	<p>1939 – O Controle do Concreto numa Construção</p> <p>Eng^o Fernando Luis Lobo Carneiro – I.N.T. / RJ Eng^o Domingos de Pontes Vieira – I.N.T. / RJ Eng^o Alberto Pastor de Oliveira – D.N.E.R / RJ</p> <p>Revista Municipal de Engenharia</p>	<p>Prof. Eduardo C. S. Thomaz</p>
---	--	-----------------------------------

“ DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE GAUSS “

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

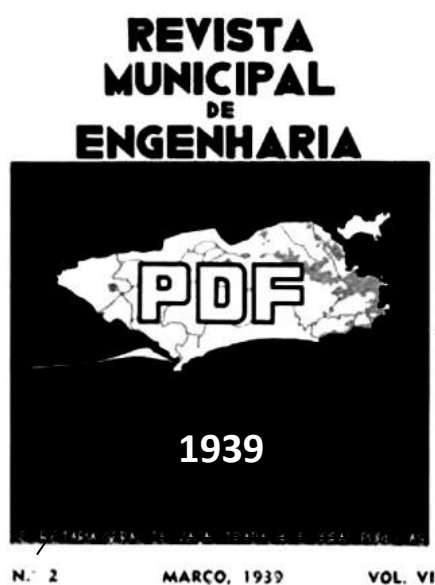
μ = média ; σ = desvio padrão

Resumo

- 1 – Um estudo estatístico do concreto de uma obra mostrou que a amostragem da resistência do concreto segue a Distribuição Normal de Gauss.
- 2 – 1939 – Primeira Aplicação, pelo I.N.T. / RJ, da Estatística ao Controle da Resistência de todo o Concreto da Estrutura de um Hospital no Rio de Janeiro. (600 corpos de prova)
- 3 – 1937 – O Concreto fora dosado e testado por Eng^o Fernando Lobo Carneiro / I.N.T.
Não havia plastificantes para os concretos, nem vibradores.
Fator água/cimento = 0,70 , fcm.28dias = 19,6 MPa
- 4 – O primeiro Estudo estatístico da resistência do concreto de uma obra foi feito pelo Eng^o Alberto Pastor de Oliveira do D.N.E.R. / I.N.T.. Ver adiante
- 5 - Estudos como esse embasaram a concepção do fck como o fractil 5% da resistência do concreto, pela NB1 / 1960.
O Prof. Fernando Lobo Carneiro escreveu a respeito:
“ Foi assim, graças aos estudos resultantes do impulso dado por Paulo Sá, do I.N.T. que a Norma Brasileira NB-1, em sua revisão de 1960, antecipou-se à primeira Norma Internacional do Comitê Europeu do Concreto (1963) , na adoção de uma “resistência característica” , em lugar da resistência média ou nominal, como valor básico para a verificação da segurança.”

Ver link -

http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/lobo_tec_conc.pdf



Prefeito do Distrito Federal:
Dr. Henrique de Toledo Dodsworth

Secretário Geral de Viação, Trabalho e Obras Públicas:
Engenheiro Edison Junqueira Passos

Diretor Gerente
JOSE' HENRIQUE DA SILVA QUEIROZ

Redator chefe
FELICIANO PENNA CHAVES

Redatores:

Arquitetura	Hermínio Andrade e Silva
Estruturas	Luiz O. Pinheiro Guedes
Materiais	A. Raposo de Almeida
Organização e Administração	H. Castro Faria
Saneamento	J. Oliveira Reis
Urbanismo	J. Oliveira Sampaio
Viação	Luiz Ribeiro Soares
Vários	A. Monteiro Junior

Os artigos assinados não possuem necessariamente caráter oficial.

SUMÁRIO

RIO MODERNO (fotografia)	122
OBRAS DA AVENIDA 9 DE JULHO — Frederico A. Zomboni	123
PROJETO DE REMEMBRAMENTO DO CENTRO DO DISTRITO FEDERAL — Paulo de Camargo Almeida	141
ANTE-PROJETO PARA A FUTURA CAPITAL DO BRASIL NO PLANALTO CENTRAL — Carmen Portinho	153
ESTUDO DA LEGISLAÇÃO VIGENTE SOBRE URBANISMO NA FRANÇA — Tobias d'Angelo Visconti	164
NOTA SOBRE OS PERFIS LONGITUDINAIS EM VIAÇÃO — Eduardo Souza Filho	177
COLEGIO MILITAR DO RIO DE JANEIRO — José Theodulo da Silva	181
O CONTROLE DO CONCRETO NUMA CONSTRUÇÃO — Alberto Pastor de Oliveira	197
DECRETO-LEI N.º 886, DE 24 DE NOVEMBRO DE 1938	203
NOTICIARIO	205

O CONTROLE DO CONCRETO NUMA CONSTRUÇÃO

<http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=142832&pesq=%22%20ALBERTO%20PASTOR%20%22&pasta=ano%20193&hf=memoria.bn.br&pagfis=7806>

ALBERTO PASTOR DE OLIVEIRA

(Do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem)

1939 - HOSPITAL DO FUNCIONÁRIO PÚBLICO / RJ - I.N.T.

Aquilo que se chama, propria ou impropriamente, a "dosagem racional dos concretos", tem encontrado na sua difusão no nosso meio construtor algumas resistencias.

Resistencias de rotina que se opõem sempre a qualquer inovação, para obedecer ao solido e prudente "principio de inercia" que é um dos fundamentos da técnica conservadora — Mas, por outro lado, tambem resistencias mais inteligentes que alegam a dificuldade de aplicação dos processos e a falta de correspondencia economica entre os resultados obtidos e os cuidados necessarios à sua obtenção.

No Instituto Nacional de Tecnologia já de ha muito tempo vimos procurando mostrar a sem razão dessas objeções, "provando o movimento, andando", justificando a exequibilidade do controle do concreto simplesmente com a propria execução desse controle.

Mercê de Deus, a campanha vem produzindo muitos e generosos frutos. Seria injustiça não salientar nela a colaboração inteligente, eficaz, cordial da Associação Brasileira de Cimento Portland. Com a sua propaganda eficiente e técnica vem a A. B. C. P. contribuindo sem duvida grandemente para o aperfeiçoamento do nosso meio construtor, facilitando assim a tarefa de quantos se dedicam aos mesmos altos objetivos.

Para mostrar o que já se vem conseguindo no assunto é que resolvemos fazer esta publicação, tornando evidente a facilidade e as vantagens da colaboração entre o laboratorio e o canteiro de trabalho na execução das obras de concreto armado.

Tomamos, para isso, um exemplo significativo.

Tratava-se de um trabalho em grande escala. Para o executar com eficiencia, pediram os responsaveis pela obra a colaboração do I. N. T. Fizeram-no pelo processo que é o que sempre usamos em tais casos. Enviaram-nos amostras dos materiais que iam empregar (pedra, areia, cimento). Indicaram as resistencias de que necessitavam para o seu concreto.

Com esses dados, os engenheiros Fernando Carneiro e Pontes Vieira, da nossa Seção de Concreto, determinaram a mais econômica dosagem do material.

Demos, então, essa "receita" aos construtores. E a medida que eles iam executando a obra, enviavam-nos corpos de prova do concreto feito que iam sendo rompidos no nosso laboratório para controlar os processos de execução.

A obra era de bastante vulto. Bastará dizer, para o mostrar, que foram estudadas, no seu decorrer, perto de 60 areias diferentes, muitas das quais tiveram de ser recusadas por prejudicarem a resistência do concreto.

Foram rompidos 600 corpos de prova: e a resistência média obtida foi de 196 kg/cm², quando a dosagem feita o fôra para 190 kg/cm² (já com uma margem razoável de segurança); o que mostra sem dúvida a regularidade do controle.

Uma vez terminado o serviço, pareceu-nos interessante dá-lo como exemplo do que se vem fazendo em inúmeros outros casos.

Pedimos, por isso, ao engenheiro Alberto Pastor de Oliveira que o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, num sadio espírito de colaboração, mandou praticar no nosso laboratório — que apresentasse tecnicamente os resultados do trabalho.

E é o que êle faz, com inteligencia e discernimento, nesta publicação, utilizando os processos estatísticos cuja utilidade cada dia se revela maior na prática do laboratório.

Pareceu-nos interessante, então, trazer ao conhecimento da 2.^a Reunião dos Laboratórios essa contribuição que mostra clara e indiscutivelmente as vantagens de colaborarem os técnicos do laboratório e os técnicos da engenharia prática.

PAULO SA'

Chefe de Laboratorio do INT.

=====

A 4ª Divisão de Industrias de Construção do Instituto Nacional de Tecnologia vem realizando o controle de construções em concreto armado, tanto para obras públicas como para particulares, a requerimento de construtores e fiscais.

O interessado é informado dos resultados por um boletim, que lhe é remetido, de modo que apenas um pequeno número de pessoas fica ao par desse trabalho e das vantagens que êle tem apresentado.

Sendo este assunto de magno interesse para todos quanto trabalham em concreto, procurarei mostrar como é feito esse controle e quais os resultados que, por meio de um simples estudo estatístico, se podem obter principalmente dos ensaios de compressão dos corpos de prova de concreto.

Para servir de exemplo foi escolhida uma obra de vulto como foi a do Hospital do Funcionário Público; desde o inicio até o término, o Instituto Nacional de Tecnologia acompanhou a construção, ensaiando além do concreto, um grande número de amostras de vergalhões de aço de todos os diâmetros.

Preliminarmente foi enviada ao Instituto Nacional de Tecnologia uma amostra do material à ser empregado na obra (cimento, areia, brítas 1 e 2)

2022 - HOSPITAL DO FUNCIONÁRIO PÚBLICO**Coordenadas : 22 53 49.44 S 43 11 17.92 W**

Foto anexada por Eduardo C. S. Thomaz

Preliminarmente foi enviada ao Instituto Nacional de Tecnologia uma amostra do material à ser empregado na obra (cimento, areia, britas 1 e 2)

V

V

V

para a determinação do traço mais aconselhável, tendo em vista uma resistência pre-estabelecida.

Completados os ensaios comparativos, a areia foi declarada satisfatória, sendo então fornecido o seguinte traço:

$D_{max} = 25 \text{ mm}$ (pedra 1 e 2)

Fator água-cimento $A/c = 0,705 \text{ l/Kg}$

Consumo de cimento 285 Kg/m^3

Traço em peso 1 de cimento: 6.5 de agregado

ou
1 de cimento: 2.8 de areia; 1.85 de pedra 1;
1.85 de pedra 2.

ou
1 saco de cimento; 120 kg. de areia; 79 kg. de
pedra 1; 79 kg. de pedra 2.

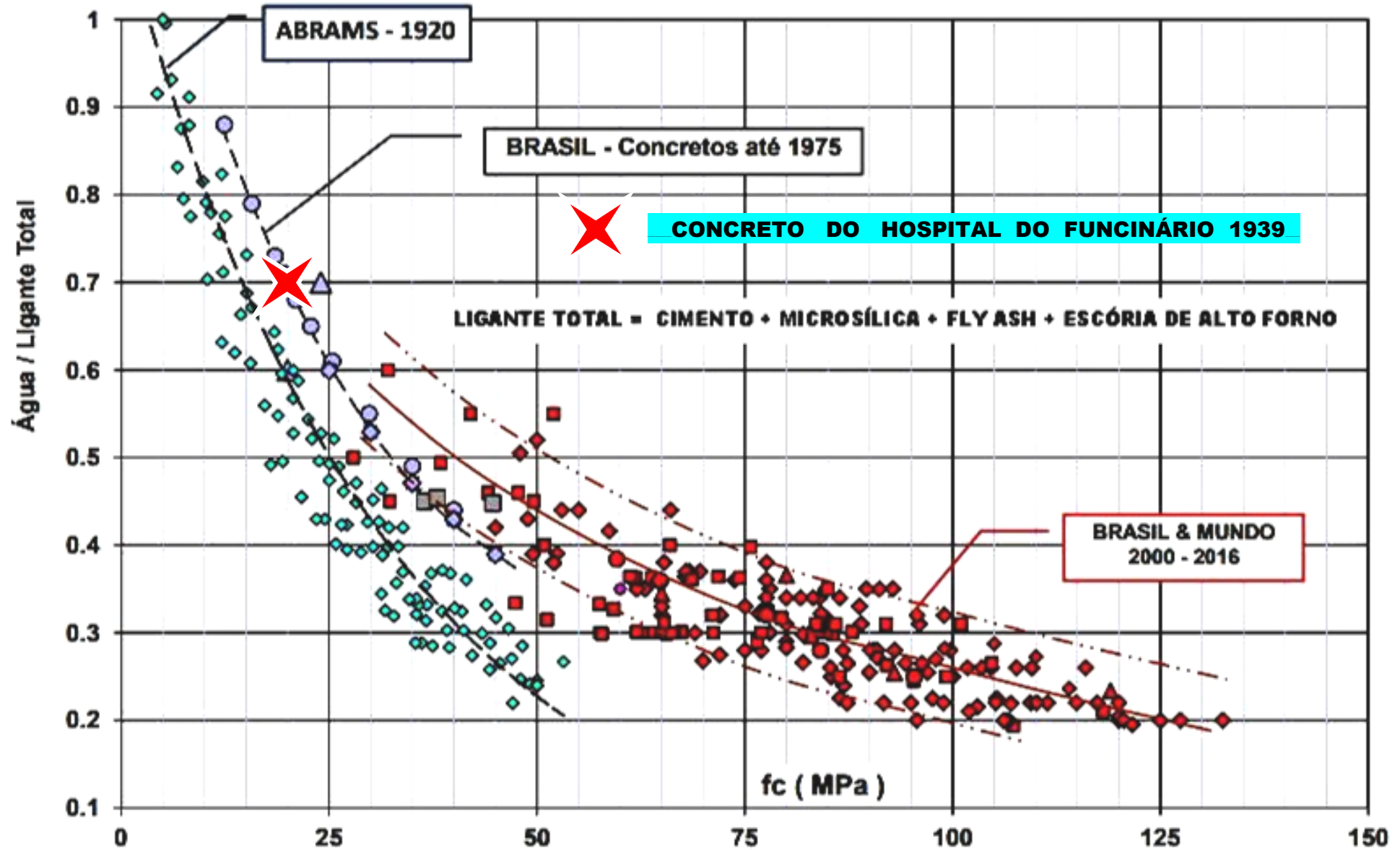
Comentário : Saco de Cimento = 42,5 kg

Traço aproximado em volume para ser verificado na obra:

• 1 saco de cimento; 90 litros de areia; 120 litros de pedra 1; 120 litros de pedra 2.

Quantidade de água: 30 litros por saco de cimento, devendo ser descontada a água transportada pela areia.

Relação (Água / Ligantes) X Resistência à compressão (f_c)



Este traço foi mantido durante os 12 mezes da construção e para maior garantia a areia empregada na obra era ensaiada com regularidade; assim foram executados 56 ensaios em amostras de areia, das quais 12 foram rejeitadas por serem excessivamente finas, por prejudicarem a pega ou ainda por reduzirem a resistencia à compressão do concreto.

De acôrdo com as instruções, os corpos de prova foram retirados da obra em grupos de 4 de cada vez; em média eram retirados 12 corpos de prova semanalmente ou sejam cerca de 50 por mez. O ultimo corpo de prova rompido foi o de numero 608; deste total, no entanto, não foram computados 8 corpos de prova por diversas causas a saber: 5 por não terem sido remetidos da obra, 2 referentes a um traço diferente do visto acima e finalmente 1 por ter vindo muito defeituoso.

Restam por conseguinte 600 corpos de prova, os quais em virtude de uma combinação diréta com os interessados, foram todos rompidos com 28 dias de idade.

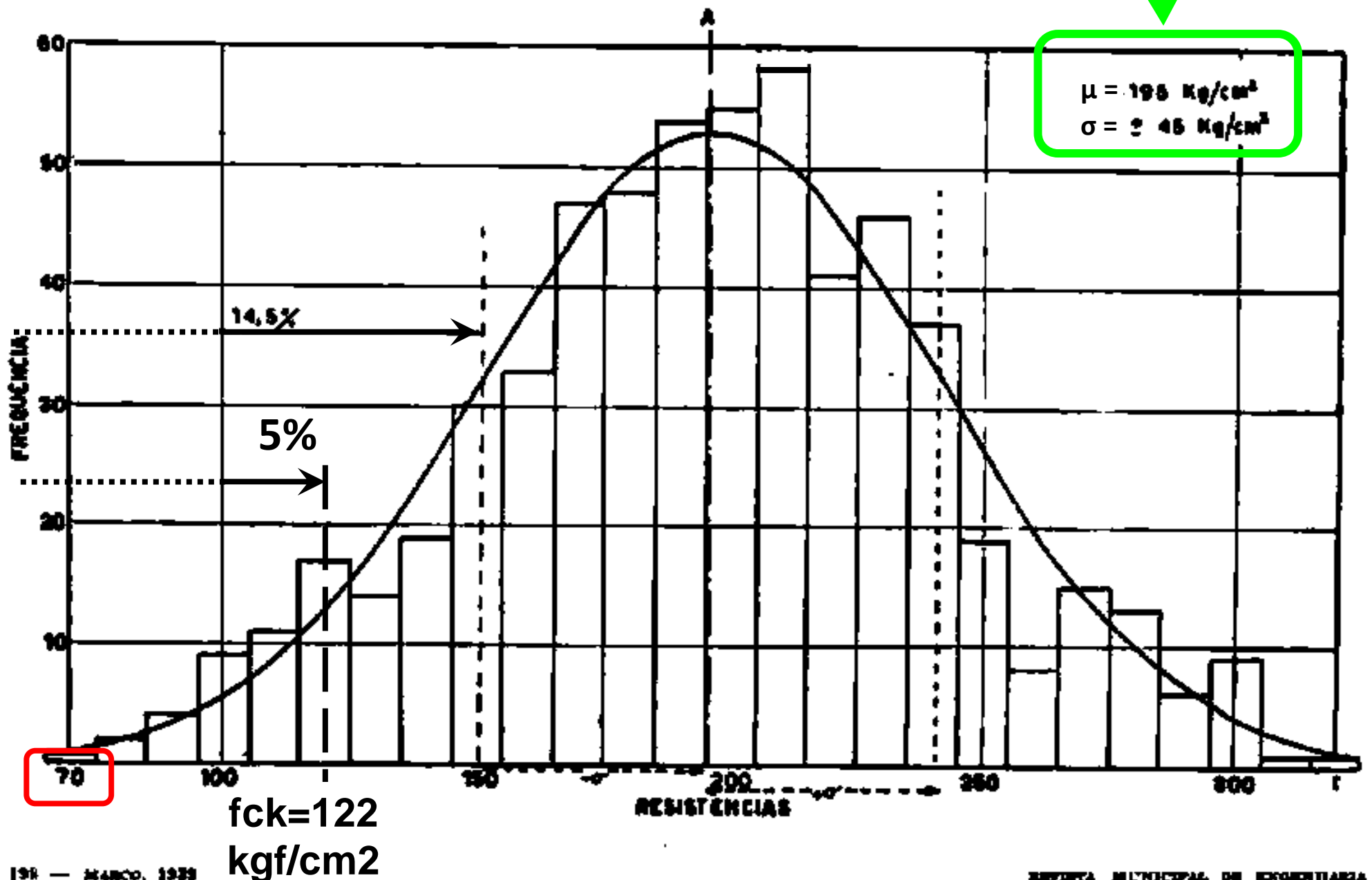
Como o traço não foi alterado, vemos que estes 600 resultados, obtidos em condições especiais, permitem um estudo estatístico interessante.

Segue

HISTOGRAMA DE FREQUENCIAS
DA RESISTENCIA A COMPRESSÃO DE 600 CORPOS DE PROVA
“ DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE GAUSS ”

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

$\mu = \text{m\u00e9dia} = 196 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma = \text{desvio padr\u00e3o} = 45 \text{ kg/cm}^2$



Coment\u00e1rio : $f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \sigma = 196 - 1,645 \times 45 = 122 \text{ kgf/cm}^2$

Coment\u00e1rio : } *“A resist\u00eancia do concreto de uma obra pode ser avaliada com uma Distribui\u00e7\u00e3o Normal de Gauss.”*

Tal comprova\u00e7\u00e3o feita em 1939 por Alberto Pastor de Oliveira no I.N.T. foi importante para toda a formula\u00e7\u00e3o feita posteriormente para determinar o f_{ck} dos concretos.

Como o traço não foi alterado, vemos que estes 600 resultados, obtidos em condições especiais, permitem um estudo estatístico interessante.

É conveniente notar que "todos" os resultados obtidos foram considerados para o cálculo da média e outros valores abaixo, se bem que alguns corpos de prova deixassem a desejar quanto à moldagem. Não havendo, porém, um critério estabelecido a respeito dos valores a abandonar, parece preferível não fazer a distinção entre os corpos de prova que de fato representam o concreto na obra e os que, devido a erros diversos na moldagem, oferecem um resultado ilusório.

I — Determinação dos índices característicos de distribuição.

Com o fim de estudar melhor a distribuição, foram calculados os índices característicos e a seguir outros valores da distribuição.

O quadro anexo resume os cálculos.

A) Momentos auxiliares:

$$m_1 = \frac{\sum d Z}{\sum Z} = - \frac{244}{600} = - 0,407$$

$$m_2 = \frac{\sum d^2 Z}{\sum Z} = \frac{12348}{600} = 20,6$$

$$m_3 = \frac{\sum d^3 Z}{\sum Z} = - \frac{16840}{600} = - 28,1$$

$$m_4 = \frac{\sum d^4 Z}{\sum Z} = \frac{740628}{600} = 1234,4$$

B) Momentos brutos:

Sendo a distribuição descontínua, estes momentos já são de fato os momentos ajustados, pois nenhuma correção é necessária.

$$n_1 = 0$$

$$n_2 = m_2 - m_1^2 = 20,6 - 0,16 = + 20,4$$

$$n_3 = m_3 - 3m_2 m_1 + 2m_1^3 = - 28,1 + 25,15 - 0,13 = - 3,08$$

$$n_4 = m_4 - 4m_3 m_1 + 6m_2 m_1^2 - 3m_1^4 = 1234,40 - 45,74 + 20,50 - 0,08 = + 1209,10$$

C) Índices naturais:

a) **Índice de posição:** é a média aritmética de todos os valores:

$$A = X_0 + h m_1 = 200 - 4,07 = 196 \text{ Kg/cm}^2$$

b) **Índice de dispersão:** é outro valor importante, o desvio padrão

$$\sigma = h \sqrt{n_2} = 10 \sqrt{20,4} = \pm 45 \text{ Kg/cm}^2$$

Comentário :

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \sigma = 196 - 1,645 \times 45 = 122 \text{ kgf/cm}^2$$

c) **Índice de assimetria:**

$$g_3 = n_3 h^3 = - 3,08 \times 1000 = - 3080$$

d) **Índice de achatamento:**

$$g_4 = n_4 h^4 = 1209,1 \times 10000 = 12091000$$

D) Índices reduzidos:

Para comparação com distribuição de mesmo argumento são usados os índices reduzidos cujos valores são:

a) **Índice reduzido de posição:**

$$A' = \frac{A}{\sigma} = \frac{196}{45} = 4,35$$

b) **Índice reduzido de dispersão:** é usado o coeficiente de variabilidade

$$CV = \frac{100 \sigma}{A} = \frac{4500}{196} = 23 \%$$

c) **Índice reduzido de assimetria:**

$$\sqrt[3]{\beta_1} = - \frac{3080}{45^3} = - 0,034$$

d) **Índice reduzido de achatamento:**

$$\beta_2 = \frac{12091000}{45^4} = 2,95$$

ou ainda

$$\eta = \beta_2 - 3 = 2,95 - 3 = -0,05$$

II) **Outros valores da distribuição:**

a) **Mediana**

$$Me = 195 + \frac{11}{55} \times 10 = 197 \text{ Kg/cm}^2$$

b) **Quartis:**

Quartil inferior:

$$Q_1 = 165 + \frac{10}{47} \times 10 = 167 \text{ Kg/cm}^2$$

Quartil superior:

$$Q_3 = 225 + \frac{5}{46} \times 10 = 226 \text{ Kg/cm}^2$$

c) **Moda**

$$Mo = \left(X_k - \frac{h}{2} \right) + h \frac{Z_k - Z_{k-1}}{2 Z_k - (Z_{k-1} + Z_{k+1})}$$

Sendo

Sendo

$$X_k = 210$$

$$Z_k = 60$$

$$Z_{k+1} = 41$$

$$Z_{k-1} = 55$$

$$h = 10$$

Portanto:

$$M_o = (210 - 5) + 10 \frac{60 - 55}{120 - 96} = 205 +$$

$$+ 10 \times \frac{5}{24} = 207 \text{ Kg/cm}^2$$

Resumidamente temos então:

Média $A = 196 \text{ Kg/cm}^2$

Desvio padrão $\sigma = \underline{+ 45 \text{ Kg/cm}^2}$

$$CV = 33 \%$$

Índice de assimetria $g_s = - 3080$

$$\sqrt[3]{\beta_1} = - 0,034$$

Índice de achatamento $g_a = 12091000$

$$\eta = - 0,05$$

Mediana $Me = 197 \text{ Kg/cm}^2$

Mediana $Me = 197 \text{ Kg/cm}^2$

Quartis $Q_1 = 167 \text{ Kg/cm}^2$

$Q_3 = 226 \text{ Kg/cm}^2$

Moda $Mo = 207 \text{ Kg/cm}^2$

200 — MARÇO, 1989

III) Conclusões:

a) Consultando as curvas que ligam a resistência ao fator água-cimento, vemos que a resistência esperada é de 190 Kg/cm^2 . Assim a média tem 6 Kg/cm^2 a mais do que o valor esperado.

b) A mediana é ligeiramente superior à média, mas tal diferença, de $0,5 \%$, é perfeitamente desprezível. Podemos portanto considerar a média como **central**, isto é, na distribuição, encontra-se igual número de corpos de prova acima e abaixo de seu valor.

c) Comparando a média e a moda vemos ser a diferença de

$$Mo - A = 207 - 196 = 11 \text{ Kg/cm}^2$$

ou sejam cerca de $5,5 \%$. Este afastamento indica uma certa atipicidade da média que não representa cabalmente o tipo normal da distribuição. Este fato é, aliás, verificado no histograma da distribuição.

d) É interessante procurar qual dos 3 valores centrais da distribuição, média, mediana ou moda é mais expressivo.

Em primeiro lugar, a média apresenta o defeito de considerar todos os resultados; dá um valor exagerado às resistências muito altas: assim, no nosso caso tivemos dois corpos de prova com mais de 305 Kg/cm², dois valores inteiramente anormais. A retirada desses dois números da distribuição acarreta uma diminuição na média de 0,5 Kg/cm². Além disso, os valores baixos da distribuição compreendem corpos de prova defeituosos aos quais a média considera da mesma forma que normais: é essa uma das causas da atipicidade da média.

A mediana, por sua própria definição não é muito expressiva, numa distribuição desta ordem: não interessa saber que acima e abaixo de determinada resistência encontram-se 50% dos corpos de prova. No entanto, para um bom resultado, a mediana deve ser superior à média, o que indica uma concentração de valores pouco acima da média e ausência de valores exageradamente grandes.

Se considerarmos a moda como a resistência padrão que deveriam apresentar todos os corpos de prova e do qual se afastam por causas diversas, vemos que o seu valor é bastante interessante. Acresce ainda que os corpos defeituosos não influem na determinação da moda a qual só depende dos grupos centrais, os mais importantes. Assim uma moda elevada ao lado de uma pequena dispersão parece indicar um bom resultado.

um bom resultado.

e) A dispersão na distribuição considerada foi grande — 45 Kg/cm² — em parte devido às altas resistências que aparecem e mais ainda devido às fracas. Como consequência o coeficiente de variabilidade ficou um pouco elevado.

Tendo em vista a dosagem do concreto, seria importante fazer um estudo sobre os valores que assume este coeficiente de variabilidade em grande número de obras.

f) A assimetria da curva é muito pequena: como o índice é negativo predomina a área à esquerda da média. Outro coeficiente de assimetria usado, em função da mediana e dos quartis confirma também este valor:

REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA

$$S = \frac{Q_1 + Q_3 - 2 Me}{Q_3 - Q_1} = \frac{226 + 167 - 394}{226 - 167} = \frac{1}{59}$$

$$\text{ou } S = -0,017$$

A curva representativa da distribuição seria simétrica para $S = 0$: nota-se, portanto, pequena assimetria negativa, predominando a parte à esquerda da curva.

g) Índice de achatamento: $\eta = 0,05$

A curva é ligeiramente menos achatada que a curva normal de Gauss, mas muito próxima desta.

Da consideração desses 4 índices característicos da distribuição em apreço, vemos que a curva repre-

DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE GAUSS

Da consideração desses 4 índices característicos da distribuição em apreço, vemos que a curva representativa ficou de fato bastante próxima da que obteríamos com uma distribuição normal, como seria, por exemplo, a de um fenômeno natural em que os afastamentos dependessem apenas do acaso. Daí se conclue não ter havido uma força perturbadora que nos daria uma grande assimetria ou ainda um achatamento muito maior ou menor que o de uma distribuição normal.

Comentário: *“A resistência do concreto de uma obra pode ser avaliada com uma Distribuição Normal de Gauss.”* Tal comprovação, feita em 1939 por Albero Pastor de Oliveira no I.N.T. , foi importante para toda a formulação feita posteriormente para determinar o f_{ck} dos concretos.

Além disso a concordância entre o valor esperado e a média leva a concluir que o traço e especialmente o fator água-cimento foram mantidos com regularidade durante toda a obra.

segue

IV) A marcha da média:

Durante o decorrer da obra a média não se manteve estacionária. Ao contrário, de início um pouco fraca, foi aumentando progressivamente até atingir um nível bastante alto como o atesta o quadro das médias parciais por grupos de 50 corpos de prova (são aproximadamente as médias mensais):

Corpos de prova	Médias
1 a 50	167.1
51 a 100	173.4
101 a 150	187.2
151 a 200	198.2
201 a 250	196.7
251 a 300	201.8
301 a 350	184.6
351 a 400	192.8
401 a 450	206.6
451 a 500	207.8
501 a 550	207.6
551 a 600	223.8

O aumento é bem apreciável do primeiro para o último grupo:

Comentário : A avaliação da qualidade do concreto durante a obra permite verificar a segurança da estrutura com o concreto “ como construído” e também um eventual ajuste no traço do concreto.

O aumento é bem apreciável do primeiro para o ultimo grupo:

$$223.8 - 167.1 = 56.7 \text{ Kg/cm}^2$$

MARÇO, 1939 — 201

REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA

O aumento fica talvez melhor assinalado, considerando as médias de 3 grupos cada um com 200 corpos de prova:

Corpos de prova	Médias
1 a 200	181.5
201 a 400	194.0
401 a 600	211.5

E' de notar, que as oscillações são muitos fracas e que ha de fato uma tendencia para aumento da resistencia em função do tempo: essa tendencia pode ser representada por uma reta.

Varias hipóteses podem ser feitas para explicar esse aumento:

- 1) Maior cuidado na moldagem dos corpos de prova;
- 2) Um controle mais severo na execução do concreto;
- 3) A seleção da areia, a que foi dada uma importancia capital, conforme se verifica pelo numero de ensaios realizados.

V) Resta vêr a porcentagem de corpos de prova cuja carga de rutura ficou acima ou abaixo de determinados valores. Tomaremos para referencia a média mais ou menos o desvio padrão e três numeros arbitrários,

80 % da média, 150 Kg/cm² e 100 Kg/cm²:

a) Acima da média mais o desvio padrão ou acima de $196 + 45 = 241$ Kg/cm²:

87 corpos de prova ou 14,4 %.

b) Abaixo da média menos o desvio padrão ou abaixo de $196 - 45 = 151$ Kg/cm².

95 corpos de prova ou 15,8 %.

c) Entre a média mais o desvio padrão e a média menos o desvio padrão ou seja entre 151 e 241 Kg/cm²:

418 corpos de prova ou 69,8 %.

d) Acima de 80 % da média ou

$$\frac{80}{100} \times 196 = 157 \text{ Kg/cm}^2$$

486 corpos de prova ou 81 %.

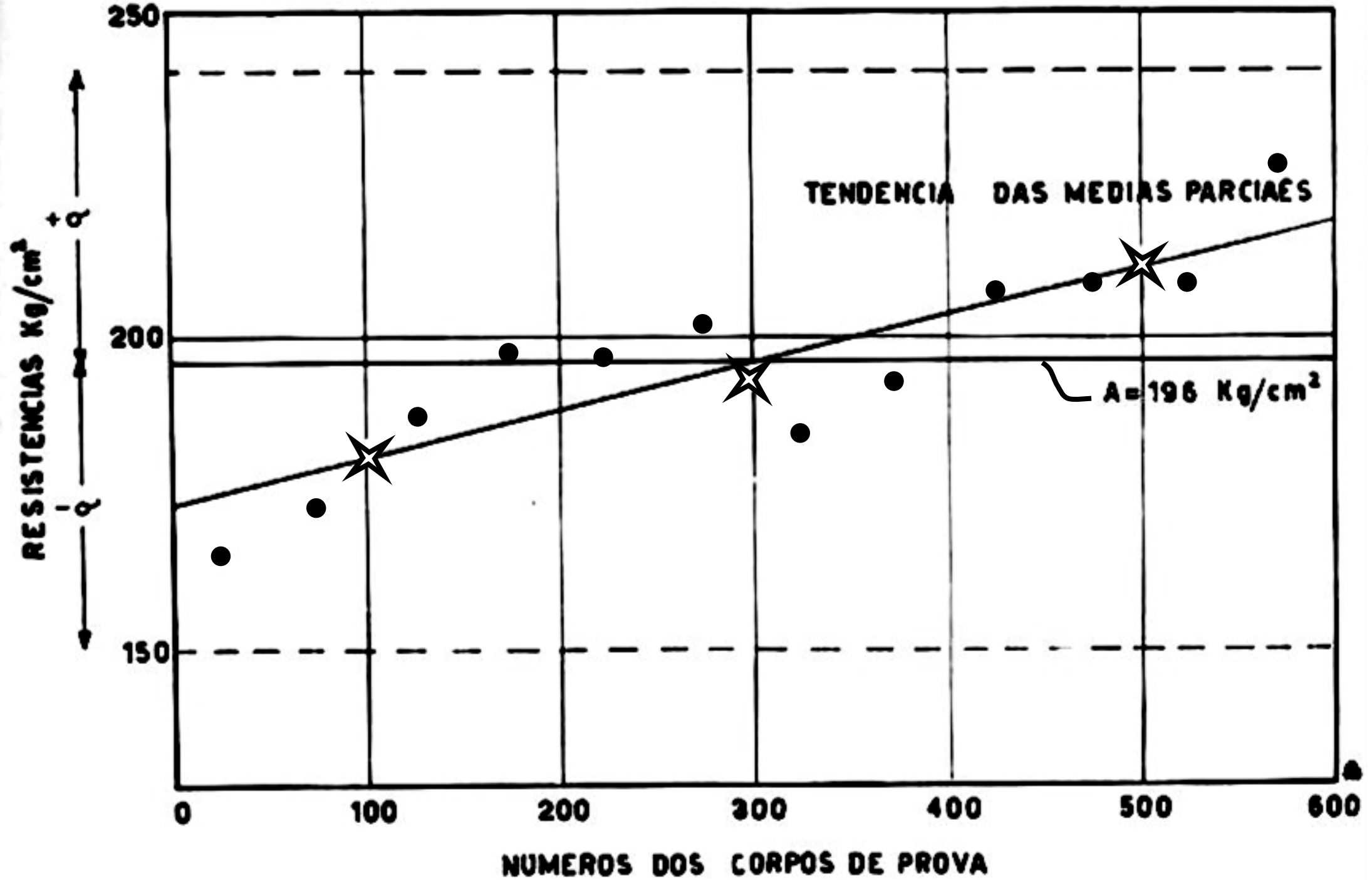
e) Acima de 150 Kg/cm²:

513 corpos de prova ou 85,5 %

f) Acima do 100 Kg/cm²:

590 corpos de prova ou 98,3 %

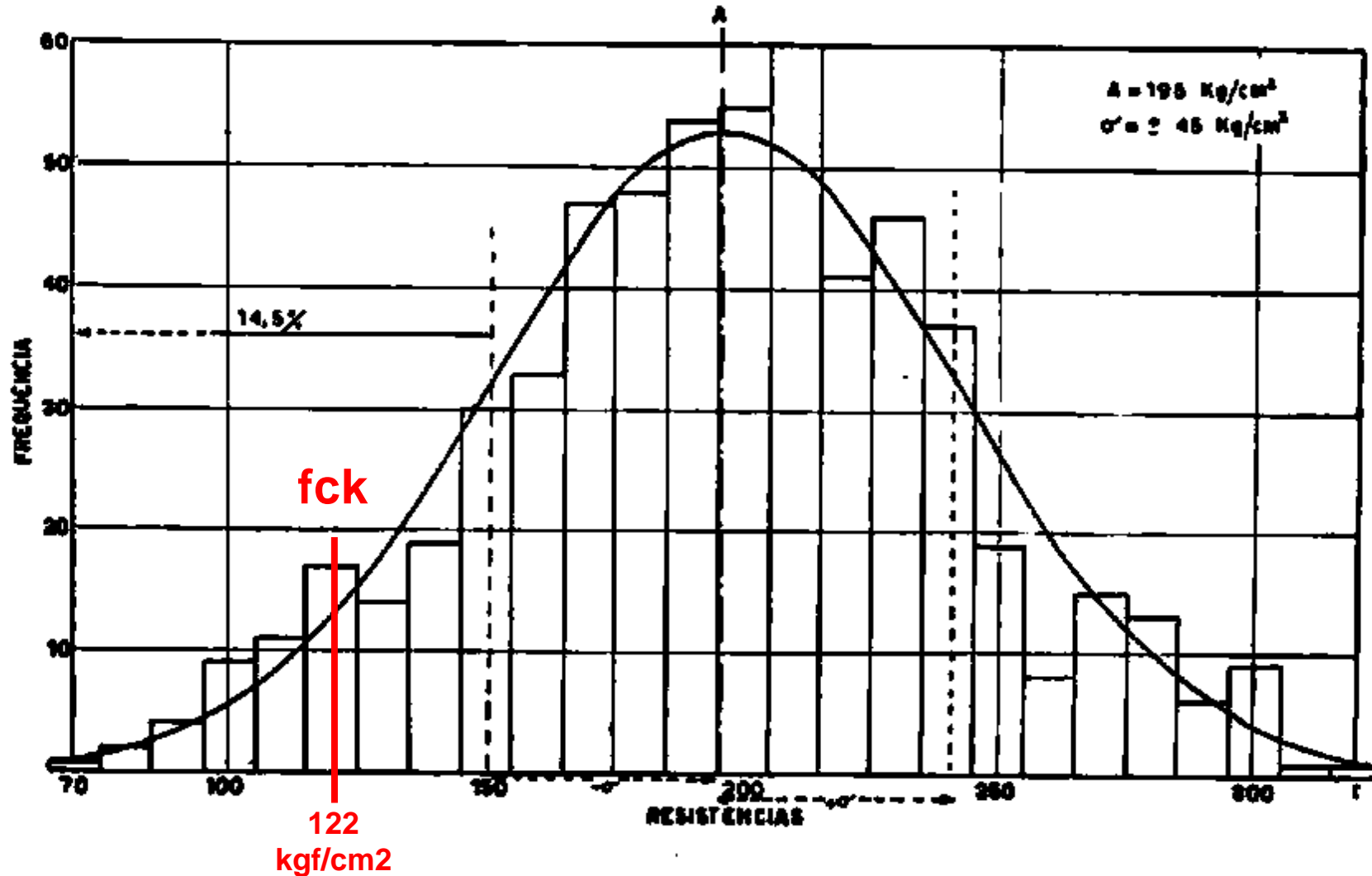
MÉDIAS DE CORPOS DE PROVA



● MEDIAS DE 50 CORPOS DE PROVA

✱ MEDIAS DE 200 CORPOS DE PROVA

HISTOGRAMA DE FREQUENCIAS DA RESISTENCIA A COMPRESSÃO DE 600 CORPOS DE PROVA



Comentário : $f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \sigma = 196 - 1,645 \times 45 = 122 \text{ kgf/cm}^2$

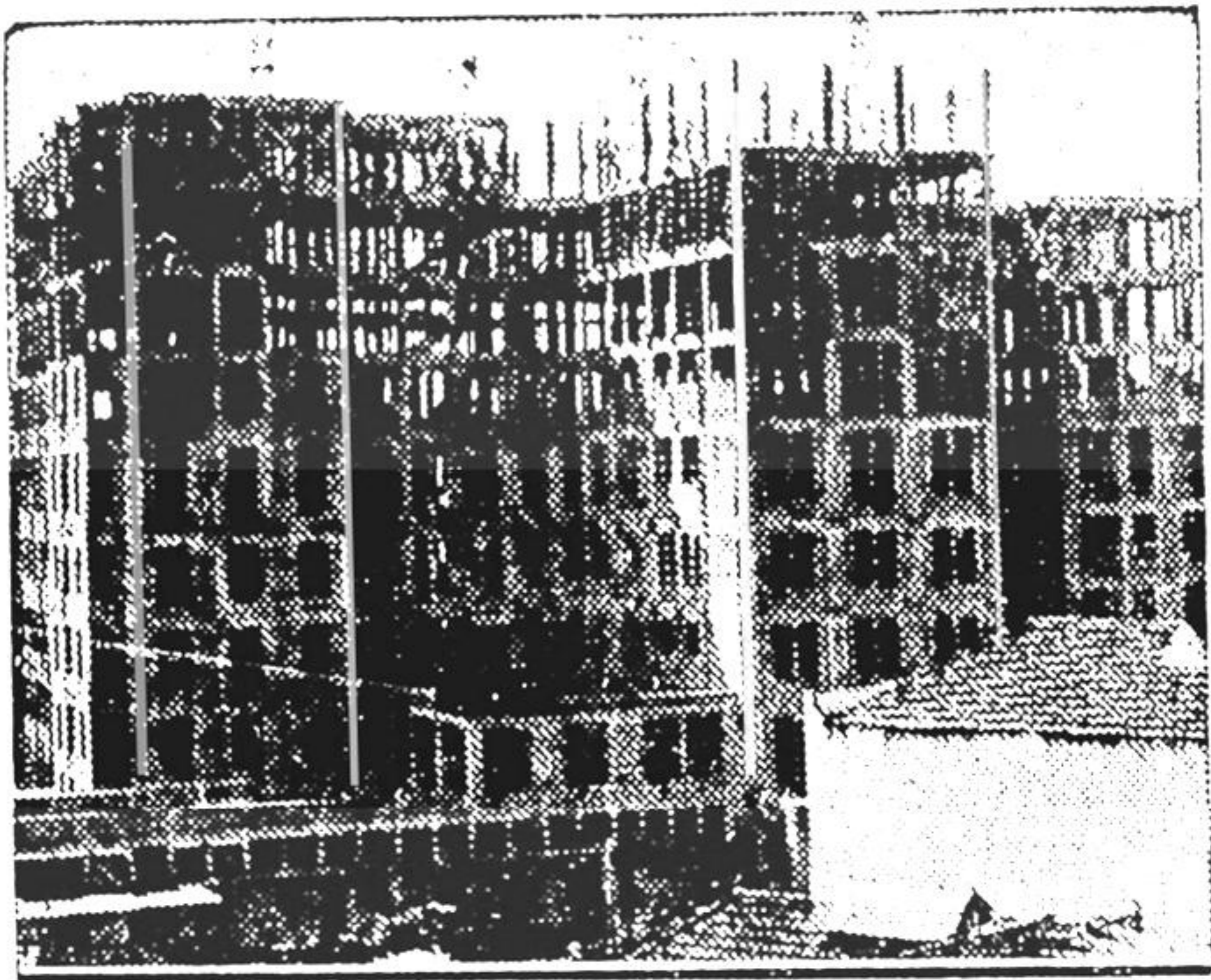
QUADRO = CÁLCULOS

X Kg/cm ²	Xi Kg/cm ² N.º	Z de c. dep.	Φ (Z)	d	dZ	d ² Z	d ³ Z	d ⁴ Z	d + 1	(d + 1)'	(d + 1) ⁴ Z	Prova
65 — 75	70	1	1	— 13	— 13	169	— 2197	28561	— 12	20736	20736	
75 — 85	80	2	3	— 12	— 24	288	— 3456	41472	— 11	14641	29282	
85 — 15	90	4	7	— 11	— 44	484	— 5324	58564	— 10	10000	40000	
95 — 105	100	9	16	— 10	— 90	900	— 9000	90000	— 9	6561	59049	
105 — 115	110	11	27	— 9	— 99	891	— 8019	72171	— 8	4096	45056	
115 — 125	120	17	44	— 8	— 136	1088	— 8704	69632	— 7	2401	40817	
125 — 135	130	14	58	— 7	— 98	686	— 4802	33614	— 6	1296	18144	
135 — 145	140	19	77	— 6	— 114	684	— 4104	24624	— 5	625	11875	
145 — 155	150	30	107	— 5	— 150	750	— 3750	18750	— 4	256	7680	+ 740628
155 — 165	160	33	140	— 4	— 132	528	— 2112	8448	— 3	81	2673	— 67360
165 — 175	170	47	187	— 3	— 141	423	— 1269	3807	— 2	16	752	+ 74088
175 — 185	180	48	235	— 2	— 96	192	— 384	768	— 1	1	48	— 976
185 — 195	190	54	289	— 1	— 54	54	— 54	54	0	0	0	+ 600
195 — 205	200	55	344	0	0	0	0	0	1	1	55	
205 — 215	210	60	404	1	60	60	60	60	2	16	960	746980
215 — 225	220	41	445	2	82	164	328	656	3	81	3321	
225 — 235	230	46	491	3	138	414	1242	3726	4	256	11776	
235 — 245	240	37	528	4	148	592	2368	9472	5	625	23125	
245 — 255	250	19	547	5	95	475	2375	11875	6	1296	24624	
255 — 265	260	8	555	6	48	288	1728	10368	7	2401	19208	
265 — 275	270	15	570	7	105	735	5145	36015	8	4096	61440	
275 — 285	280	13	583	8	104	832	6656	53248	9	6561	85293	
285 — 295	290	6	589	9	54	486	4374	39366	10	10000	60000	
295 — 305	300	9	598	10	90	900	9000	90000	11	14641	131769	
305 — 315	310	1	599	11	11	121	1331	14641	12	20736	20736	
315 — 325	320	1	600	12	12	144	1728	20736	13	28561	28561	
		Σ Z = 600			Σ dZ =	Σ d ² Z =	Σ d ³ Z =	Σ d ⁴ Z =			Σ (d + 1) ⁴ Z =	
					= - 244	= 12348	= - 16840	= 740628			= 746980	

Aaaaa

19 / AGOSTO / 1938

Hospital do Funcionario Publico,



, sendo construído pela **CONSTRUTORA BAERLEIN**

(Foto anexada por Eduardo C. S. Thomaz)

CONCRETO DOSADO E CONTROLADO PELO I.N.T. / RJ

1937/1944 - Outra Obra : Prédio do Ministério da Educação / RJ

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

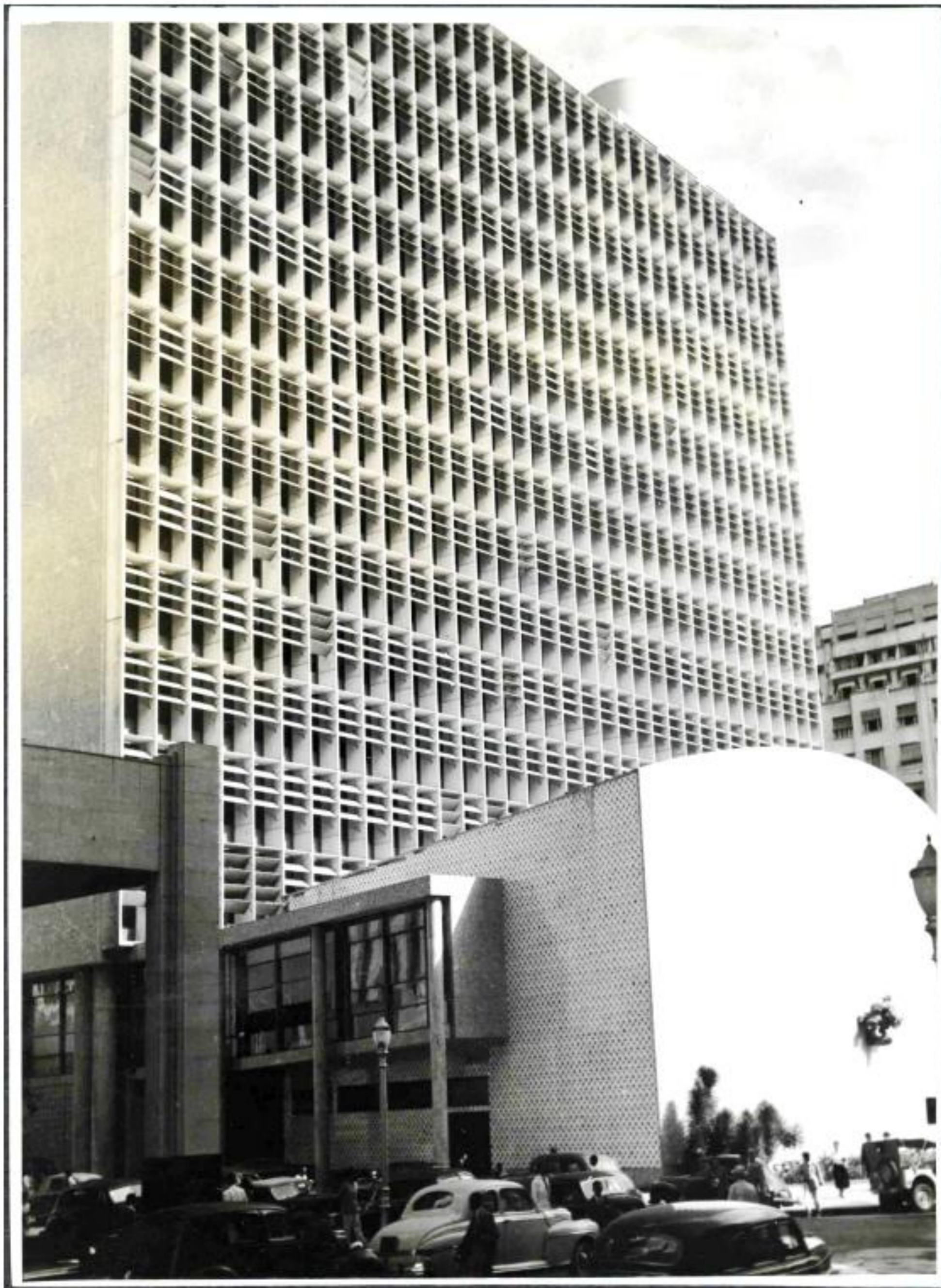


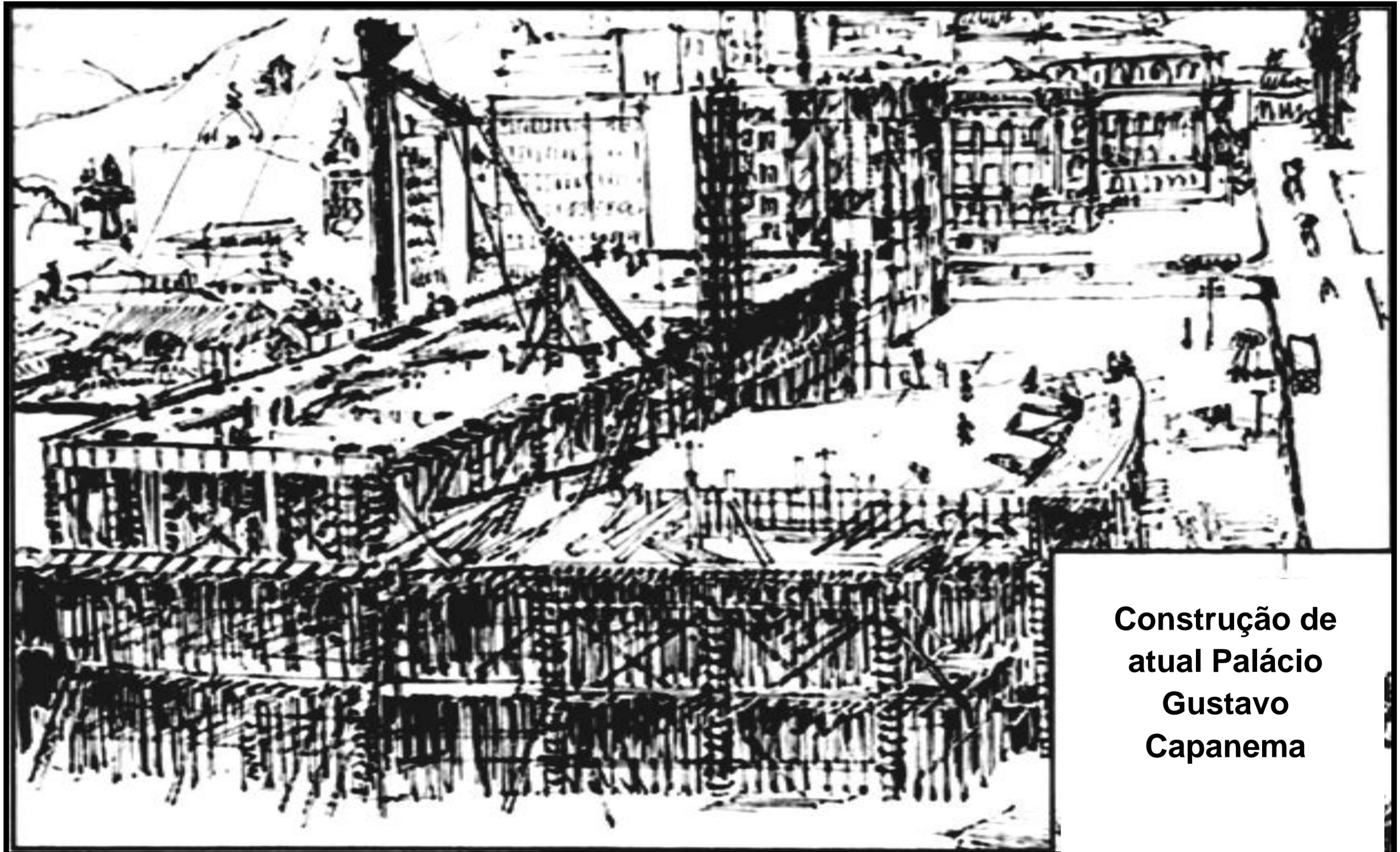
Foto (1960 cerca) da Biblioteca Nacional Digital

http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_iconografia/icon855533/icon855533.jpg

1938 - Ministério da Educação em Construção

Tribuna da Imprensa – 1955

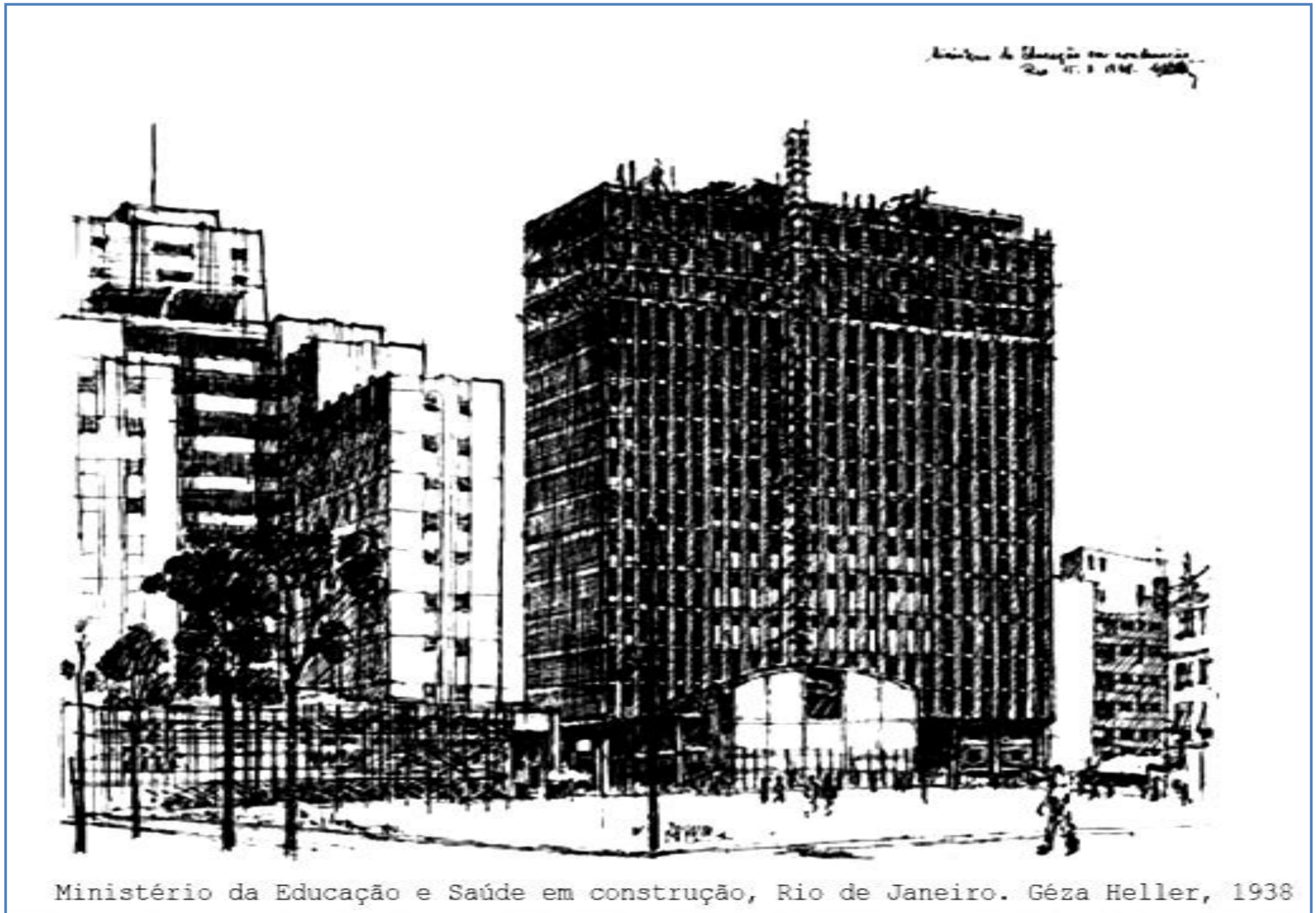
“ O arquiteto húngaro Geza Heller registrava em bico de pena as mudanças sofridas pela cidade, como a construção do prédio do Ministério da Educação e Saúde, atual Palácio Gustavo Capanema ”



Construção de
atual Palácio
Gustavo
Capanema

1938 - Ministério da Educação em Construção

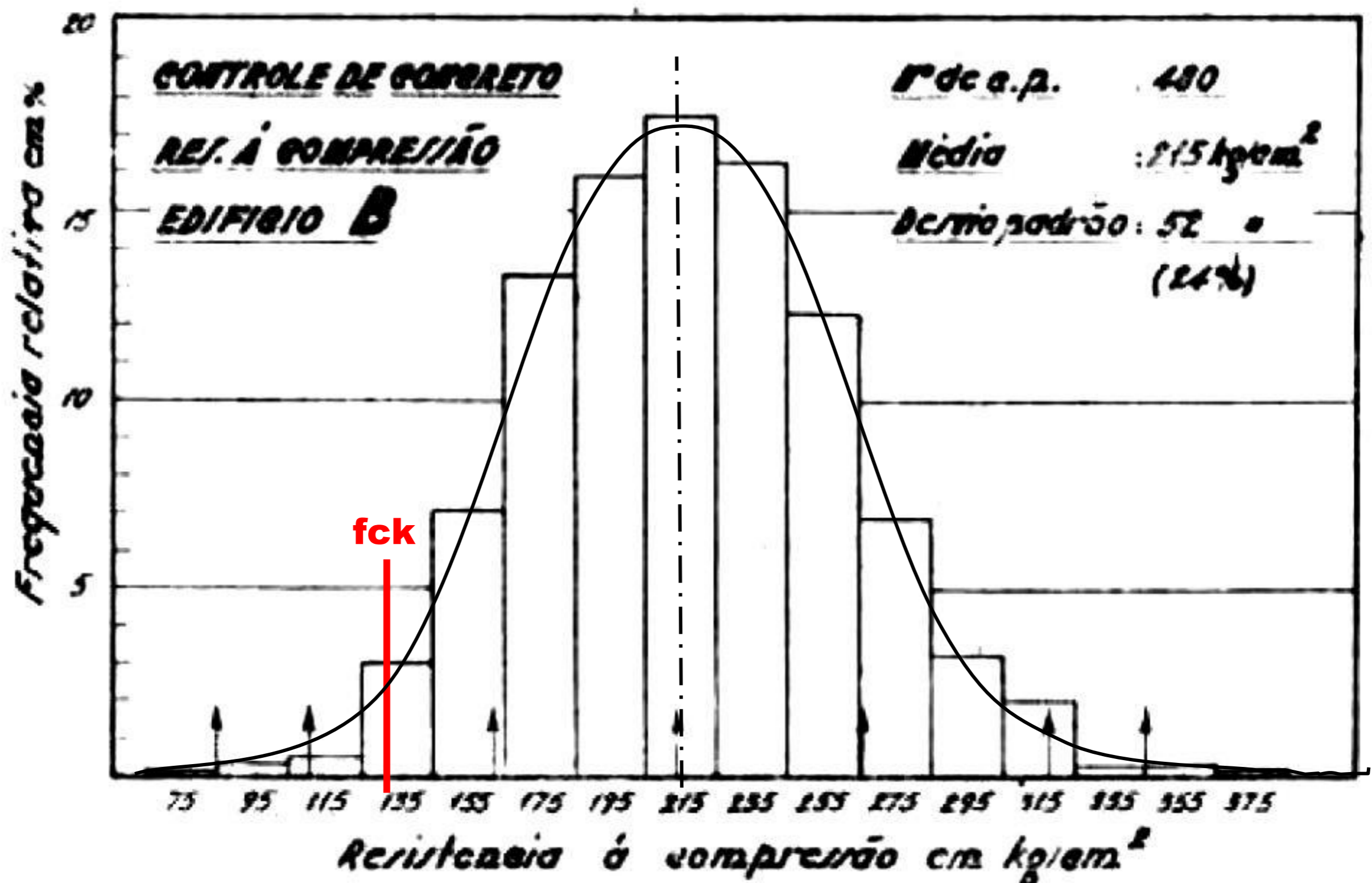
Desenho de Arquiteto Geza Heller



1944 - Prédio do Ministério da Educação / RJ

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

Controle da Resistência à Compressão do Concreto feito pelo I.N.T.



Corpos de prova = 480 c.p.

Média = σ_{c28} = f_{cm28} 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 :

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

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

Comentário: “A resistência do concreto de uma obra pode ser avaliada com uma **Distribuição Normal de Gauss.**” Tal comprovação feita em 1939 por Albero Pastor de Oliveira no I.N.T. foi importante para toda a formulação feita posteriormente para determinar o f_{ck} dos concretos

O Prof. Fernando Lobo Carneiro assim escreveu a respeito:

“ Foi assim, graças aos estudos resultantes do impulso dado por Paulo Sá, do I.N.T. que a Norma Brasileira NB-1, em sua revisão de 1960, antecipou-se à primeira Norma Internacional do Comitê Europeu do Concreto (CEB-1963) , na adoção de uma “resistência característica” , em lugar da resistência média ou nominal, como valor básico para a verificação da segurança.”

Ver link:

http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/lobo_tec_conc.pdf