

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830

BT/PCC/63

**Contribuição ao Estabelecimento de
Parâmetros para Dosagem e Controle
dos Concretos de Cimento Portland**

**Paulo Roberto do Lago Helene
Francisco Romeu Landi**



Escola Politécnica - EPBC



31200053061

São Paulo - 1992

O presente trabalho é uma versão abreviada da tese de doutorado apresentada pelo Eng^o Paulo Roberto do Lago Helene, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Romeu Landi: "Contribuição ao estabelecimento de parâmetros para dosagem e controle dos concretos de cimento Portland".

A íntegra da tese encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica.

Helene, Paulo Roberto do Lago

Contribuição ao estabelecimento de parâmetros para dosagem e controle dos concretos de cimento Portland / P.R. do L. Helene, F.R. Landi. -- São Paulo : EPUSP, 1992.

11p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/63)

1. Concreto de cimento Portland I. Landi, Francisco Romeu II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 691.32

PAULO R. L. HELENE

CONTRIBUIÇÃO AO ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS PARA
DOSAGEM E CONTROLE DOS CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND

Orientador: Prof. Dr. Francisco Romeu Landi
Professor Titular do Departamento de Engenharia de
Construção Civil da EPUSP.

São Paulo, 1987

Resumo

Apresenta-se inicialmente a evolução histórica - no exterior e no Brasil - dos métodos de dosagem e de controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Os conceitos fundamentais de dosagem e controle são revistos, propondo-se uma metodologia geral, na qual as diversas etapas e atividades que compõem um estudo de dosagem são analisadas pormenorizadamente.

A partir dos aspectos comuns a diferentes métodos de dosagem e da interação dosagem com controle, estuda-se a viabilidade do estabelecimento de curvas médias de referência para a correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento, e de curvas médias de evolução relativa da resistência à compressão com a idade, próprias de cada tipo e classe de cimento.

As curvas médias de referência são obtidas através de resultados de ensaios de amostras de cimento de todas as fábricas instaladas no território nacional. As relações água/cimento estudadas foram: de 0,38; 0,48; 0,58; 0,68 e 0,78 com ensaio de ruptura à compressão axial às idades de 3, 7, 28 e 91 dias, para os cimentos Portland Comuns, de Alto Forno e Pozolânicos, nas classes 25 e 32, cobrindo-se a grande maioria das situações reais de obra. Os resultados obtidos mostraram-se confiáveis e sua utilidade foi demonstrada através de estudo experimental de duas famílias de concretos amassados com agregados de características bem diversas.

A variabilidade da resistência à compressão do concreto é deduzida analiticamente a partir do modelo clássico proposto por Abrams, obtendo-se uma equação função da relação água/cimento, da variabilidade da relação água/cimento, da variabilidade das operações de ensaio, da resistência média do cimento à compressão e da variabilidade desta resistência. Este modelo é comprovado experimentalmente através da análise, por regressão múltipla, de resultados de ensaios mensais efetuados pelo IPT no transcorrer de 202 meses (ano 64 a ano 81). O resultado obtido mostra a inadequação da adoção do desvio padrão ou do coeficiente de variação como constantes absolutas, características da uniformidade do processo de produção dos concretos, qualquer que seja o nível de resistência média considerada.

O cálculo da resistência de dosagem conforme proposto no texto da NB-1/1960 da ABNT, no texto da NBR 6118/1978 e mesmo em trabalho anterior já publicado pelo autor, é criticado à luz dos novos conhecimentos. Para a fixação de parâmetros subjetivos de variabilidade da resistência dos concretos a serem introduzidos no cálculo da resistência de dosagem, efetua-se enquête nacional à maioria dos Laboratórios de ensaios de materiais e componentes. As informações e resultados obtidos mostram a conveniência de alterar os valores especificados no atual texto da NBR 6118 para melhor refletir a evolução dos processos de produção dos concretos, havida nos últimos anos.

Summary

The historical evolution - both in Brazil and abroad - of the mix design and quality control of concretes used for current works is presented first. A review is made of the fundamental concepts of mix design and control, in which the distinct phases and activities of mix design are analyzed in detail.

The feasibility of the establishment of reference average curves for the correlation of compressive strength versus water-cement ratio is studied, as well as average curves of relative evolution of compressive strength with age, proper for each type and class of cement. This is done with basis on aspects common to different mix design methods, and the interaction between mix design and control.

The reference average curves are obtained from results of tests run on samples of cement from all the Brazilian manufacturers. Water-cement ratios studied were 0.38, 0.48, 0.58, 0.68 and 0.78. Compression tests were run on samples with ages of 3, 7, 28 and 91 days for Normal Portland, Blast-Furnace and Pozolanic cements. Classes 25 and 32 were used and therefore the great majority of real work situations were covered.

Results obtained appear to be reliable and their usefulness has been demonstrated by the experimental study of two families of concrete using aggregates with rather distinct characteristics.

The variability of the compressive strength of concrete is analytically deduced based on the classical model proposed by Abrams. An equation was obtained correlating the water-cement ratio, its variability, the variability of test operations, the average compressive strength of cement and its variability. This model is experimentally checked by analysis of multiple regression of the results of monthly tests carried out at IPT during 202 months (from 1964 through 1981). The result obtained shows the non-suitability of adopting standard deviation or variation coefficient as absolute constants, characteristic of the uniformity of the concrete production process, for any level of average strength considered.

Criticism is made about the calculation of the mix strength according to what is proposed in the texts of the ABNT NBR-1/1960, and of NBR 6118/1978, as well as in a previous paper published by the author, in the light of the new findings. A nationwide survey of material and test Laboratory was carried out for the purpose of establishing subjective parameters for the variability of concrete strength to be introduced in the computation of mix strength. The information and results obtained show the convenience of changing the values specified in the current NBR 6118 text, to better take into account the evolution of the concrete production process that took place in recent years.

1. Introdução

No Brasil, os critérios para obtenção da resistência de dosagem e para controle da resistência característica foram sempre especificados nos textos das normas de projeto e execução de obras de concreto armado, desde a publicação do primeiro texto de âmbito nacional, em 1931(1). Enquanto em outros países - por exemplo nos Estados Unidos - a dosagem(2) e o controle(3) dos concretos tem normas específicas, que tratam do assunto em profundidade, no Brasil, do ponto de vista normativo, o tema sempre foi abordado apenas sob alguns aspectos.

A inexistência de um consenso nacional sobre os procedimentos e parâmetros de dosagem levou a que vários pesquisadores propusessem métodos de dosagem - logo confundidos como uma recomendação da Instituição para a qual trabalhavam, ou pela qual foram publicados seus trabalhos. Assim ocorreu com o método de dosagem IPT proposto por Ary Frederico Torres em 1927, com o método INT proposto por Lobo Carneiro, com o método do ITERS proposto por Eládio Petrucci, com o método proposto por Caldas Branco, com o método da ABCP proposto por Ary Torres e Carlos Rosman, e outros vários pesquisadores que empregavam adaptações dos métodos estrangeiros tais como, método de Vallete, método de Bolomey, método de Fuller, do módulo de finura etc.

Apesar dos métodos de dosagem diferirem entre si, certa atividades são comuns a todos, como por exemplo, o cálculo da resistência de dosagem, a correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento, a evolução do crescimento da resistência com o tempo, o consumo de água por unidade de volume para obtenção da trabalhabilidade requerida, o ajuste experimental em laboratório e as correções em obra, conforme apresentadas na seção 3 deste trabalho. A fragmentação dos métodos nacionais de dosagem impediram até o presente, que os aspectos comuns pudessem ser aprofundados e uniformizados.

O trabalho em questão aborda os aspectos comuns aos diferentes métodos de dosagem propondo alguns elementos de referência e faz uma análise crítica dos critérios atualmente normalizados no Brasil relativos à dosagem e controle dos concretos.

2. A Evolução dos Métodos de Dosagem

Desde os primeiros usos dos concretos para fins estruturais, nos quais o custo, a resistência à compressão e a durabilidade passaram a ter importância, ficou patente a necessidade de uma metodologia de dosagem.

Diversos pesquisadores se dedicaram a esse tema tendo como resultado um elevado número de métodos, cada qual mais adequado a esta ou aquela situação.

Inicialmente dedicaram-se a encontrar a influencia da natureza e composição dos materiais constituintes no comportamento do

concreto fresco e do concreto endurecido. A seguir houve a busca da generalização das interferências ou leis obtidas. Neste aspecto uma das contribuições mais felizes foi a de Abrams(4), em 1918, na qual estabeleceu empiricamente a influencia da relação água/cimento na resistência à compressão.

O maior domínio da estatística mostrou a necessidade da consideração da variabilidade dos materiais e das propriedades do concreto fresco e endurecido, introduzindo nas dosagens a noção de valores característicos associados a um quantil. O passo seguinte foi a busca das teorias abrangentes nas quais se procura explicar o comportamento do concreto endurecido a partir das características do concreto fresco. Esses estudos de reologia do concreto ainda tem poucos adeptos no Brasil. Recentemente a preocupação tem sido com a simplificação dos parâmetros e passos de uma dosagem. A partir de modelos matemáticos, curvas de referência, tabelas e procedimentos, os passos principais e comuns de um estudo de dosagem tem sido normalizados constituindo-se em valiosos e práticos elementos de referência. Dessa forma alcança-se as dificuldades de comunicação, racionalizando os procedimentos.

Na Figura 1 apresenta-se um quadro síntese da evolução cronológica dos métodos de dosagem no Brasil e no estrangeiro.

PERÍODO	PESQUISADOR	CONTRIBUIÇÃO
ATÉ 1891	SAINT-LÉGER,	1818 * processo de fabricação de cals hidráulicas artificiais
	JOSEPH ASPDIN,	1824 * processo de fabricação de cimento Portland
	LOUIS VICAT,	1828 * importância da granulometria da areia; inconvenientes do excesso de água
"PRINCÍPIOS DA TECNOLOGIA DE CIMENTOS E CONCRETOS"	RONDELET,	1836 * finura da areia é fundamental
	PRÉACEAU,	1861 * fundamento da granulometria descontínua
	Le CHÂTELIER,	1887 * identifica os compostos principais do cimento
	PAUL ALEXANDRE,	1888 * introduz o conceito de água de molhagem dos agregados.
1892 2 1951	RENÉ FERÉT,	1892 * lei fundamental de correlação entre resistência e compactidade
	FULLER,	1901 * curva de referência (parábola) para granulometria ideal
	DUFF ABRAMS,	1918 * lei universalmente aceita de correlação entre resistência e relação água/cimento; módulo de finura; cone de abatimento para medida de consistência
	BOLOMEY,	1925 * melhora a curva de referência de Fuller
1951	ARY TORRES,	1927 * confirma modelos de Ferét e Abrams e propõe método do módulo de finura no Brasil
	Du SABLON,	1927 * princípios da granulometria descontínua
"FUNDAMENTOS DOS MÉTODOS CLÁSSICOS DE DOSAGEM"	INGE LYSE	1931 * demonstra a importância da água por unidade de volume na definição da consistência do concreto
	LOBO CARNEIRO,	1937 * métodos de dosagem do INT com base nas curvas de Bolomey
	BLANKS,	1944 * texto consensual do ACI (na época 613, atual 211)
	VALLETE,	1949 * método de dosagem com base a granulometria descontínua e água de molhagem
	PETRUCCI,	1951 * método de dosagem do ITES - criação própria

cont.

1936 à 1978 "CONSIDERAÇÃO DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS"	PAULO SÁ	1936	* aplicação da estatística às características das madeiras
	OLIVEIRA,	1939	* aplicação da estatística ao controle da resistência do concreto
	WALKER,	1944	* aplicação dos conceitos da probabilidade à dosagem do concreto (1%)
	MORGAN,	1944	* dosagem do concreto com base a resistências mínimas (1%)
	LOBO CARNEIRO,	1944	* dosagem do concreto com base a resistências mínimas (2,5%)
	LENE,	1953	* conceito moderno de coeficiente de segurança
	CCA,	1954	* simpósio sobre dosagem e controle da qualidade do concreto
	BASÍLIO,	1954	* influência do coeficiente de variação na dosagem
	ABNT, NB-1	1960	* adota exclusivamente o coeficiente de variação como parâmetro característico da produção de concreto
	CEB, CIB, FIP, RILEM,	1972	* privilegia o desvio padrão como parâmetro característico da produção de concreto
1950 à 1978 "TEORIAS ABRANGENTES"	ABNT, NB-1	1978	* adota exclusivamente o desvio padrão como parâmetro característico da produção de concreto
	L'HERMITE,	1950	* introduz o modelo reológico para representar o comportamento do concreto fresco.
	TATTERSALL,	1957	* aprofunda os estudos de reologia
	BOMBLED,	1968	* aprofunda os estudos de reologia do concreto fresco correlacionando-o ao concreto endurecido
	POWERS,	1968	* propõe um modelo abrangente de dosagem.
	SOBRAL,	1977	* analisa o modelo de Powers, no Brasil
	CAMARGO,	1977	* propõe uma representação do comportamento resistente integral do concreto
	PRISZKULNIK,	1977	* analisa os modelos reológicos
	TATTERSALL,	1978	* publica um resumo das teorias sobre reologia e trabalhabilidade dos concretos frescos.
1958 à 1984 "APERFEIÇAMENTO E SIMPLIFICAÇÕES DOS PARÂMETROS DE DOSAGEM"	KURT WALZ,	1958	* introduz a curva de referência da resistência do cimento com a relação água/cimento, que é posteriormente adotada em vários países
	MURDOCK,	1960	* apresenta uma fórmula simplificada de representação dos fatores que influem na trabalhabilidade.
	POPOVICS,	1968	* apresenta critérios simples e práticos utilizáveis para os ajustes experimentais do traço teórico
	FUSCO,	1979	* ressalta a importância da variabilidade da resistência do cimento sobre a resistência do concreto
	RODRIGUES,	1984	* apresenta a versão moderna do método de dosagem da ABCP, incluindo parâmetros obtidos de correlações atualizadas.

FIGURA 1 - Síntese cronológica da evolução dos métodos de dosagem - no exterior e no Brasil.

3. Objetivo e Metodologia de Dosagem do Concreto

As principais propriedades do concreto endurecido são normalmente expressas pelo projetista das estruturas enquanto que as propriedades do concreto fresco são determinadas pelas técnicas de execução - transporte, lançamento e adensamento do concreto - assim como pelas próprias características geométricas da estrutura a ser concretada. Cabe ao tecnologista de concreto conciliar essas exigências satisfazendo a ambos através de um concreto, o mais econômico possível.

A compatibilidade entre as características ótimas do concreto fresco para uma dada situação e aquelas exigidas após seu endurecimento, não é facilmente obtida. Há a necessidade de um

compromisso entre o ótimo e o possível, uma vez que parâmetros importantes de dosagem, evoluem em sentidos opostos, segundo se pretenda satisfazer as exigências para concreto fresco ou para concreto endurecido.

Com o objetivo de explicitar melhor a sequência geral de atividades necessárias a um estudo de dosagem, apresenta-se na Figura 2 um quadro esquemático que sintetiza as etapas a serem percorridas, enumerando-se sete principais indicadas na Figura 2 e a seguir listadas:

1. Condições que um estudo de dosagem deve atender
2. Elementos de referência inicial
3. Decisões tomadas segundo critérios próprios de cada país ou região
4. Parâmetros de referência singulares de cada país ou região
5. Cálculo analítico comum a todos os métodos
6. Metodologia própria de cada país, instituição ou pesquisador
7. Ajustes experimentais comuns a todos os métodos.

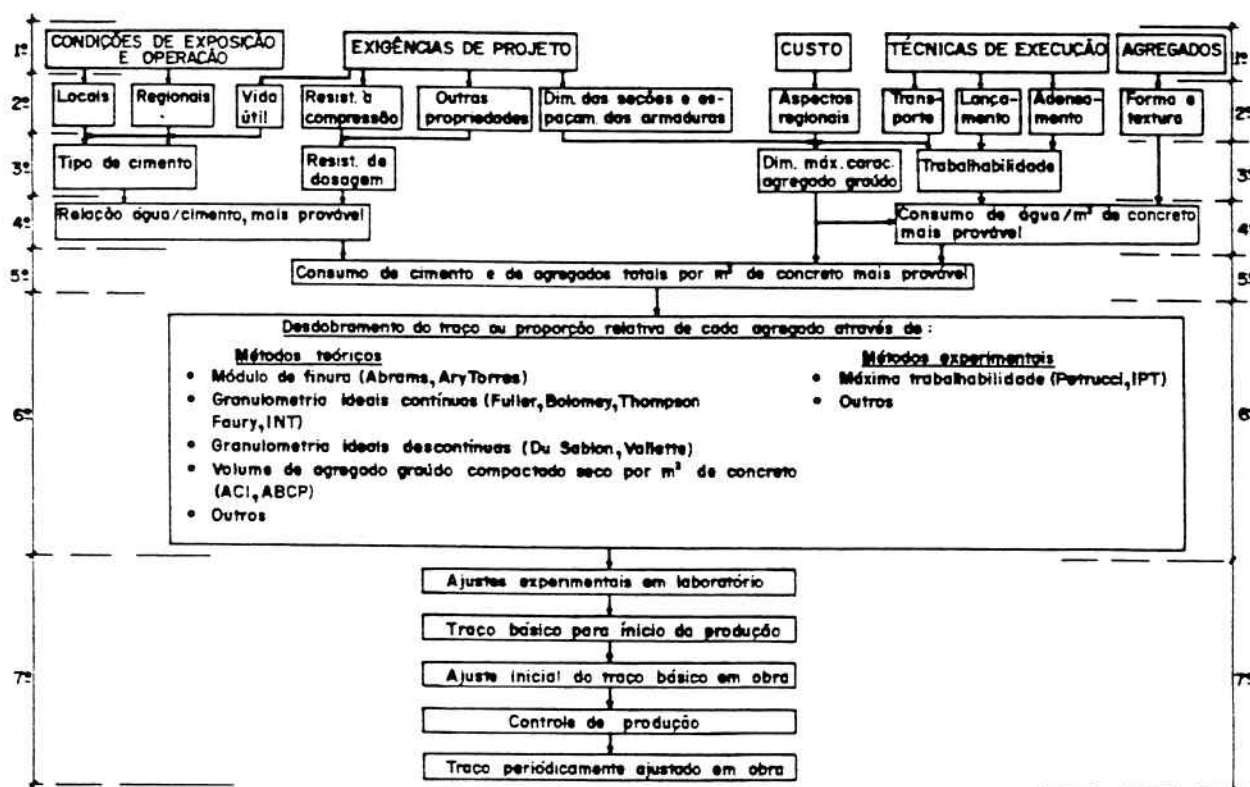


FIGURA 2. Quadro esquemático das atividades a serem consideradas num estudo de dosagem do concreto para obras correntes.

4. Estudo dos Cimentos Nacionais - Curvas de referência

Os objetivos desta parte do trabalho compreenderam a construção de curvas de evolução da resistência à compressão com a idade e curvas de correlação da resistência à compressão dos diferentes cimentos com a relação água/cimento. Essas curvas médias poderão ser utilizadas como referencial para os estudos de dosagem, quaisquer que sejam os agregados empregados, tendo portanto, validade nacional.

Com a intenção de obter amostras representativas de todos os cimentos nacionais, foi preparada e encaminhada uma carta diretamente às 56 fábricas de cimento a partir de relação preparada pela ABCP, solicitando o envio de dois sacos, ao Laboratório de Concreto do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, de cada tipo e classe de cimento por elas produzido. A resposta foi absolutamente positiva e do total recebido foi possível selecionar: 30 cimentos tipo CP32, 9 cimentos tipo AF32, 4 cimentos tipo POZ32, 12 cimentos tipo CP25, 1 cimento tipo AF25 e 3 cimentos tipo POZ25, num total de 59 cimentos, com origem em todas as fábricas do território nacional.

Com cada cimento foi preparada uma argamassa de relação água/cimento em massa variável de 0,38; 0,48; 0,58; 0,68 a 0,78 com a intenção de cobrir o campo das relações água/cimento empregadas nos concretos correntes. Os ensaios de resistência à compressão foram efetuados às idades de 3, 7, 18 e 91 dias. Até a data da ruptura os corpos de prova foram mantidos em câmara úmida com umidade relativa acima de 98% e temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Todas as argamassas foram preparadas com areia normal brasileira, especificada na NBR 7214. Os corpos de prova com diâmetro 5 cm e altura 10 cm foram moldados, curados, capeados e rompidos à compressão axial de acordo com uma adaptação dos procedimentos descritos no método de ensaio NBR 7215. Para cada situação foram moldados dois corpos de prova e tomado o valor médio para análise dos resultados. Um resumo do programa de ensaios é o seguinte:

- * idade.....3, 7, 28 e 91 dias.
- * relação água/cimento em massa....0,38; 0,48; 0,58; 0,68 e 0,78.
- * cimentos.....59 procedências.
- * tipos de cimentos.....CP, AF e POZ.
- * exemplares.....1180.
- * número total de corpos de prova.....2360.

Os ensaios foram realizados durante um período de um ano e dois meses, à medida da chegada das amostras de cimento, num ritmo de ensaio de cerca de dez corpos de prova por dia útil de trabalho.

A resistência média à compressão obtida a 28 dias de idade foi adotada como referencial, ou seja, para cada cimento e cada relação água/cimento foi calculada a evolução relativa da resistência à compressão em qualquer idade comparativamente à resistência média obtida aos 28 dias naquelas condições, segundo a fórmula clássica(5).

$$\frac{f}{f_{ccj}} = \frac{K}{K_{ccm28}} \left(\frac{t}{28} \right)^n$$

- 7 -

A resistência à compressão cresce relativamente menos quando a relação água/cimento é baixa comparativamente ao crescimento para relação água/cimento alta, conforme se visualiza na Tabela 1.

TABELA 1. Coeficientes médios de crescimento da resistência à compressão com a idade, referida a 28 dias.

Tipo e classe de cimento	Relação a/c (kg/kg)	Coeficientes médios de crescimento da resistência (f_{ccj}/f_{cc28})			
		3 dias	7 dias	28 dias	91 dias
CP32	0,38	0,54	0,74	1,00	1,14
	0,48	0,49	0,71	1,00	1,16
	0,58	0,42	0,66	1,00	1,20
	0,68	0,36	0,61	1,00	1,25
	0,78	0,34	0,50	1,00	1,26
AF32	0,38	0,38	0,62	1,00	1,23
	0,48	0,36	0,61	1,00	1,25
	0,58	0,28	0,54	1,00	1,31
	0,68	0,26	0,52	1,00	1,34
	0,78	0,22	0,48	1,00	1,38
POZ32	0,38	0,50	0,71	1,00	1,16
	0,48	0,48	0,70	1,00	1,17
	0,58	0,40	0,64	1,00	1,21
	0,68	0,35	0,60	1,00	1,26
	0,78	0,29	0,55	1,00	1,30
CP25	0,38	0,51	0,72	1,00	1,16
	0,48	0,47	0,69	1,00	1,18
	0,58	0,40	0,64	1,00	1,22
	0,68	0,35	0,60	1,00	1,26
	0,78	0,32	0,57	1,00	1,28
AF25	0,38	0,35	0,60	1,00	1,26
	0,48	0,32	0,58	1,00	1,28
	0,58	0,27	0,53	1,00	1,33
	0,68	0,27	0,53	1,00	1,34
	0,78	0,24	0,50	1,00	1,35
POZ25	0,38	0,44	0,67	1,00	1,20
	0,48	0,31	0,57	1,00	1,29
	0,58	0,28	0,53	1,00	1,33
	0,68	0,24	0,50	1,00	1,36
	0,78	0,23	0,49	1,00	1,39

Com relação à influência da relação água/cimento na resistência de cada tipo e classe de cimentos nacionais obteve-se os resultados médios apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Resistência média à compressão típica de cada tipo e classe de cimento Portland para diferentes relações água/cimento.

Tipo e classe de cimento	Relação a/c (kg/kg)	Resistência média à compressão em MPa para idade de			
		3 dias	7 dias	28 dias	91 dias
CP32	0,38	23.1	31.1	42.2	49.8
	0,48	16.7	23.8	34.3	41.8
	0,58	12.0	18.1	27.9	35.0
	0,68	8.7	13.8	22.7	29.3
	0,78	6.3	10.6	18.4	24.6
AF32	0,38	20.7	30.7	50.2	61.5
	0,48	14.2	22.8	39.8	50.9
	0,58	9.7	17.0	31.6	42.2
	0,68	6.6	12.6	25.1	35.0
	0,78	4.5	9.4	19.9	29.0
POZ32	0,38	24.3	29.8	39.5	50.5
	0,48	16.5	21.8	31.0	41.8
	0,58	11.1	16.0	24.3	34.6
	0,68	7.5	11.7	19.1	28.7
	0,78	5.1	8.6	14.9	23.7
CP25	0,38	18.3	24.2	33.0	40.9
	0,48	13.2	18.7	27.1	34.7
	0,58	9.6	14.5	22.3	29.5
	0,68	6.9	11.2	18.3	25.0
	0,78	5.0	8.6	15.0	21.2
AF25	0,38	13.0	22.6	36.2	46.3
	0,48	9.3	16.2	28.7	37.7
	0,58	6.7	11.6	22.8	30.7
	0,68	4.8	8.3	18.1	25.0
	0,78	3.4	6.0	14.4	20.4
POZ25	0,38	11.1	15.5	29.1	40.1
	0,48	7.6	11.4	21.9	31.6
	0,58	5.1	8.4	16.5	24.9
	0,68	3.5	6.1	12.4	19.6
	0,78	2.4	4.5	9.3	15.4

As curvas médias obtidas podem ser utilizadas como referencial básico nos estudos de dosagem dos concretos amassados com os cimentos estudados, contribuindo para o esclarecimento da quarta etapa da Figura 2.

Os valores obtidos foram empregados com sucesso em estudos experimentais de concretos amassados com materiais de características bastante diversas.

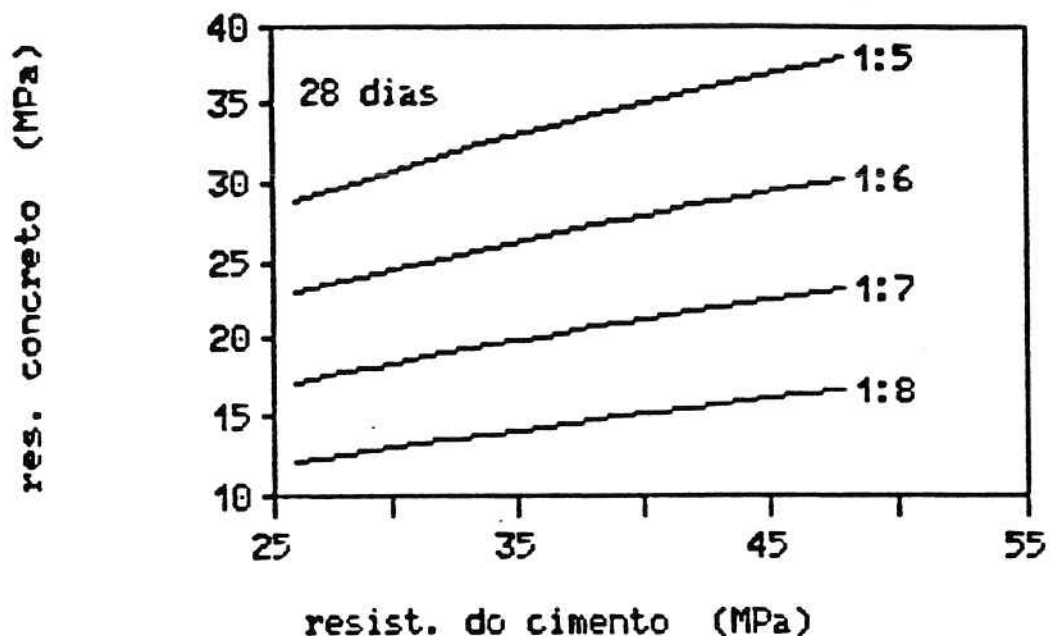
5. Variabilidade da Resistência à Compressão dos Concretos

A partir do modelo de Abrams e através de desenvolvimento por série de Taylor, obtém-se o seguinte modelo matemático para exprimir o desvio padrão (variabilidade) da resistência do concreto:

$$sc = (K1 \cdot K2 \cdot \frac{-(a/c)^2}{scc}) + (K1 \cdot fcc_{28} \cdot K2 \cdot \ln K2 \cdot sa/c) + e$$

Através dessa equação pode-se verificar que a variabilidade dos resultados de resistência à compressão dos concretos depende: da variabilidade das operações de ensaio; da variabilidade da relação água/cimento; da variabilidade da resistência do cimento, da relação água/cimento média empregada no concreto e do valor da resistência média do cimento.

A partir de elevado número de resultados de ensaios efetuados em quatro traços de concreto, obtiveram-se experimentalmente as correlações indicadas na Figura 3, comprovando a dedução teórica anterior.



Treço 1:5 $f_{c\ 28} = 6.76 \cdot f_{cc28}^{0.45}$ (a/c) m = 0.42

Treço 1:6 $f_{c\ 28} = 5.14 \cdot f_{cc28}^{0.46}$ (a/c) m = 0.51

Treço 1:7 $f_{c\ 28} = 3.54 \cdot f_{cc28}^{0.49}$ (a/c) m = 0.62

Treço 1:8 $f_{c\ 28} = 2.15 \cdot f_{cc28}^{0.53}$ (a/c) m = 0.76

FIGURA 3

Curvas de correlação entre a resistência do concreto para a/c fixa em torno de um valor médio.

Finalmente analisa-se os critérios indicados para o cálculo da resistência de dosagem indicados na NBR 6118. Com base a enquete nacional efetuado à maioria dos Laboratórios de ensaio, obtêm informações e dados suficientes para propor a alteração dos valores especificados no atual texto da NBR 6118, refletindo a evolução havida nos procedimentos de dosagem e controle dos concretos nos últimos anos.

6. Referências Bibliográficas

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCRETO - ABC. Regulamento para as Construções em Concreto Armado. *Cimento Armado*. Rio de Janeiro, órgão oficial da ABC, 13(13): 7-21, 3 jul. 1931.
- (2) COMMITTEE ACI 211.1-81. rev. 84. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Detroit, American Concrete Institute - ACI. In: ----. *ACI. Manual of Concrete Practice*. v. 1, 1986.
- (3) COMMITTEE ACI-214.77. rev. 83. *Recommended Practice for Evaluation of Compression test Results of Field Concrete*. Detroit, American Concrete Institute-ACI. In: ----. *ACI. Manual of Concrete Practice*, v. 1, 1986.
- (4) ABRAMS, Duff Andrew. *Design of concrete mixtures*. Chicago, Structural Materials Research Laboratory -Lewis Institute, Bulletin 1, dez. 1918.
- (5) SADLAN, G. & DELLYES, R. Représentation linéaire de la resistance mécanique des ciments en fonction du temps. Application à la normalisation. *Revue des Matériaux de Construction*. Paris, (606):93-106, 1966.

BOLETIM TÉCNICO - TEXTOS PUBLICADOS
TECHNICAL BULLETIN - ISSUED PAPERS

- BT 01.A/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Concreto Armado / The Effect of Fire on Reinforce Concrete - FRANCISCO R. LANDI
- BT 01.B/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Aço / The Effect of Fire on Steel - FRANCISCO R. LANDI
- BT 02/86 - Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria / Resistent Masonry Mortar for Structural Brickwork - FERNANDO H.SABBATINI
- BT 03/86 - Controle de Qualidade do Concreto / Quality Control of the Concrete - PAULO R. L. HELENE
- BT 04/86 - Fibras Vegetais para Construção Civil - Fibra de côco Vegetable Fibres for Building - . Coir Fibras - HOLMER SAVASTANO JR
- BT 05/86 - As Obras Públicas de Engenharia e a sua Função na Estruturação da Cidade de São Paulo/The Public Works of Civil Engineering and its Function on Structuring the City of São Paulo - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 06/86 - Patologia das Construções. Procedimentos para Diagnóstico e Recuperação / Building B.Pathology. Diagnosis and Recovering Procedures - N.LICHTENSTEIN
- BT 07/86 - Medidas Preventivas de Controle de Temperatura que Induz Fissuração no Concreto Massa / Preventive Mesurements to Control the Temperature wich Produces Cracking in Mass Concrete - GEORGE INOUE
- BT 08/87 - O Computador e o Projeto do Edifício / The Computer and The Building Design - FRANCISCO F.CARDOSO
- BT 09/87 - Porosidade do Concreto / Concrete Porosity - VICENTE C.CAMPITELI
- BT 10/87 - Concretos Celulares Espumosos / Lightweight Concrete: Foam Concrete - OSWALDO FERREIRA
- BT 11/87 - Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Determinação das Vazões de Projeto / Building Cold Water Supply Systems - Design Flowrates Determination - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 12/87 - Estabilização de Solos com Cimentos Pozolânicos / Soil Stabilization with Pozzolanic Cements - ALEX KENYA ABIKO
- BT 13/87 - Vazões de Projeto em Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Modelo Probabilístico para Microcomputadores / Design Flowrates in Building Cold Water Supply System - Probabilistic Model for Microcomputers - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 14/87 - Sistemas Prediais de Coleta em Esgotos Sanitários: Modelo Conceitual para Projeto / Building Drainage Systems: A Conceptual Approach for Design - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 15/87 - Aplicação do Método de Simulação do Desempenho Térmico de Edificações / Application of Building Thermal Performance Method - VIRGINIA ARAUJO
- BT 16/87 - A Representação do Problema de Planejamento do Espaço em Sistemas de Projeto Assistido por Computador / Space Planning Problem Representation on Computer Aided Design Systems - M.C.R.BELDERRAIN
- BT 17/87 - Aspectos da Aplicabilidade do Ensaio de Ultra-Som em Concreto / Aplicability of Ultra Sound Test in Concrete - L.T.HAMASSAKI
- BT 18/87 - O uso da Grua na Construção do Edifício / The Use of The Tower Crane in Building - N.B.LICHTENSTEIN
- BT 19/87 - A Adição de Fibras em Concreto de Baixo Consumo de Cimento e Análise da Fissuração devido à Retração / Fibre Reinforcement for Low Cement Contend Concretes and Analysis of Their Cracking due to Shrinkage - FRANCISCO DANTAS, VAHAN AGOPYAN
- BT 20/88 - Desempenho de Alvenaria à Compressão / Compression Performance of Masonry - LUIZ SÉRGIO FRANCO
- BT 21/88 - A Análise dos Liminares em Planejamento Urbano / Threshold Analysis in Urban Planning - JOSÉ L.C. RONCA, WITOLD ZMITROWICZ
- BT 22/88 - O Solo Criado - Sistemática para Avaliação do Preço / Systematic Procedures to Appraise the Value of a "Created Lot" -JOÃO R. LIMA JR.
- BT 23/90 - O Conceito de Taxa de Retorno na Análise de Empreendimentos (Uma Abordagem Crítica) / A Rate of Return in Projetc Analysis (A Critical Approach to the Problem) - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 24/90 - (BE 01/87): Carta de Brasília - FIGUEIREDO FERRAZ
- BT 25/90 - O Preço das Obras Empreitadas - análise e modelo para sua formação / The Price in Construction - analysis and a simulator for calculation - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 26/90 - Sistemas de Informação para o Planejamento na Construção Civil -Gênese e Informatização - Information Systems for Planning in Civil Engineering - Genesis and Computer Aid Systems - JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT 27/90 - Gerenciamento na Construção Civil - Uma Abordagem Sistemica / Construction and Business Management in Civil Engineering - A Systemic Approach - JOÃO R. LIMA JR.

- BT 28/90 - Recursos para Empreendimentos Imobiliários no Brasil - Debêntures e Fundos / Funds Real State Developments in Brasil - Debentures & Mutual Funds - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 29/90 - O Desenvolvimento Urbano: A Europa não Romana / Urban Development: Non-Roman Europe - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 30/91 - Avaliação do Risco nas Análises Econômicas de Empreendimentos Habitacionais / Risk Analysis in Economic Evaluation for Residential Building Projects - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 31/91 - Tendências Atuais na Formação dos Engenheiros Cíveis - O Vetor da Modernidade e a Abordagem do Gerenciamento Civil / Engineering Graduation Tendencies Modern Trends and Business Administration Teaching - JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/32 - Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - FERNANDO SABBATINI, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/33 - A Laje Composta na Construção Civil - UBIRACI E.L.SOUZA, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/34 - Formulação de Modelo Computacional para Análise de Redes de Hidrantes - LUIZ B.M. LATERZA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/35 - Resistência ao Fogo de Estruturas de Aço de Edifícios: Quando É Possível Empregar Perfis sem Proteção - SÍLVIO B. MELHADO, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/36 - Shopping Centers: Uma Abordagem do Dimensionamento do Potencial e das Áreas de Venda - ELIANE MONETTI, JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/37 - Alternativas de Projeto de Instalações Prediais de Gás em Edificações Habitacionais EDUARDO IOSHIMOTO, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/38 - Estudo dos Parâmetros Relacionados com a Utilização de Água Quente em Edifícios Residenciais - MARINA S. O. ILHA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/39 - Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo de Fachada dos Edifícios - SÍLVIA M. S. SELMO, PAULO R. L. HELENE
- BT/PCC/40 - Estudo das Correlações entre Resistências à Compressão de Paredes e Prismas de Alvenaria Estrutural Cerâmica Não Armada Submetidos a Esforços de Compressão Axial - MÔNICA SIBYLLE KORFF MULLER, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/41 - Perspectivas de Superfícies Poliédricas Auxiliadas por Computador - ANA MAGDA A. CORREIA, SÉRGIO F. GONTIJO DE CARVALHO
- BT/PCC/42 - Estudo do Escoamento em Condutos Horizontais de Sistemas de Coleta de Esgotos Sanitários de Edifícios Residenciais - LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA, ORESTES M. GONÇALVES
- BT/PCC/43 - Estudos da Microestrutura da Zona de Transição entre a Pasta de Cimento e o Agregado - VLADMIR ANTONIO PAULON, PAULO J. M. MONTEIRO
- BT/PCC/44 - Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Residenciais e Comerciais - MERCIA MARIA S. BOTTURA DE BARROS, FERNANDO H. SABBATINI
- BT/PCC/45 - Crescimento Populacional, Urbanização e Desenvolvimento - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- BT/PCC/46 - A Concentração Urbana e as Implicações Ambientais - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- BT/PCC/47 - Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias - FREDERICO AUGUSTO MARTINELLI, PAULO R. L. HELENE
- BT/PCC/48 - A Influência da Relação Água-Gesso nas Propriedades Mecânicas do Fibrogesso - IVANA S. S. DOS SANTOS, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/49 - Controle de Qualidade na Indústria de Pré-fabricados - PÚBLIO P. F. RODRIGUES, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/50 - Urbanização e Controle de Enchentes - O Caso de São Paulo: Seus Conflitos e Inter-relações - MARIA DE S. B. OSTROWSKY, WITOLD ZMITROWICZ
- BT/PCC/51 - Industrialização da Construção e Argamassa Armada: Perspectivas de Desenvolvimento - PAULO E. F. de CAMPOS, JOÃO B. de HANAI
- BT/PCC/52 - As Áreas Habitacionais Populares nas Cidades Médias Paulistas: O Caso de Limeira - SÍLVIA A. M. GONÇALVES PINA, SUZANA P. TASCHNER
- BT/PCC/53 - As Relações entre a Legislação de Uso e Ocupação do Solo e o Espaço Urbano Local: Subsídios para o Planejamento de Bairros - ISAURA R. F. PARENTE CAMPANA, CÂNDIDO MALTA C. FILHO
- BT/PCC/54 - Janelas de PVC Rígido: Características da Qualidade - VERA DA CONCEIÇÃO FERNANDES, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/55 - Um Ensaio Acelerado para a Previsão da Resistência à Compressão do Cimento Portland Comum Utilizando Energia de Microondas - EMIR CESAR MAIDA, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/56 - Sensoriamento Remoto Via Orbital Aplicado a Estudos Urbanos - MARIA AUGUSTA JUSTI PISANI, WITOLD ZMITROWICZ
- BT/PCC/57 - Controle do Desenvolvimento através da Determinação de Padrões Espaciais Urbanos - VERA LÚCIA BLAT MIGLIORINI, GILDA COLLET BRUNA

- BT/PCC/58 - Avaliação Experimental da Corrosão de Armaduras em Concreto Utilizando a Técnica de Medida dos Potenciais de Eletrodo - OSWALDO CASCUDO MATOS, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE
- BT/PCC/59 - Gerenciamento da Demanda e Consumo de Energia Elétrica para Aquecimento de Água em Habitações de Interesse Social - RACINE TADEU ARAUJO PRADO, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES
- BT/PCC/60 - Fôrmas para Concreto Armado - Aplicação para o Caso do Edifício - HERMES FAJERSZTAJN, FRANCISCO ROMEU LANDI
- BT/PCC/61 - Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores Destinados a Habitações Térreas Unifamiliares - Desempenho Estrutural - CLÁUDIO VICENTE MITIDIERI FILHO, DANTE FRANCISCO VICTORIO GUELPA
- BT/PCC/62 - Método para Gerenciamento de Empreendimentos Imobiliários - EMILIO RACHED ESPER KALLAS, FRANCISCO ROMEU LANDI
- BT/PCC/63 - Contribuição ao Estabelecimento de Parâmetros para Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland - PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE, FRANCISCO ROMEU LANDI

