por 100; e que "porcentagem acumulada" em uma certa peneira é a soma das porcentagens retidas nesta peneira e em todas as de abertura maior.

FIGURA 2

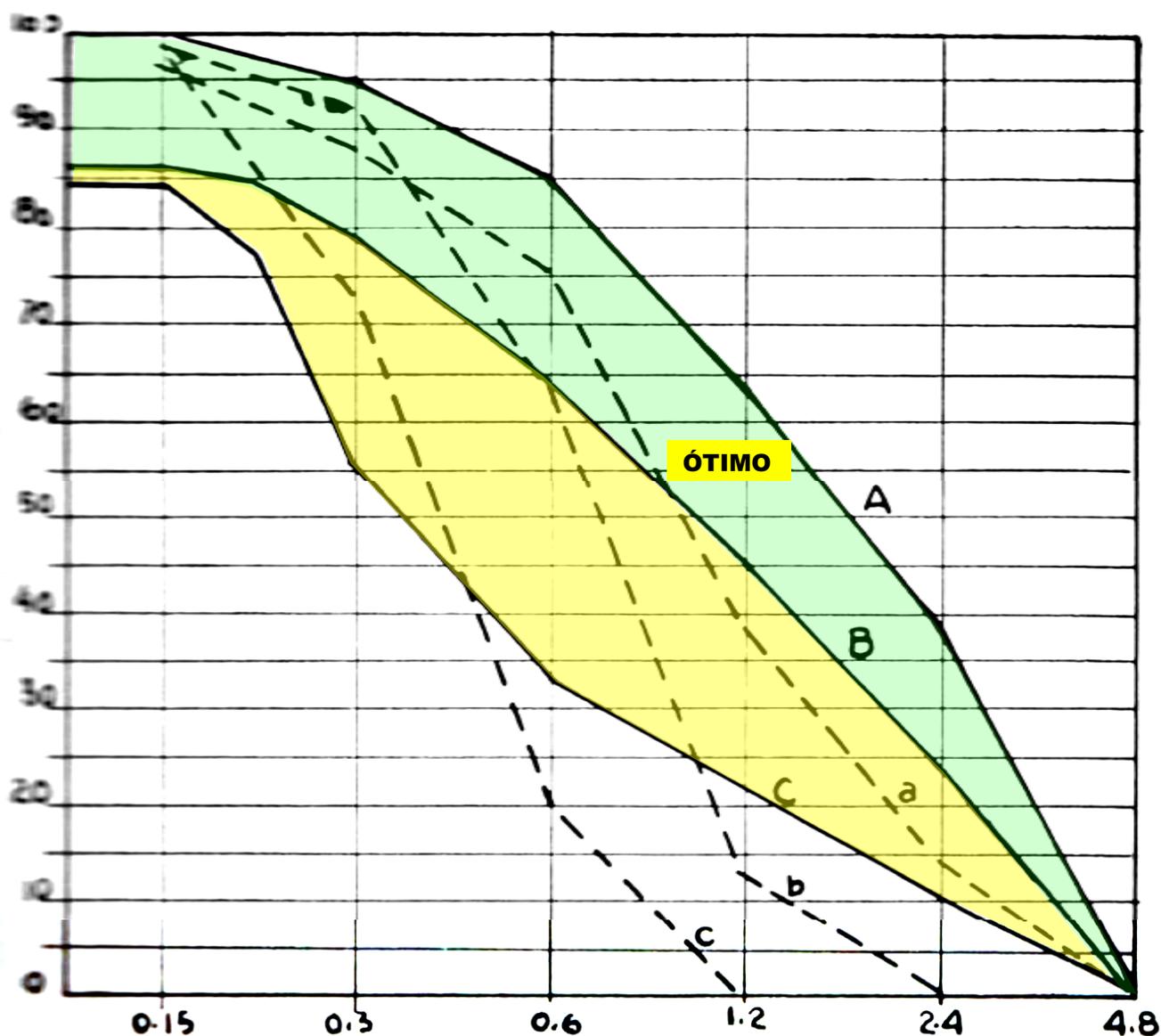


Fig. 2

a) areia grossa — d_{max} — 4,8 mm — areia conhecida como "areia da Ilha".

b) areia média — d_{max} — 2,4 mm — areia conhecida como "areia do Leblon", e areia de Anchieta (Adotada no I. N. T. para o ensaio normal de cimento).

c) areia fina — d_{max} — 1,2 mm — "areia do Leblon".

Na figura 2 apresentamos graficamente as composições granulométricas médias desses três tipos de areias, comparadas com os limites de graduação do regulamento alemão. Vemos que só a areia grossa (Ilha) pode ser empregada imediatamente. A maioria das areias da Ilha têm granulometria excelente.

As areias do Leblon só devem ser empregadas em concreto armado quando misturadas com pedra britada 0 (também chamada cascalhinho ou peneirado). É essa a maneira de corrigir sua excessiva

segue

FIGURA 3

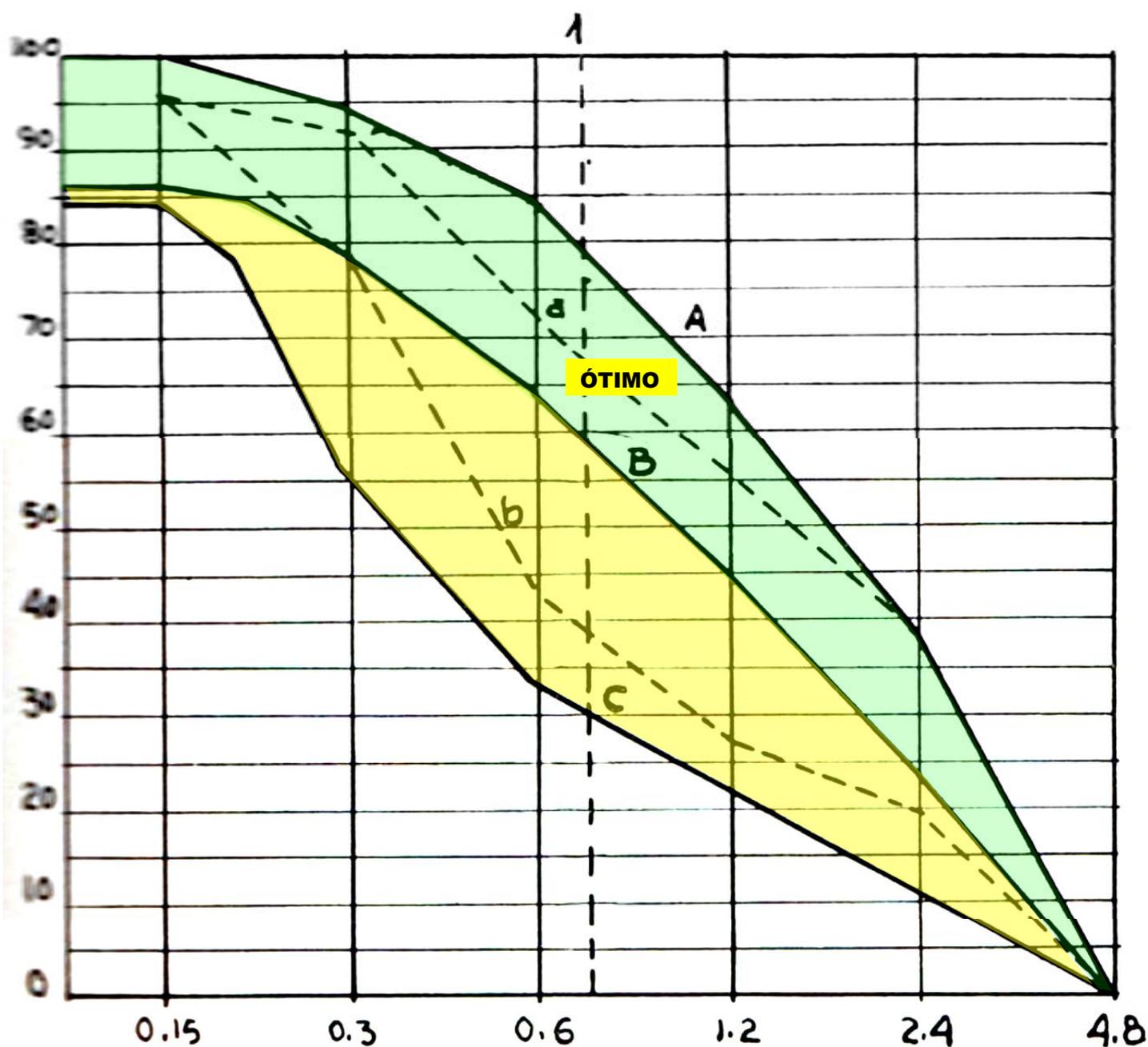


Fig. 3

Na fig. 3 apresentamos a composição granulométrica do agregado miúdo contido em uma mistura em partes iguais (em peso) de pedra britada 0 com as areias média (a) ou fina (b) do Leblon.

Vemos que a mistura em partes iguais da areia média do Leblon com pedra 0 tem granulometria ótima, melhor mesmo que a da areia da Ilha.

Já a mistura de pedra 0 com a areia fina do Leblon é "apenas aceitável", e só pôde ser empre-

gada em obras de pequena importancia, e em traços com pelo menos 300 kg. de cimento por metro cubico de concreto.

A areia média do Leblon, misturada com pedra 0 em proporções convenientes, póde ser usada em qualquer caso — "desde que a pedra britada n.º 0 tenha bôa resistencia, não se decomponha facilmente, e não contenha pó de pedra além de certo limite. Infelizmente é muito comum no D. F. serem fornecidas aos construtores pedras britadas provenientes de rochas muito ricas em mica, e portanto muito pouco resistentes.

No I. N. T. empregando uma mistura de pedra 0 "bem escolhida" com areia do tipo médio, obtivemos um concreto com a resistencia á compressão de 380 kg. cm², a 28 dias (traço com 360 kg. de cimento de endurecimento rápido por m³ de concreto — fator agua, cimento 0.53 — agregado constituido por uma mistura de areia média, e pedras britadas 0, 1, e 2).

Vemos assim que mesmo "concretos de resistencia á compressão excepcionalmente alta podem ser executados com um agregado miúdo constituido por uma mistura de areia média". (d_{max} — 2,4 mm) "e pedra britada 0".

Esta mistura tem sobre a areia da Ilha a vantagem de ser praticamente isenta de materias orgânicas. Sempre que não se puder obter uma areia grossa bem escolhida, deve ser usada essa mistura.

b) Agregado graúdo

O agregado graúdo póde ser natural (pedregulho) ou artificial (brita ou cascalho).

No Distrito Federal só é empregado o agregado graúdo artificial.

Resistencia e durabilidade

O agregado graúdo deve ter grãos inertes, limpos, resistentes e duráveis.

Em casos suspeitos pôde ser feita uma prova de estabilidade, com o ensaio de ataque pelo sulfato de sódio, descrito no M 14 do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo.

No Distrito Federal são comuns pedras britadas fracas e que se decompõem facilmente; são em geral ricas em mica preta. Já tivemos ocasião de verificar no I. N. T. que o emprego dessas pedras reduz a resistencia á compressão do concreto. Os construtores devem sempre exigir britas de bôa qualidade, apesar de serem um pouco mais caras.

Com um pouco de pratica pôde-se avaliar da bôa ou má qualidade de uma brita por seu simples aspecto.

Composição granulométrica

O agregado graúdo para ser empregado em concretos plásticos, deve ter grãos de tamanhos diferentes, variando desde o diametro maximo do agregado miúdo, até o diametro maximo do agregado.

Os pedregulhos naturais em geral já se apresentam com bôa granulometria; com os artificiais isso não se dá. Para obter uma brita com granulometria conveniente temos em geral que misturar pedras britadas de diferentes tipos. Voltaremos a este assunto quando tratarmos da composição granulométrica dos concretos.

Composição granulométrica e classificação das pedras britadas empregadas no Distrito Federal.

Composição granulométrica das britas

empregadas no Distrito Federal

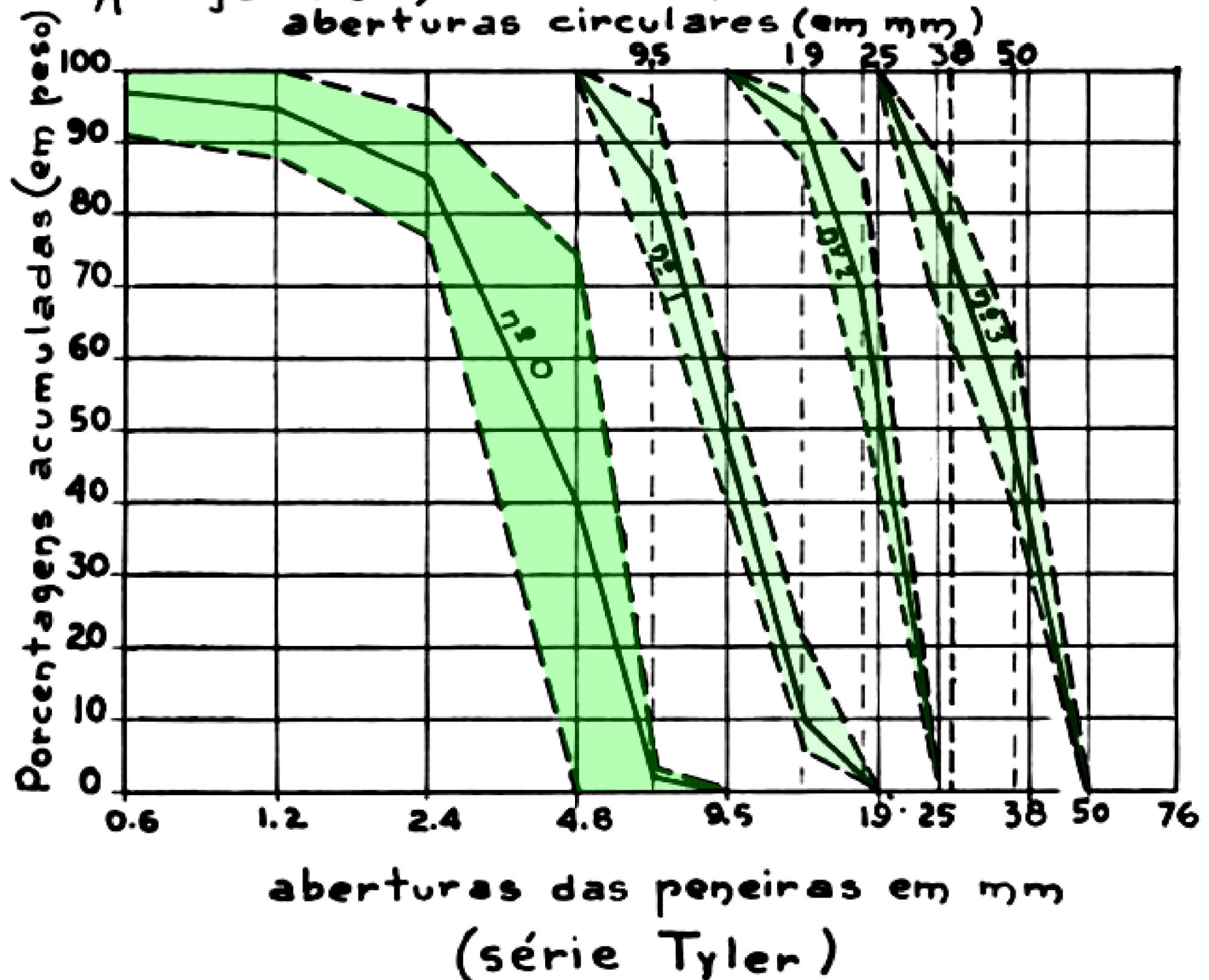


Fig. 4

Na fig. 4 apresentamos os resultados dos ensaios feitos no I. N. T., para determinar a composição granulométrica das pedras britadas empregadas em construções no Distrito Federal.

Convencionemos chamar:

"diâmetro máximo" de uma brita á abertura da peneira de malhas quadradas da série Tyler na qual a porcentagem acumulada é inferior a 15 %, sendo superior a esse limite na peneira imediatamente abaixo.

"diâmetro mínimo" á abertura da peneira de malhas quadradas na qual a porcentagem acumulada fôr superior a 85 %, sendo inferior a esse limite na peneira imediatamente acima.

De acôrdo com a composição granulométrica as pedras britadas do Distrito Federal pôdem ser classificadas nos seguintes tipos:

Pedra — 3 —	:	dmax — 50 mm	dmin — 19 mm
Pedra — 2 —	:	dmax — 25 mm	dmin — 9,5 mm
Pedra — 1 —	:	dmax — 19 mm	dmin — 4,8 mm
Pedra — 0 —	:	dmax — 9,5 mm	dmin — 1,2 mm ou 4,8 mm

(Peso específico absoluto médio: 2,65)

Vemos que cada tipo de pedra britada tem em geral a quasi totalidade de seus grãos retidos em duas peneiras da série, apenas.

O tipo de composição mais variada é a pedra 0, — também chamada cascalhinho; em geral pelo menos 50 % de seus grãos devem ser considerados como agregado miúdo. Este tipo de pedra britada só deve ser empregado para corrigir a excessiva finura de certas areias.

3 — PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE UM CONCRETO

A base de uma dosagem científica de concreto está na possibilidade de se preverem suas principais propriedades, e, em particular, sua resistência à compressão, quando conhecida a sua composição.

Quando dosamos um concreto, temos em vista obter uma resistência à compressão prefixada, com o traço mais econômico possível, mas sem perder de vista outras propriedades, às quais nos referimos na introdução.

Para nos certificarmos da justeza das previsões feitas, é que controlamos o concreto executado na obra, por meio de numerosos corpos de prova.

a) Relação entre a resistência de um concreto e o fator água-cimento.

Inicialmente façamos a hipótese, quasi sempre real, de que em um concreto os grãos do agregado, além de inertes, têm resistência à compressão superior à da pasta de cimento que os liga. A resistência do concreto então dependerá apenas desta última. A água empregada na confecção do concreto pode ser dividida em duas partes: uma se combina com o cimento e é de fato indispensável; a outra serve apenas para dar plasticidade ao concreto fresco, isto é, para facilitar sua "trabalhabilidade". Esta água em excesso, ao evaporar-se, deixa póros muito pequenos na pasta de cimento que liga os grãos do agregado, diminuindo sua resistência. Portanto, quando maior o excesso da água empregada sobre a água necessária às reações químicas do endurecimen-

to do cimento, tanto menor a resistencia do concreto.

Esse fato foi confirmado experimentalmente por um numero consideravel de pesquisas, feitas em diversos paizes. Quem estudou a questão de modo mais completo foi o americano Abrams, e por isso é conhecida como lei de Abrams a seguinte lei, hoje universalmente aceita (pelo menos em relação aos concreto cuja consistencia não se afaste muito da plástica, e para fatores agua-cimento dentro de certos limites):

"A resistencia á compressão dos concretos feitos com um mesmo cimento não depende do traço nem da natureza dos agregados, mas apenas da relação entre a quantidade de agua empregada, e a quantidade de cimento".

A essa relação, expressos em peso tanto a agua como o cimento, é usual chamar-se "fator agua-cimento".

Com um mesmo traço podemos pois obter concretos de varias resistencias, empregando quantidades de agua diferentes; observemos aqui que as consistencias, e portanto os graus de trabalhabilidade serão diferentes.

segue

Abrams propôs, para ligar a resistência á compressão ao fator água-cimento, uma equação da fórmula:

$$R = \frac{A}{Bx}$$

REVISTA DA DIRECTORIA DE ENGENHARIA

Onde x é o fator água-cimento, e A e B são duas constantes que dependem do cimento empregado, da idade de ruptura, e do formato e modo de cura dos corpos de prova.

No I. N. T. adotamos, de acôrdo com os americanos e com o I. P. T. de São Paulo, corpos de prova cilíndricos, com altura igual ao dobro do diametro, conservados em câmara úmida até a data da ruptura.

A resistência assim obtida é chamada "resistência prismática", e se aproxima muito da do concreto da obra desde que este seja conservado úmido por meio de irrigações abundantes durante o periodo inicial do endurecimento (pelo menos durante a primeira semana). Se este cuidado não fôr tomado, a resistência será muito reduzida, e consideravelmente aumentada a contração.

segue

Os alemães usam corpos de prova cúbicos, e obtêm a chamada "resistencia cubica". Aproximadamente podemos admitir que a resistencia prismatica é igual a 85 % da resistencia cubica. Devemos levar isso em conta quando, nos calculos, adotarmos coeficientes de segurança tirados do Regulamento alemão.

Em lugar de dar as equações ligando a resistencia á compressão ao fator agua-cimento, é preferível apresenta-las graficamente; adotando para as resistencias uma escala logaritmica, são elas representadas por linhas retas.

Resistencia á compressão de concretos
(Cilindros de 15x30^{cm})

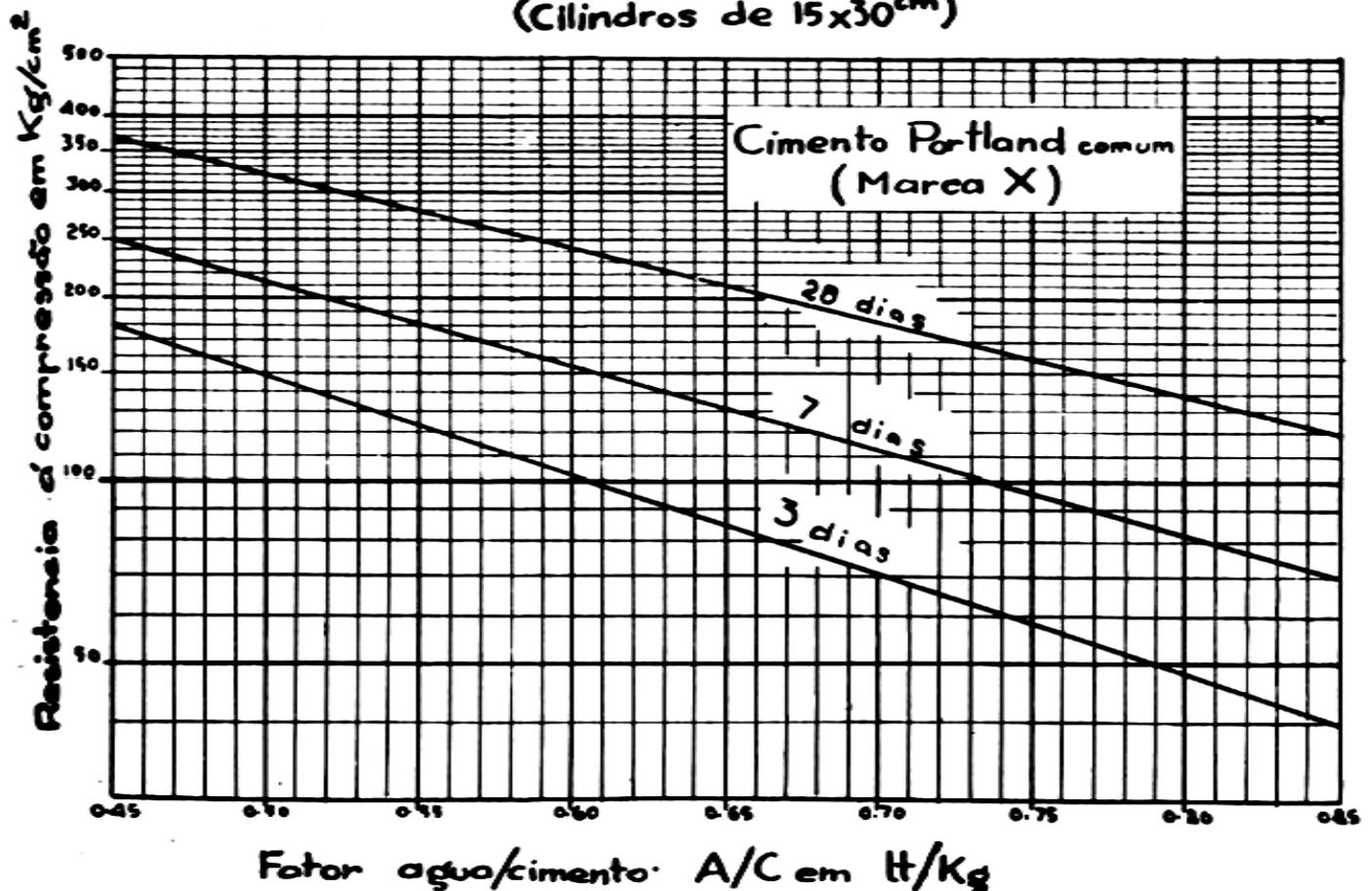


Fig. 5

Na fig. 5 apresentamos as curvas a 7 e 28 dias para um cimento portland comum: na fig. 6, as curvas a 1, 3, 7, e 28 dias, para o cimento portland de endurecimento rápido de fabricação nacional (In-côr), determinadas experimentalmente no I. N. T. (1).

Essas curvas além de variarem com o cimento, variam, si bem que pouco, para uma mesma marca.

O Instituto Nacional de Tecnologia se propõe a determinar sempre essas curvas, para os principais cimentos empregados entre nós, ficando assim apto a fazer quaisquer dosagens.

b) Variação da resistencia com a idade

A resistencia de um concreto aumenta sempre com o tempo; esse aumento é porém muito mais ra-

(1) Os ensaios foram feitos com concreto amassado manualmente, e com o tipo de brita mais comum no D. F. que é um pouco fraco.

pido nos primeiros dias de idade, depois torna-se cada vez mais lento.

Em geral, para os cimentos portland comuns toma-se como base os calculos a resistencia a 28 dias. Quando ha urgencia determina-se tambem a resistencia a 7 dias, e por meio desta é possivel prevê, aproximadamente, a resistencia a 28 dias.

Usando cimentos de endurecimento rápido deve-se tomar como base a resistencia a 3 ou 7 dias, conforme a urgencia na retirada de fórmulas e escoramentos.

Resistencia á compressão de concretos.

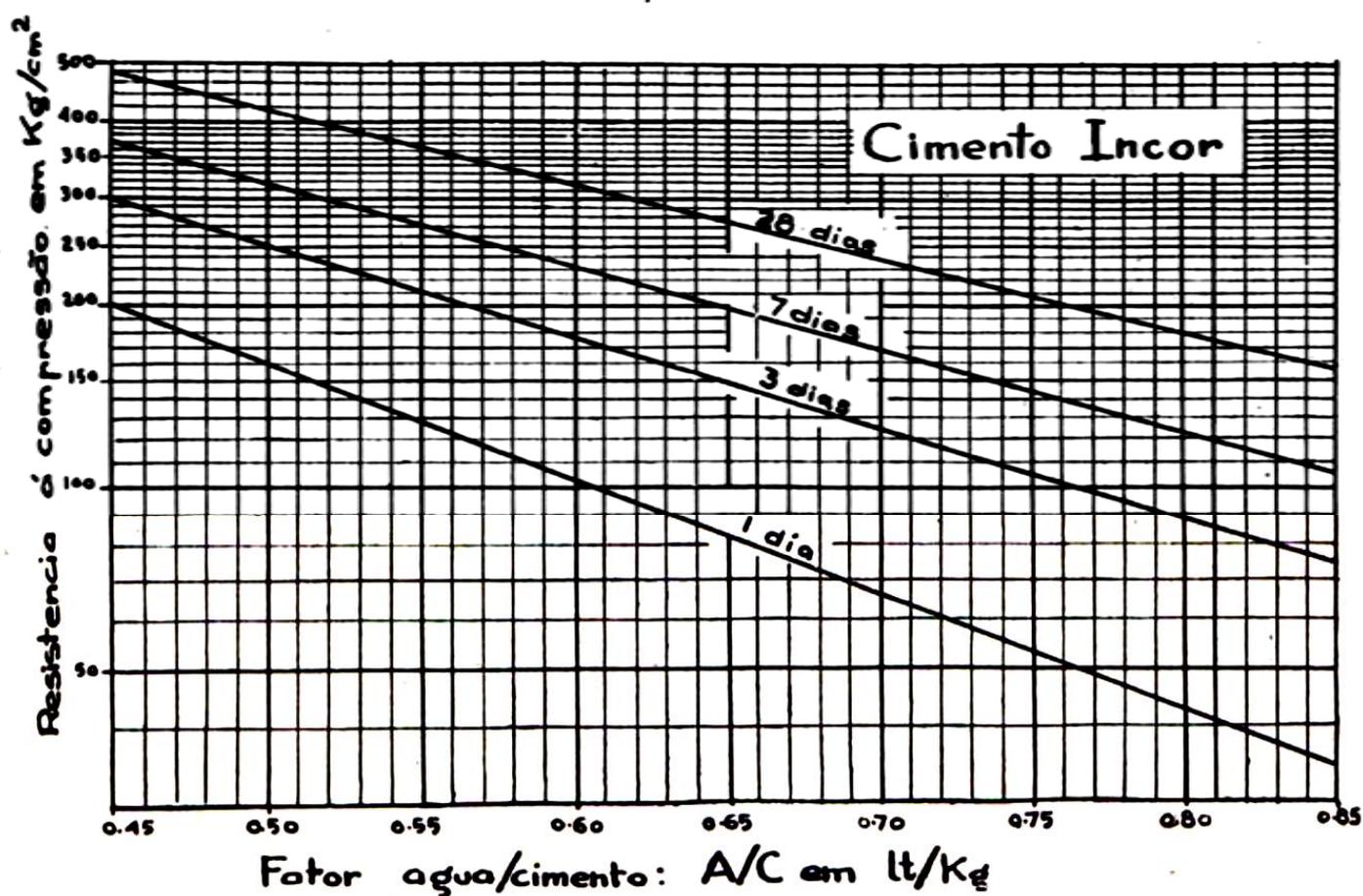


Fig. 6

Se exprimirmos a idade em escala logarítmica, a curva ligando a resistencia ao tempo, durante o primeiro mês, para muitos cimentos, aproxima-se bastante de uma reta (v. figura 7).

Resistencia á compressão de concretos (Cilindros de 15x30^{cm})

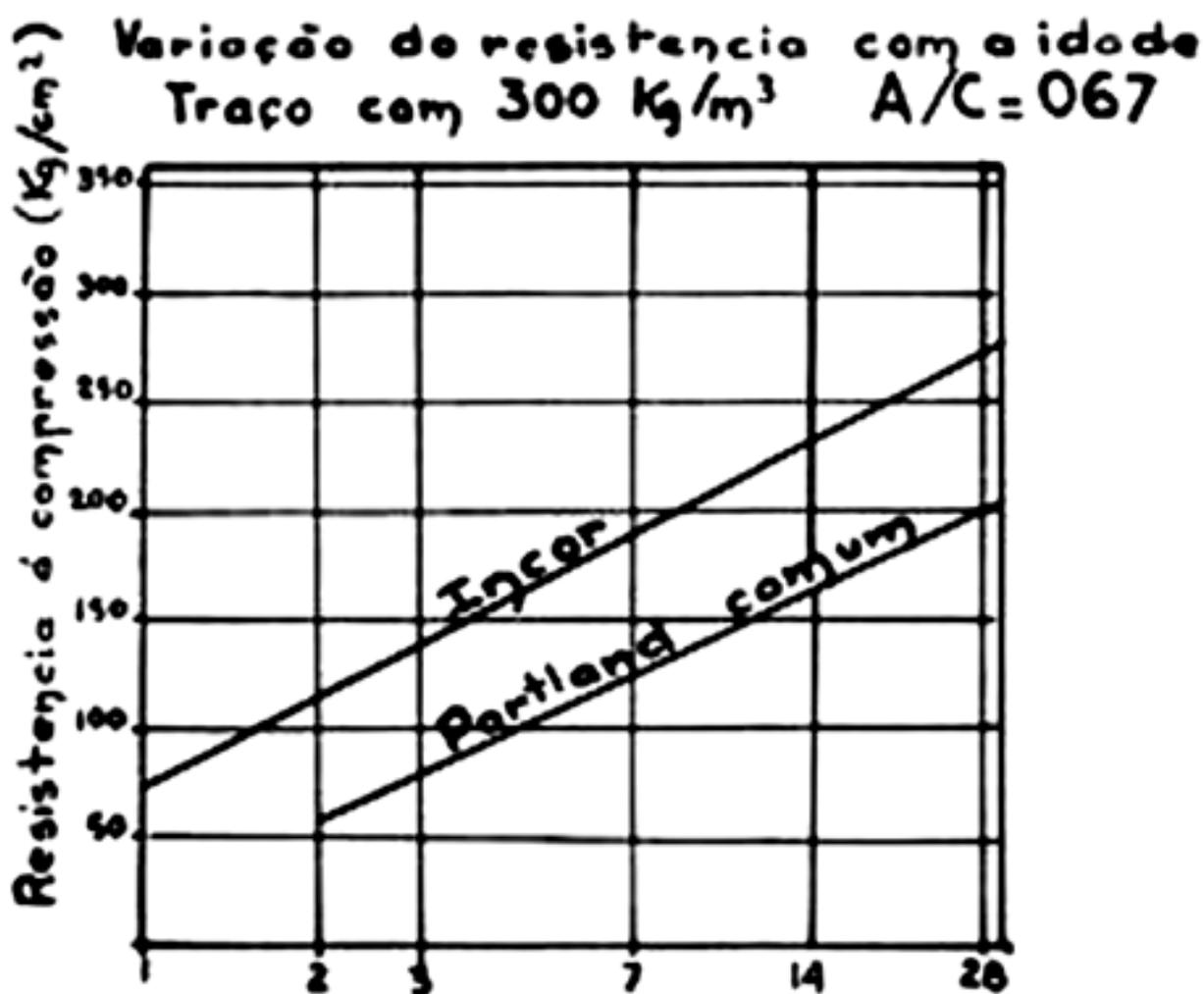


Fig. 7

Observemos aqui que concretos com o cimento de endurecimento rápido por nós estudado, até 28 dias de idade aumentam constantemente de resistência, e que esse aumento é representado graficamente por uma réta praticamente paralela á correspondente ao cimento portland comum. Com traços usuais a resistencia a 3 ou 7 dias já é em geral suficiente. Póde ele portanto ser empregado como um "cimento portland de alta resistencia" si nos basearmos na resistencia a 28 dias, e conservarmos os prazos para retiradas de fórmãs e escoramentos usados para cimentos comuns; isso é recomendavel nos casos ecepcionais de obras de grande vulto em que fôr requerida uma resistencia á compressão muito alta sem que o traço seja demasiado rico em cimento (e portanto muito sujeito á contração).

c) **Consistencia dos concretos**

O problema da dosagem de concretos seria indeterminado se não fôsse fixada a consistencia. Com um mesmo traço poderíamos obter resistencias diferentes usando diferentes fatores agua-cimento mas só um deles corresponde ao grau de trabalhabilidade necessario e suficiente para a aplicação em vista. Com um fator agua-cimento menor, o concreto não seria mais trabalhavel, com um maior seria anti-economico.

E' pois a fixação da consistencia que liga a resistencia á composição do concreto. A cada traço e a cada composição granulometrica do agregado responderá uma resistencia. Os traços mais ricos em cimento poderão em geral ser executados com

menor fator água-cimento, e por isso serão mais resistentes.

Se conseguíssemos obter leis ligando o fator água-cimento à composição do concreto (isto é, ao traço e à granulometria do agregado), e à consistência, estaria inteiramente resolvido o problema da dosagem.

Infelizmente, dada a grande variedade de materiais, só é possível obterem-se regras grosseiras, e que variam com a natureza dos agregados. Fixado o fator água-cimento correspondente à resistência desejada, essas regras nos fornecem o traço e a composição do agregado, que a ele correspondem, para uma dada consistência; deveremos considerar esses traços como ponto de partida, e antes de emprega-lo convém verificar experimentalmente se com aquele fator água-cimento a consistência obtida é a desejada; se isso não se der, é preciso chegar ao traço conveniente por aproximações sucessivas.

Vimos que conhecido fator água-cimento, é possível prever com bastante rigor a resistência à compressão; ao contrário, conhecida a composição do concreto, só é possível prevê-lo de modo grosseiro o fator água-cimento com o qual ele terá a plasticidade desejada. É sempre prudente fazer um ensaio prévio de consistência.

Abrams procurou estabelecer leis ligando a consistência, o fator água-cimento, o traço e a composição granulométrica do agregado, que representou por um índice único, o módulo de finura. Fixada a consistência e o traço, o fator água-cimento diminui, e portanto a resistência aumenta, quando cresce o módulo do agregado o que se obtém diminuindo a

porcentagem de agregado miúdo, e aumentando a do graúdo). O módulo não pôde porém crescer além de um certo limite, o "módulo máximo", o qual é tanto maior quanto maior o diâmetro máximo do agregado, e quanto mais rico o traço; ultrapassado esse limite, o concreto fresco se desagrega, por falta de grãos finos no agregado. Essas leis variam muito com a natureza dos agregados e só fornecem valores aproximados. Muitos pesquisadores põem dúvida sobre o valor do módulo como índice representativo da granulometria do agregado.

Ha varios processos para a medida da consistencia; os americanos usam o "slump test". Este porém só dá bons resultados em concretos ricos e com pedregulho natural. Em concretos feitos com brita não temos obtido no I. N. T. resultados satisfatórios.

★ Preferimos avaliar a consistencia pelo simples aspecto do concreto, o que é facil, si se tem alguma pratica de construção. A consistencia conveniente varia com as dimensões da peça a ser concretada, com o espaçamento das armações, com o modo de socamento (manual ou vibratório), etc..

Em todos os casos devemos procurar empregar a menor quantidade de agua possivel.

★ = Ver na página seguinte a foto de um "**Bom Concreto**" do livro do Eng^o. Abílio Caldas Branco.

Comentário : Foto anexada por Eduardo C.S.Thomaz

★ do livro do Eng^o **ABÍLIO CALDAS BRANCO**

Ver link : [CALDAS BRANCO TRAÇOS REV 15 \(eb.br\)](#) (página 4/49)

O BOM CONCRETO

“ Esta é a cara de um bom concreto ; grave-a bem, para usá-la como bússola em seus trabalhos “



SLUMP ≤ 12 CM

4 — COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS CONCRETOS PLÁSTICOS

Chamamos "composição granulométrica de um concreto" a composição granulométrica da mistura cimento-agregado (materiais secos)".

Conhecidas as composições granulométricas dos agregados e as relações de mistura, isto é, o "traço" (em peso), é fácil calcular a composição granulométrica da mistura cimento-agregado.

Sejam a relação entre o peso do agregado e o peso do cimento; o "traço" em peso será "1 : m".

Suponhamos que o agregado seja constituído por uma mistura de areia e duas britas, o traço será dado sob a forma 1 : a : p1 : p2, sendo $a + p1 + p2 = m$.

As porcentagens em peso de cimento, areia e britas na mistura cimento — agregado serão

$$\frac{1}{1+m}, \frac{a}{1+m}, \frac{p1}{1+m}, \text{ etc.}$$

A porcentagem da mistura acumulada em uma dada peneira será a soma das porcentagens acumuladas nessa peneira correspondentes aos materiais isolados, multiplicadas pelas porcentagens em que esses materiais entram nessa mistura.

Ao compôr um concreto é preciso inicialmente fixar seu "diâmetro máximo", isto é, o diâmetro máximo do agregado graúdo utilizado. Esse diâmetro é função das dimensões das peças a serem concretadas e do espaçamento das armações. Os alemães fixam-no em 30 mm para os casos comuns e 70 mm para as peças de grandes dimensões (peneiras de aberturas circulares).

Podemos adotar como diâmetros máximos 25 mm para os casos correntes e 50 mm para peças de grandes dimensões (peneiras de malhas quadradas). No Distrito Federal, esses diâmetros máximos são os das pedras 2 e 3, respectivamente.

Quando tratámos dos agregados miúdo e graúdo, mostramos as condições a que devem satisfazer suas composições granulométricas. A granulometria do agregado miúdo tem muito maior influencia sobre as propriedades do concreto que a do graúdo; vimos que é bastante prejudicial um excesso de grãos finos na areia. Um excesso de areia no agregado também é prejudicial, além de anti-econômico.

Tanto sob o ponto de vista de resistência á compressão e á tração, como sob o ponto de vista da contração e porosidade, devemos procurar sempre que a porcentagem de agregado miúdo no agregado seja a menor possível; este limite mínimo corresponde ao ponto em que o concreto tende a se desagregar por excesso de grãos grossos tornando-se dificilmente trabalhável.

Para um mesmo traço o fator água-cimento é tanto menor quanto menor a porcentagem de agre-

XXXXX

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

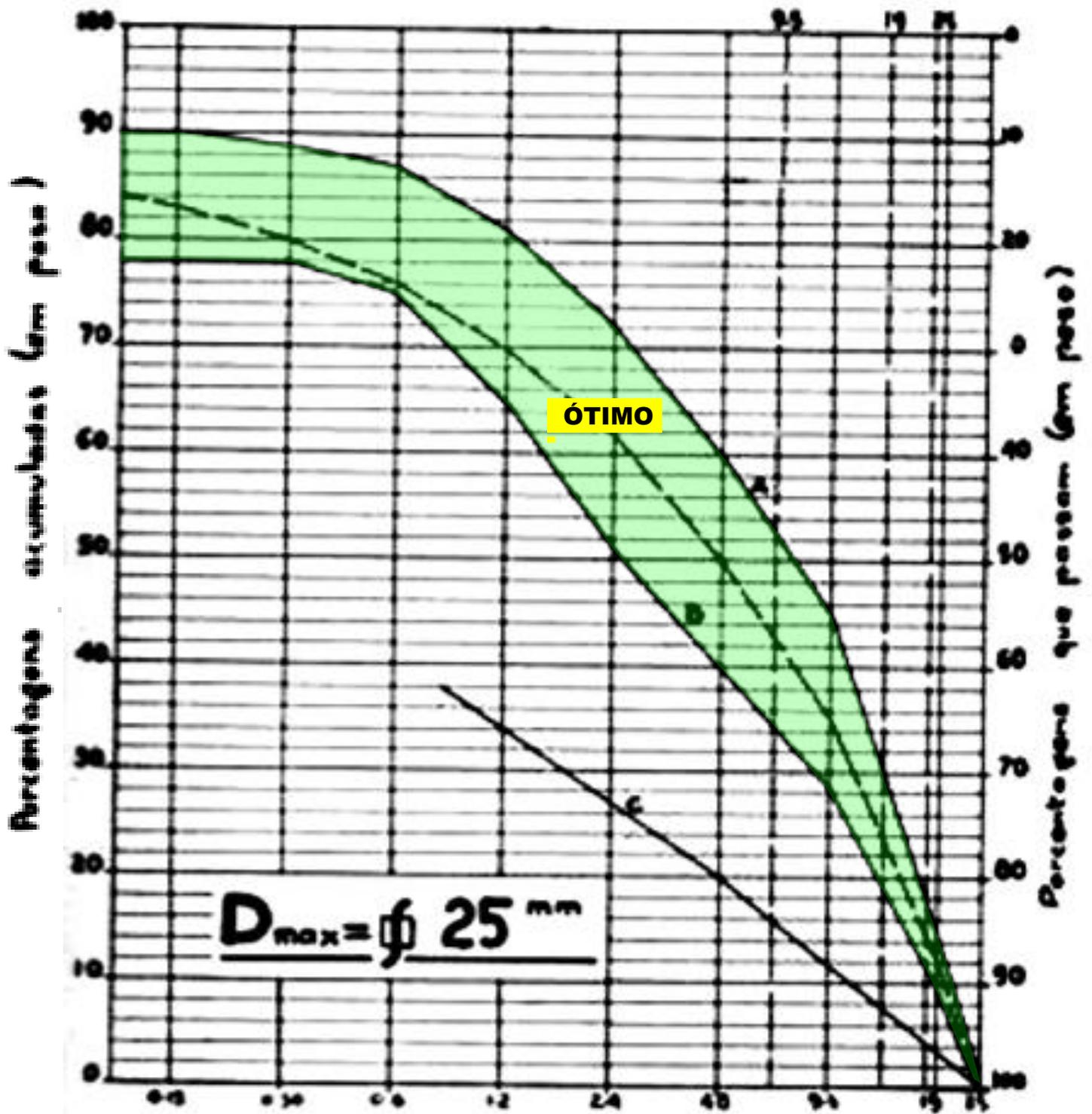


Fig. 8

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

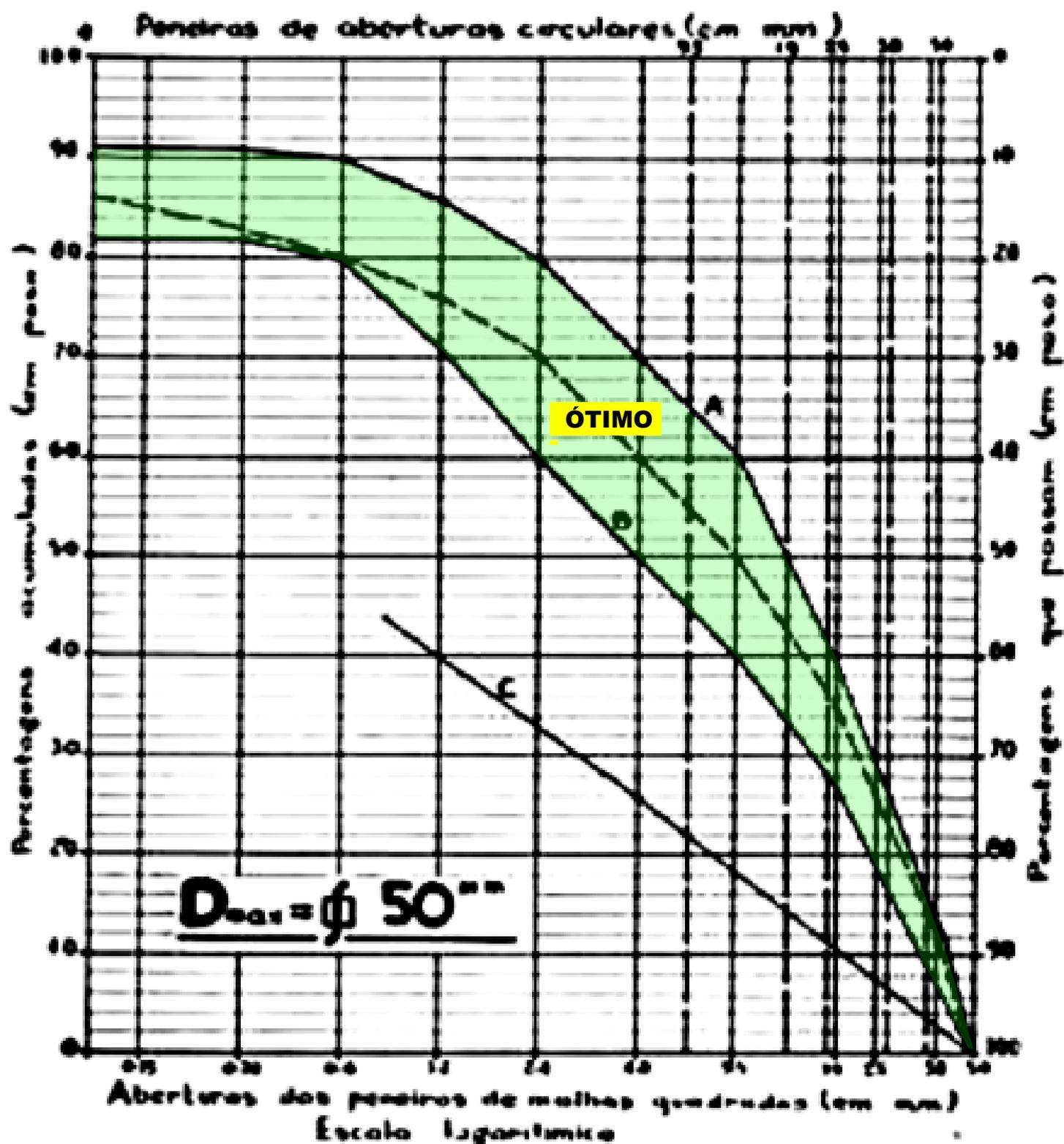


Fig. 9

gado miúdo (em igualdade de consistencia); para reduzir esta porcentagem sem prejudicar a trabalhabilidade do concreto é preciso empregar um agregado graúdo bem graduado isto é, com grãos de diversos tamanhos, e uma areia o mais grossa possível (dentro dos limites de graduação aceitáveis).

O limite mínimo da porcentagem do agregado miúdo é tanto menor quando maior o diâmetro máximo do agregado graúdo. Os concretos serão portanto tanto mais económicos quanto maiores os diâmetros máximos adotados.

Para o diâmetro máximo de 25 mm a porcentagem de areia no agregado póde variar entre 35 % e 55 %; para o de 50 mm, entre 25 % e 45 %.

Variando o traço verifica-se que a porcentagem mínima do agregado miúdo no agregado é tanto menor quando mais rico o traço em cimento. Para materiais semelhantes mostra a experiencia que a porcentagem de cimento - areia na mistura cimento-agregado é quasi constante (entre os traços com granulometria ótima).

Na figuras 8 e 9 apresentamos gráficamente os limites de composição granulométrica dos concretos para os diâmetros máximos de 25 mm e 50 mm. Baseámo-nos, para construir esses gráficos, nas curvas de Otto Graff para concretos com diâmetro máximo de 30 mm (peneiras de aberturas circulares)

São consideradas ótimos os concretos graduados entre as curvas A e B, e toleráveis os graduados entre B e C.

Em linha tracejada representamos a composição

Em linha tracejada representamos a composição granulométrica aconselhada pelo regulamento suíço de 1935, para concreto armado (fórmula

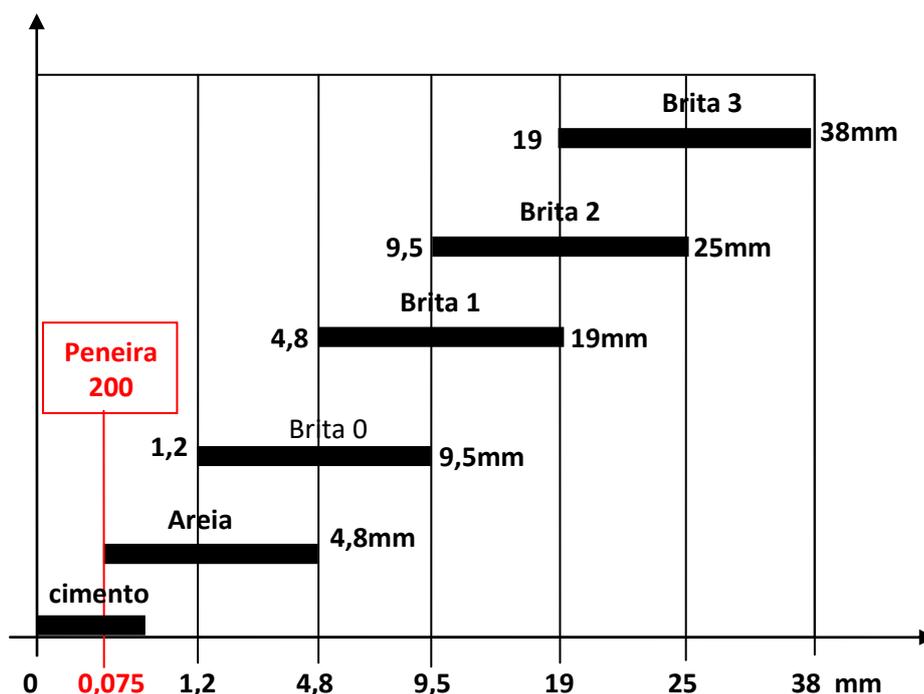
$$A = 90 - 90 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

sendo A a porcentagem acumulada na peneira de abertura d, e D de diâmetro máximo).

Os concretos graduados segundo a curva A consomem menos água (em igualdade de consistência) que os graduados segundo a curva B; em compensação exigem mais cuidado na concretagem, pois contêm mais grãos grossos.

"Com os materiais empregados no D. F. temos obtido bons concretos graduados entre a curva B e a tracejada"; nos casos em que o concreto fôr vibrado será talvez possível aproximar sua composição da curva A, reduzindo a porcentagem de areia no agregado.

Comentário : Pedras e Areias no RJ



5 — RELAÇÃO ENTRE A COMPOSIÇÃO DO CONCRETO E O FATOR AGUA-CIMENTO.

No I. N. T. temos adotado para obter os traços em 1.ª aproximação, quando fixado o fator água-cimento, uma regra muito simples. Verifica-se experimentalmente que, em igualdade de consistência e diâmetro máximo, e considerando só os traços com granulamétrica ótima, a "porcentagem A de água" referida ao "peso da mistura cimento agregado" (materiais secos) varia muito pouco.

Conhecida A, o fator água-cimento será

$$x = \frac{A}{100} (1 + m).$$

Podemos tomar como base os valores da seguinte tabela, que dão resultados bastante satisfatórios:

PORCENTAGENS (A) DE AGUA REFERIDAS AO PESO DA MISTURA CIMENTO-AGREGADO.

$D_{m\acute{a}x}$	Traços pobres (cerca de 240 kg. de cimen- to por m^3)	Traços médios (cerca de 300 kg. de cimen- to por m^3)	Traços ricos (cerca de 400 kg. de cimen- to por m^3)
25 mm	10,0 %	9,5 %	9,0 %
50 mm	9,0 %	8,5 %	8,0 %

Para concreto dosado entre a curva tracejada e a curva A, essas porcentagens pódem ser reduzidas de 0.5.

6 — CONSUMO DE MATERIAIS

CONCRETO SOCADO

O cálculo do consumo de materiais é baseado na suposição de que o concreto fresco, depois de convenientemente socado nos moldes, não apresenta vazios (há sempre, nos concretos plásticos, água em excesso para preenche-los).

Sejam P_c o peso de cimento por m^3 de concreto, d_c o peso específico absoluto do cimento, e o da areia e da pedra (supostos iguais).

Teremos

$$P_c = \frac{1}{1/d_c + m/d_c + x}$$

sendo m o traço e $x = A/C = \frac{A}{100} - (m+1)$.

A porcentagem A pode ser tirada da tabela anterior, sempre que x não for determinado experimentalmente.

Essa fórmula também se aplica às argamassas, para as quais A varia entre 15 % e 20 %.

segue

I.N.T. - DOSAGEM DE CONCRETOS

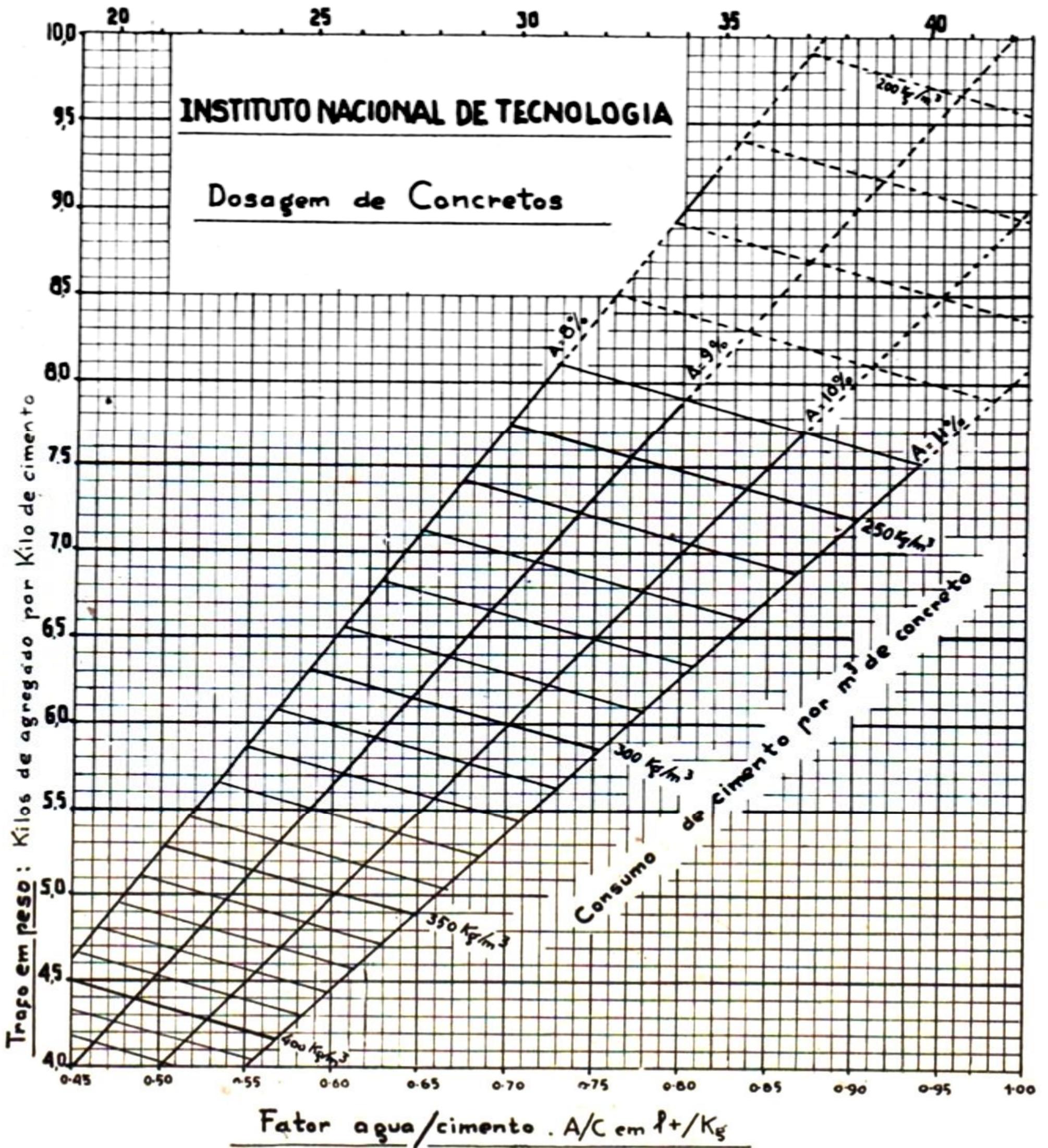


Fig. 10

Na figura 10 apresentamos um ábaco ligando o traço, o fator água-cimento, a porcentagem A de água, e o consumo de cimento por m^3 de concreto. Tomamos $d_c = 3,05$, e $d_a = 2,6$.

Conhecido o consumo de cimento é fácil calcular o consumo de areia e de brita (em peso).

7 — MÉTODO DE DOSAGEM

A marcha a seguir na dosagem de um concreto será em resumo a seguinte:

- a) fixada a resistência desejada e conhecida a curva ligando a resistência ao fator A/C para o cimento a ser usado, obtem-se o fator água-cimento.
- b) escolhido o diâmetro máximo, obtem-se na tabela da pag. 3 — o valor aproximado da porcentagem A de água.
- c) entra-se com o fator A/C e A na ábaco da fig. 9, e obtêm-se o traço $1:m$, e o consumo de cimento por m^3 de concreto.

d) conhecidos o traço e as composições granulométricas dos materiais que constituem o agregado, obtêm-se as relações da mistura destes materiais por tentativas, de modo que a composição de concreto fique entre as correspondentes á curva B e á tracejada (fig. 8 ou 9).

e) verifica-se se o traço assim obtido, com o fator A/C fixado, é suficientemente plástico, por meio de um ensaio prévio de consistência.

Na obra o cimento deve ser medido em peso, de preferência em sacos (geralmente um saco contém 42.5 kg. de cimento). Os agregados podem ser medidos em volume. É preferível que a transformação dos pesos em volumes seja feita na obra, pois os pesos específicos aparentes dos materiais variam muito com a forma, e as dimensões das medidas, e com o modo de enche-las. O peso específico aparente da areia varia também com o seu grau de unidade.

O fator A/C deve ser medido rigorosamente, não devendo em caso algum ser superior ao fixado; deve ser levada em conta a água transportada pela areia sob a forma de umidade. A umidade da areia nas obras é comumente de 3 a 4 % o que corresponde, em traços médios (cerca de 100 kg. de areia por saco de cimento), a 3 ou 4 litros de água. A umidade da areia pode ser facilmente determinada por meio do frasco de Chapman (v. artigo a respeito do Dr. Rêmulo Romano, publicado pelo departamento de Es-

Rêmulo Romano, publicado pelo departamento de Estradas de Rodagem de S. P.).

Se durante a execução o concreto fôr pouco plástico para certos trechos da obra devem ser reduzidas as quantidades de areia e pedra adicionadas a um saco de cimento e mantida constante a quantidade de agua.

Traços aproximados para concretos feitos com materiais empregados no D. F.

a) $D_{max} = 25 \text{ mm}$; **Traço 1: m em peso.**
 ou 1 (cimento) : a (areia) : P1 (Pedra 1) : P2 (Pedra 2).

$$P2 = P1 = 0.25 (m + 1).$$

$$a = m - (P1 + P2).$$

b) $D_{max} = 50 \text{ mm}$; **traço 1: m em peso.**
 ou 1 (cimento) : a areia) : P1 (pedra 1) : P2 (pedra 2) P3 (pedra 3).

$$P3 = P2 = 0.20 (m + 1).$$

$$P1 = 0.15 (m + 1).$$

$$a = m - (P1 + P2 + P3).$$

No caso de ser empregada areia do LEBLON, tipo médio, teremos em lugar de a uma mistura em partes iguais de areia do LEBLON e pedra 0.

partes iguais de areia do LEBLON e pedra 0.

Pódem ser adotados aproximadamente, para orçamentos, os seguintes pesos específicos aparentes:

- ★ Areia da Ilha com 3 % de unidade. 1,40 lt/kg.
- Areia do Leblon com 3 % de unidade: 1,55 lt/kg.
- Pedra 1 1,45 lt/kg. *Kg/lt*
- Pedras 2 e 3 1,35 lt/kg.

REVISTA DA DIRECTORIA DE ENGENHARIA

Comentário: Comparação com as Areias do Rio Reno na Alemanha
(Gráfico do Livro de Otto Graf, citado na página 8)

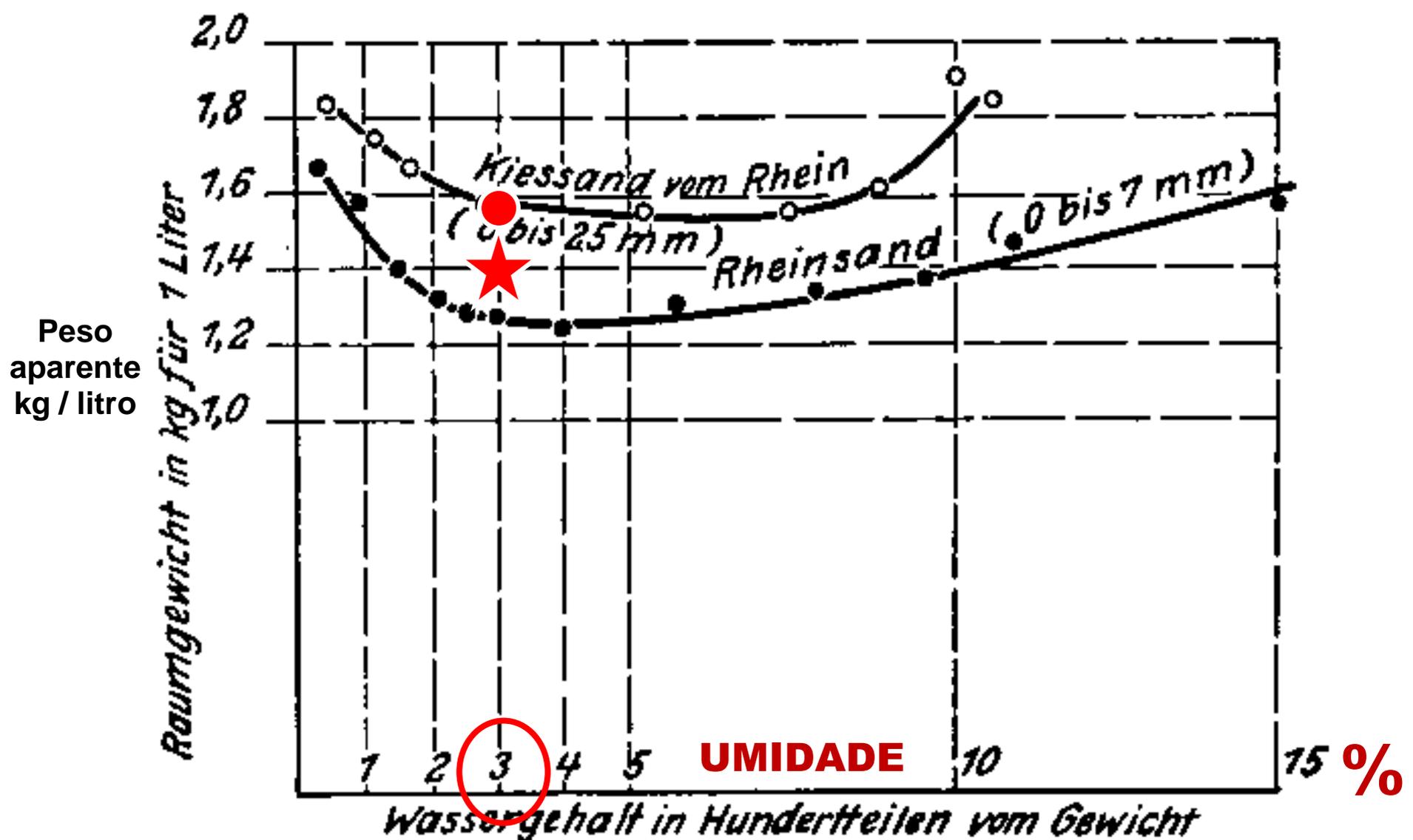


Abb. 1. Einfluß des Feuchtigkeitsgehalts des Sands und des Kiessands auf dessen Raumgewicht.

8 — CONCLUSÃO

Antes de concluir desejamos fazer algumas sugestões sobre modificações a serem introduzidas no regulamento de concreto da P. D. F.

a) **Método de ensaio e especificações para cimentos**

O I. N. T. adota o método de ensaio normal de cimento do I. P. T. de São Paulo, que é, entre todos os métodos de ensaio atualmente em vigor em diversos países, o que está mais de acordo com a orientação moderna. O ensaio mecânico, principal é o de compressão de corpos de prova cilíndricos executados com argamassa normal plástica.

O resultado desse ensaio corresponde aproximadamente à resistência de um concreto fabricado com o mesmo fator água-cimento (cerca de 0.49 lt/kg), isto é, de um concreto plástico com cerca de 400 kg. de cimento por m³ ($d_{max} = 25$ mm).

O ensaio de tração é abandonado; julgamos entretanto que deveria ser mantido, sob a forma de ensaio à tração na flexão, pois, como vimos, a resistência à tração dos concretos em muitos casos tem grande importância.

Seria conveniente tornarem-se oficiais, para

Seria conveniente tornarem-se oficiais, para todo o Brasil, as especificações do I. P. T. de São Paulo para cimento Portland.

As "resistencias minimas" exigidas nessas especificações são as seguintes:

- 3 dias — 80 kg/cm².
- 7 dias — 150 kg/cm².
- 28 dias — 250 kg/cm².

Observemos que esses são os limites minimos; um "bom cimento portland" deverá ter aproximadamente as seguintes resistencias:

- 3 dias — 150 kg/cm².
- 7 dias — 220 kg/cm².
- 28 dias — 320 kg/cm².

Para um "cimento portland de alta resistencia", ou endurecimento rápido, proporiamos as seguintes minimas:

- 1 dia — 150 kg/cm².
- 3 dias — 250 kg/cm².
- 7 dias — 300 kg/cm².
- 28 dias — 400 kg/cm².

b) Coeficientes de segurança para o concreto:

O coeficiente de segurança deve ser referido á resistencia em cilindros, e não á resistencia cúbica, pois entre nós os ensaios de compressão são quasi que exclusivamente feitos com corpos de prova cilíndricas.

Poderíamos adotar, de acordo com o regulamento americano, um coeficiente de segurança 2,5 para a flexão (em obras calculadas com rigor). Referido á resistencia cubica esse coeficiente de segurança seria 3. A relação n entre os modulos de elasticidade do ferro e do concreto não deve entretanto ser considerada constante e igual a 15. Propomos que seja considerada igual a 15 para os concretos com resistencia inferior a 175 kg/cm², e igual a 10 para os concretos de resistencia superior a essa (ou então que se tome um n variavel, na hipotese de que $E_c = 1000 R_c$, como faz o reg. americano). Nessas bases as taxas de trabalho poderiam ser elevadas até 100 kg/cm².

O coeficiente de segurança para a compressão simples deve ser maior (pelo menos 3,5).

Ao fazer estas sugestões sobre solicitações admissiveis baseamo-nos nos regulamentos mais modernos: o americano de 1936, o suiço de 1935 e o

dermos: o americano de 1936, o suíço de 1935 e o austriaco de 1936.

Com os materiais de que hoje dispomos é absurdo limitar as taxas de trabalho a 65 kg/cm^2 , como faz o nosso regulamento ($n = 12$).

Nas peças trabalhando á flexão, com solicitações do concreto muito elevadas, surge o perigo do fendilhamento nas zonas de tração; quando a resistência á tração do concreto é ultrapassada apareceu fendas, em geral capilares, e que, apesar de não terem importância imediata, pois nos cálculos aquela resistência é desprezada, podem facilitar o ataque das armações por agentes nocivos, em obras de grande vulto expostas ao ar livre. Nestes casos devem ser exigidas precauções especiais, tais como uma cura prolongada do concreto, a verificação de sua resistência á tração, e a colocação de tipos especiais de armações nos trechos em que fôr muito grande a solicitação do concreto á tração. Recomendam-se ainda uma boa granulometria do agregado, e a vibração.

+ + +

ANEXO 01 – 1938 - Ministério da Educação / RJ

Fotos adicionadas por Eduardo C.S.Thomaz

Estrutura com $f_{ck}=13\text{MPa}$ - Concreto com muita água, por não ter plastificante, e sem uso de vibradores (não existiam).

1938 - Ministério da Educação e Saúde,
atual Palácio da Cultura / RJ

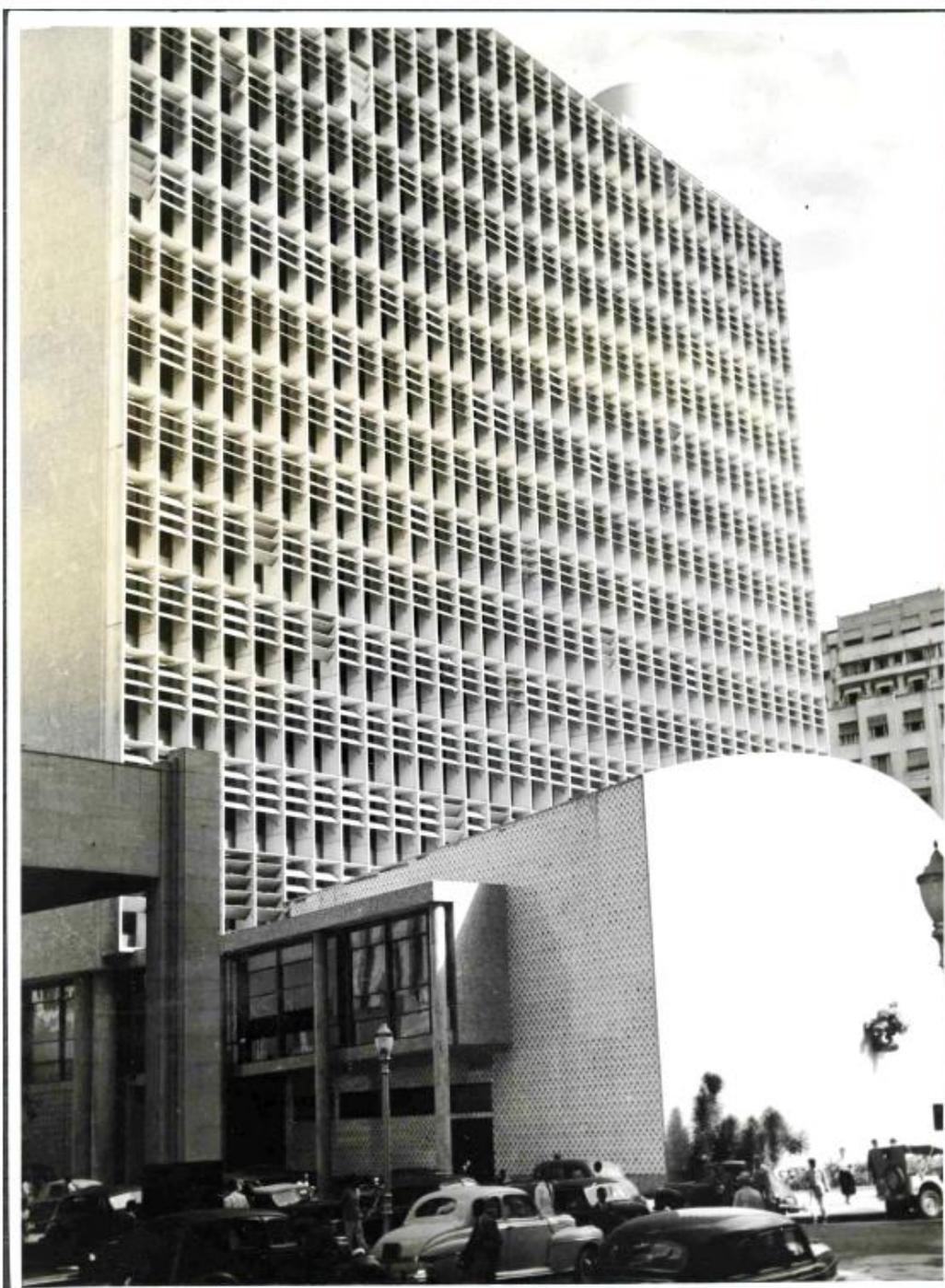
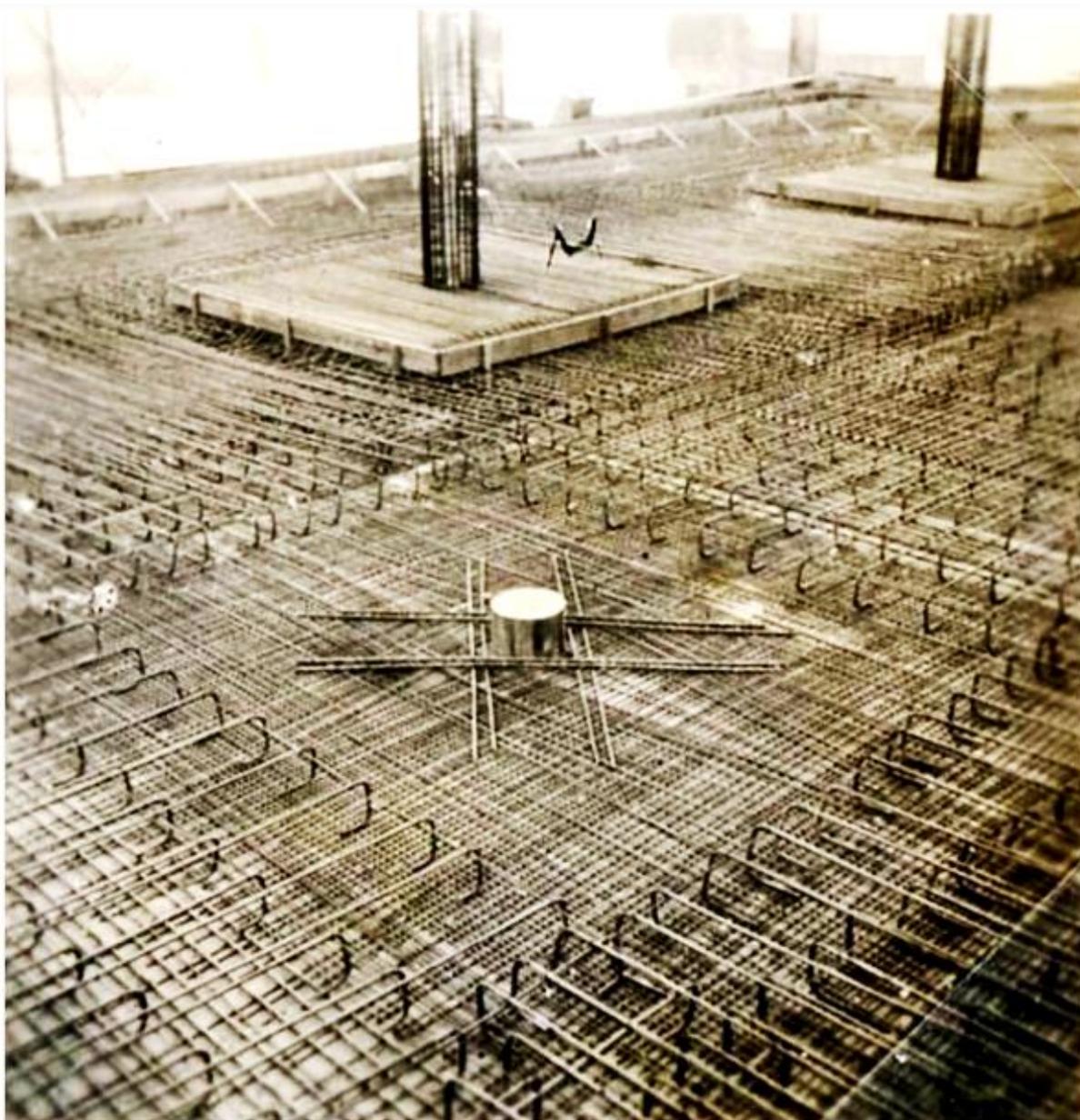


Foto (1960 cerca) da Biblioteca Nacional Digital

http://obidigital.bn.br/obidigital2/acervo_digital/div_iconografia/icon855533/icon855533.jpg

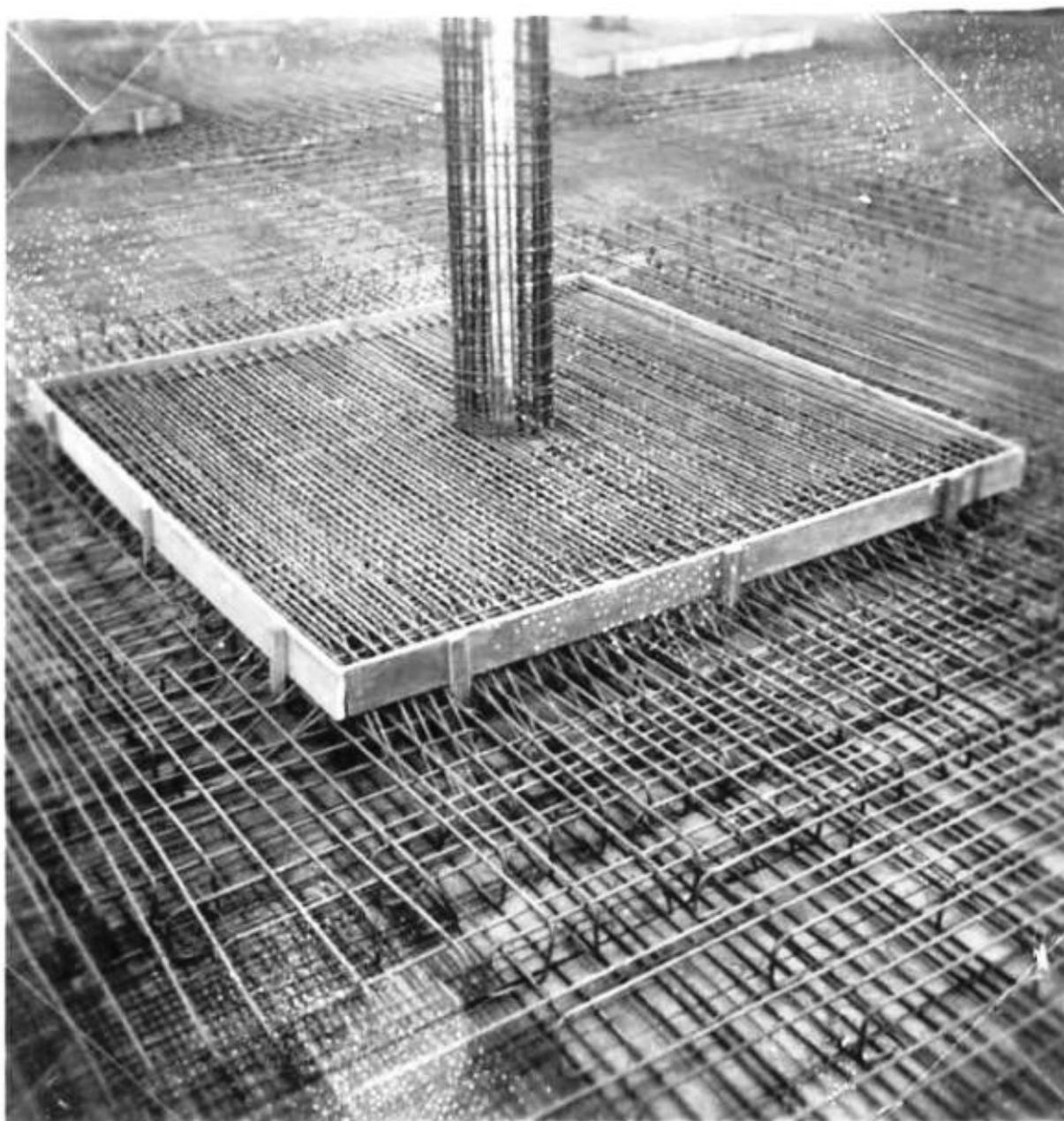
Lajes lisas (cogumelo) com capitel superior (invertido)



Armaduras positiva e negativa da laje

Pequeno espaçamento entre as barras da armadura inferior

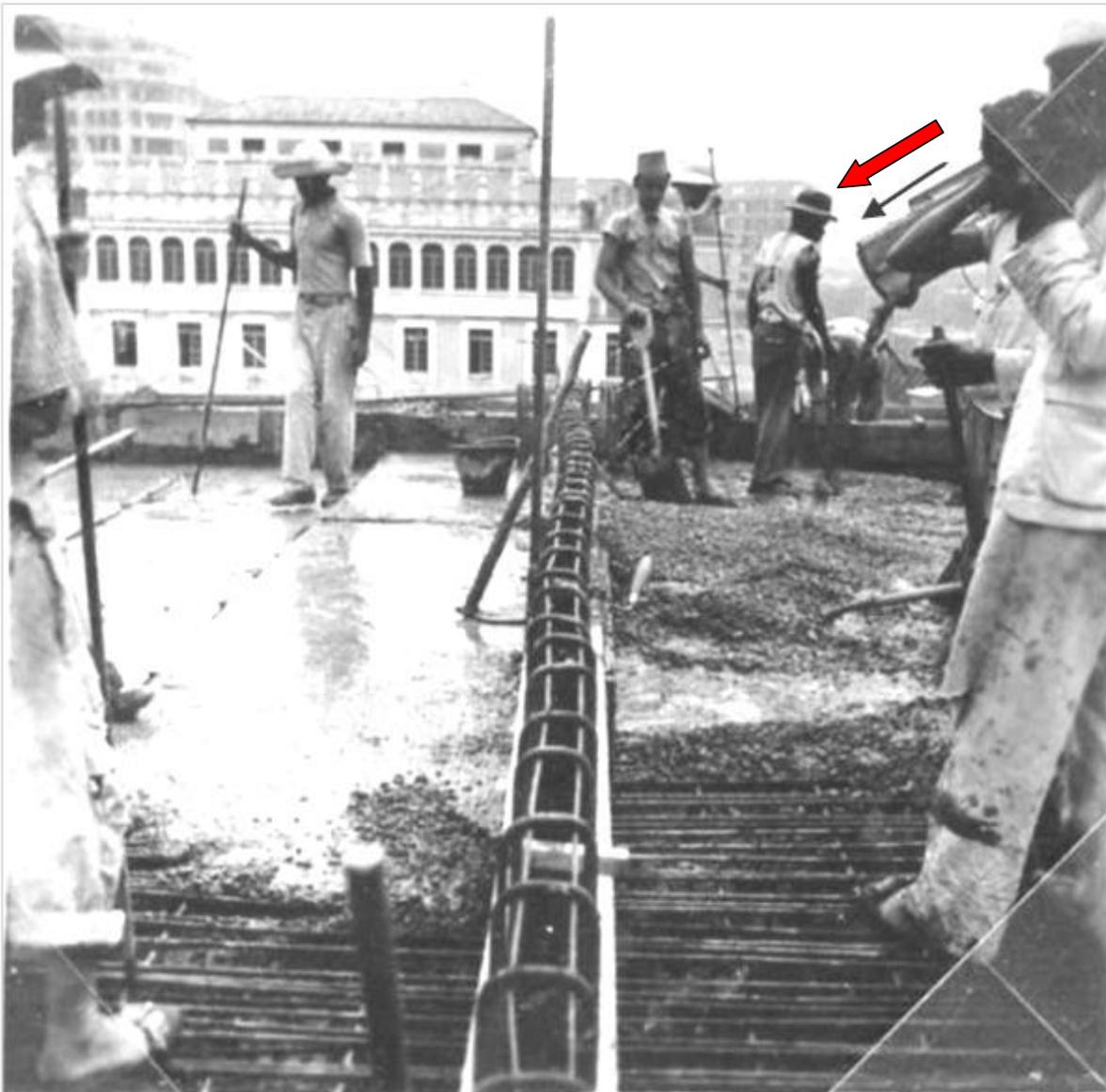
ARMADURA DO CAPITEL INVERTIDO



Barras dobradas como armadura de suspensão

Pequeno espaçamento entre as barras da armadura do capitel.

Concretagem das lajes



Espalhando o concreto
Concreto com muita água
e Sem vibração

Concretagem das lajes



Espalhando o concreto
Concreto com muita água
e Sem vibração

<http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/baumgart/baumgart01.pdf>

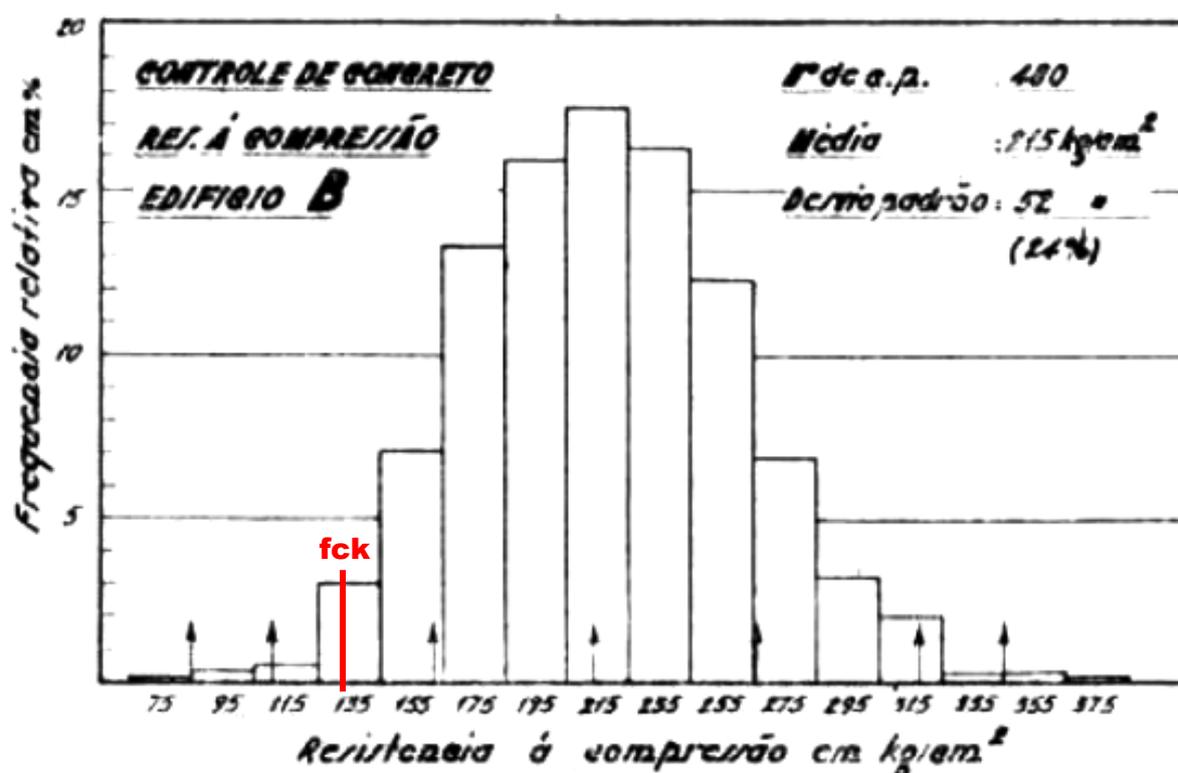
No artigo "Os coeficientes de Segurança e as Tensões Admissíveis em Peças de Concreto Simples e de Concreto Armado", de 1944, o Prof. Lobo Carneiro mostra a resistência do concreto de dois prédios públicos recém construídos.

Prédio A = Ministério do Trabalho e Prédio B = Ministério da Educação.

Ver o link :http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/coef_seg.pdf

Edifício público B – 480 corpos de prova

Resistência à Compressão - 1944 – Controle INT



Corpos de prova = 480 c.p.

Média = σ_{c28} = fcm28 dias = 215 kgf/cm²

Desvio padrão = 52 kgf / cm²

Coeficiente de variação = $(52 \text{ kgf / cm}^2) / (215 \text{ kgf/cm}^2) = 0,24 = 24\%$

Regra Lobo Carneiro - INT - 1944 :

$\sigma_{cr} = f_{ck28} = (2/3) f_{cm28} = (2/3) \times 215 \text{ kgf/cm}^2 = 143,3 \text{ kgf/cm}^2$

Regra NBR6118 :

$f_{ck28} = f_{cm28} - 1,645 \text{ desvio padrão} =$

$= (215 \text{ kgf / cm}^2) - 1,645 \times (52 \text{ kgf / cm}^2) = 129,5 \text{ kgf/cm}^2 = 13 \text{ MPa}$

2022

Comentário do Prof. Paulo Helene / U.S.P. (Calculistas-Bahia), em **29/08/22**

“ Observei a interessante coincidência do critério de Lobo Carneiro com o prescrito na NBR 6118.

Também gostei de ver Lobo Carneiro :

- narrando a evolução dos cimentos,
- descrevendo a importância da qualidade dos agregados,
- mostrando :
 - a importância da distribuição granulométrica e do que hoje chamamos de "grau de compactação",
 - a dificuldade de obter agregados resistentes na região do Rio de Janeiro, o que permanece até hoje,
 - a importância de um estudo de dosagem que leve em conta a natureza dos agregados locais, mesmo quando estes não atendem às faixas ideais de distribuição granulométrica.

“

+ + +

Eduardo C. S.Thomaz / Rio de Janeiro
02 / Setembro / 2022