




Avances y Tendencias en la Tecnología de Hormigones Especiales y en la Evaluación de Estructuras Existentes



ALCONPAT Internacional

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE CONTROL DE CALIDAD, PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN



Sheraton Hotel

05 de Agosto de 2011

Asunción



Local: Hotel
 Ciudad: Antigua – Guatemala
 Precio: hasta 30/07 : US\$350
 Hotel: US 100/día
 Incluso: desayuno, comida, tê de la tarde. memórias, cena con baile

Hotel Casa Santo Domingo

4, 5 y 6 de Octubre de 2011

Guatemala

www

alconpat.org

✓ **Membresía**

✓ **Suscripción gratuita**




Avances y Tendencias en la Tecnología de Hormigones Especiales y en la Evaluación de Estructuras Existentes

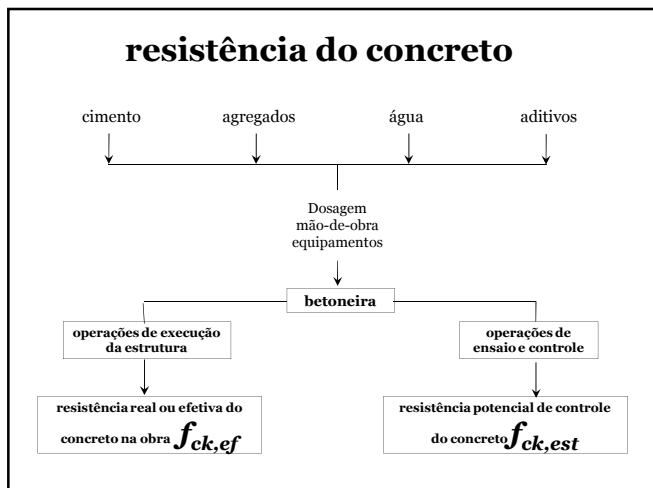
Análisis de la Resistência del Hormigón en Estructuras Existentes, com foco en la Seguridad Estructural

Paulo Helene
 Presidente ALCONPAT Internacional
 fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
 Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP
 Diretor, PhD Engenharia
 Consultor IBRACON

Sheraton Hotel

05 de Agosto de 2011

Asunción



Definições

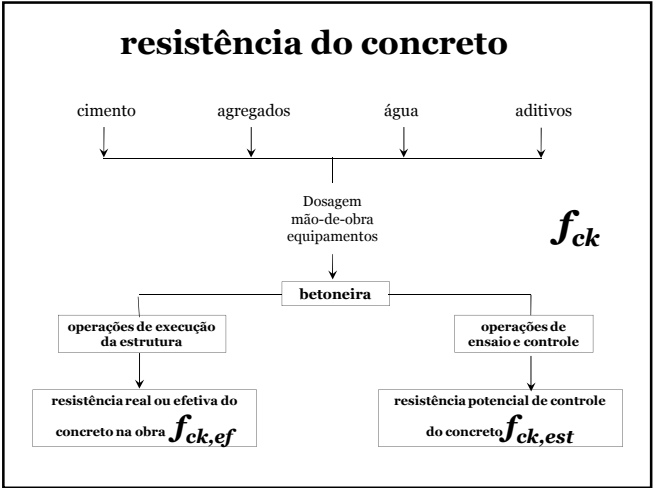
f_{cd} → resistência de cálculo do concreto à compressão adotada no projeto

σ_{cd} → tensão de cálculo do concreto à compressão adotada no projeto

f_{ck} → resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural (28 dias)

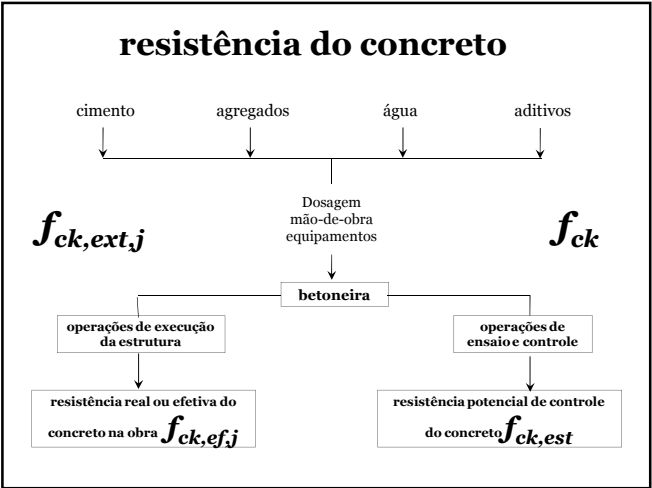
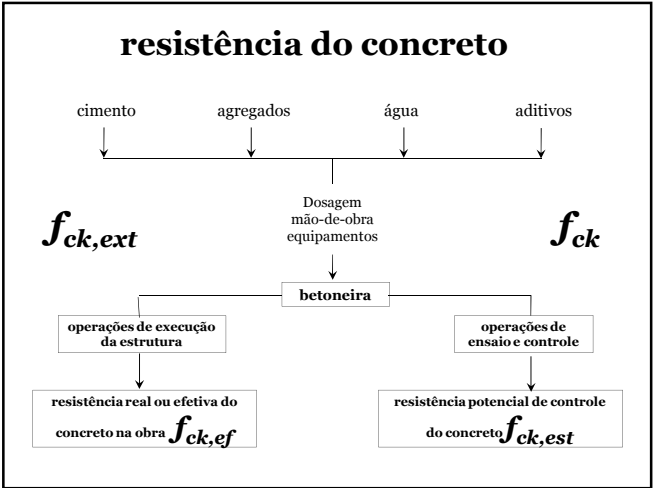
$f_{ck,est}$ → resistência característica do concreto à compressão estimada a partir de cps moldados (28 dias)

$f_{c,ext,j}$ → resistência do concreto à compressão obtida a partir de testemunhos extraídos na idade j (dias)



$f_{ck,ef} \rightarrow$ impossível de ser conhecido

$$f_{ck,ef} \approx f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$
$$\gamma_c = 1,5$$
$$f_{ck} = 30MPa \implies f_{ck,ef} \approx f_{cd} = 20MPa$$



Problema:

conhecido $f_{ck,ext,j}$ como encontrar o f_{ck} de projeto equivalente que será utilizado para fins de verificação da segurança

$$f_{ck} = 30MPa \implies f_{ck,ef} \approx f_{cd} = 20MPa$$

razões	escopo	ações
$f_{ck,est} < f_{ck}$	qual o novo f_{ck} para verificação da segurança estrutural	trata-se de transformar o resultado de $f_{c,ext,j}$ num f_{ck} equivalente
concreto não conforme com o especificado	analisar o concreto para comparar com o especificado / pedido	trata-se de pesquisar se a composição, traço, resistência e outras características e propriedades do concreto entregue
concreto exposto a meio agressivo	analisar características e propriedades do concreto determinantes da vida útil	trata-se de uma análise complexa de ciclo de vida do concreto naquele meio
qualidade da execução da estrutura	analisar homogeneidade do concreto, geometria, tolerâncias	trata-se de uma 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 esclarecer um colapso parcial ou total, um problema patológico grave, uma flecha exagerada, etc.
mudança de uso, retrofit	avaliar o estado atual da estrutura	trata-se de uma análise tipo "as built" da estrutura.

razões	escopo	ações
$f_{ck,est} < f_{ck}$	qual o novo f_{ck} para verificação da segurança estrutural	trata-se de transformar o resultado de $f_{c,ext,j}$ num f_{ck} equivalente
concreto não conforme com o especificado	analisar o concreto para comparar com o especificado / pedido	trata-se de pesquisar se a composição, traço, resistência e outras características e propriedades do concreto entregue
concreto exposto a meio agressivo	analisar características e propriedades do concreto determinantes da vida útil	trata-se de uma análise complexa de ciclo de vida do concreto naquele meio
qualidade da execução da estrutura	analisar homogeneidade do concreto, geometria, tolerâncias	trata-se de uma 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 esclarecer um colapso parcial ou total, um problema patológico grave, uma flecha exagerada, etc.
mudança de uso, retrofit	avaliar o estado atual da estrutura	trata-se de uma análise tipo "as built" da estrutura.

Preliminares

→ **Durante o controle de recebimento (obra):**

$$f_{ck,est} < f_{ck}$$

Pode haver problemas na produção do concreto → CONCRETEIRA

Pode haver problemas no controle → LABORATÓRIO

→ **Precisa extrair testemunhos:**

Pode haver problemas na execução → CONSTRUTORA

Pode haver problemas nos ensaios → (outro) LABORATÓRIO

Pode haver problemas na análise → PROJETISTA / CONSULTOR

Preliminares

Um concreto conforme é aquele que apresenta resistência à compressão igual ou superior ao f_{ck} de projeto em 95% do volume de concreto da estrutura em construção.

Por exemplo: numa estrutura de edifício com 20 andares de 100m³ por andar resulta um volume total da ordem de 2.000m³ de concreto.

Em princípio 100m³ (cerca de 12 caminhões-betoneira) poderia apresentar resistência abaixo de f_{ck} e o concreto estaria conforme.

Preliminares

Portanto é preciso saber CONVIVER com esse problema.

É preciso saber ONDE está esse concreto e QUAL sua resistência.

Só sabe quem CONTROLA.

Um caminhão-betoneira pode concretar 10 pilares !

Edifício Ícone Asunción Paraguay

concreto em estrutura existente

- ✓ Normas internacionais
- ✓ Pesquisas / investigações
- ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
- ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
- ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
- ✓ Controle (Norma)
- ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
- ✓ Critérios de Introdução da Segurança

Normatização Internacional

1. fib(CEB-FIP) Model Code 2010. Draft Model Code. March 2010. Bulletin 55. v.1
2. fib(CEB-FIP) Bulletin 22 Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures. State-of-art Report. 304p. 2003.
3. fib(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999. Structural Concrete. updating CEB/FIP Model Code 90)
4. fib(CEB-FIP) bulletin n.54. v.4. October 2010. Manual, Textbook on Behavior, Design and Performance. Structural Concrete
5. ISO 13822:2010. Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization. 2010. 44 p.

Normatização Internacional

6. EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.
7. ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.
8. ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.
9. ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.

Normatização Internacional

6. EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.
7. ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.
8. ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.
9. ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

2.4.2.4 Partial factors for materials

1. Partial factors for materials for ultimate limit states, γ_c and γ_s should be used.

Note: The recommended values for design situations are given in Table 2.1N.

these are not valid for fire design for which reference should be made to EN 1992-1-2.

Table 2.1N: Partial factors for materials for ultimate limit states

design situations	γ_c for concrete	γ_s for reinforcing steel
persistent & transient	1,5	1,15
accidental	1,2	1

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

2. The values for partial factors for materials for serviceability limit state verification should be taken as those given in the particular clauses of this Eurocode. **Note:** The recommended value for situations not covered by particular clauses of this Eurocode is **1,00**.

3. Lower values of γ_c and γ_s may be used if justified by measures reducing the uncertainty in the calculated resistance. **Note:** Information is given in Informative Annex A.

Annex A → Modification of Partial Factors for Materials

A.2 In situ concrete structures

A.2.1 Reduction based on quality control and reduced deviations

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

(1) If execution is subjected to a quality control system, which ensures that unfavorable deviations of cross-section dimensions are within the reduced deviations given in Table A.1, the partial safety factor for reinforcement may be reduced to $\gamma_{s,red1} = 1,1$.

(2) Under the condition given in A.2.1 (1), and if the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10 %, the partial safety factor for concrete may be reduced to $\gamma_{c,red1} = 1,4$.

A.2.2 Reduction based on using reduced or measured geometrical data in design

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. *Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*

(1) If the calculation of design resistance is based on critical geometrical data, including effective depth, which are either:
a. reduced by deviations, or, b. measured in the finished structure, the partial safety factors may be reduced to $\gamma_{s,red2} = 1,05$ and $\gamma_{c,red2} = 1,45$.

(2) Under the conditions given in A.2.2 (1) and provided that the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10%, the partial factor for concrete may be reduced to $\gamma_{c,red3} = 1,35$.

A.2.3 Reduction based on assessment of concrete strength in finished structure

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. *Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*

(1) For concrete strength values based on testing in a finished structure or element, see EN 137911, EN 206-1 and relevant product standards, γ_c may be reduced by the conversion factor $\eta = 0,85$.

Resumindo:

✓ *estrutura bem executada → revisar a segurança adotando:*

$\gamma_s = 1.05$ (ao invés de 1.15)

$\gamma_c = 1.35$ (ao invés de 1.50)

✓ *a partir de testemunhos extraídos revisar adotando:*

$f_{c,j} \approx 1.18 \cdot f_{c,ext,j}$

ACI 214.4R-10 *Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*

Chapter 9. Item 9.1 → Conversion of core strengths to equivalent in-place strength

$$f_c = F_{h/d} \cdot F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_d \cdot f_{core}$$

$F_{h/d} \rightarrow$ depende de h/d ($h/d = 2 \rightarrow 1$ e $h/d \rightarrow 1 \rightarrow 0,87$)

$F_{dia} \rightarrow$ depende do diâmetro ($f=150mm \rightarrow 0,98$; $f=100mm \rightarrow 1,00$; $f=50mm \rightarrow 1,06$)

$F_{mc} \rightarrow$ depende do sazonalamento (*padrão* = 1,00; *submerso* 2d = 1,09; *seco* 7d = 0,98)

$F_d \rightarrow$ correção efeito deletério do broqueamento = 1,06

observar que para um testemunho de diâmetro 5cm, com $h/d=2$ e rompido submerso / saturado, $f_c = 1 \cdot 1,06 \cdot 1,09 \cdot 1,06 \cdot f_{core} \rightarrow f_c = 1,225 \cdot f_{core}$

ACI 437R-03 *Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*

“...where cores are taken to determine strength, the number of cores shall be based on the expected uniformity of the concrete and the desired confidence level in the average strength...”

section 3.1.1, item 3.1.1.1 Core Sampling: ...the strength value shall be taken as the average of the cores”

section 3.1.3, item 3.1.3.1 Testing Cores:...depending on age and strength level, compressive strength values obtained from core tests can either be lower or higher than those obtained from standard cylinders molded during construction. For mature concrete the core strength varies from 100% of the cylinder strength for 20MPa concrete to 70% for 60MPa concrete...(corresponde a $f'_c = 1,42 \cdot f_{core}$)

ACI 437R-03 *Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*

...core compression strengths may be expected to be lower for cores removed from the upper parts of slabs, beams, footings, walls and columns than for lower parts of that members...

section 5.1.4 – Acceptance Criteria:...uncertainty about the structure is clearly reduced where fieldwork has established the actual material strengths for steel and concrete...this supporting work can serve as justification for using a different strength-reduction factor Φ . Suggested values of Φ are reported in section 20.2.5 of ACI 318...”

ACI 318M-08 *Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.*

Chapter 5. Concrete Quality, Mixing, and Placing

Item 5.6.5 Investigation of low-strength test results:

...concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if the average of three cores is equal to at least 85 percent of f'_c and if no single core is less than 75 percent of f'_c ... (corresponde a $f'_c = 1,18 \cdot f_{core,av}$ ou $f'_c = 1,33 \cdot f_{core,min}$)

5.6.5 comments → ...core tests having an average of 85 percent of the specified strength are realistic. To expect core tests to be equal to f'_c is not realistic, since differences in the size of specimens, conditions, of obtaining samples, and procedures for curing, do not permit equal values to be obtained...

5.6.5.5 ...if criteria of 5.6.5.4 are not met and if the structural adequacy remains in doubt...strength evaluation accordance with chapter 20...

ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

20.2.3 ...for strength evaluation of an existing structure, cylinder or core test data shall be used to estimate an equivalent f'_c . The method for obtaining and testing cores shall be in accordance with ASTM C42M...

20.2.5 ...it shall be permitted to increase the strength reduction factor ϕ but ϕ shall be according with Table 20.2.5.1

Table 20.2.5.1 Factor ϕ to reduce the concrete strength.

sections	item 9.3.2	item 20.2.5	aumento
tension controlled sections	0,90	1,00	1,11
compression controlled sections			
members with spiral reinforcement	0,75	0,90	1,20
other reinforced members	0,65	0,80	1,23
shear and/or torsion	0,75	0,80	1,06
bearing on concrete (engastar)	0,65	0,80	1,23

ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

Obs.:

Um simples cálculo demonstra que esse aumento no coeficiente de redução da resistência do concreto, de 6% a 23% significa reduzir, para fins de comparação, o coeficiente de minoração, γ de 1,5 para γ de 1,22 a 1,40. Em compressão cistada passaria de $\gamma_c = 1,5$ para $\gamma_c = 1,25$;

Observar que se trata de uma redução dupla: primeiro achar o f'_c equivalente no qual $f'_c = 1,18*f_{core,av}$ ou $f'_c = 1,33*f_{core,min}$ e, posteriormente se não aprovar, reduzir o coeficiente de minoração γ para até 1,22.

resumo normas internacionais

duas partes bem distintas:

1. Uma primeira relativa a ensaio, ou seja, passar de $f_{c,ext}$ a f_c equivalente, para a qual algumas normas chegam até a recomendar explicitamente um especialista em tecnologia de concreto. Corresponde à inspeção da estrutura, pacometria, esclerometria e ultrassom, amostragem, extração, prumo, excentricidade, medidas geométricas "as built" de campo, transporte dos testemunhos, preparação dos topos, sazonalidade, ensaio de ruptura e correção do resultado para obter $f_c = \lambda * f_{c,ext}$

resumo normas internacionais

2. Uma segunda relativa à verificação da segurança, ou cálculo da segurança estrutural na qual é alterado o coeficiente de minoração da resistência do concreto, ou o coeficiente global de segurança, ou o coeficiente β de confiabilidade, segundo seja o método de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto preferido pelo projetista. Em todos os casos é recomendado aceitar coeficientes γ_m de minoração da resistência dos materiais ou β de confiabilidade, inferiores aos utilizados normalmente no projeto (verificação) da segurança em estruturas novas.

sumário

- ✓ Normas internacionais
- ✓ Pesquisas / investigações
- ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
- ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
- ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
- ✓ Controle (Norma)
- ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
- ✓ Critérios de Introdução da Segurança

TESE de DOUTORADO

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.

Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e efetiva do concreto em obras convencionais de edificação em execução. Contribuição ao estudo do γ_c .
- **Resistência potencial** = corpos de prova cilíndricos moldados NBR 5738 / 5739 (28dias) $10cm \times 20cm$
- **Resistência efetiva** = testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) $10cm \times 20cm$

EXPERIMENTO

- 10 obras correntes de edifícios habitacionais em fase de execução das estruturas de concreto. Resistência à compressão $20MPa < f_{ck} < 35MPa$.
- **Pilares**
 - 06 obras → concreto produzido na obra (500L)
 - 17 lotes → 17 andares
 - volume total de concreto $129 m^3$
 - média de 6 cps moldados por lote → 28dias
 - média de 6 cps extraídos por lote → 28dias
 - extração no terço inferior (arranque)
 - 102 cps → 102 testemunhos

EXPERIMENTO

- **Lajes e (vigas)**
 - 06 obras → concreto de Central
 - cps extraídos das lajes maciças $10cm$ a $15cm$
 - 15 lotes (lajes e vigas) → 15 andares
 - 8 a 11 caminhões por andar
 - volume total de concreto de $1.195 m^3$
 - 2 cps / caminhão → vale maior
 - média de 6cps extraídos por lote → 28dias
 - média dos n exemplares moldados do lote → 28dias
 - 90 cps extraídos $7,5cm \times$ altura laje
 - 142 exemplares moldados $10cm \times 20cm$

RESULTADOS

Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$	Lote	$f_c/f_{c,ext}$
OB1L1	1,07	OB4L1	1,14	OB6L3	1,18	OB9L2	1,21
OB1L2	1,25	OB4L2	1,39	OB7L1	1,38	OB9L3	1,29
OB2L1	1,12	OB4L3	1,40	OB7L2	1,19	OB10L1	1,39
OB2L2	1,31	OB5L1	1,05	OB7L3	0,96	OB10L2	1,62
OB2L3	1,18	OB5L2	1,51	OB8L1	1,09	OB10L3	1,05
OB3L1	1,18	OB5L3	1,45	OB8L2	1,02	OB11L1	1,46
OB3L2	1,23	OB6L1	1,17	OB8L3	1,13	OB11L2	1,36
OB3L3	1,33	OB6L2	1,40	OB9L1	0,99	OB12L1	1,11

$f_c/f_{c,ext}$ = relação entre a resistência média de corpos de prova moldados e resistência média de testemunhos
Obras 1 a 6 – Pilares Obras 7 a 12 – Lajes e (vigas)

RESULTADOS $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$

estatística	pilares	lajes e (vigas)
mínimo	1.05	0.96
máximo	1.51	1.62
média	1.24	1.20
s_c	0.14	0.19
v_c	11%	16%
	$\Phi_{moldado} \approx \Phi_{extraído}$	$\Phi_{moldado} > \Phi_{extraído}$
	$h/d=2$	$h/d \neq 2$
	cp_{ext} ortogonal lanç.	cp_{ext} paralelo lanç.

Conclusões

pilares:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.24$$

lajes & (vigas)

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.20$$

TESE de DOUTORADO

VIEIRA Filho, J. O. Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento. São Paulo, EPUSP, 2007.

José Orlando Vieira Filho. Prof. Titular UNICAP

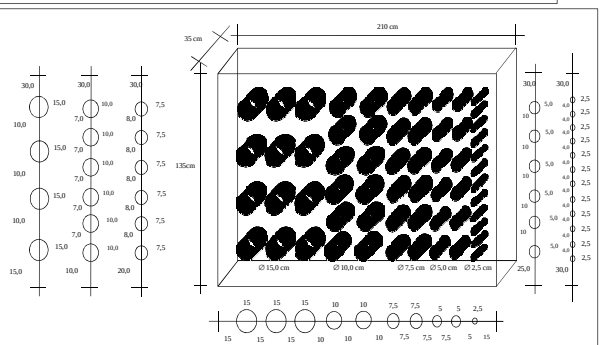
OBJETIVO

- Comparação entre a resistência potencial e a efetiva do concreto em paredes/blocos moldados especificamente para esse propósito (lab.). Contribuição ao estudo do efeito deletério de “**broqueamento**”.
- **Resistência potencial** → 480 corpos de prova cilíndricos moldados NBR 5738 / 5739 (28dias) 10cm x 20cm & 15cm x 30cm
- **Resistência efetiva** → 930 testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) 15cm x 30cm; 10cm x 20cm; 7.5cm x 15cm; 5cm x 10cm e 2.5cm x 5cm

EXPERIMENTO

- 56 blocos/paredes de espessura de 35cm x 2.10m altura x 1.45 m construídos no canteiro de uma Central de concreto. Situação ideal!
- Resistências à compressão de: 20MPa; 40MPa; 50MPa; 65MPa e 70MPa.
- Cura seca e cura úmida;
- Idade de 28dias e 91dias e slump 100mm;
- Direção de extração ortogonal à concretagem.

BLOCO TIPO (210X135X35)cm





Parede/bloco perfurada

Conclusões

1. os valores de $f_c/f_{c,ext} \approx f_{ck}/f_{ck,ext}$ entre 1,01 e 1,40 correspondem a 100% dos resultados obtidos
2. todos “broqueamento”:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.07$$

3. os testemunhos de diâmetro 5cm e 2.5cm tendem a médias superiores porém maior variabilidade. Refletem melhor quando f_c é igual ou superior a 50MPa.
4. vale a pena consultar as demais conclusões...

Conclusões das Teses

Efeito deletério do “broqueamento”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \cdot 1,07$$

Efeito deletério do “broqueamento + outras variáveis”:

$$f_{ck,est} = f_{ck,ext} \cdot 1,24$$

sumário

- ✓ Normas internacionais
- ✓ Pesquisas / investigações
- ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
- ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
- ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
- ✓ Controle (Norma)
- ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
- ✓ Critérios de Introdução da Segurança

**Projeto das estruturas de concreto
NBR 6118**

**É 100%
exato?**

**Projeto das estruturas de concreto
NBR 6118**

Não!

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

- não respeitam classes de agressividade. SP e RJ → III;
- não respeitam cobrimento nominal → consideram controle rigoroso;
- não respeitam armadura mínima;
- adotam módulo incompatível com materiais;
- interpretam errado a norma quanto a lotes;
- não sabem interpretar resultados de testemunhos;

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

o item 15.8.3 permite que o dimensionamento de pilares esbeltos seja feito através de 4 métodos de cálculo diferentes:

- ✓ o método do pilar-padrão com *curvatura aproximada*, $1/r$
- ✓ o método do pilar-padrão com *rigidez aproximada*, k
- ✓ o método do pilar-padrão acoplado a diagramas M, N, $1/r$
- ✓ o método geral (*mais preciso*)

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

Edifício de 20 andares

Pilar de $a_x = 26\text{cm}$ por $a_y = 39\text{cm}$

Força normal: 62tf

Momentos topo: $m_x = -1,4\text{tf.m}$ e $m_y = 5,7\text{tf.m}$

Momentos na base: $m_x = 2,85\text{tf.m}$ e $m_y = -2,85\text{tf.m}$

Vento 40m/s

$f_{ck} = 35\text{MPa}$

método	As (cm ²)	barras
curvatura aproximada	18,85	8 ϕ 16
rigidez aproximada	12,07	6 ϕ 16
M, N e $1/r$	7,36	6 ϕ 12,5
geral	4,71	6 ϕ 10

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

concreto devia ser
35MPa
mas deu menos
e agora?!

Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 → Projetistas

qual o método utilizado
pelo calculista?

método da curvatura
aproximada

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				8 ϕ 16
rigidez aproximada			8 ϕ 16	
M, N e 1/r		8 ϕ 16		
geral	8 ϕ 16			

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				8 ϕ 16
rigidez aproximada			8 ϕ 16	
M, N e 1/r		8 ϕ 16		
geral	8 ϕ 16			

Projeto das estruturas de concreto
NBR 6118 → Projetistas

concreto devia ser
35MPa
mas deu menos
e agora?!

Projeto das estruturas de concreto
NBR 6118 → Projetistas

qual o método utilizado
pelo calculista?

método geral
mais preciso

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				
rigidez aproximada				
M, N e 1/r				
geral	8 ϕ 16	6 ϕ 16	6 ϕ 10	6 ϕ 10

método	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa
curvatura aproximada				
rigidez aproximada				
M, N e 1/r				
geral	8 ϕ 16	6 ϕ 16	6 ϕ 10	6 ϕ 10

interpretação de resultados de testemunhos

testemunhos extraídos estudo de caso $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

pilar	c. betoneira 1
P11	29.5
P12	31.6
P13	33.0
P11	34.3
P14	35.2
P14	35.4
P13	35.9
P12	37.4
P15	37.7
P16	37.9
$f_{cm} \text{ (MPa)}$	34.8
$s_e \text{ (MPa)}$	2.8
$v_e \text{ (%)}$	8%
$f_{ck,est} \text{ (MPa)}$	29.0

direitos reservados 2010

testemunhos extraídos estudo de caso $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

pilar	c. betoneira 1
P11	29.5
P12	31.6
P13	33.0
P11	34.3
P14	35.2
P14	35.4
P13	35.9
P12	37.4
P15	37.7
P16	37.9
$f_{cm} \text{ (MPa)}$	34.8
$s_e \text{ (MPa)}$	2.8
$v_e \text{ (%)}$	8%
$f_{ck,est} \text{ (MPa)}$	29.0 $\rightarrow$ 31.9

direitos reservados 2010

testemunhos extraídos estudo de caso $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

pilar	c. betoneira 1
P11	29.5
P12	31.6
P13	33.0
P11	34.3
P14	35.2
P14	35.4
P13	35.9
P12	37.4
P15	37.7
P16	37.9
$f_{cm} \text{ (MPa)}$	36.4
$s_e \text{ (MPa)}$	1.5
$v_e \text{ (%)}$	4

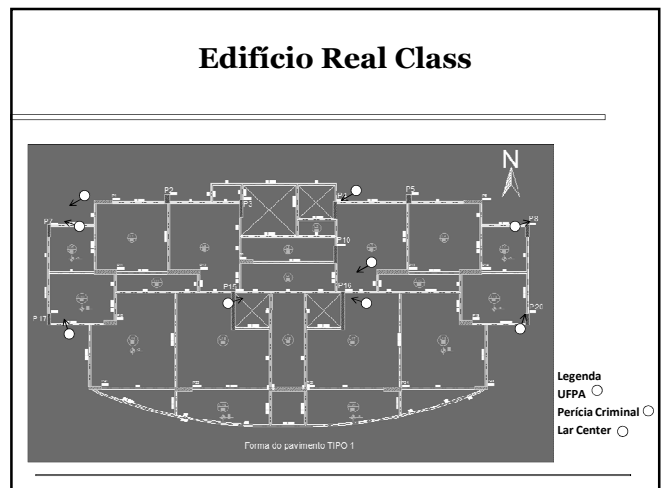
Projeto das estruturas de concreto NBR 6118 $\rightarrow$ Projetistas

falha de projeto, além de prejuízos financeiros e mal comportamento, pode derrubar estruturas?

Edifício Palace II
Rio de Janeiro
Carnaval de 1998
terça de carnaval à tarde
5anos!



Edifício Real Class
Belém do Pará
34 pavimentos
105m
20.01.2011
35MPa



- ✓ não tinha rigidez
- ✓ não atendia estribos
- ✓ não atendia cobrimento
- ✓ não considerou o vento

sumário

- ✓ Normas internacionais
- ✓ Pesquisas / investigações
- ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
- ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
- ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
- ✓ Controle (Norma)
- ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
- ✓ Critérios de Introdução da Segurança

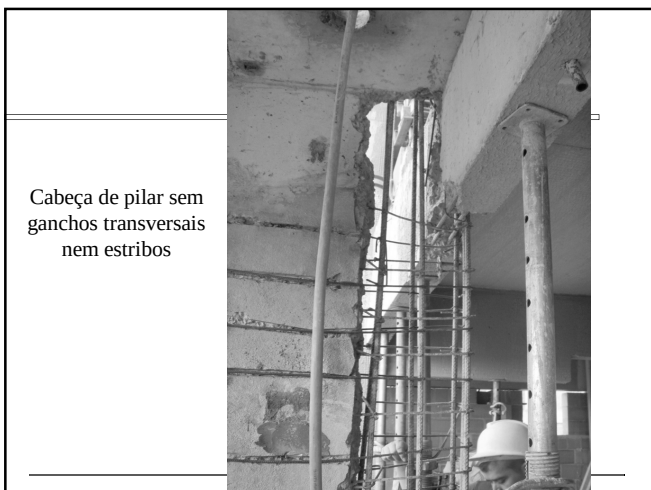
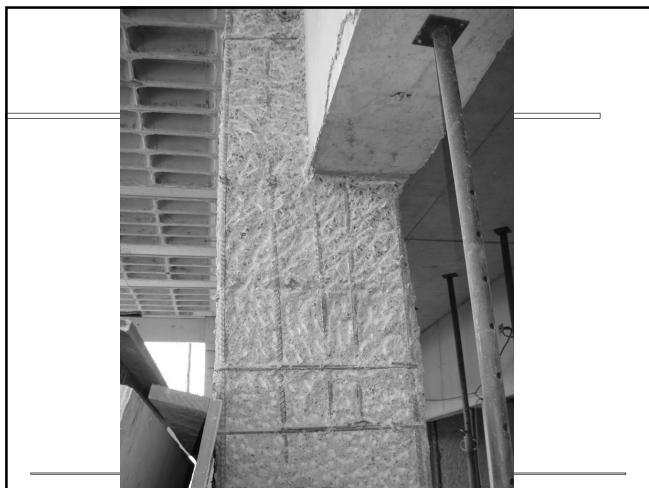
execução das estruturas de Concreto
NBR 14931 (Construtores)

É 100% confiável?

execução das estruturas de Concreto
NBR 14931 (Construtores)

Não?

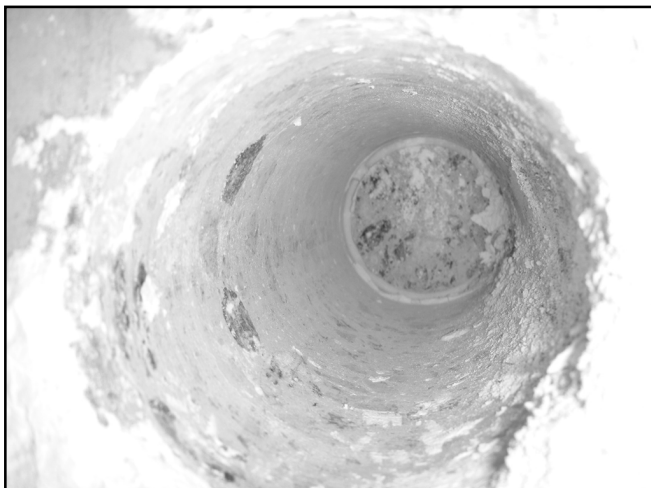
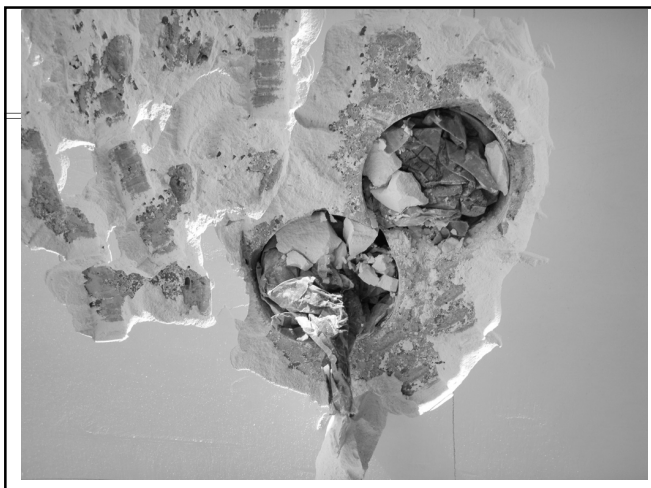




Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos







Construção

Muitas vezes uma diferença de 3MPa nos testemunhos ou corpos-de-prova moldados tornam-se motivo de intransigências enquanto nas obras é comum:



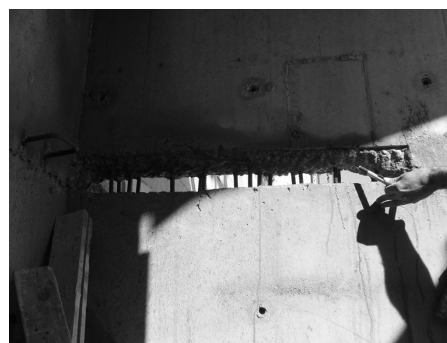
Construção



direitos reservados 2010



Construção



direitos reservados 2010

Construção



direitos reser

Construção



direitos reservados 2010

execução das estruturas de Concreto
NBR 14931 (Construtores)

Falha de execução
além de prejuízos
estéticos pode
derrubar estrutura?

*Edifício Areia Branca
Recife, Pernambuco
14 de outubro de 2004
quinta-feira às 20:30h
1977 → 1979
25 anos
12 andares + térreo + 1 garagem*

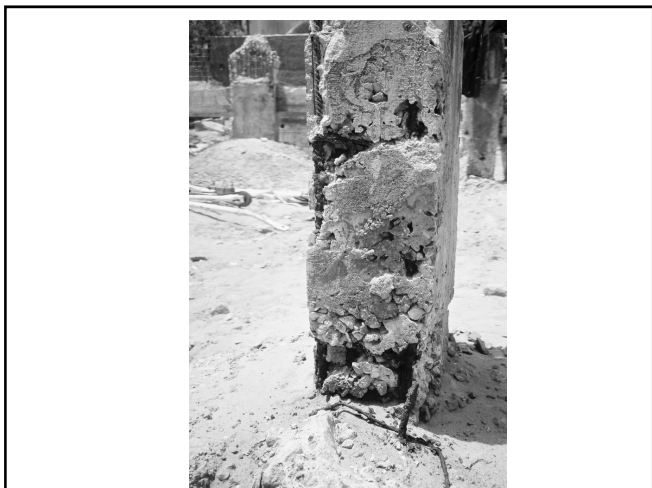
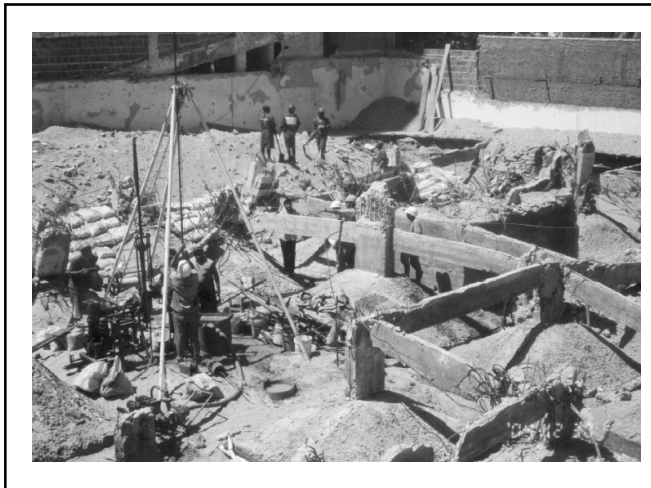


EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes



Escombros - manhã seguinte do desabamento



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



> 20cm!!!



sumário

- ✓ Normas internacionais
- ✓ Pesquisas / investigações
- ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
- ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
- ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
- ✓ Controle (Norma)
- ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
- ✓ Critérios de Introdução da Segurança

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

É 100%
confiável?

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

Não !

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

É um produto / serviço que depende de muitas variáveis:

1. Estudos de dosagem;
 2. Aferição balanças;
 3. Aferição prensas;
 4. Conformidade laboratório;
 5. Agregados (natureza, procedência, armazenamento, coleta);
 6. Cimento (uniformidade, temperatura);
 7. Adições (procedimentos???)
 8. Aditivos (uniformidade, compatibilidade, procedimentos);
 9. Água (aferição higrometro, umidade areia);
 10. Balanceiro (automatizada???)
 11. Motorista;
 12. Bombista
- CUMPLICIDADE !!!!!

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

controle

NBR 12655:2006

**É 100%
confiável?**

controle

NBR 12655:2006

**SIM ! desde
que a 100% !**

controle

NBR 12655:2006

Todas as unidades de produto;
Não é média móvel;
Não é estimativa;
Não é inferência estatística;
Combinado com MAPEAMENTO é 100%:
rastreabilidade

sumário

- ✓ Normas internacionais
 - ✓ Pesquisas / investigações
 - ✓ Projeto das Estruturas de Concreto (Projetistas)
 - ✓ Execução das Estruturas de Concreto (Construtores)
 - ✓ Produção do Concreto (Concreteiras)
 - ✓ Controle (Norma)
 - ✓ Controle da Resistência do Concreto (Laboratórios)
 - ✓ Critérios de Introdução da Segurança
-

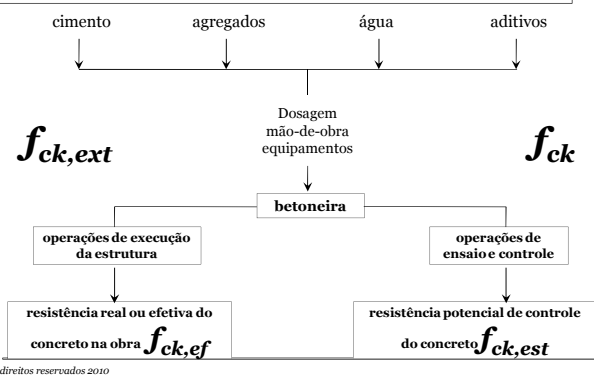
controle realizado por LABORATÓRIO

**É 100%
confiável?**

controle LABORATÓRIO

Não !

controle do concreto resistência



Controle da resistência do concreto NBR 12655 (Laboratórios)

Operações de ensaio:

- coleta do concreto;
- local de moldagem;
- armazenamento;
- desmoldagem;
- transporte;
- sazonalidade;
- topos;
- ruptura

Controle da resistência do concreto NBR 12655 (Laboratórios)

Operações de ensaio:

- coleta do concreto;
- local de moldagem;
- armazenamento;
- desmoldagem;
- transporte;
- sazonalidade;
- topos;
- ruptura

Extração e ensaio de testemunhos!

Dúvidas

Portanto é conveniente suspeitar que houve falha nas operações de ensaio de controle sempre que:

- ❖ a coleta de concreto é feita na entrada da obra;
- ❖ os cps são moldados inadequadamente;
- ❖ os cps são transportados no mesmo dia;
- ❖ os cps ficam no sol;
- ❖ os cps são mal transportados;
- ❖ os resultados não crescem
- ❖ os resultados de irmãos são díspares

direitos reservados 2010



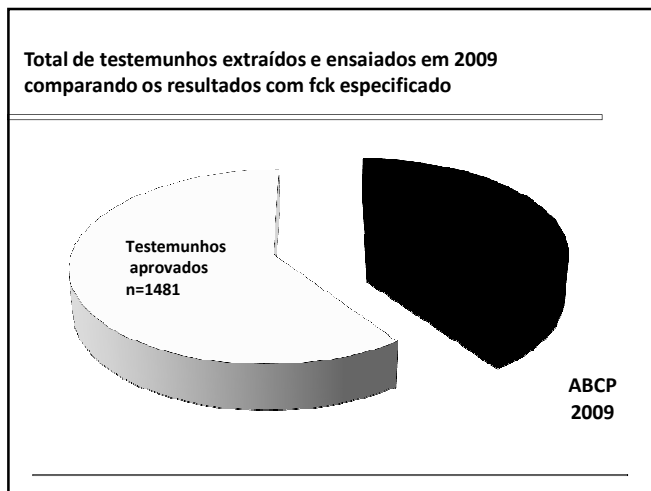
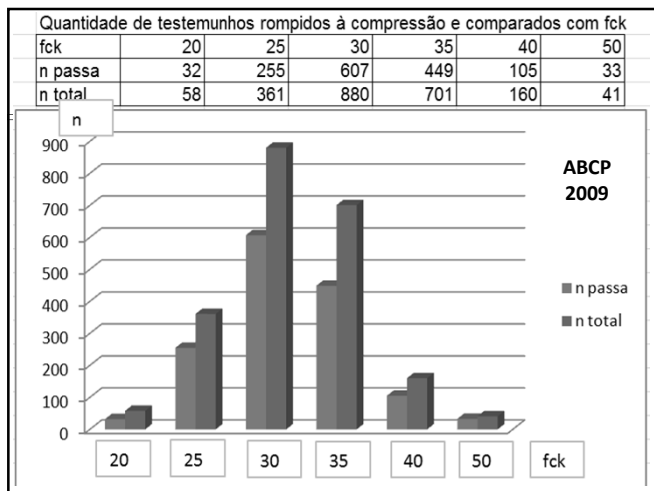


ordem	nota fiscal	consistência do concreto fresco	Resistência à Compressão		crescimento de 7 para 28 dias
			7 dias 7-Apr-09	28 dias 28-Apr-09	
1	206099	686	48.9	50.2	1.027
2	206100	736	53.6	54.8	1.022
3	206101	746	57.1	57.8	1.012
4	206102	753	51.0	51.4	1.008
5	206103	743	44.0	53.6	1.218
6	206105	726	56.2	57.7	1.027
7	206106	730	50.4	52.0	1.032
8	206109	750	56.5	57.0	1.009
9	206110	720	53.8	54.7	1.017
média em MPa			52.4	54.4	1.041
desvio padrão em MPa			4.0	2.6	
coeficiente variação em %			7.7	4.8	

Dúvidas

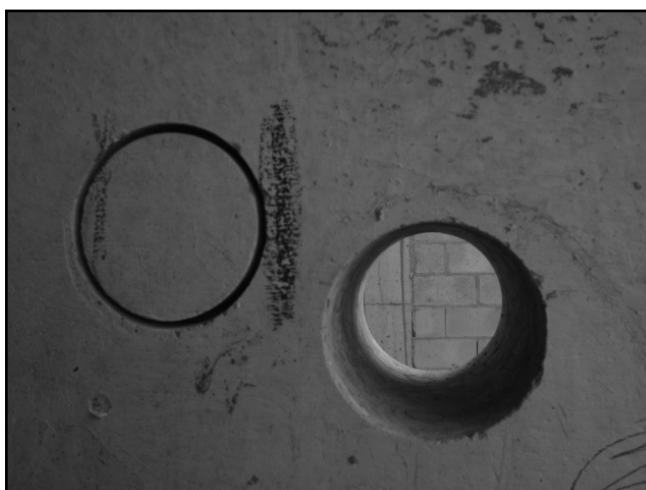
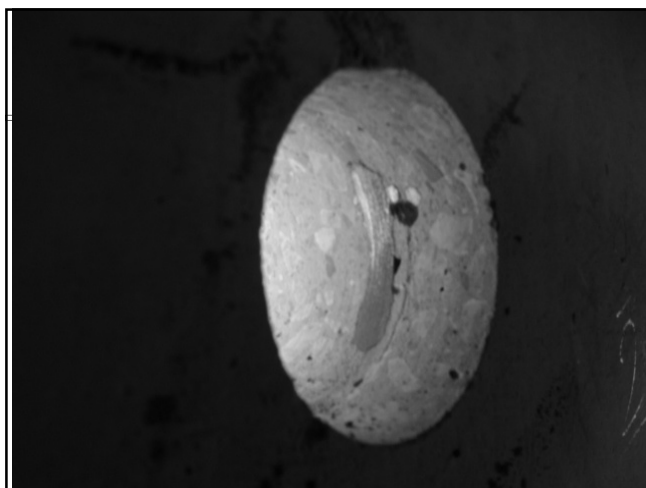
testemunhos extraídos que demonstraram que o resultado do corpo-de-prova de controle nem sempre é confiável

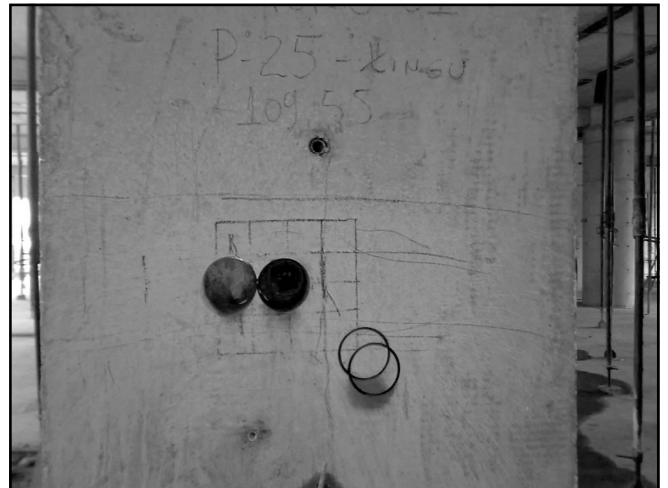
direitos reservados 2010



extração de testemunhos
LABORATÓRIO

É 100%
confiável?



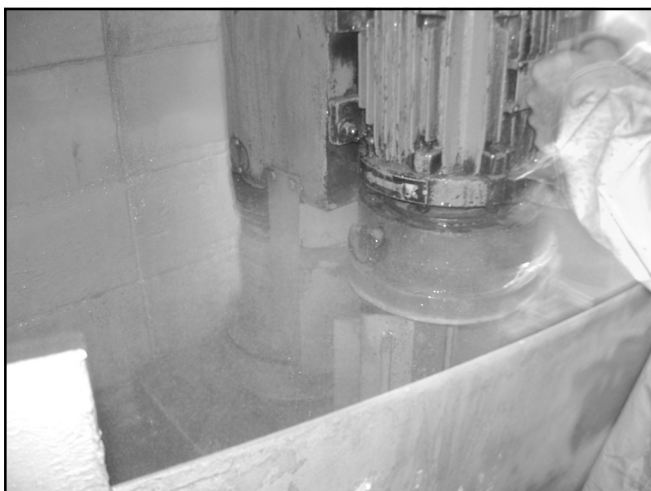
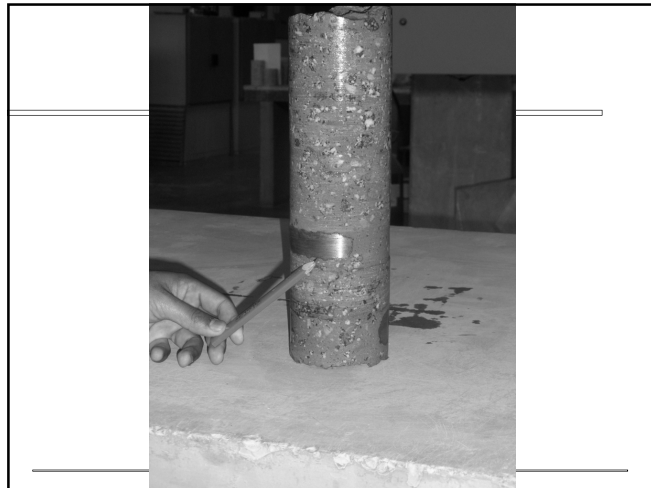


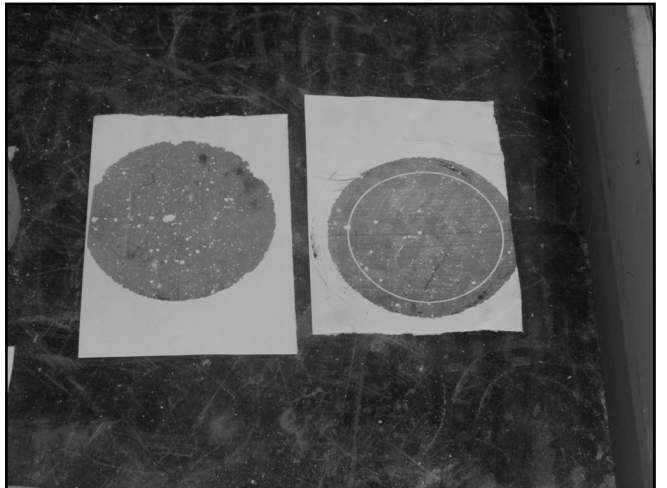
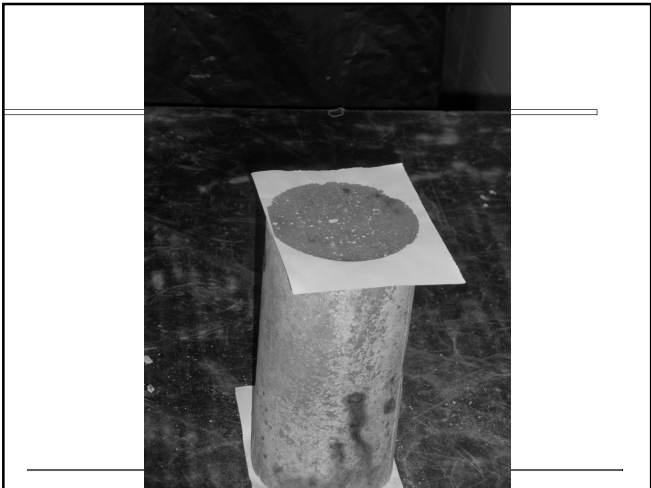
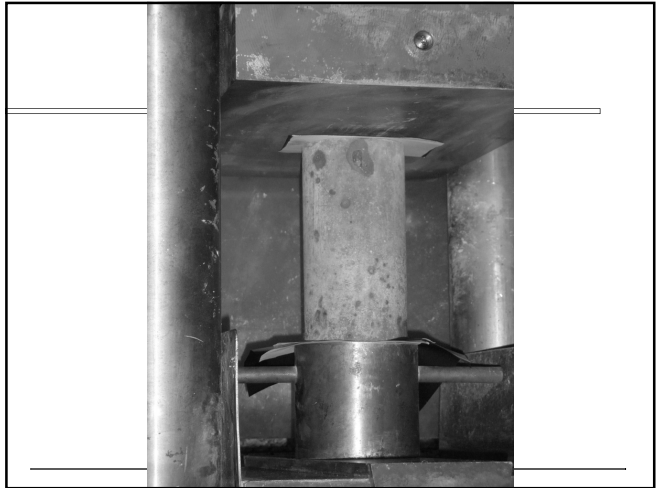


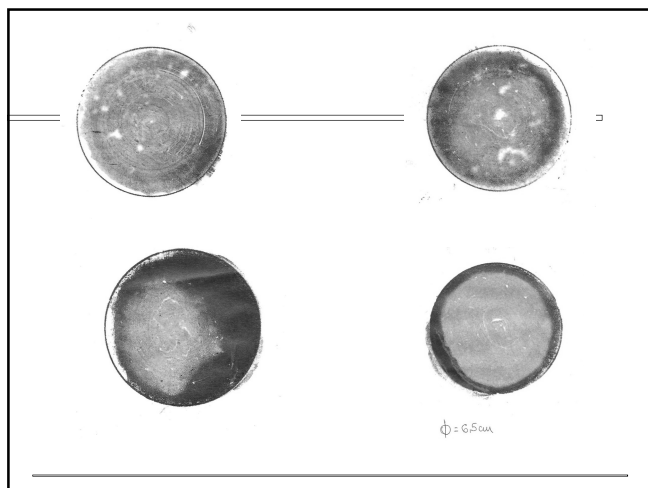
Segurança de Estruturas Edificações

Concreto → Controle 100%
Controle → Manter critério NBR 12655
Laboratório → ???
Execução → fundamental controlar
Projeto → fundamental uniformizar









Segurança de Estruturas Edificações

Concreto → Controle 100%
 Controle → Manter critério NBR 12655
 Laboratório → ???
 Execução → fundamental controlar
 Projeto → fundamental uniformizar

SEGURANÇA

critérios de introdução da
 segurança no projeto e
 construção das estruturas de
 concreto, NBR 8681:2003 e
 NBR 6118:2003

direitos reservados 2010

Segurança

Valem critérios da NBR 6118:2003, ou seja:

$$\sigma_{cd} = f_{cd} \cdot 0.85 = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot 0.85$$

onde, na realidade 0.85 deveria depender de cada caso

direitos reservados 2010

recordando que segundo a
 NBR 8681 item 5.2.3.1

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3}}$$

$$\gamma_c = \gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2} \cdot \gamma_{c3} = 1.4$$

fib(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999.
Structural Concrete
updating CEB/FIP Model Code 90
item 6.3 p. 59

(1,23) γ_{cl} $\longrightarrow$ $s_{c,ef}$ da estrutura $\geq s_{c,est}$

(1,05) γ_{c2} $\longrightarrow$ $f_{ck,ef} \neq f_{ck,est}$

(1,16) γ_{c3} $\longrightarrow$ incertezas sobre **R**

Problema

Qual o $f_{ck,est}$ a ser adotado para revisão da segurança estrutural, uma vez conhecido o $f_{c,ext}$ a qualquer idade?

Revisão da segurança

CORREÇÃO (concreto da própria estrutura)

$\rightarrow$ a NBR 6118 de 1978 permitia considerar :

$$f_{ck,est} = 1.15 \cdot f_{ck,ext}$$

$\rightarrow$ o ACI 437:2003 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings no item 5.1.1 recomenda:

$$f_{ck,est} = 1.18 \cdot f_{cm,ext}$$

$\rightarrow$ o ACI 318:2005 Building Code Requirements for Structural Concrete, nos itens 9.3 e 20.2, recomenda:

$$f_{ck,est} = 1.21 \text{ a } 1.25 \cdot f_{ck,ext}$$

direitos reservados 2010

Revisão da segurança

CORREÇÃO (concreto da própria estrutura)

$\rightarrow$ a **fib**(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999. Structural Concrete. updating CEB/FIP Model Code 90, item 6.3 p.59 recomenda:

$$f_{ck,est} = 1.11 \text{ a } 1.20 \cdot f_{ck,ext}$$

$\rightarrow$ a NBR 6118:2003 item 12.4.1, recomenda:

$$f_{ck,est} = 1.1 \cdot f_{ck,ext}$$

aceitando uma redução de 10% no γ_c em nome da maior representatividade de $f_{ck,ext}$ em relação a $f_{ck,ef}$

direitos reservados 2010

Revisão da segurança

CORREÇÃO (concreto da própria estrutura)

$\rightarrow$ o EUROCODE 2. EN1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A item A.2.3 $\rightarrow$ EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements. p. 200, recomenda para revisão da segurança:

1. sob controle rigoroso de geometria (excelente execução), revisar a segurança adotando:

$$\gamma_s = 1.05 \text{ (ao invés de 1.15)}$$

$$\gamma_c = 1.35 \text{ (ao invés de 1.5)} \rightarrow \gamma_c = 1.26$$

1. a partir de testemunhos extraídos revisar adotando:

$$f_{ck,est} = 1.18 \cdot f_{ck,ext}$$

direitos reservados 2010

Revisão da segurança resumo

norma	$f_{ck,est} = \eta \cdot f_{ck,ext}$	γ_s
NBR 6118:1978	1.10 a 1.15	1.15
NBR 6118:2003	1.10	1.15
ACI 318:2005	1.21 a 1.25	1.15
ACI 437:2005	1.18	1.15
Model Code CEB:1999	1.10 a 1.20	1.15
EUROCODE 2 & EN 13791:2004	1.18	1.05

Problema

Qual o f_{ck} a ser adotado para revisão da segurança estrutural, uma vez conhecido o $f_{c,ext,j}$ a qualquer idade j ?

1º Passo

Aplicar coeficientes de correção devidos a:

- dimensões padrão: → NBR 7680
- direção de extração
- posição no elemento
- broqueamento

obtem-se → $f_{c,ext,j}$

2º Passo

Passar de extraído a moldado:

→ coeficientes de 1,10 a 1,25

obtem-se →

$$f_{c,j} = k \cdot f_{c,ext,j}$$

3º Passo

Passar de moldado a j dias para $f_{c,28}$:

1. Componente foi carregado a 28 dias;
2. Componente será carregado a j dias

obtem-se →

$$f_{c,28} = \beta \cdot f_{c,j}$$

4º Passo

Passar de moldado $f_{c,28}$ para $f_{ck,est,28}$

1. Mesmo lote;
2. Mesmo componente;
3. Mesma unidade de produto

obtem-se →

$$f_{c,28} = f_{ck,est,28}$$

5º Passo

Passar de moldado $f_{ck,est,28}$ para f_{ck}

1. NBR 8953

obtem-se →

$$f_{ck} \rightarrow C20; C25; C30; C35; C40; C45; C50$$

Conformidade do Concreto

Depende:

- Empresa de Concreto → domínio do processo
- Empresa de Controle → eficiência das operações de ensaio
- Empresa Construtora → precisão construtivas → tolerâncias
- Empresa de Projeto → especificação correta

Problemas:

- ✓ Variabilidade dos materiais
- ✓ Mão-de-obra despreparada (motorista e técnico)
- ✓ Falta de conceitos e de bom senso (exigências descabidas)

Conformidade do Concreto

Construtor:

- Pedir slump baixo por preço;
- Pedir 400kg/m³ cimento e $f_{ck}=20MPa$;
- Lançar concreto de altura;
- Fôrma não estanque e não estável.

Projetista:

- ✓ Usa cobrimento menor com $\Delta_c=0,5cm$;
- ✓ Pede E_c de laje maciça com 19cm ou menos;
- ✓ Cria dificuldade para vender facilidade.

direitos reservados 2010

Conformidade do Concreto

**Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais**

**Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhaz
Avareza
Corrupção
Onipotência
(omissão e despreparo)**

direitos reservados 2010

Conformidade do Concreto

Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais

Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhaz
Avareza
Corrupção
Onipotência
(omissão e despreparo)

**“não há tecnologia
que resolva...”**

“INTERVALO”

{ abrir parenteses para
recordar como é o critério
de introdução da
segurança no projeto das
estruturas de concreto }

Premissas

Introdução da Segurança no Projeto Estrutural
segundo a NBR6118:2007

1. Para fins de cálculo:

$$\sigma_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * \beta = \frac{f_{ck}}{1,4} * 0,85$$

Direitos Reservados 2010

192

Premissas

Introdução da Segurança no Projeto Estrutural
segundo a NBR6118:2007

$$\beta = \beta_1 * \beta_2 = 1,16 * 0,73 = 0,85$$

$\beta_1 = 1,16 \rightarrow$ crescimento relativo da resistência de
28dias a 50anos

$\beta_2 = 0,73 \rightarrow$ decréscimo relativo da resistência à
compressão do concreto devido à carga aplicada
aos 28dias e mantida até 50anos

Direitos Reservados 2010

193

Premissas

Como **cresce** a
resistência com o tempo
a partir de 28dias ?

Direitos Reservados 2010

194

concreto em dias.

Crescimento da Resistência

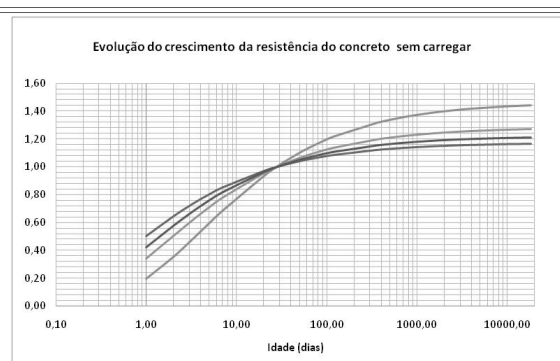
$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{s*(1-\sqrt{\frac{28}{j}})}$$

CPV ARI	s = 0,20	1,21 → 50anos	1,15 → 1ano	1,05 de 1ano a 50anos
CP I / II	s = 0,25	1,28 → 50anos	1,20 → 1ano	1,07 de 1ano a 50anos
CP III / IV	s = 0,38	1,45 → 50anos	1,32 → 1ano	1,10 de 1ano a 50anos
NBR 6118	s = 0,1545	1,16 → 50anos	1,11 → 1 ano	1,05 de 1ano a 50anos

Direitos Reservados 2010

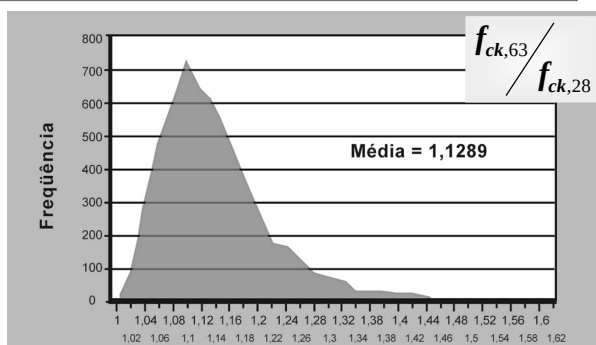
195

Gráfico



Análise Geral

8.429 Registros Analisados, todos os cimentos

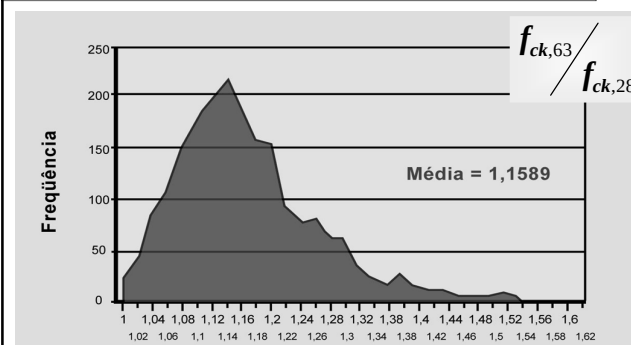


Direitos Reservados 2009

197

Análise

2.046 Registros Analisados, CP III



Direitos Reservados 2009

198

Premissas

Como decresce a resistência com o tempo a partir de 28 dias ?

Direitos Reservados 2010

199

Relaxação das Resistências (efeito Rüsch)

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,t_0}} = 0,96 - 0,12 * \sqrt[4]{\ln\{72 * (j - t_0)\}}$$

→ j em dias

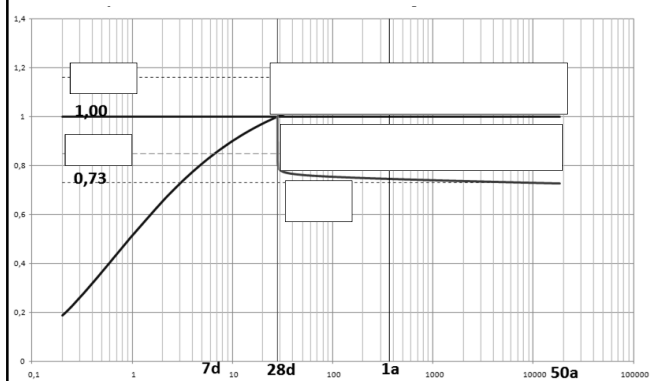
→ t_0 → idade de aplicação das cargas

→ $j - t_0 > 15$ minutos

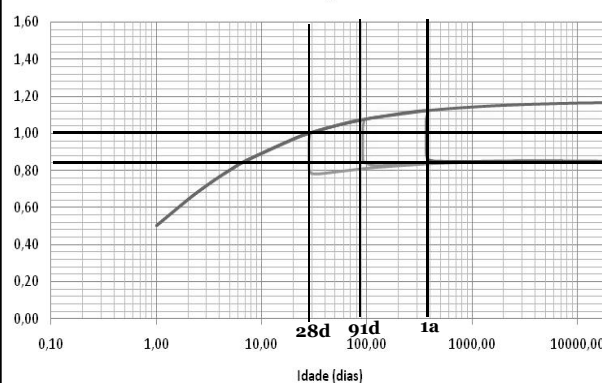
Direitos Reservados 2010

200

Decréscimo da Resistência

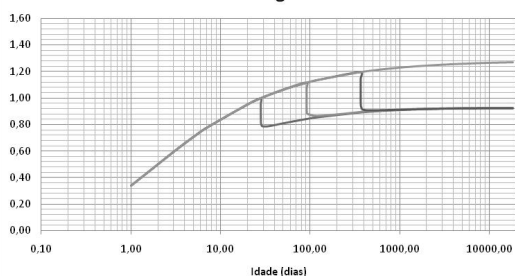


Evolução do crescimento do concreto 0,16 carregado



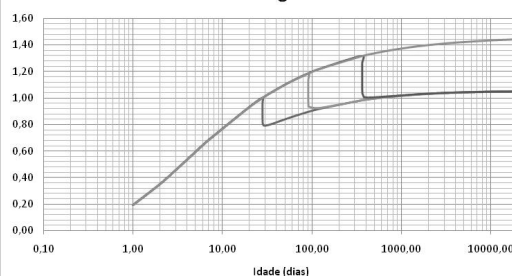
Gráfico

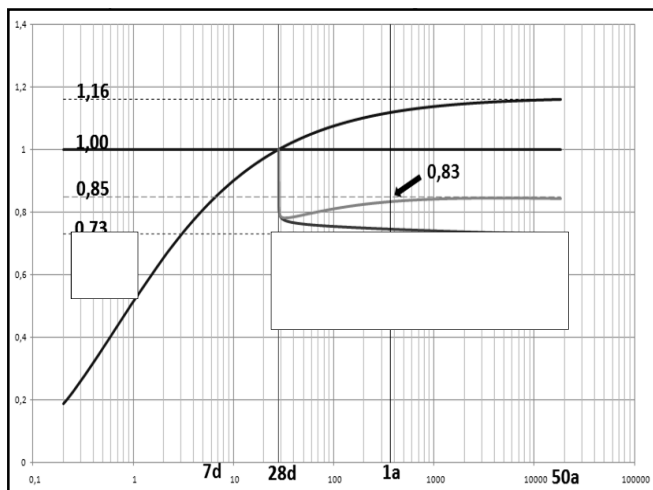
Evolução do crescimento do concreto 0,25 carregado



Gráfico

Evolução do crescimento do concreto 0,38 carregado

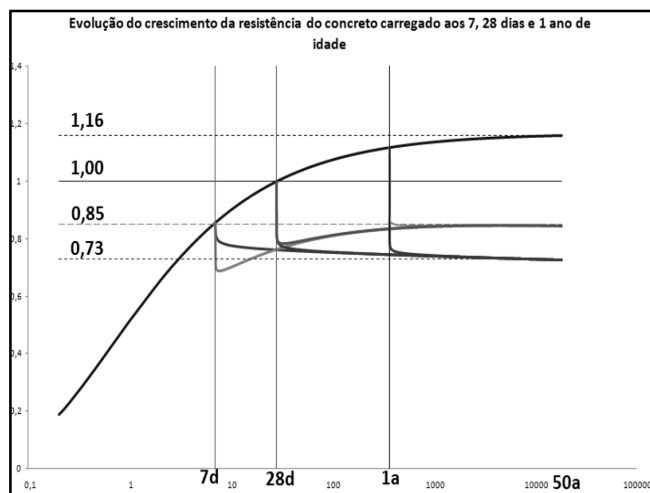
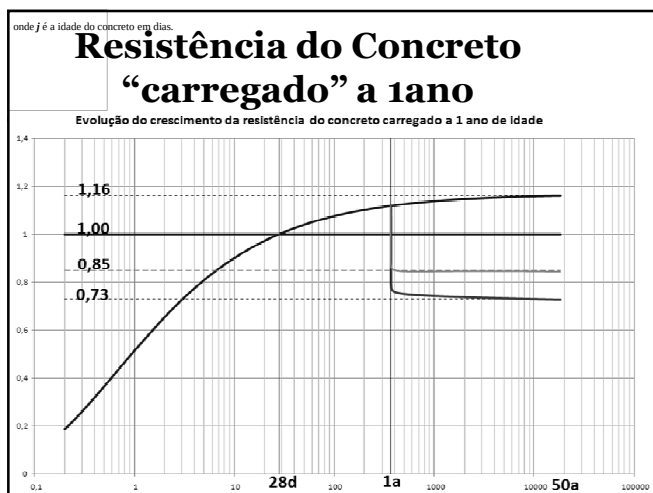
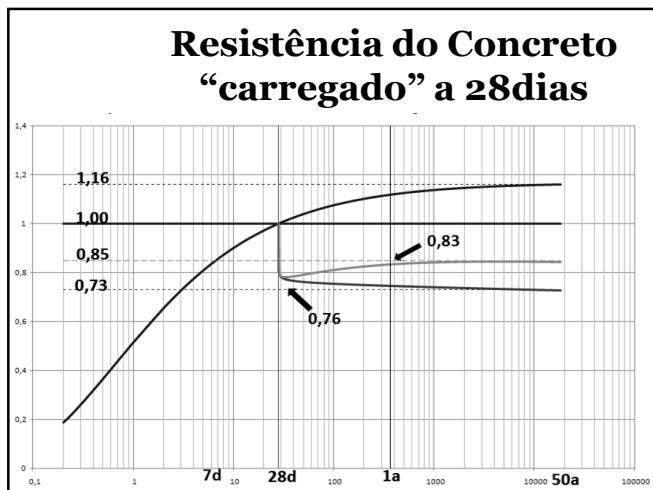




Premissas

Combinando crescimento
com decréscimo a partir
de 28dias ?

Direitos Reservados 2010 206



“recordação”

{ fechar parenteses }

Direitos Reservados 2010

211

3º Passo

Passar de moldado a **j** dias para $f_{c,28}$:

1. Componente foi carregado a 28dias;
2. Componente será carregado a **j**dias

obtem-se →

$$f_{c,28} = \beta \cdot f_{c,j}$$

Direitos Reservados 2010

212

3º Passo

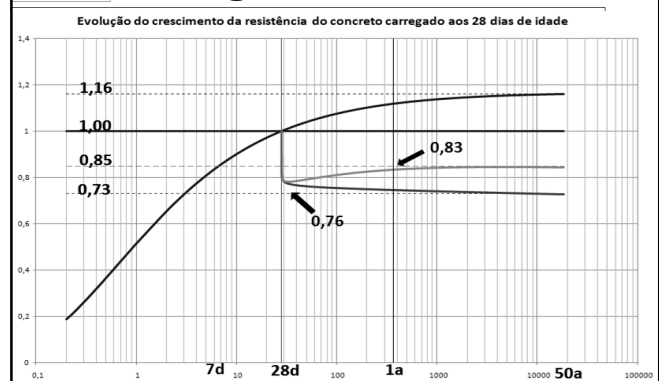
Passar de moldado a **j** dias para $f_{c,28}$:

1. **Componente foi carregado a 28dias**

Direitos Reservados 2010

213

Resistência do Concreto “carregado” a 28dias



3º Passo

Passar de moldado a **j** dias para $f_{c,28}$:

1. Componente foi carregado a 28dias;
exemplo: extração foi a 1ano

obtem-se →

$$f_{c,28} = 1/\beta \cdot f_{c,1ano}$$

Direitos Reservados 2010

215

3º Passo

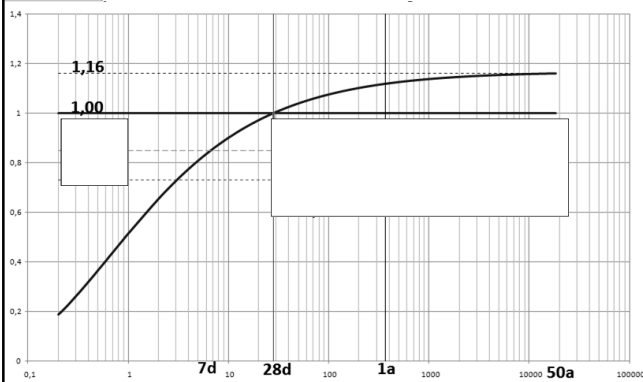
Passar de moldado a **j** dias para $f_{c,28}$:

1. Componente foi carregado a 28dias;
2. **Componente será carregado a **j**dias**

Direitos Reservados 2010

216

Resistência do Concreto



3º Passo

Passar de moldado a j dias para $f_{c,28}$:

1. Componente foi carregado a 28 dias;
2. Componente será carregado a j dias

obtem-se $\rightarrow$

$$f_{c,28} = 1/\beta_1 \cdot f_{c,j}$$

Direitos Reservados 2010

218

4º Passo

Passar de moldado $f_{c,28}$ para $f_{ck,est,28}$

1. Mesmo lote;
2. Mesmo componente;
3. Mesma unidade de produto

obtem-se $\rightarrow$

$$f_{c,28} = f_{ck,est,28}$$

Direitos Reservados 2010

219

5º Passo

Passar de moldado $f_{ck,est,28}$ para f_{ck}

1. NBR 8953

obtem-se $\rightarrow$

$$f_{ck} \rightarrow C20; C25; C30; C35; C40; C45; C50$$

Direitos Reservados 2010

220

Dúvidas

Considerando que o E.L.S. recomenda manter as tensões de serviço dos elementos estruturais

$$\sigma_c = 0,4 \cdot f_c$$

será que faz sentido considerar risco de relaxação das resistências?

Direitos Reservados 2010

221

Dúvidas

É razoável considerar que haverá relaxação de resistências somente quando a carga atuante superar 70% de f_{ck} , ou seja, 50% de f_{cd} ?

Direitos Reservados 2010

222

Dúvidas

Uma vez que o β é variável e depende da idade de carga e do concreto, faz sentido usar um único coeficiente

$$\text{fixo } \beta = 0,85?$$

Direitos Reservados 2010

223

Exemplo

EDIFICAÇÕES

Direitos Reservados 2010

224

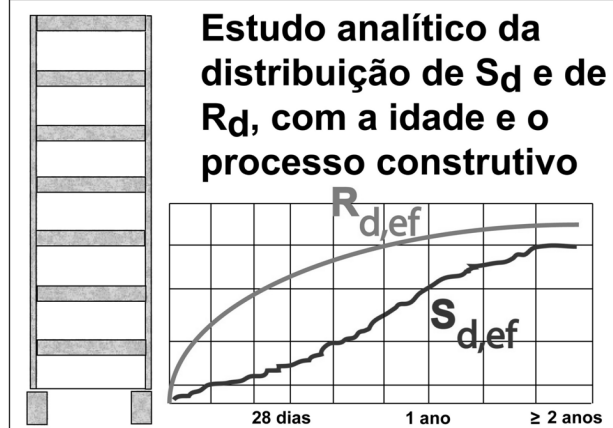
Quando efetivamente os elementos estruturais são carregados?

- lajes e vigas → 7 dias?
- pilares e fundações → 6 meses?

Direitos Reservados 2010

225

Estudo analítico da distribuição de S_d e de R_d , com a idade e o processo construtivo



testemunhos extraídos recomendações “bom senso”

- até 10% em pilares e vigas
- até 20% no caso de lajes
- são considerados “alertas” pois as “incertezas naturais” cobrem essas diferenças;
- diferenças dessa ordem jamais justificam paralizações na execução da obra;
- não justificam reforço
- podem justificar pagar pelo f_{ck} menor, lembrando que:

NBR 8953

C20 ; C25 ; C30 ; C35 ; C40 ; C45 ; C50

Direitos Reservados 2010

227

Conformidade do Concreto

Depende:

- Empresa de Concreto → domínio do processo
- Empresa de Controle → eficiência das operações de ensaio
- Empresa Construtora → precisão construtivas → tolerâncias
- Empresa de Projeto → especificação correta

Problemas:

- ✓ Variabilidade dos materiais
- ✓ Mão-de-obra despreparada (motorista e técnico)
- ✓ Falta de conceitos e de bom senso (exigências descabidas)

Conformidade do Concreto

*Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais*

*Falta de ética
Atuação venal
Mesquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Omissão
Despreparo
Ignorância*

**“não há tecnologia
que resolva...”**

