

# CONCRETO

& Construções



Ano XLII  
**76**  
OUT-DEZ • 2014  
ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E COMERCIAIS

## ESTADO DA ARTE EM ESTUDOS SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO PARA EDIFÍCIOS



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

ANTONIO CARLOS ZORZI:  
DIRETOR DE ENGENHARIA  
DA CYRELA

56° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

COBERTURA DO MAIOR FÓRUM  
TÉCNICO-CIENTÍFICO NACIONAL  
SOBRE O CONCRETO

ENTIDADES PARCEIRAS

VENCEDORES DO PRÊMIO  
TALENTO ENGENHARIA  
ESTRUTURAL

# Estruturas de concreto: contribuição à análise da segurança em estruturas existentes – Parte I

DOUGLAS COUTO, MARIANA CARVALHO, ANDRÉ CINTRA – ENGENHEIROS CIVIS

PHD ENGENHARIA

PAULO HELENE – PROFESSOR TITULAR

USP/PHD ENGENHARIA

## 1. INTRODUÇÃO

Devido aos recentes acontecimentos relacionados ao colapso de estruturas no Brasil<sup>1</sup> e no mundo<sup>2</sup>, cresce cada vez mais a atenção do meio técnico para questões de segurança estrutural. Há vários casos de edificações que estão ruindo até mesmo antes da entrega ao cliente, ou seja, durante o período de construção. Além disso, cresce o interesse do mercado pelo *retrofit* de estruturas existentes, o que torna este assunto atual e de grande interesse prático, pois uma grande parte dos projetistas estruturais não dominam os conceitos, modelos e critérios de introdução da segurança no projeto de estruturas existentes.

Ainda que estejam sujeitas à depreciação ao longo do tempo, por estarem expostas ao ambiente e também pelo uso, e mesmo que sejam adequadamente mantidas ou não em conformidade com a ABNT NBR 5674:2012<sup>3</sup>, é inviável e inaceitável, econômica e ambientalmente, que as edificações sejam simplesmente substituídas ao atingirem o fim de sua vida útil de projeto (VUP), prevista conforme ABNT NBR 15575:2013<sup>4</sup>.

Também é inaceitável que estruturas existentes se-

jam analisadas segundo procedimentos adequados apenas a estruturas novas, muitas vezes resultando em intervenções e reforços desnecessários que inviabilizam o negócio por prazo e/ou por custo excessivo, criados por um projeto equivocado.

Portanto, diante da complexidade do estudo e análise de estruturas existentes, da constatação da frequência de colapsos parciais ou globais de estruturas em uso ou mesmo em construção<sup>5</sup>, e considerando que o país já tem uma imensa quantidade de estruturas com idade avançada, com patrimônio incalculável do ambiente já construído em concreto, a discussão da segurança dessas obras fica ainda mais necessária e urgente.

Diversas são as razões que podem levar à necessidade de se avaliar a segurança de uma estrutura existente, conduzindo a escopos de trabalho distintos, expostos no Quadro 1.1.

A avaliação da segurança de uma estrutura de concreto existente difere daquela adotada no projeto de estruturas novas<sup>6</sup>. Segundo a ABNT NBR 8681:2003<sup>7</sup> e a ABNT NBR 6118:2014<sup>8</sup>, os coeficientes de ponderação das solicitações e das resistências, adotados na fase de projeto, levam em conta incertezas e imprecisões relacionadas com

<sup>1</sup> TORRE DE MONHO DESABA E DEIXA 5 FERIDOS EM MACEIO; MORADURES SÃO RETRÁDAS. DESCREVE O DESABAMENTO DE UMA ESTRUTURA DE 50 ANOS DE IDADE QUE, MESMO APÓS REFORMAS QUE AUMENTARAM O PESO DO CONJUNTO, NÃO TEVE NENHUM REFORÇO ESTRUTURAL. O ACIDENTE DEIXOU FERIDOS E CASAS DANIFICADAS. DISPONÍVEL EM: <http://g1.globo.com/al/agencias/noticia/2014/09/monho-que-desabou-em-maceio-tinha-problemas-estruturais-diz-laudo.html>. ACESSO EM 08 OUT. 2014.

<sup>2</sup> ONCE INVESTIGACIONES POR CASO SPACE PRECLLYERON; FISCAL. DESCREVE CASO LAMENTÁVEL DE COLAPSO DE TORRE EM CÔLUMBIA, SEGUIDO DA DEMOLIÇÃO E IMPLOSO DE OUTRAS TORRES SIMILARES POR ERRO GRAVE DE PROJETO. DISPONÍVEL EM: <http://www.vanguardia.com/actualidad/columbia/279832-once-investigaciones-por-caso-space-precllyeron-fiscal>. ACESSO EM 01 OUT. 2014.

<sup>3</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES. REQUISITOS PARA O SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2012.

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2012.

<sup>5</sup> COMO EXEMPLO, PODE-SE CITAR OS RECENTES E IMPORTANTES COLAPSOS: EDIFÍCIO AREIA BRANCA (PERNAMBUCO, 2004. EDIFICAÇÃO COM 25 ANOS, ENTREGUE EM 1979, RUÍU COMPLETAMENTE DEVIDO A FALHAS DE EXECUÇÃO NAS LIGAÇÕES DE SAPATAS E PILARES), EDIFÍCIO REAL CLASS (PARÁ, 2011. RUÍU EM CONSTRUÇÃO DEVIDO A ERROS NO PROJETO E DE CONSTRUÇÃO), EDIFÍCIO LIBERDADE (RIO DE JANEIRO, 2012. DESABOU, LEVANDO CONSIGO DUAS CONSTRUÇÕES ADJACENTES, SENDO CONSTATADO ERROS NOS PROCEDIMENTOS DE REFORMA), SHIPPING RIO POTY (PÁUÍ, 2013. EDIFICAÇÃO EM CONSTRUÇÃO QUE COLAPSOU DEVIDO A FALHAS NA EXECUÇÃO RELACIONADAS AO ESCORAMENTO).

Quadro 1.1 – Algumas razões, escopos e ações que justificam a análise da segurança de uma estrutura existente (HELENE, 2012) [01]

Razões	Escopo	Ações
O controle de recebimento, em obra nova, indicou que $f_{ck,est} < f_{ck}$	Encontrar qual o novo $f_{ck}$ para re-projeto ou verificação da segurança estrutural	Trata-se de transformar o resultado da resistência do concreto medida através de testemunhos num valor equivalente ao da resistência característica do concreto à compressão, que seria utilizada num projeto de estrutura nova, a fim de viabilizar o emprego do mesmo método de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto utilizado em estruturas novas.
O concreto parece estranho ou aparentemente não conforme com o pedido / especificado	Analisar o concreto para comparar com o pedido/especificado	Trata-se de pesquisar a composição, traço, resistência e outras características e propriedades do concreto entregue para a moldagem de um determinado componente estrutural com o concreto solicitado ao produtor do concreto. Geralmente trata-se de uma questão comercial entre empresas.
Concreto exposto a meio agressivo	Analisar características e propriedades do concreto determinantes da sua resistência à deterioração frente àquele meio agressivo	Trata-se de uma análise complexa de ciclo de vida do concreto naquele meio, tomando por base o período de vida útil definido no projeto da estrutura, as prescrições de manutenção preventiva especificadas no manual de operação, uso e manutenção dessa estrutura, eventuais ensaios acelerados ou vistoria de obras similares e antigas e, com as resistências, características e propriedades desse concreto, utilizar modelos de vida útil disponíveis na bibliografia.
Qualidade da execução da estrutura	Analisar homogeneidade do concreto, geometria, tolerâncias	Trata-se de uma análise com uso expressivo de ensaios não destrutivos ou semidestrutivos, recursos de topografia, nível e prumo laser, excentricidade de pilares, dimensões geométricas, e extração de testemunhos em regiões complementares com vistas à aferição da qualidade das concretagens e precisão da execução frente às tolerâncias de norma.
Perícia	Inspeção e diagnóstico para esclarecer um problema patológico	Trata-se de utilizar técnicas consagradas e sofisticadas de inspeção e ensaios de campo e de laboratório, eventual prova de carga, extração de testemunhos, com vistas à elaboração de um diagnóstico e prognóstico para esclarecer um colapso parcial ou total, um problema patológico grave ou deformações exageradas.
Mudança de uso, retrofit	Avaliar o estado atual da estrutura	Trata-se de uma análise tipo " <i>as built</i> " da estrutura com investigação de geometria, armaduras, concreto, extração de testemunhos, etc., com vistas à mudança de uso que implique ou não aumento de sobrecargas.
Intervenção corretiva ou reforço	Verificar a segurança atual e projetar a intervenção necessária	Trata-se de utilizar técnicas consagradas e sofisticadas de inspeção e ensaios de campo e de laboratório, eventual prova de carga, extração de testemunhos, com vistas à elaboração de um diagnóstico da situação, verificando a segurança e projetando a intervenção.

os processos de construção das estruturas, variabilidade da resistência dos materiais, além das aproximações numéricas dos processos de cálculo e dimensionamento.

Entretanto, quando se analisa uma estrutura acabada, um grande número desses fatores desconhecidos durante a etapa de projeto já se encontram definidos e podem

ser mensurados, o que justifica uma modificação nos de coeficientes de majoração das ações ou de minoração das resistências [02].

Este tema já era abordado em 1983 pelo *Comité Euro-International du Béton (CEB)*. Com relação às solicitações, o *CEB*<sup>9</sup> já indicava que, ao menos para as solicitações per-

<sup>6</sup> COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. BULLETIN D'INFORMATION N.º. 192: DESIGN AND ASSESSMENT OF CONCRETE STRUCTURES. LAUSANNE: CEB, 1989.

<sup>7</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681 (VERSÃO CORRIGIDA: 2004): AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS. PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2003.

<sup>8</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO. PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2014.

<sup>9</sup> COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. BULLETIN D'INFORMATION N.º. 162: ASSESSMENT OF CONCRETE STRUCTURES AND DESIGN PROCEDURES FOR UPGRADING (REDESIGN). LAUSANNE: CEB, 1983.

manentes, os fatores de majoração adotados na análise de estruturas existentes deveriam ser inferiores aos usuais, com base em medidas geométricas, massas específicas reais e estimativas de cargas mais precisas.

No que concerne aos materiais, o CEB também advertia sobre o valor das resistências “características” do concreto a serem consideradas na análise de estruturas existentes. Por definição, um valor característico é vinculado a um conceito de segurança e qualidade das estruturas antes da construção, o que torna incoerente esta aplicação no caso de estruturas existentes, quando já se conhece melhor as geometrias e as propriedades dos materiais em uso.

Além disso, também se falava sobre a necessidade de se considerar um segundo problema: a idade à qual este valor característico deveria se referir, visto que grande parte das normas de projeto se baseava em valores nominais de resistência aos 28 dias (como acontece até hoje). Como naquela época, hoje o estudo da conversão da idade da estrutura para 28 dias ainda é pouco empregado, controverso e incerto.

Diante disso, entende-se que analisar a segurança de uma estrutura acabada é muito mais complexo que introduzir a segurança no projeto de uma estrutura nova, pois requer inspeção preliminar, ensaios e vistoria criteriosa. São necessários sólidos conhecimentos e conceitos de segurança em engenharia estrutural e também conhecimentos sobre os materiais de construção empregados, de forma a identificar, controlar e considerar corretamente a variabilidade das ações e das resistências na estrutura.

Com a intenção de discutir este tema considerado complexo e difuso, apresenta-se neste artigo uma introdução à segurança das estruturas de concreto (Parte I), uma síntese da revisão bibliográfica dos procedimentos recomendados por normas nacionais e normas internacionais consagradas e respeitadas no Brasil associadas ao

tema, bem como um exemplo hipotético da aplicação da avaliação de uma estrutura existente para verificação da segurança (Parte II).

## 2. A SEGURANÇA NO PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

O conceito de segurança das estruturas [03], em geral, está associado a ferramentas estatísticas e é caracterizado pela análise probabilística (confiabilidade) de uma estrutura manter sua capacidade portante, evitando sua ruína. Desta forma são definidos os Estados Limites (últimos ou de serviço) para a estrutura e, independente do método de cálculo utilizado, o projeto deve ser realizado de forma a sempre sustentar a relação  $R_d \geq S_d$ .<sup>10</sup>

A Fig. 2.1 apresenta uma visão simplificada da consideração probabilística da segurança.

Através do tratamento probabilístico das grandezas que influenciam a segurança das estruturas, ou seja, por um lado majorar as ações e por outro minorar as resistências, é possível realizar o dimensionamento de estruturas novas e a verificação da segurança de estruturas existentes, desta vez com valores efetivamente medidos ou estimados em campo.

Com esta finalidade, o fib Model Code 2010<sup>11</sup> recomenda quatro modelos de verificação da segurança, dos quais cita-se dois: Método de Probabilista de Segurança e Método dos Fatores de Segurança Parciais (ou Método Semiprobabilista).

- **Método Probabilista:** devido à sua complexidade e ainda ausência de conhecimento das variáveis principais, não é o mais utilizado e, portanto, não será objeto de discussão neste artigo;
- **Método dos Fatores de Segurança Parciais:** também conhecido como método semiprobabilista, faz uso de coeficientes pré-determinados para conversão de valores característicos em valores de cálculo.

A ABNT NBR 8681:2003 oferece ferramentas de

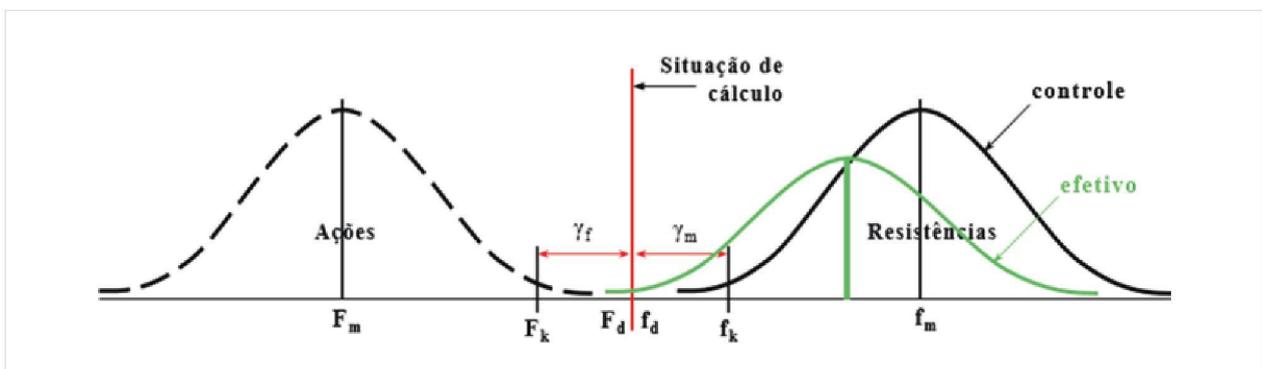


Figura 2.1 – Representação da análise de segurança pelo Método Probabilista

<sup>10</sup> RESISTÊNCIAS DE CÁLCULO DO PROJETO ( $R_d$ ) MAIORES QUE SOLICITAÇÕES DE CÁLCULO DO PROJETO ( $S_d$ ).

<sup>11</sup> FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. fib (CEB-FIP) MODEL CODE FOR CONCRETE STRUCTURES 2010. LAUSANNE: ERNST & SOHN, 2013.

cálculo de esforços baseadas neste método, conforme os seguintes conceitos:

### ■ Para ações

$$F_d = F_k \cdot \gamma_f \quad \text{e} \quad \gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot \gamma_{f3} \quad [1]$$

$\gamma_{f1}$ : considera variabilidade das ações;

$\gamma_{f2}$ : coeficiente de combinação ( $\psi_0$  - simultaneidade);

$\gamma_{f3}$ : considera possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações devido ao método construtivo ou método de cálculo empregado.

### ■ Para resistência dos materiais

$$f_d = f_k / \gamma_m \quad \text{e} \quad \gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \quad [2]$$

$\gamma_{m1}$ : pode se referir ao concreto (neste caso, chama-se  $\gamma_c$ ) e ao aço ( $\gamma_s$ ).

$\gamma_{c1}$ : leva em conta a variabilidade da resistência efetiva do concreto na estrutura, que é sempre maior que a variabilidade da resistência “potencial” do concreto na sua produção de origem, avaliada através de corpos de prova moldados;

$\gamma_{c2}$ : considera as diferenças entre a resistência efetiva do concreto na estrutura e a resistência potencial medida convencionalmente em corpos de prova padronizados;

$\gamma_{c3}$ : considera as incertezas existentes na determinação das solicitações resistentes, seja em decorrência dos métodos construtivos, seja em virtude do método (modelo) de cálculo empregado.

Cremonini (1994) [04] explica que os coeficientes  $\gamma_{c1}$  e  $\gamma_{c2}$  podem ser determinados por medidas experimentais e análises estatísticas, enquanto  $\gamma_{c3}$  é encontrado por meio de critérios empíricos. No caso do concreto, pode-se considerar que  $\gamma_c$  se decompõe, aproximadamente, nas seguintes parcelas:

$$\gamma_c = 1,07 \text{ a } 1,32 (\gamma_{c1}) \cdot 1,10 (\gamma_{c2}) \cdot 1,10 (\gamma_{c3}) \quad [3]$$

O resultado do produto das parcelas varia entre 1,30 e 1,60. A Tabela 2.1 expõe comparativamente os valores adotados pela normalização brasileira em comparação às prescrições do *fib Model Code 2010*.

Alguns pesquisadores consideraram equivocadamente que aspectos relacionados à dosagem e variabilidade dos materiais constituintes do concreto estão cobertos pelo  $\gamma_c$ , mas

Tabela 2.1 – Coeficientes de minoração da resistência do concreto utilizados no cálculo de novas estruturas

Fator	ABNT NBR 6118 (Fusco [05])	fib Model Code 2010
$\gamma_c$	1,4	1,5
$\gamma_{c1}$	1,2	1,39
$\gamma_{c2}$	1,08	1,05
$\gamma_{c3}$	1,08	1,05

cabe esclarecer que, conceitualmente, este coeficiente cobre exclusivamente as diferenças entre os procedimentos de controle da resistência do concreto, muito bem estabelecidos na ABNT NBR 5738:2003<sup>12</sup> e na ABNT NBR 5739:2007<sup>13</sup>, e os procedimentos adotados em obra [06].

Portanto, os coeficientes  $\gamma_{c1}$  e  $\gamma_{c2}$  (produto da ordem de 1,3 a 1,45), como bem diz a ABNT NBR 8681:2003, cobrem as diferenças desconhecidas entre a geometria do corpo de prova padronizado e a geometria do componente estrutural, assim como suas características efetivas de adensamento, lançamento, cura, descimbramento e carregamento precoce, que em geral são diferentes dos procedimentos padronizados na ABNT NBR 5738:2003.

Fica evidente que os procedimentos de obra dificilmente serão tão precisos quanto os de controle prescritos pela ABNT NBR 12655:2006<sup>14</sup>, de forma tal que a resistência à compressão efetiva do concreto na estrutura será sempre menor (da ordem de 1,3 ou menos) que a resistência característica do concreto à compressão, avaliada pela ABNT NBR 12655:2006.

Uma aproximação experimental ao coeficiente  $\gamma_c$  pode ser obtida através de estudos reais de comparação entre a resistência de controle da ABNT NBR 12655:2006, que resulta numa resistência média potencial de produção ( $f_{cm}$ ), com a resistência média efetiva, aferida através de testemunhos extraídos ( $f_{c,ef,m}$ ). Segundo a tese de doutoramento do Prof. Dr. Ruy Alberto Cremonini, essa diferença média anda ao redor de 24% (ou seja, 1,24).

### 3. EFEITO DAS CARGAS DE LONGA DURAÇÃO

As cargas de longa duração afetam a resistência do concreto à compressão. A variação da resistência do concreto sob carga mantida, também conhecido no país por efeito Rüsçh, está considerada no atual método semiprobabilista de

<sup>12</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: CONCRETO. PROCEDIMENTO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS-DE-PROVA. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2003.

<sup>13</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: CONCRETO. ENSAIOS DE COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2007.

<sup>14</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND. PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO. PROCEDIMENTO. RIO DE JANEIRO: ABNT, 2006.

introdução da segurança no projeto estrutural. Tal consideração é feita utilizando-se um coeficiente de minoração adicional, incluso no diagrama tensão-deformação idealizado da ABNT NBR 6118:2014 (item 8.2.10.1), cujo valor, para  $f_{ck}$  e carregamento aos 28 dias, é de 0,85.

Segundo o trabalho de Rüsçh (1960) [07], o concreto, quando submetido a carregamentos de longa duração ( $t > 20$  minutos), sofre perda de resistência à compressão, num fenômeno análogo ao da relaxação (Fig.3.1).

Por outro lado, sabe-se que o concreto de cimento Portland, ao longo de sua vida, devido à hidratação do cimento, ganha resistência conforme aparece à direita da Fig. 3.2.

Dessa forma, a resistência do concreto sob carga pode ser prevista facilmente como resultado do produto de dois coeficientes:  $\beta_{cc}$ , que depende da taxa de crescimento da resistência à compressão do concreto a partir da data de aplicação da carga, e  $\beta_{c,sus}$ , que depende do efeito da permanência da carga, também chamado no Brasil de efeito Rüsçh.

A taxa de crescimento da resistência à compressão do concreto, pode ser expressa através do modelo sugerido pelo *fib* Model Code 2010, a saber:

$$\beta_{cc} = \frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}}\right)} \quad [4]$$

Onde:

$f_{c,j}$ : resistência do concreto à compressão, aferida numa idade de  $j$  dias;

$f_{c,28}$ : resistência do concreto à compressão, aferida aos 28 dias;

$s$ : coeficiente que depende do cimento, da relação a/c e das condições de sazonalamento do concreto.

Para o valor de  $\beta_{c,sus}$ , o mesmo *fib* Model Code 2010 sugere o seguinte modelo:

$$\beta_{c,sus} = \frac{f_{c,sus,t}}{f_{c,t_0}} = 0,96 - 0,12 \cdot \sqrt[4]{\ln\{72 \cdot (t - t_0)\}} \quad [5]$$

Onde:

$f_{c,sus,t}$ : resistência à compressão do concreto sob carga mantida, na idade  $t$ , contada a partir da data  $t_0$  de aplicação da carga, em MPa;

$f_{c,t_0}$ : resistência potencial à compressão do concreto, na data  $t_0$ , pouco antes de aplicação da carga de longa duração, em MPa.

No caso da ABNT NBR 6118:2014, o valor de  $\beta_{cc} \cdot \beta_{c,sus} = 0,85$  é referido a 28 dias de idade, ou seja, admite-se que o crescimento da resistência à compressão do concreto, a partir de 28 dias até 50 anos, será de apenas  $\beta_{cc} = 1,17$  (17%), que corresponde ao índice  $s = 0,16$ , e o decréscimo da resistência à compressão do concreto

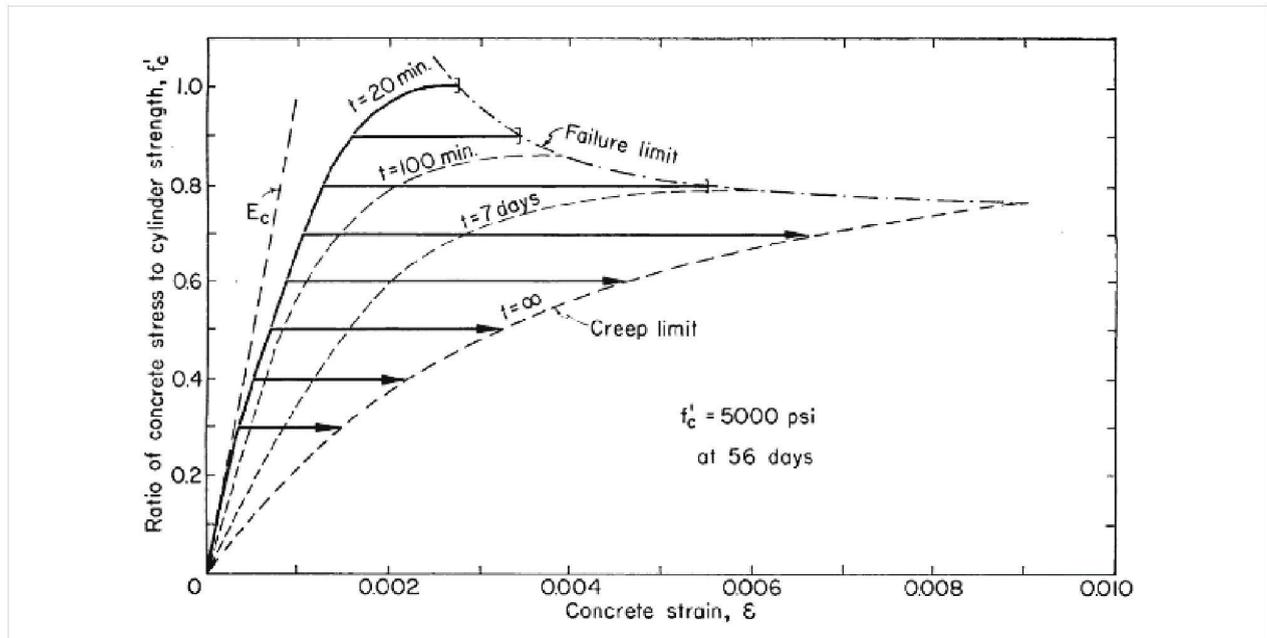


Figura 3.1 – Influência da intensidade e duração do carregamento na resistência do concreto (RÜSCH, 1960)

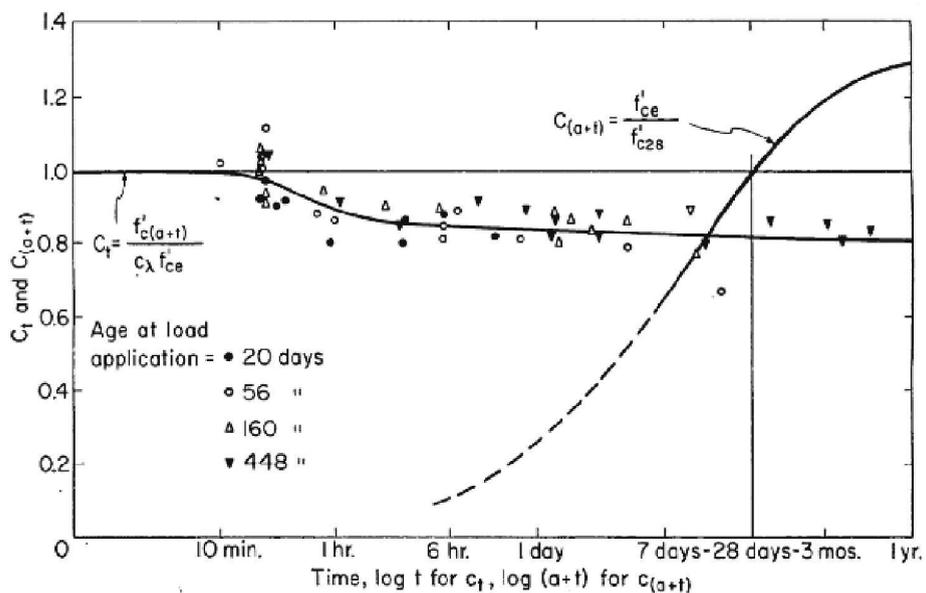


Figura 3.2 – Efeito do tempo de carga na resistência do concreto (RÜSCH, 1960)

devido à carga aplicada aos 28 dias e mantida até 50 anos, o chamado efeito Rüschi, será de  $\beta_{c,SUS} = 0,73$ , cujo produto resulta  $\beta_{cc} \cdot \beta_{c,SUS} = 1,17 \cdot 0,73 = 0,85$ .

Observa-se que se trata de valores muito conserva-

dores, pois, na realidade o crescimento da resistência do concreto de 28 dias a 50 anos sempre supera 17% e o decréscimo por este efeito, segundo o próprio Rüschi, seria de, no máximo, 0,75.

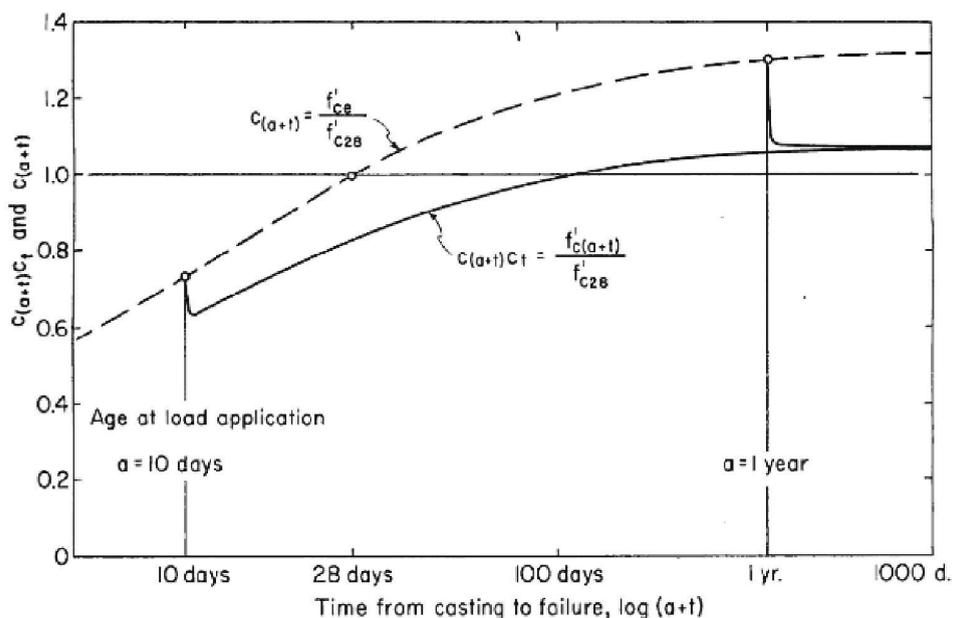


Figura 3.3 – Resistência do concreto (resultante  $\beta_{cc} \cdot \beta_{c,sus} \cdot f_{cm}$ ) em função da idade de aplicação da carga de longa duração (RÜSCH, 1960)

Na Fig.3.3 pode-se verificar a resultante ( $\beta_{cc} \cdot \beta_{c,sus} \cdot f_{cm}$ ) do efeito de crescimento e de decréscimo, por efeito da carga de longa duração, na resistência do concreto, segundo Rüsçh.

Nesse quesito cabe salientar que, ao se tratar de uma estrutura carregada, quando se analisa a resistência à par-

tir de testemunhos extraídos, deve-se ter em mente que a resistência obtida pode, também, estar sob influência do efeito Rüsçh. Tal fato dependerá da história de carregamento da estrutura e também de sua idade, e não existe ainda consenso claro de como considerar esse fenômeno na segurança estrutural no caso de estruturas existentes.

## Referências Bibliográficas

- [01] HELENE, Paulo. Contribuição à análise da resistência do concreto em estruturas existentes para fins de avaliação da segurança. ABECE Informa, São Paulo, n. 90, p.16-23, Mar/Abr 2012.
- [02] SILVA FILHO, L. C. P. & HELENE, P. Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração. Capítulo 32. In: Geraldo C. Isaia. (Org.): Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v. 2, p. 1129-1174.
- [03] ZAGOTTIS, Décio Leal de. Introdução da Segurança no Projeto Estrutural. São Paulo, EPUSP-PEF, 1974. 116 p.
- [04] CREMONINI, R. A. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre as Resistências Potencial e Efetiva do Concreto. São Paulo, EPUSP, 1994 (tese de doutoramento)
- [05] FUSCO, P. B. Controle da resistência do concreto. ABECE Informa, São Paulo, n. 89, p.12-19, Jan/Fev 2012.
- [06] GRAZIANO, F. P. Segurança estrutural e controle da resistência das estruturas de concreto. ABECE Informa, São Paulo, n. 91, p.16-23, Mai/Jun 2012
- [07] RÜSCH, H. Researches Toward a General Flexural Theory for Structural Concrete. ACI Journal, July 1960. p. 1-28. ●

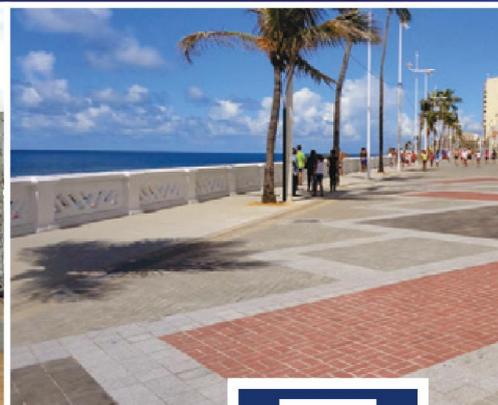
**T&A. A SOLIDEZ DE UMA MARCA QUE ESTÁ PRESENTE DE NORTE A SUL DO PAÍS.**



SHOPPING RIOMAR FORTALEZA



ESTALEIRO ENSEADA DO PARAGUAÇU



ORLA DE SALVADOR

A credibilidade da T&A Pré-Fabricados vem sendo contruída há 18 anos e hoje a empresa é uma das líderes do segmento de concreto no Brasil. Logística diferenciada, produtos de alto desempenho e oferta de soluções customizadas fazem da T&A o símbolo de uma engenharia inteligente e moderna. No seu próximo projeto, escolha a qualidade T&A.

