



SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE
POLÍTICAS PÚBLICAS E DE ENSINO
PARA A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

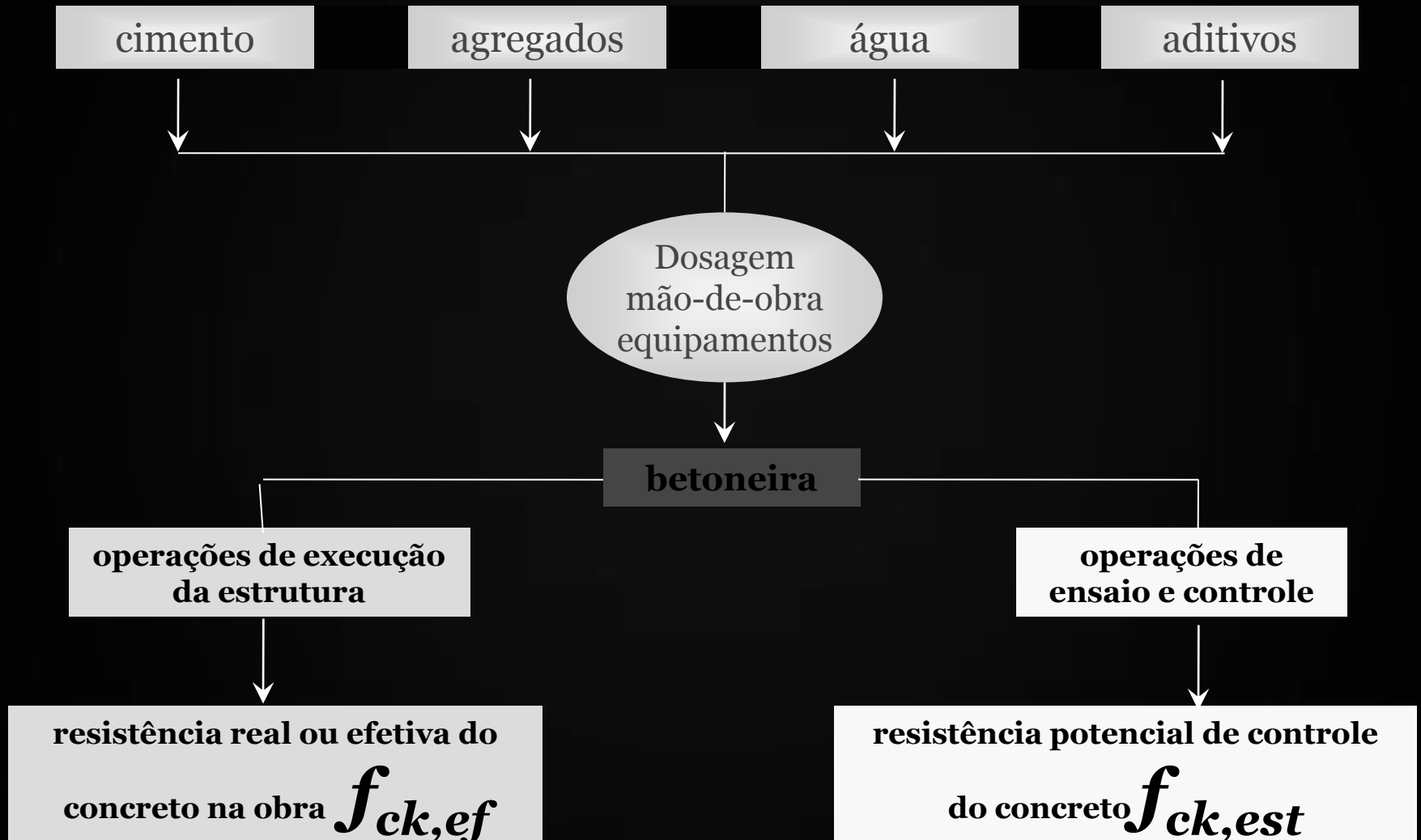
A Copa de 2014 como vetor para
melhoria da qualidade na habitação

Contribuição à Análise da Resistência do Concreto em Estruturas Existentes. Edificações.

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
Conselheiro IBRACON*

resistência do concreto



Definições

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

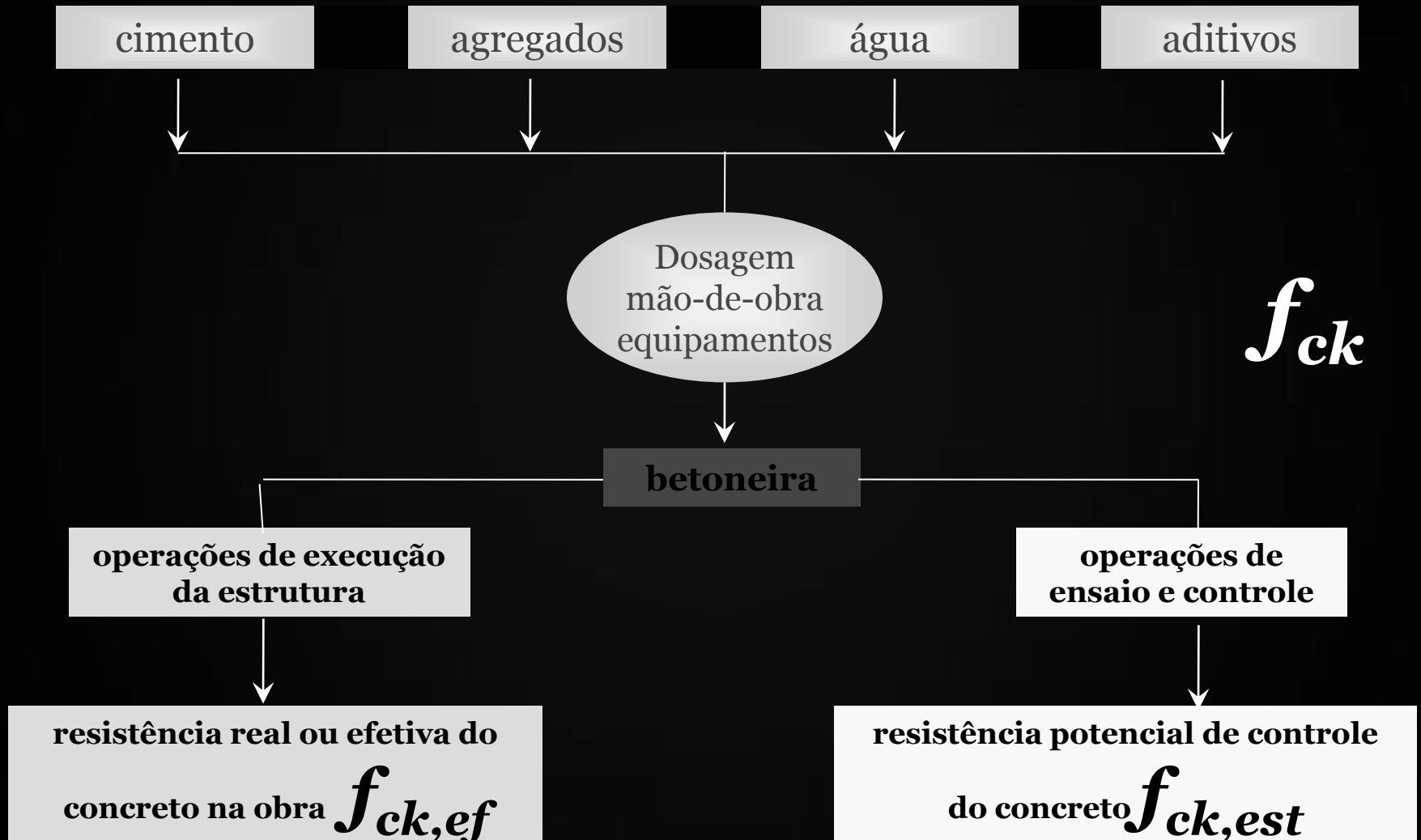
σ_{cd} → tensão de cálculo do concreto à compressão adotada no projeto

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

$f_{ck,est}$ → 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)

resistência do concreto



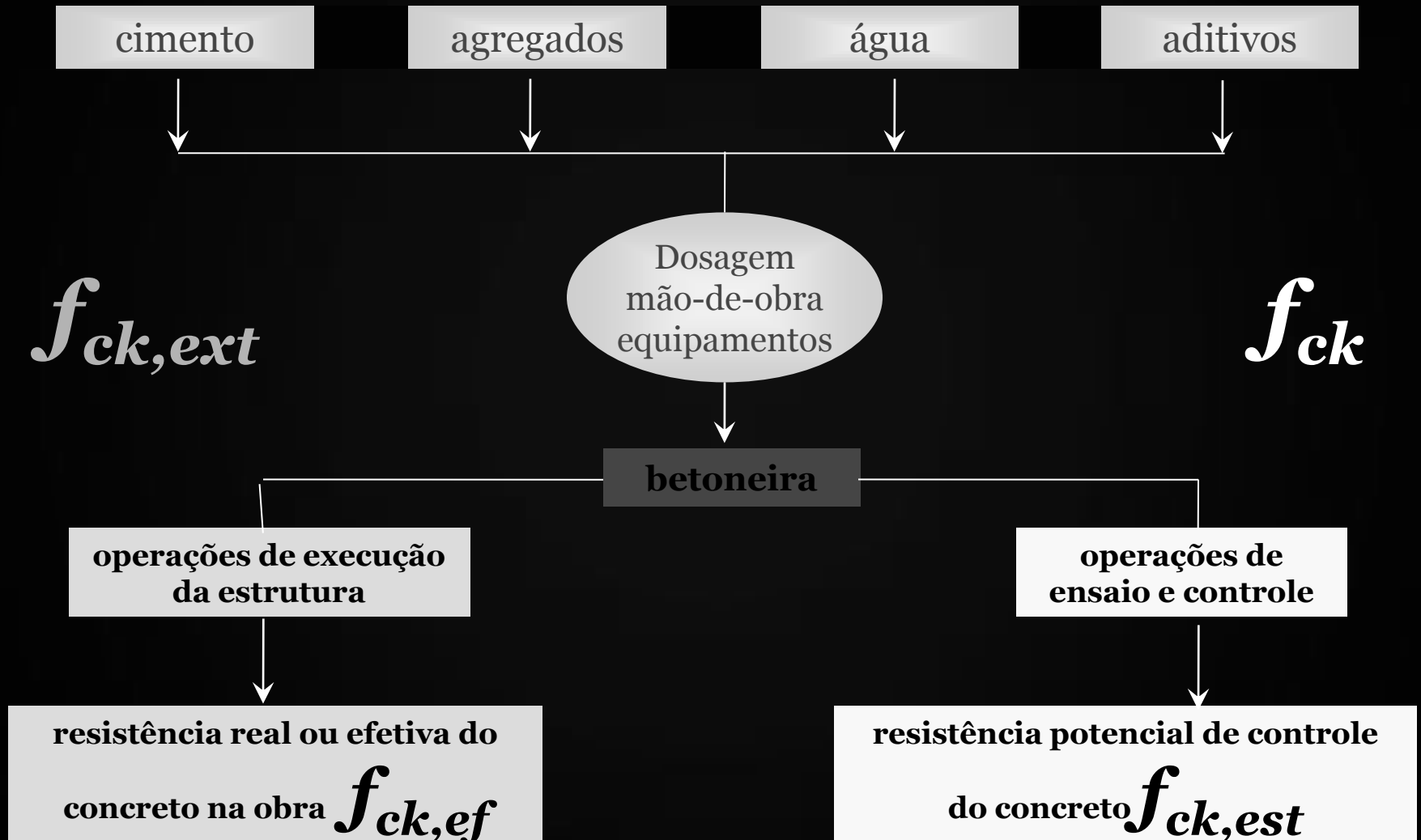
$f_{ck,ef} \rightarrow$ impossível de ser conhecido

$$f_{ck,ef} \approx f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

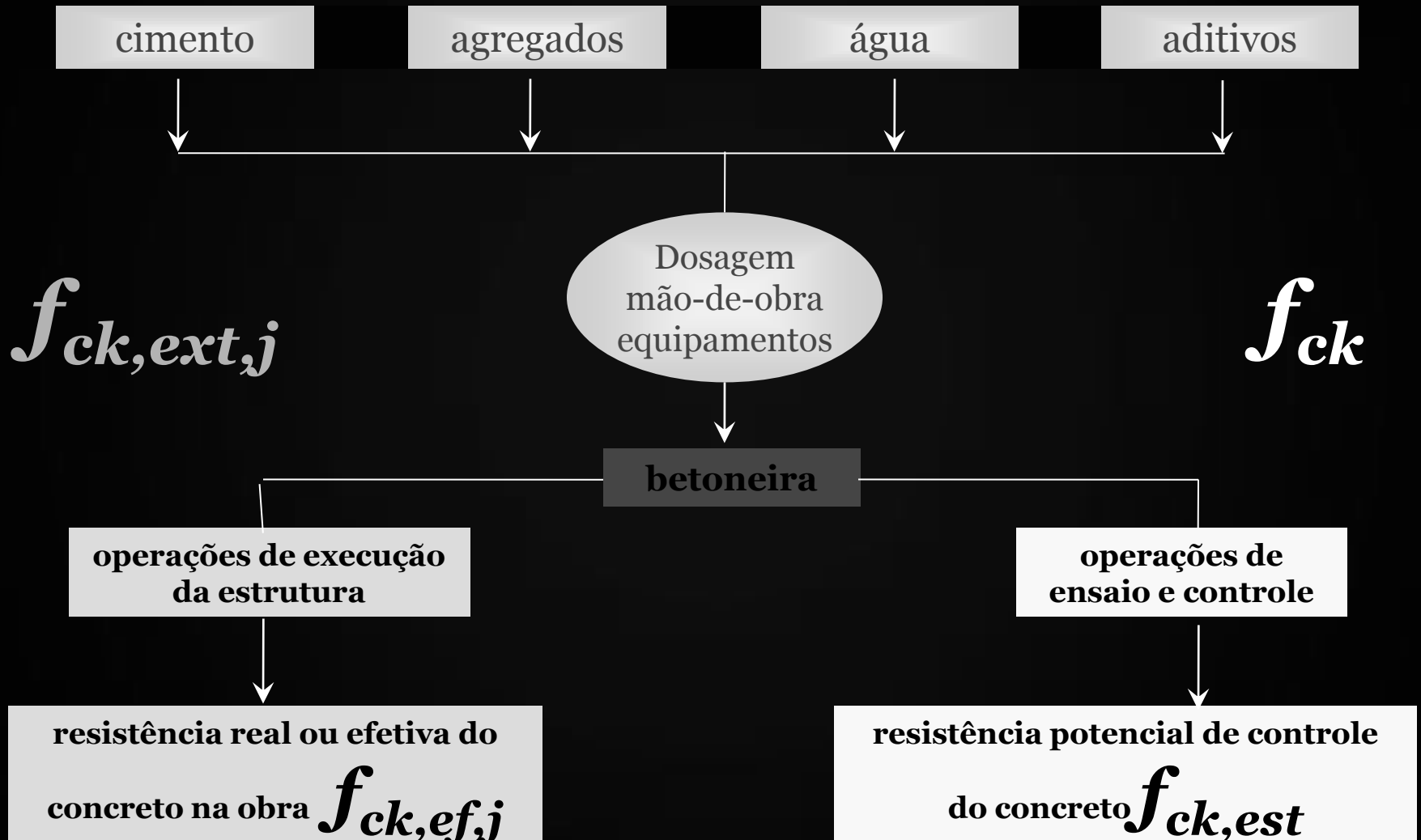
$$\gamma_c = 1,4$$

$$f_{ck} = 30MPa \quad \longrightarrow \quad f_{ck,ef} \approx f_{cd} = 21,4MPa$$

resistência do concreto



resistência do concreto



Problema:

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

$$f_{ck} = 30MPa \quad \curvearrowright \quad f_{ck,ef} \approx f_{cd} = 21,4MPa$$

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 $100m^3$ por andar resulta um volume total da ordem de $2.000m^3$ de concreto.

Em princípio $100m^3$ (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 !

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.*

*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 $\gamma_{s,red1} = 1,4$.

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 13791, EN 206-1 and relevant product standards, γ_c may be reduced by the conversion factor $\eta = 0,85$, ou seja, aumentar de 18% (1/0,85)

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 318M-11 Building Code Requirements for
Structural Concrete. 2011. 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 $f'_c = 1,18 * f_{core,av}$ ou $f'_c = 1,33 * f_{core,min}$*)

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-11 Building Code Requirements for
Structural Concrete. 2011. 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 estimated 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

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 ultrasom, amostragem, extração, prumo, excentricidade, medidas geométricas “as built” de campo, transporte dos testemunhos, preparação dos topos, sazramento, 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 x 20cm*
- **Resistência efetiva** = testemunhos cilíndricos extraídos conforme NBR 7680 / 5739 (28dias) *10cm x 20cm*

EXPERIMENTO

- 10 obras correntes de edifícios habitacionais em fase de execução das estruturas de concreto.
Resistência à compressão $20\text{MPa} < f_{ck} < 35\text{MPa}$.
- **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

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%
	$\Phi_{\text{moldado}} \approx \Phi_{\text{extraído}}$	$\Phi_{\text{moldado}} > \Phi_{\text{extraído}}$
	h/d=2	h/d≠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

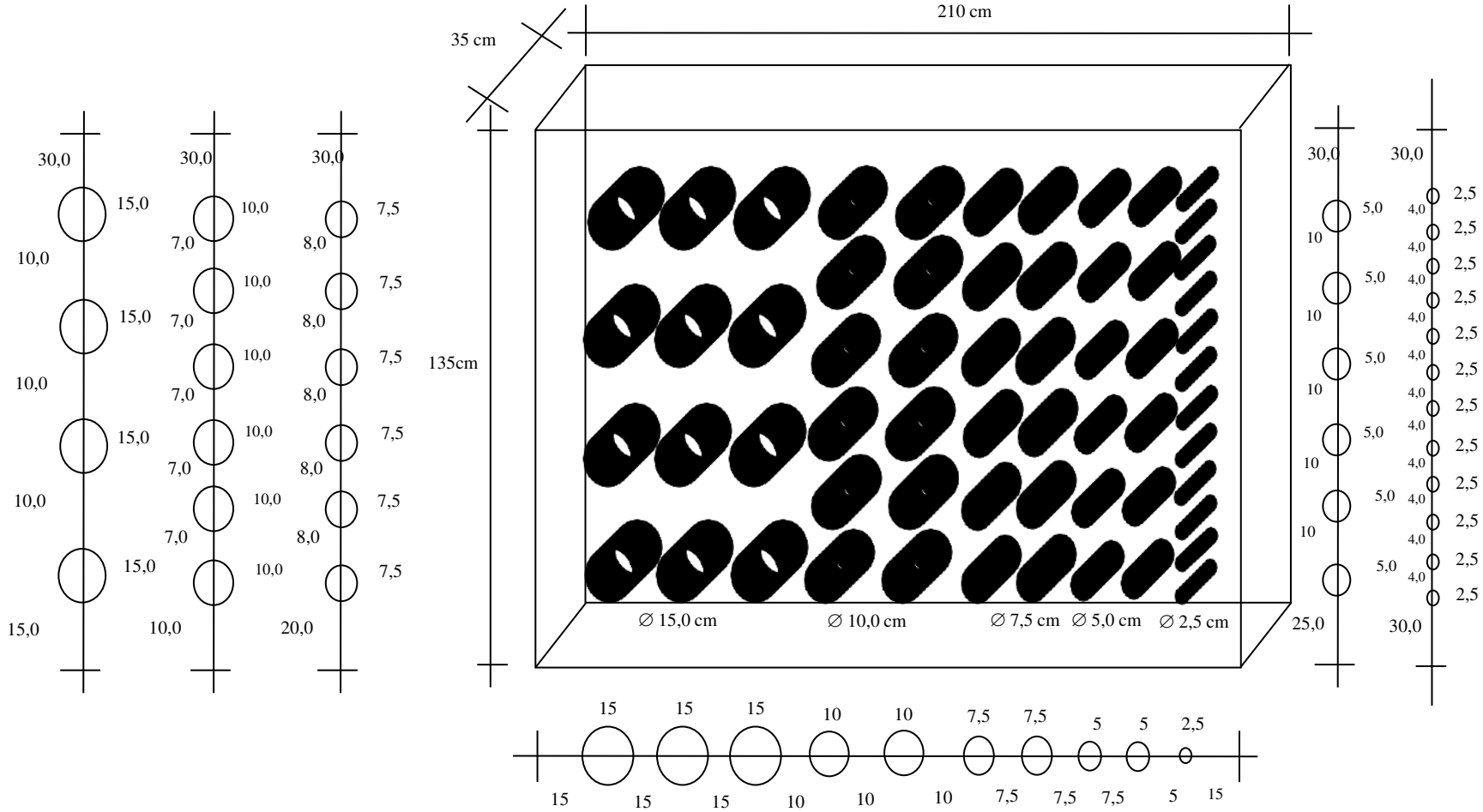
OBJETIVO

- 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”:

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

Efeito deletério do “broqueamento + outras variáveis”:

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

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

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 (cm²)	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?!

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			

Alguns Projetistas

inadequada
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} (MPa)	34.8
s_c (MPa)	2.8
v_c (%)	8%
$f_{ck,est}$ (MPa)	29.0

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} (MPa)	34.8
s_c (MPa)	2.8
v_c (%)	8%
$f_{ck,est}$ (MPa)	29.0 \rightarrow 31.9

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} (MPa)	36.4
s_c (MPa)	1.5
v_c (%)	4

Projeto das estruturas de concreto

NBR 6118 → Projetistas

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

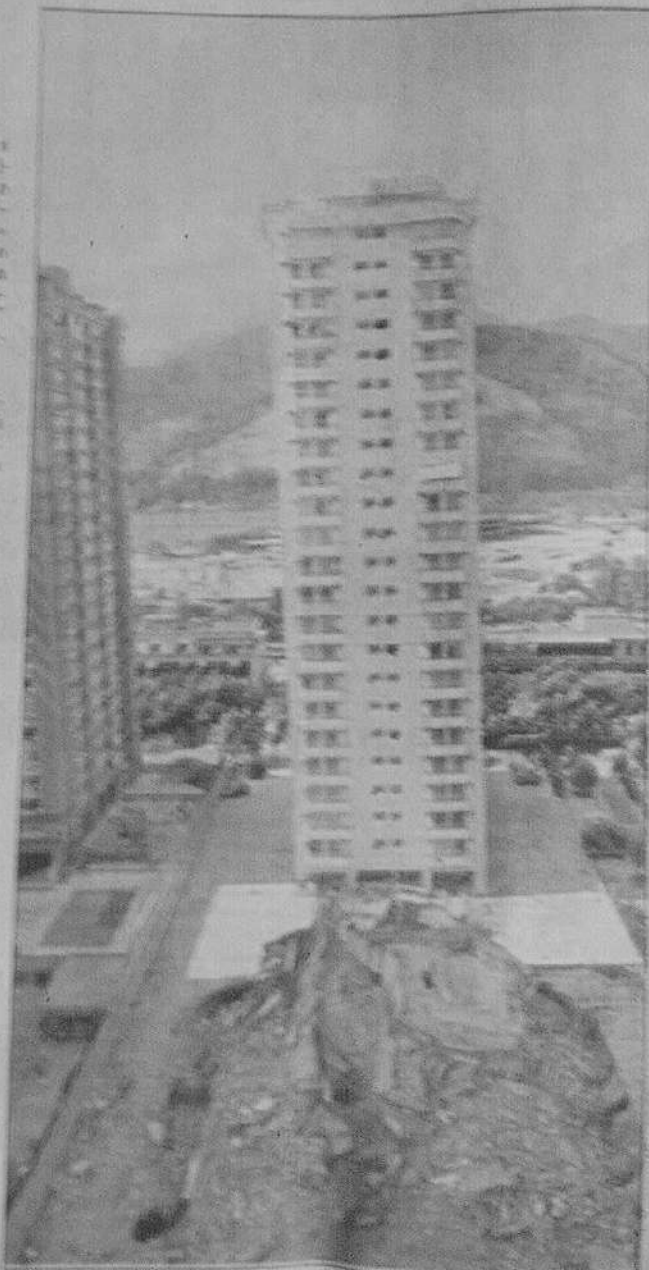
Edifício Palace II
Rio de Janeiro
Carnaval de 1998
terça de carnaval à tarde
5anos!



deje da
anúncios
nada

tandem do
era'ora ad
re, mas no
estava abe
alta, jesses
amonticum
nada crada
es e proli
necessaria
nra, aos re-

não. Sim,
nega que a
os merito
ressada a
e a contib
com esse
e a Ngra",
im, de scie
o-se'ra. In
al da Mo
e maço),
de o por
lmitro, na
ra, a de
governo
autiliza
nada para
empo pos
ar as ob
supremu
de os de
a." Quer
da dlar
to contib
a'ntim
o gover
nho des
a super
necuan
ra Ngra,
de garu
nha que
ambio
a a pos
nração
nrares,
nração
nraque
debra
na am-



Estimada do Palace 2, 22 mil metros quadrados de assarubios

Papéis particip engenhe

Sergio Dem
dito que não
da consi
Fala

RIO — Dece
com nam
com Sees
tem em maio an
Edifício Palace
situação do em
Mário Doming
co da empresa.

Entre os docum
tos bilhetos e n
nados por Dem
no mestre de ob
Sinar Man Mac
da compra de n
obra.

Os bilhetos, qu
ca de construc
tre 1986 e 1988
versão agressiv
gures à polízia, o
trabalhado na o
diários de que o
nicipiu das obra
legado-Imitar de
de Policia. Sarr
los. Abemo Nam
sarei pelo inqu
rasso. Ele passou
um amêsante e

Um dos bilhet
Domingues acu
diologista Paulo
deputado Sergio
documentos. Ba
res fiscais, não
empresa, comp
lumento de fut
agenda do mest
e descreve da es
es 2 e a contru
dos especulos.

Indicamento
mul anconada
pencia no Insti
Astaca Carlos Sbr
leques, indicam

RA FUNDA. ÚLTIMAS UNIDADES

Edifício Real Class

Belém do Pará

34 pavimentos

105m

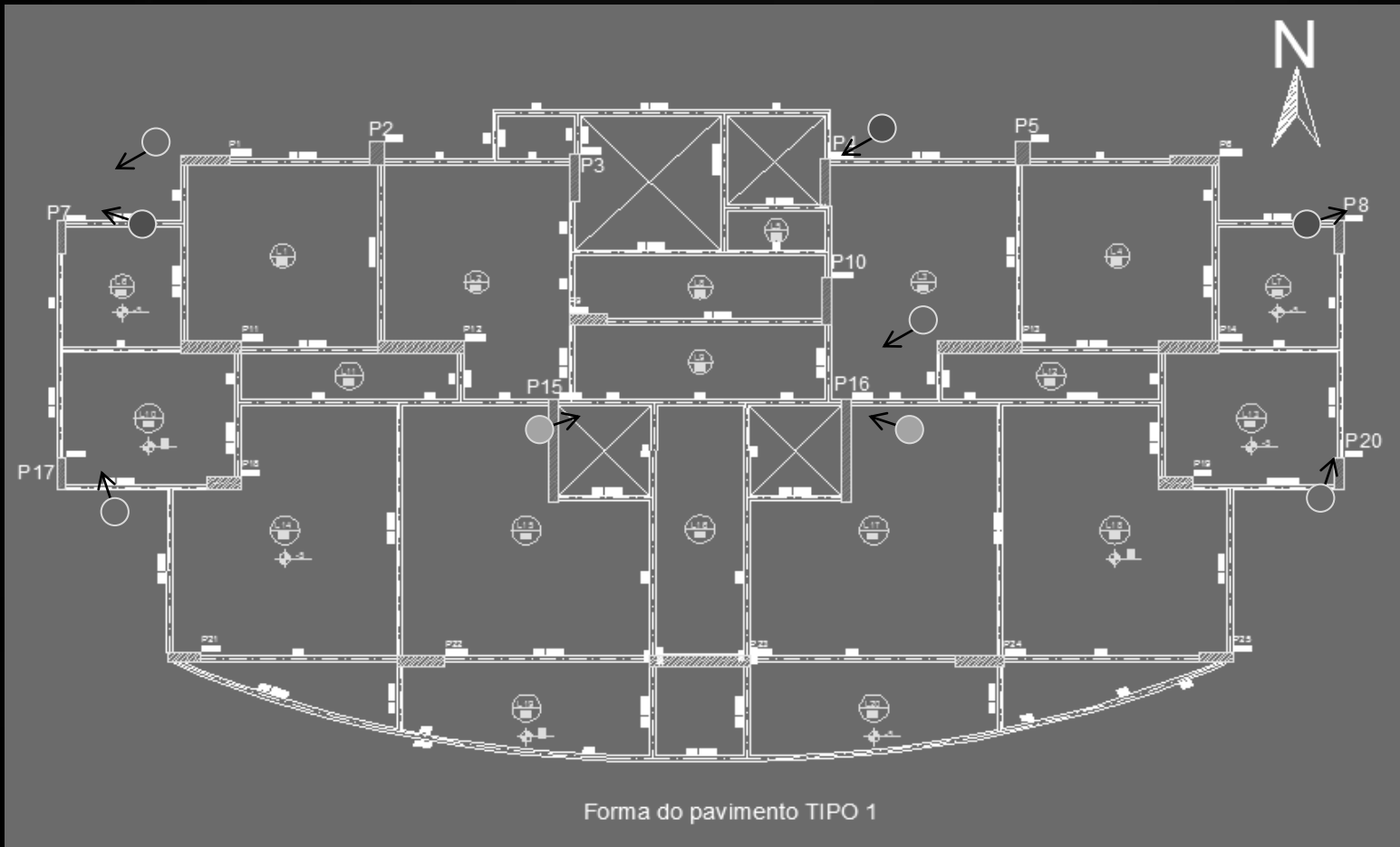
20.01.2011

35MPa





Edifício Real Class



Legenda

UFPA ○

Perícia Criminal ●

Lar Center ●

-
- ✓ 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









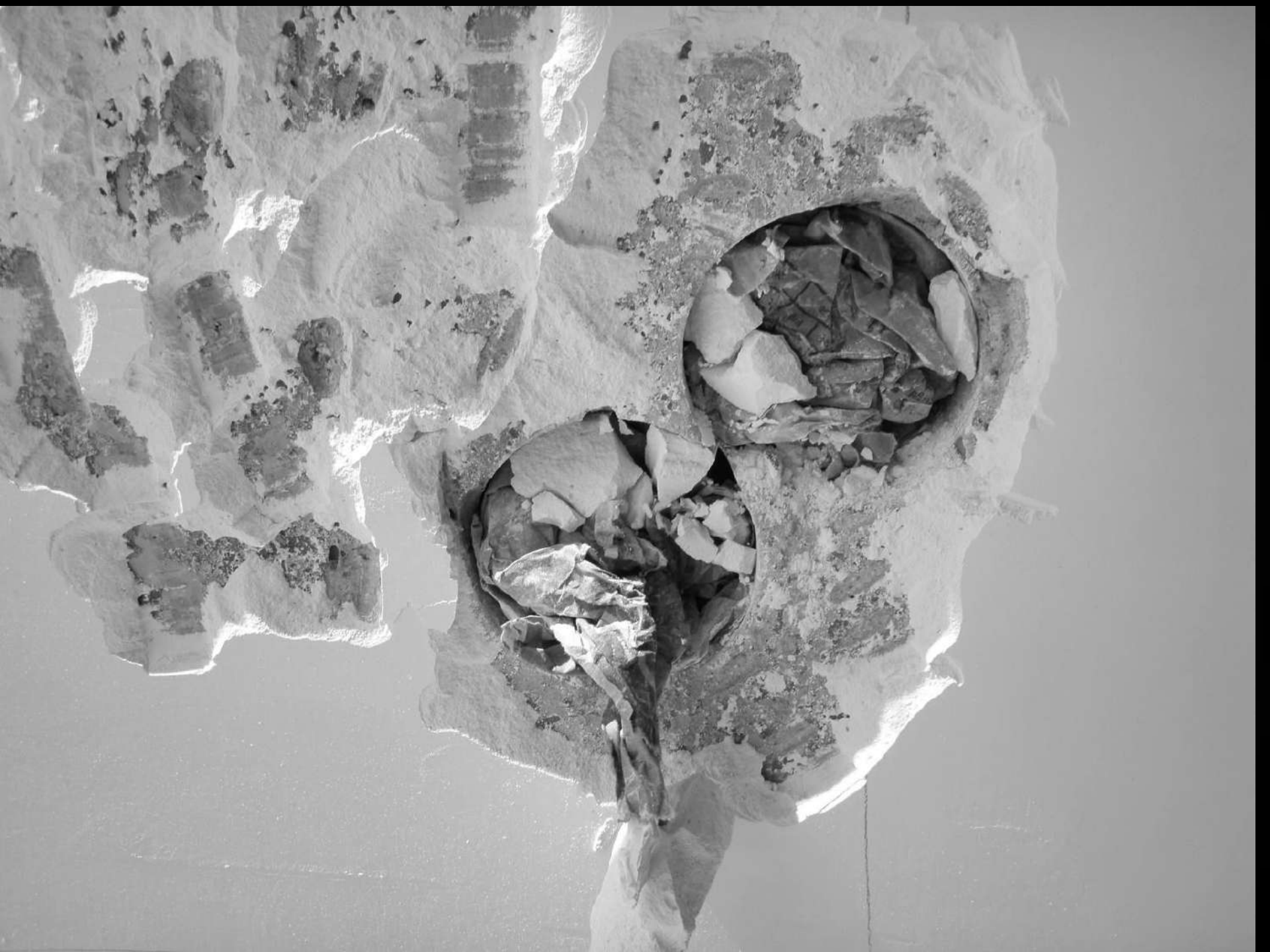




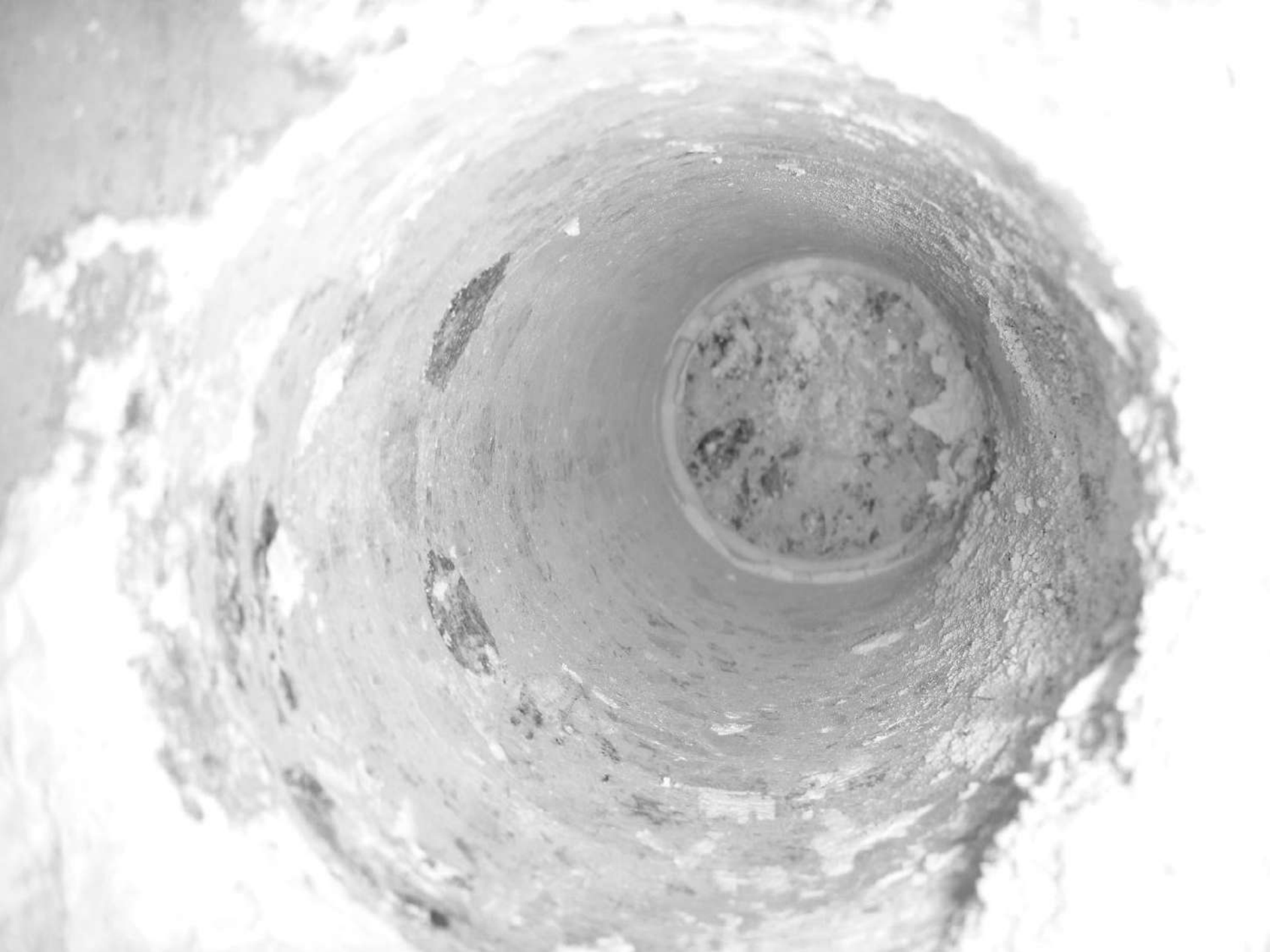












Construção

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



Construção



Construção



Construção



Construção



**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 !!!!!

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

concreto de baixa resistência,
além de problemas em obra e
redução da vida útil, pode
derrubar estruturas?

Produção de concreto em Central (Concreteira) NBR 7212

SIM,
principalmente em
pilares e vigas de
transição

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**

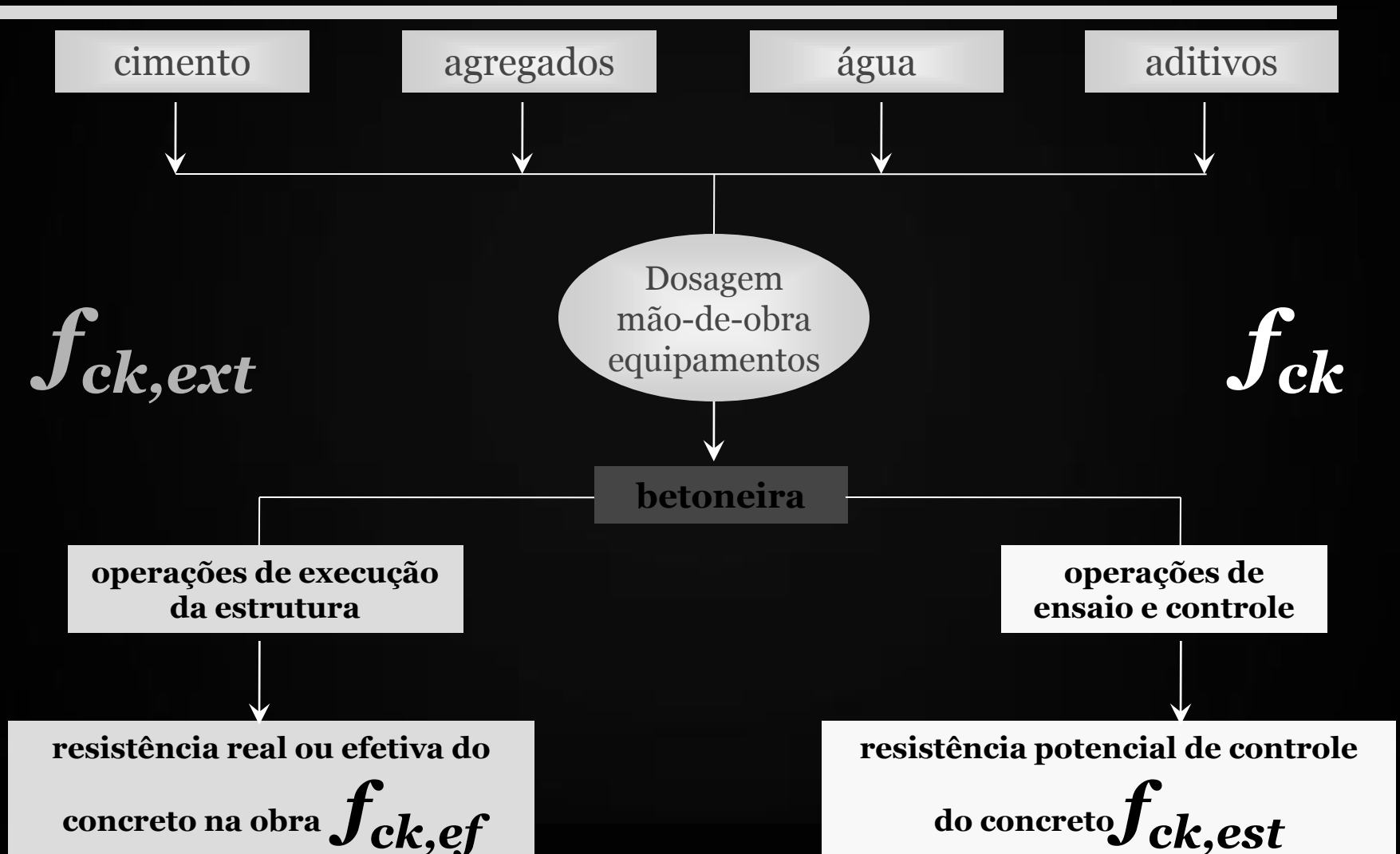
**É 100%
confiável?**

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

**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





S-709

S-713

5

910
915

53124

6211

07t-8

1344
377

07t-210

53124

53124

6-712

148
134
120
115

1019
278
111

53124

97t-5

53124

97t-5

53124

6-712

53124

6-712

53124

6-712

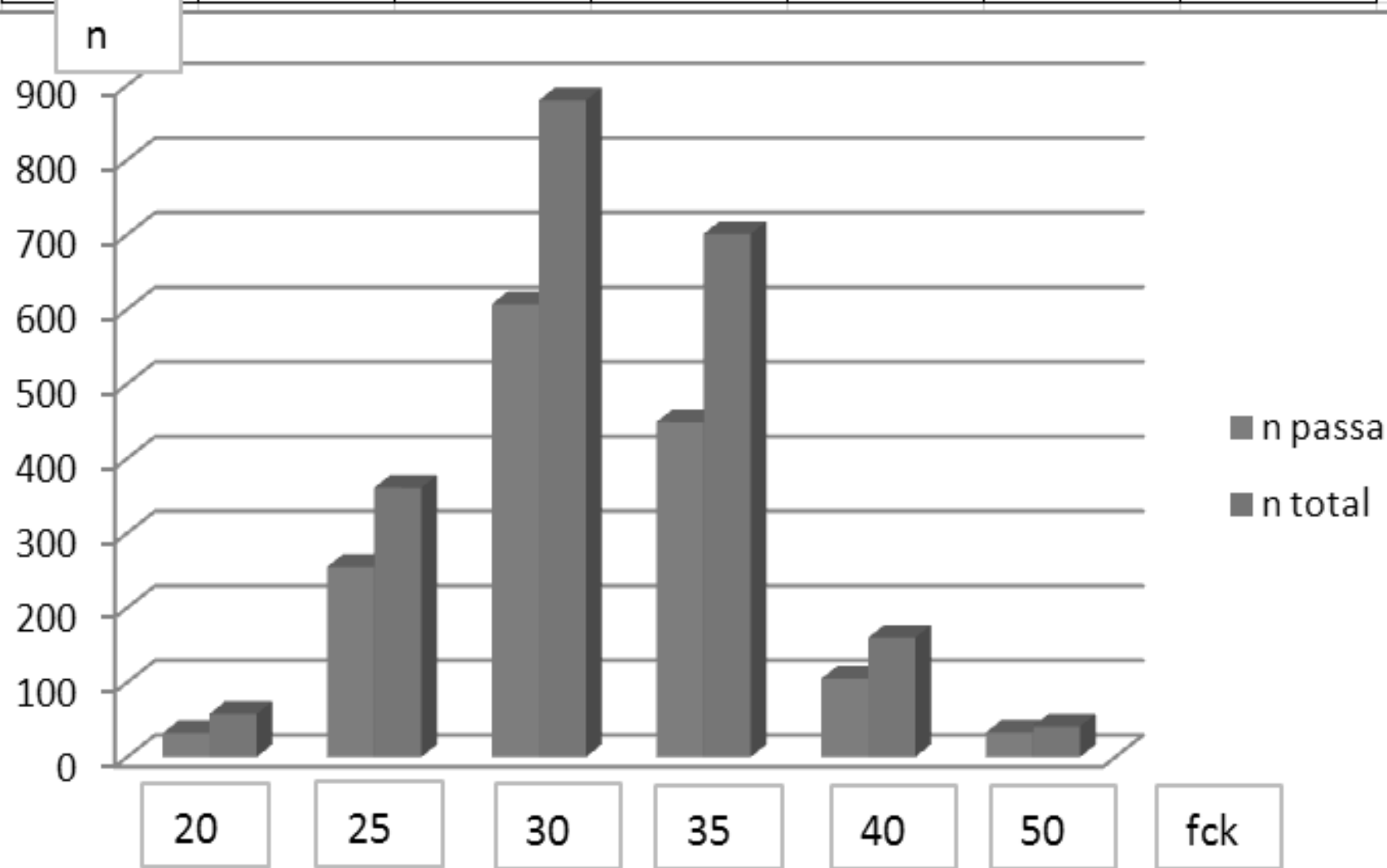
ordem	nota fiscal	consistência do concreto fresco	Resistência à Compressão		crescimento de 7 para 28 dias
			7 dias 7-Apr-09	28 dias 28-Apr-09	
1	206099	686	48.9	50.2	1.027
2	206100	736	53.6	54.8	1.022
3	206101	746	57.1	57.8	1.012
4	206102	753	51.0	51.4	1.008
5	206103	743	44.0	53.6	1.218
6	206105	726	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

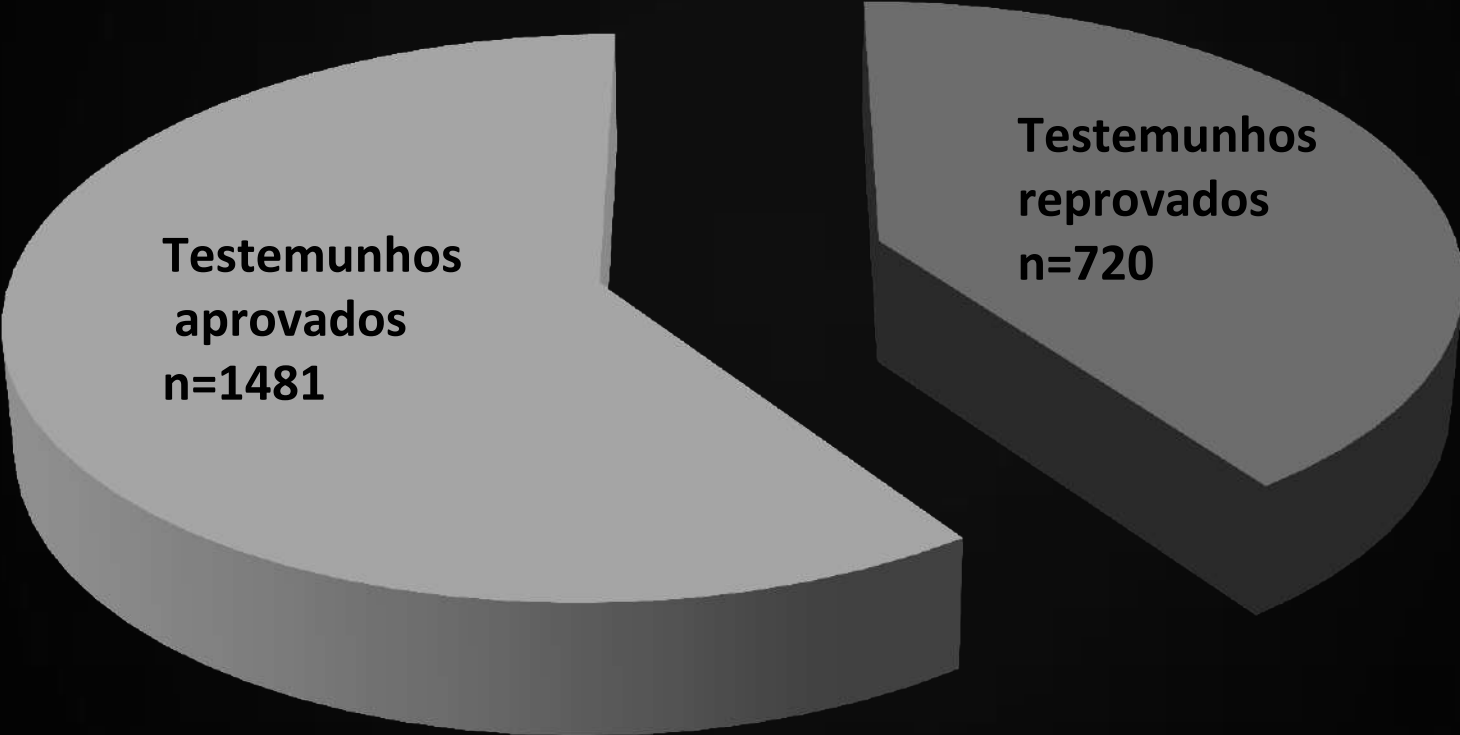
testemunhos extraídos que
demonstraram que o
resultado do corpo-de-
prova de controle nem
sempre é confiável

Quantidade de testemunhos rompidos à compressão e comparados com fck

fck	20	25	30	35	40	50
n passa	32	255	607	449	105	33
n total	58	361	880	701	160	41



Total de testemunhos extraídos e ensaiados em 2009 comparando os resultados com fck especificado

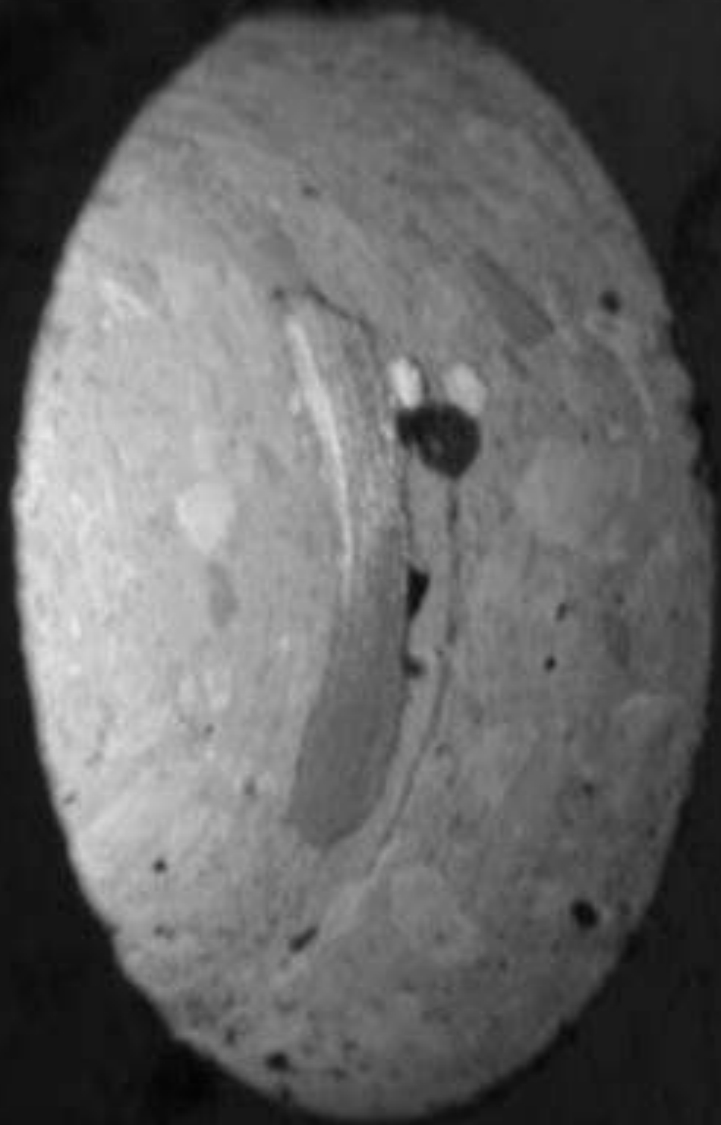


**ABCP
2009**

extração de testemunhos LABORATÓRIO

É 100%
confiável?















OP P161





P-25 - KINGU

109.55









Faint circular markings and text on the left side of the object, possibly a manufacturer's stamp or logo.

N-7-D
N-7-D

Vonder
20°C
20N
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33







TO

CP

B

BA









Faint circular markings and text on the left side of the object, possibly a manufacturer's stamp or logo.

N-7-D

20N
20°C
vonder
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33







Plasma Toni Pad

Capacidad de 300 toneladas

-00 18

FAVOR AJUSTAR OS
SUPPORTES DE SUPORTE
APÓS O TÉRMINO DO ENSAIO
OBRIGADO!

R

TONI PACT 3000





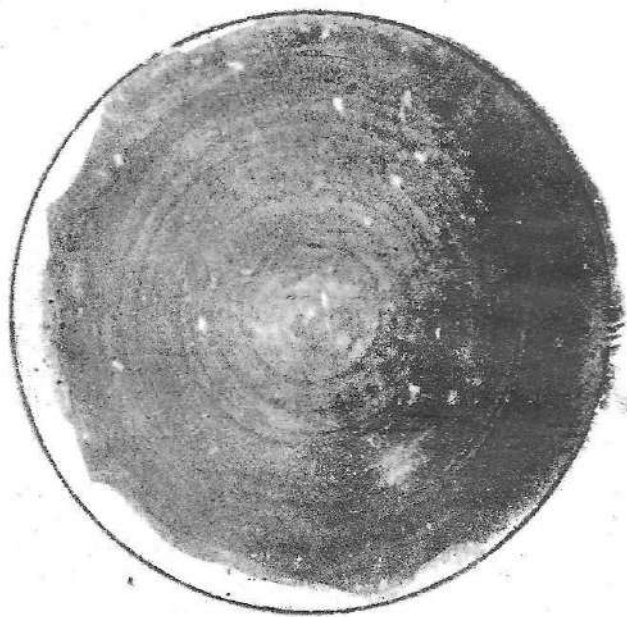


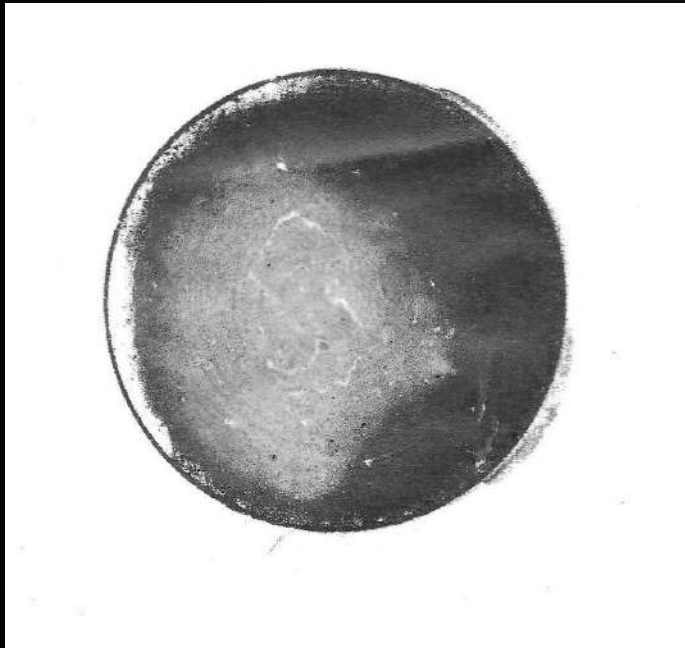
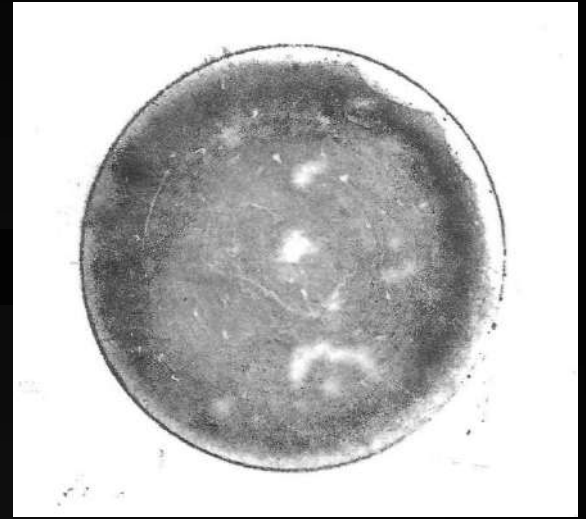
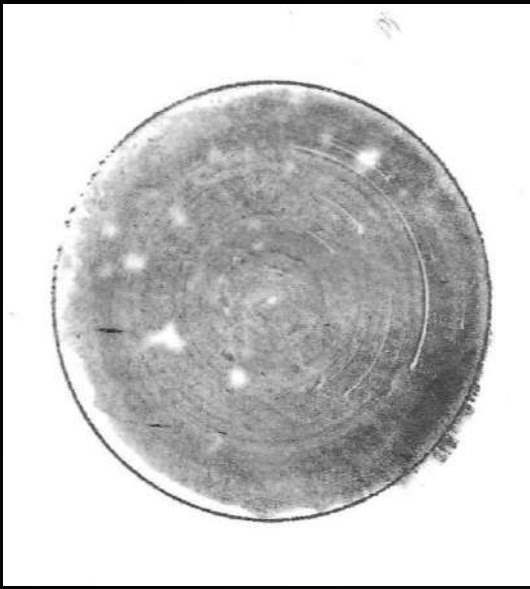




17880

19/1/61





Controle da resistência do concreto NBR 12655 (Laboratórios)

Controle mal feito, além
de enormes desgastes,
pode derrubar
estruturas?

Controle da resistência do concreto NBR 12655 (Laboratórios)

NÃO!

só

desonestidade

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 ?

Problema

$$f_{ck,est,j} = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * k_6 * k_7 * k_8 * f_{c,ext,j}$$

$f_{ck,est}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

$k_1 \rightarrow$ geometria do testemunho

$k_1 =$ correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d.

Esse coeficiente pode ser obtido da *ABNT NBR 7680*.

relação h/d	coeficiente k_1
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

$k_2 \rightarrow$ broqueamento

k_2 = coeficiente devido ao efeito deletério de broqueamento.

Esse coeficiente pode ser obtido do *ACI 214:2010* ($k_2 = 1,06$) ou da tese de doutorado de José Orlando Filho ($k_2 = 1,07$).

Esse efeito deletério do broqueamento fica ainda mais importante ao se considerar a possibilidade do uso de equipamentos velhos, mal conservados, mal fixados no momento da extração e manuseado por operadores mal treinados;

$k_3 \rightarrow \text{cura}$

k_3 = coeficiente devido a deficiências de cura do concreto na obra. Esse coeficiente pode ser obtido de vários textos base de livros de tecnologia de concreto ou até mesmo da norma *ACI 214:2010*, sendo usual admitir $k_3 = 1,10$, ou seja, a cura deficiente de obra, comparativamente àquela padronizada como ideal, pode reduzir muito a resistência do concreto na obra, em até mais de 10%:

$k_4 \rightarrow$ adensamento

k_4 = coeficiente devido a deficiências de adensamento na obra comparativamente ao adensamento enérgico e ideal do corpo de prova. Segundo *ACI 214:2010* e livros texto de concreto, deve ser aumentada a resistência do testemunho de 5% a 7% para cada 1% a mais de porosidade (volume de vazios) do concreto extraído em relação à porosidade medida no concreto bem adensado do corpo de prova padrão. Isso pressupõe que a porosidade (*ASTM C 642*) tenha sido medida no corpo de prova moldado e também no testemunho extraído;

$k_5 \rightarrow$ direção de extração

k_5 = coeficiente devido à direção de extração em relação à direção de lançamento e adensamento do concreto. Segundo os livros texto de concreto e *ACI 214:2010*, concreto extraído em direção ortogonal à de lançamento deve ser corrigido de $k_5 = 1,05$, ou seja, a resistência do concreto extraído ortogonalmente é 5% menor que aquela do concreto do corpo de prova onde a moldagem e o ensaio estão na mesma direção;

$k_6 \rightarrow$ direção de extração

k_6 = coeficiente devido às condições de sazonalamento do concreto do testemunho, antes do ensaio de compressão. Segundo *ACI 214:2010*, se rompido imediatamente e na sequência da extração $k_6 = 1,00$. Se mantido sob água por 48h e rompido saturado $k_6 = 1,09$ e se rompido seco em estufa ventilada por 7dias, $k_6 = 0,98$;

Problema

passar de $f_{ck,est,j}$

a para $f_{ck,est,28}$

SEGURANÇA

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

Segurança

Valem critérios da NBR6118:2003, 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

Conformidade do Concreto

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

*Falta de ética
Atuação venal*

Mezquinhez

Avareza

Corrupção

Onipotência

(omissão e despreparo)

Conformidade do Concreto

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

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

*“não há tecnologia
que resolva...”*

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

Premissas

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

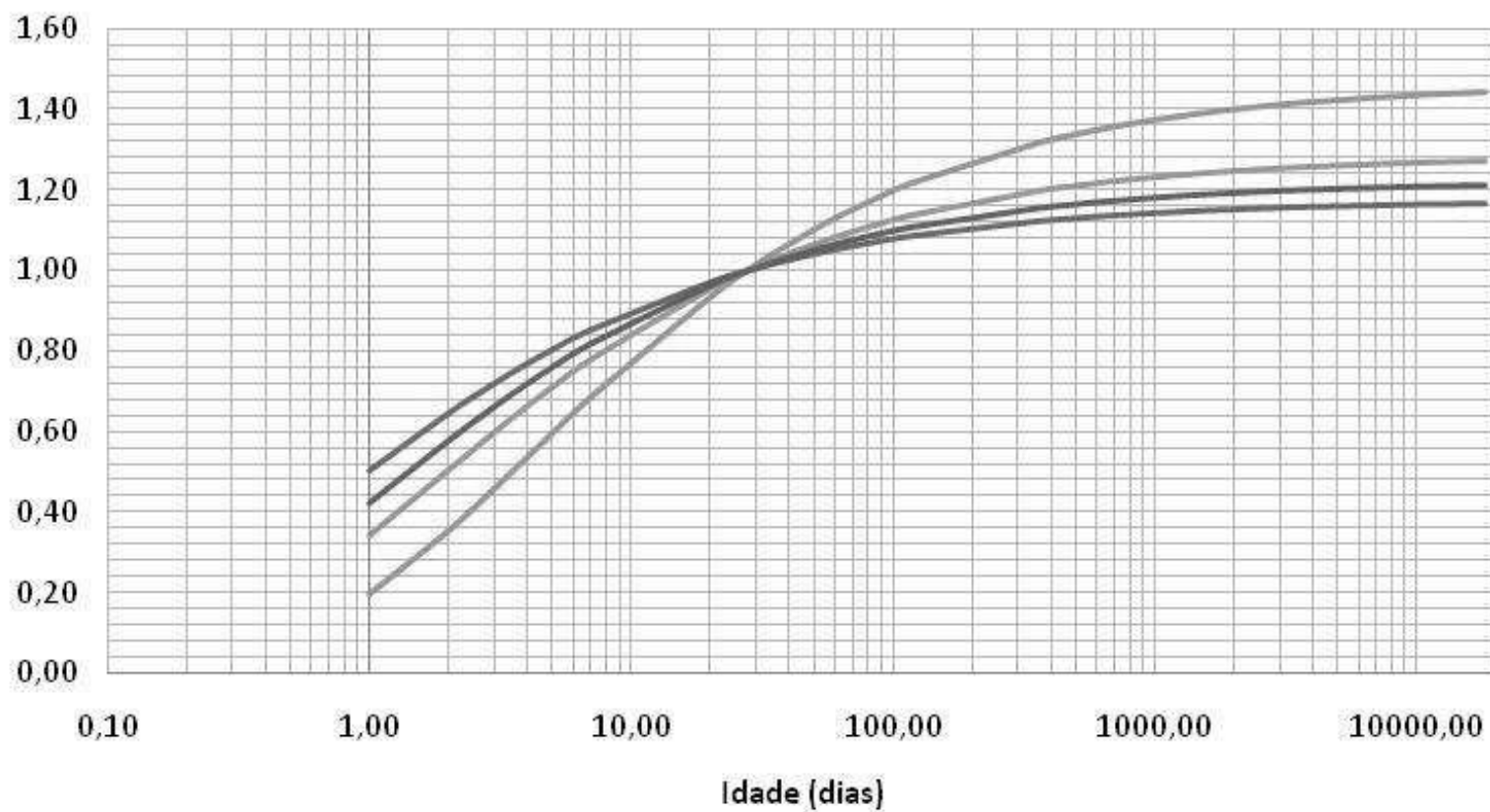
Crescimento da Resistência

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

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

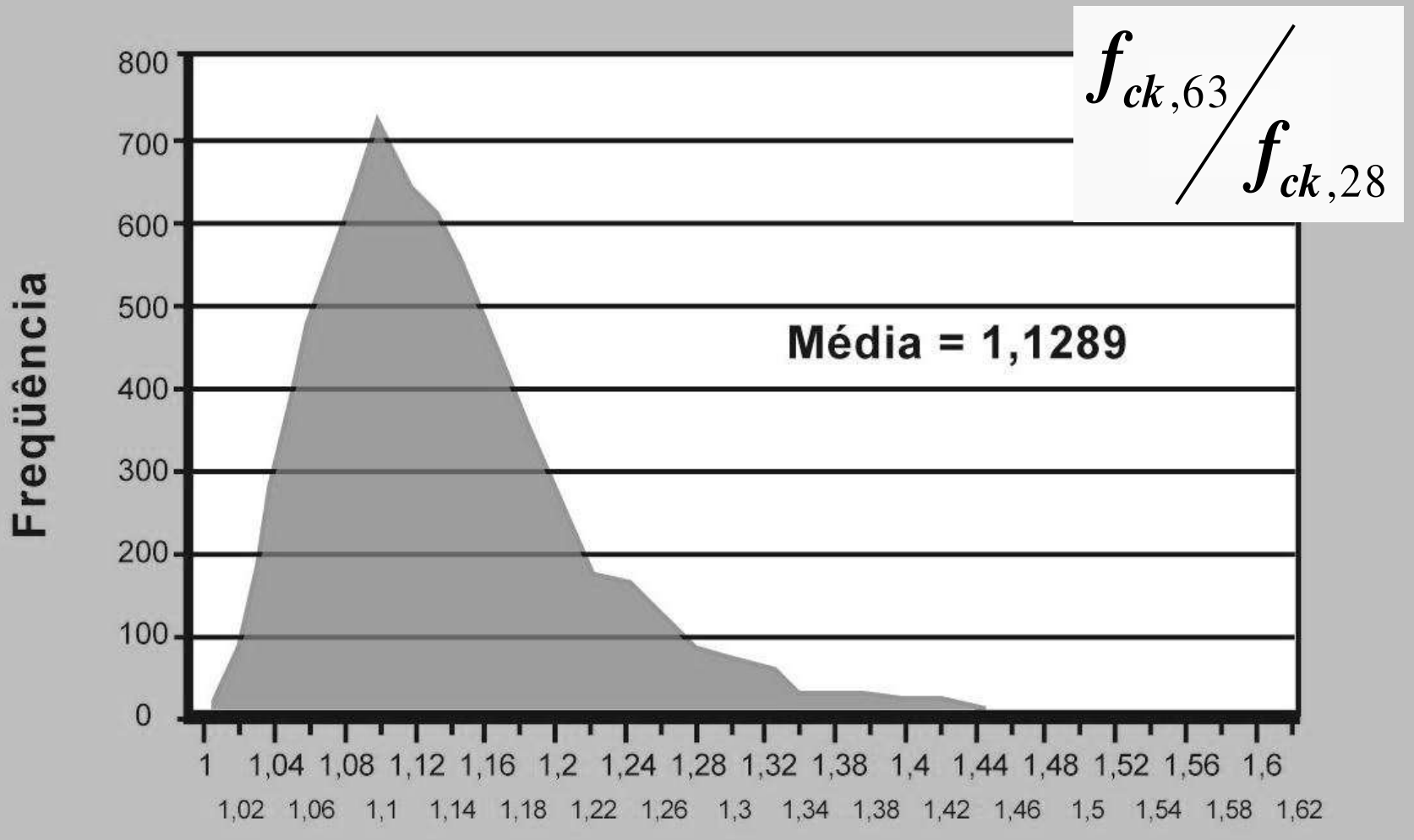
Gráfico

Evolução do crescimento da resistência do concreto sem carregar



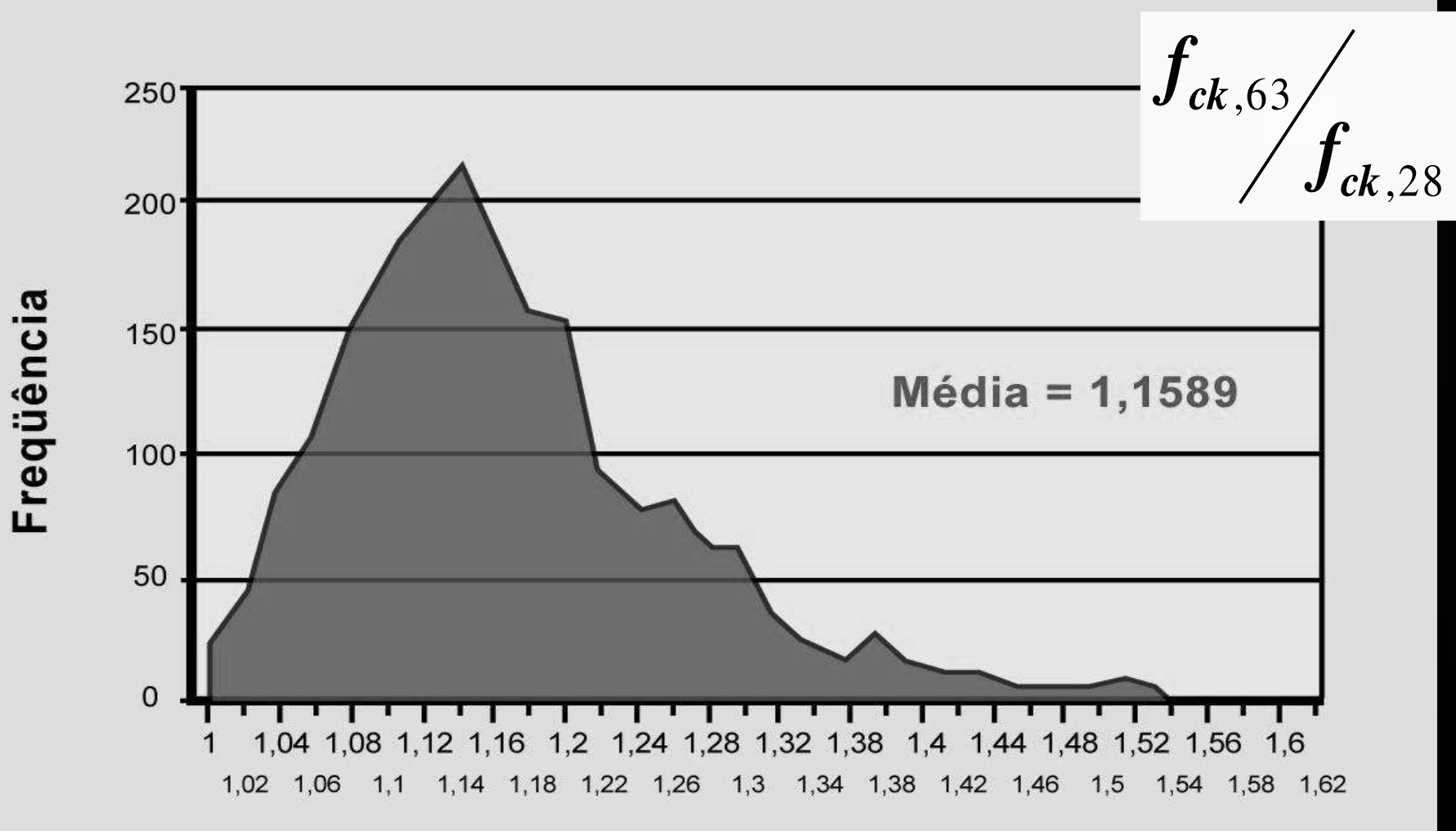
Análise Geral

8.429 Registros Analisados, todos os cimentos



Análise

2.046 Registros Analisados, CP III



Premissas

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

Relaxação das Resistências (efeito Rüschi)

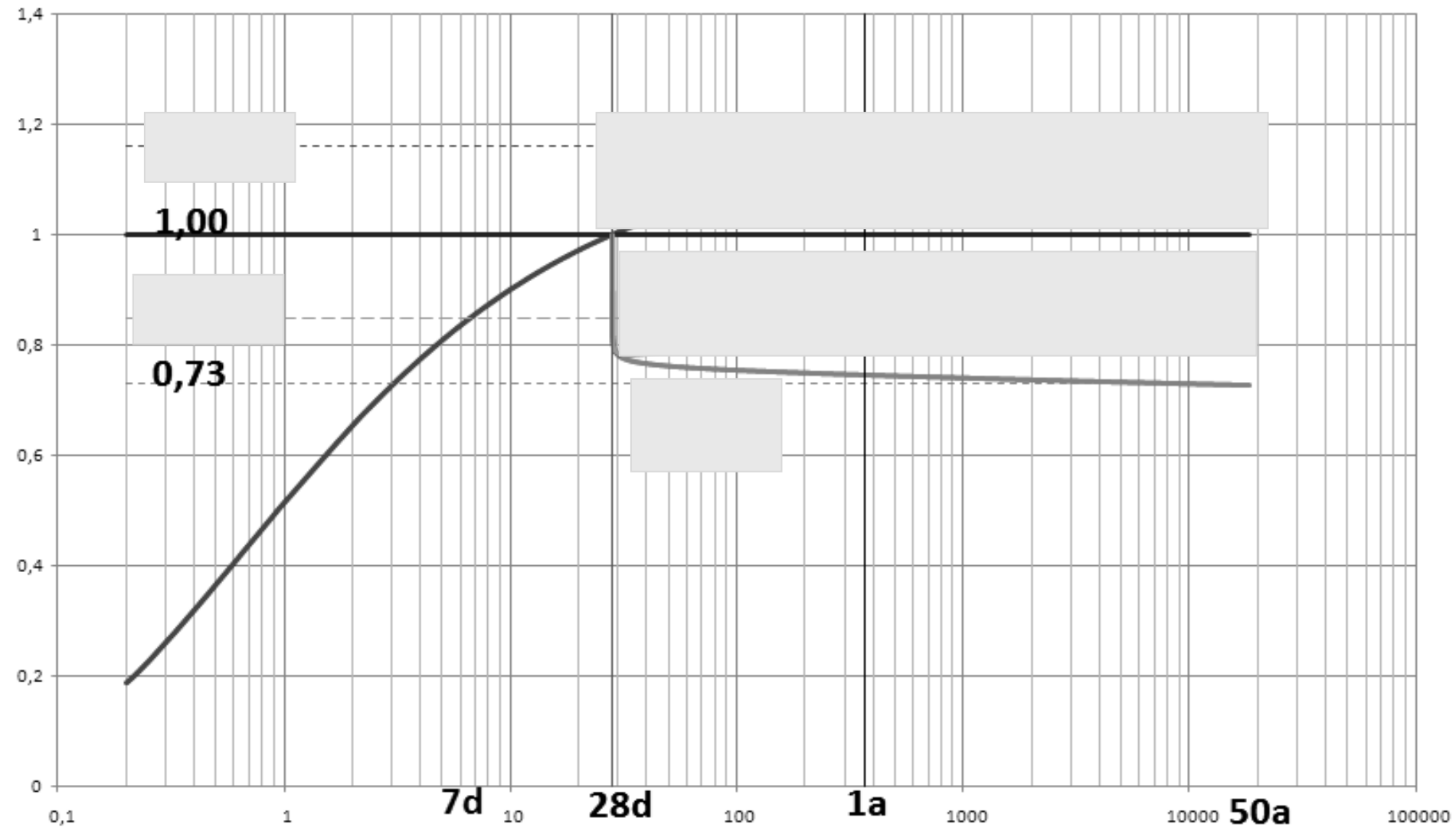
$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,t_0}} = 0,96 - 0,12 * \sqrt[4]{\ln\{72 * (j - t_0)\}}$$

→ j em dias

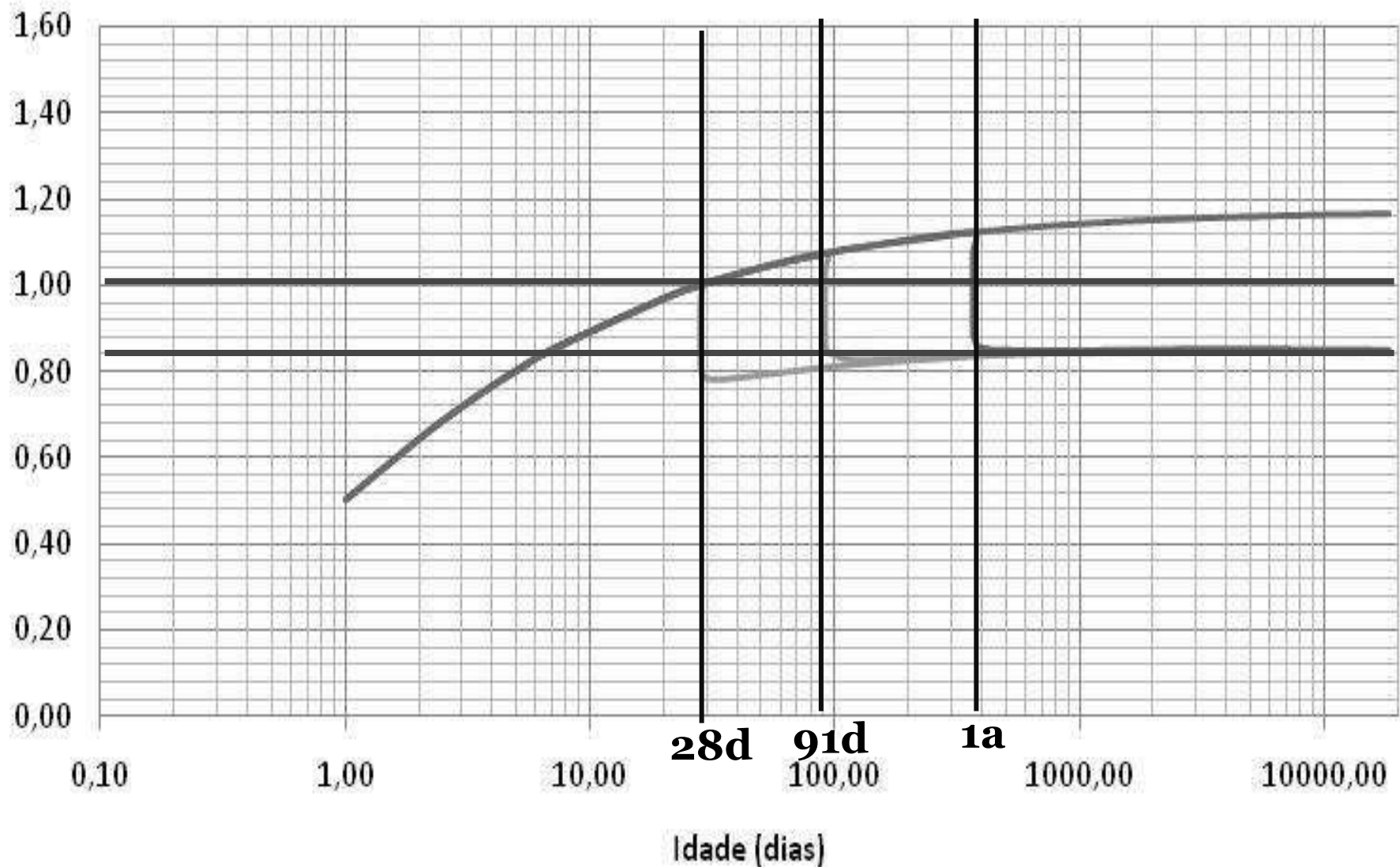
→ t_0 → idade de aplicação das cargas

→ $j - t_0 > 15$ minutos

Decréscimo da Resistência

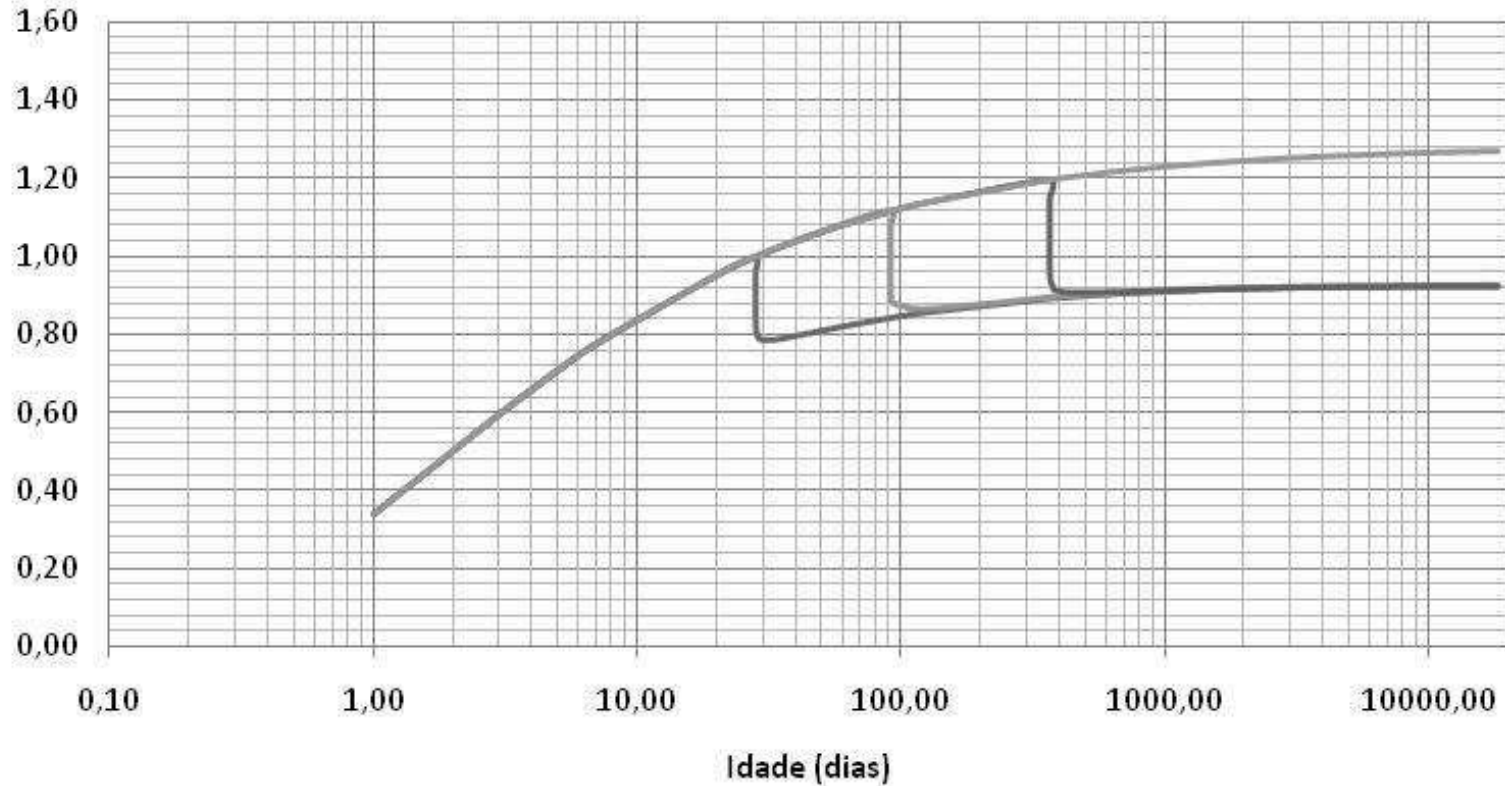


Evolução do crescimento do concreto 0,16 carregado



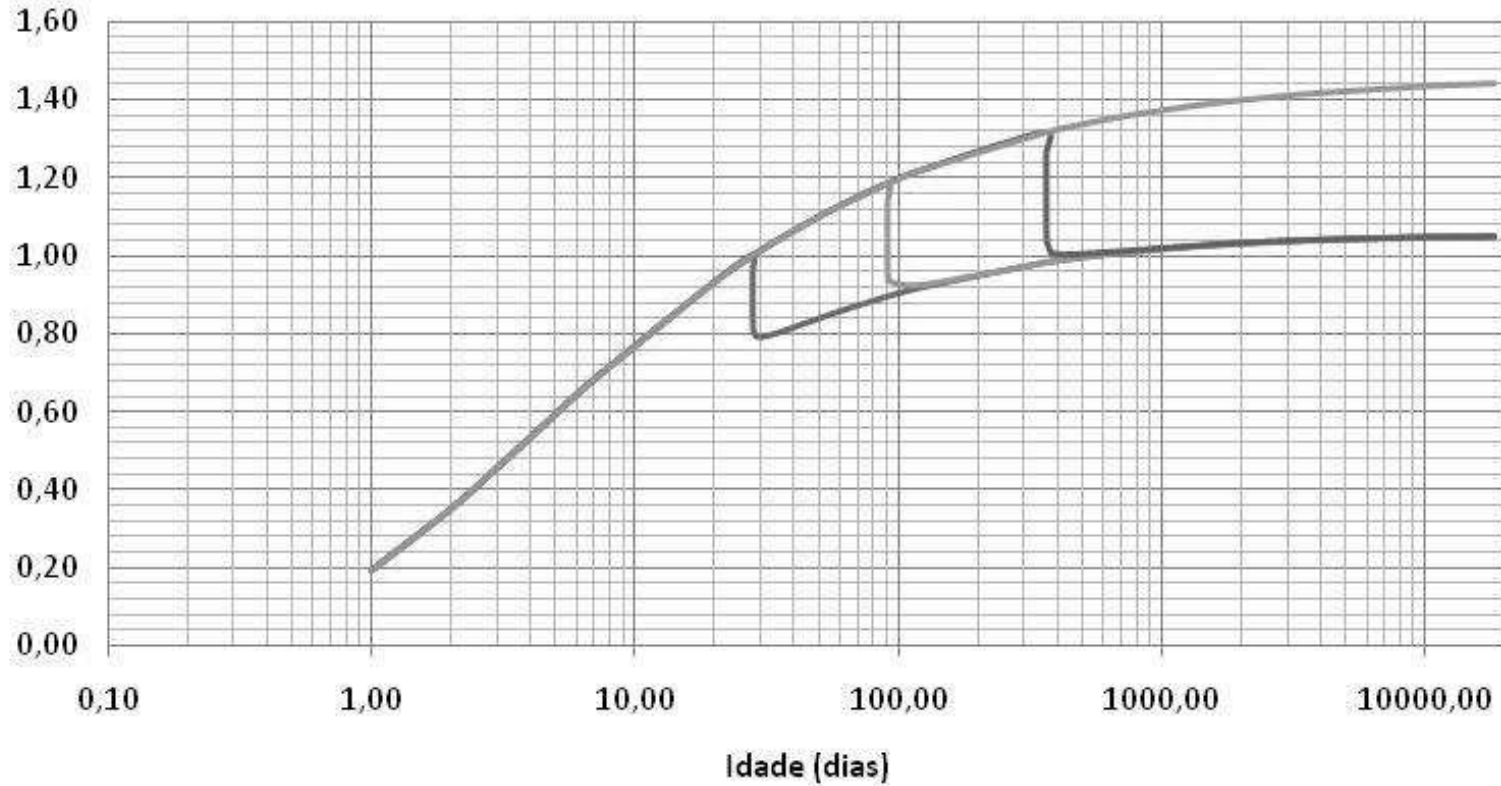
Gráfico

Evolução do crescimento do concreto 0,25 carregado



Gráfico

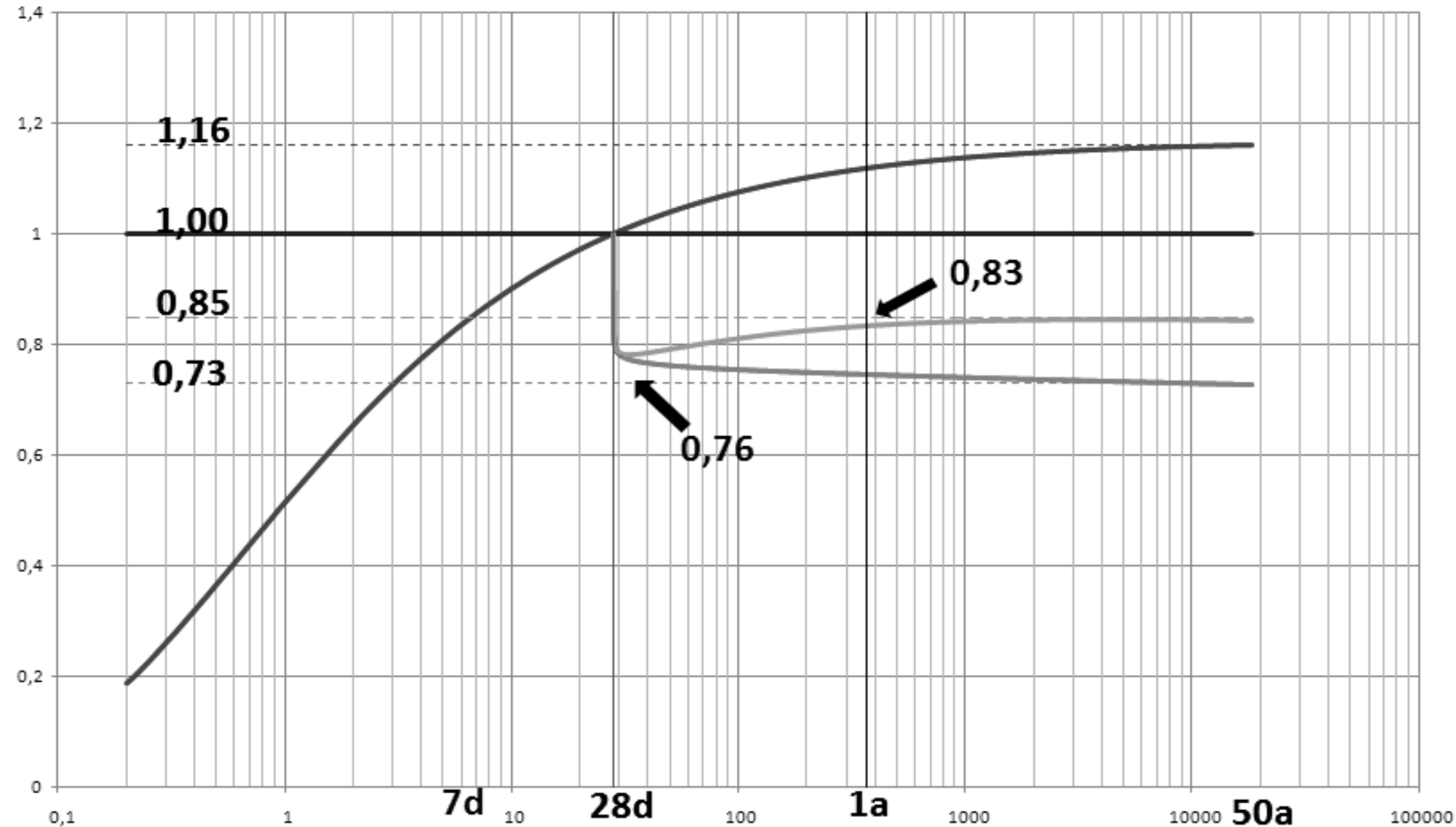
Evolução do crescimento do concreto 0,38 carregado



Premissas

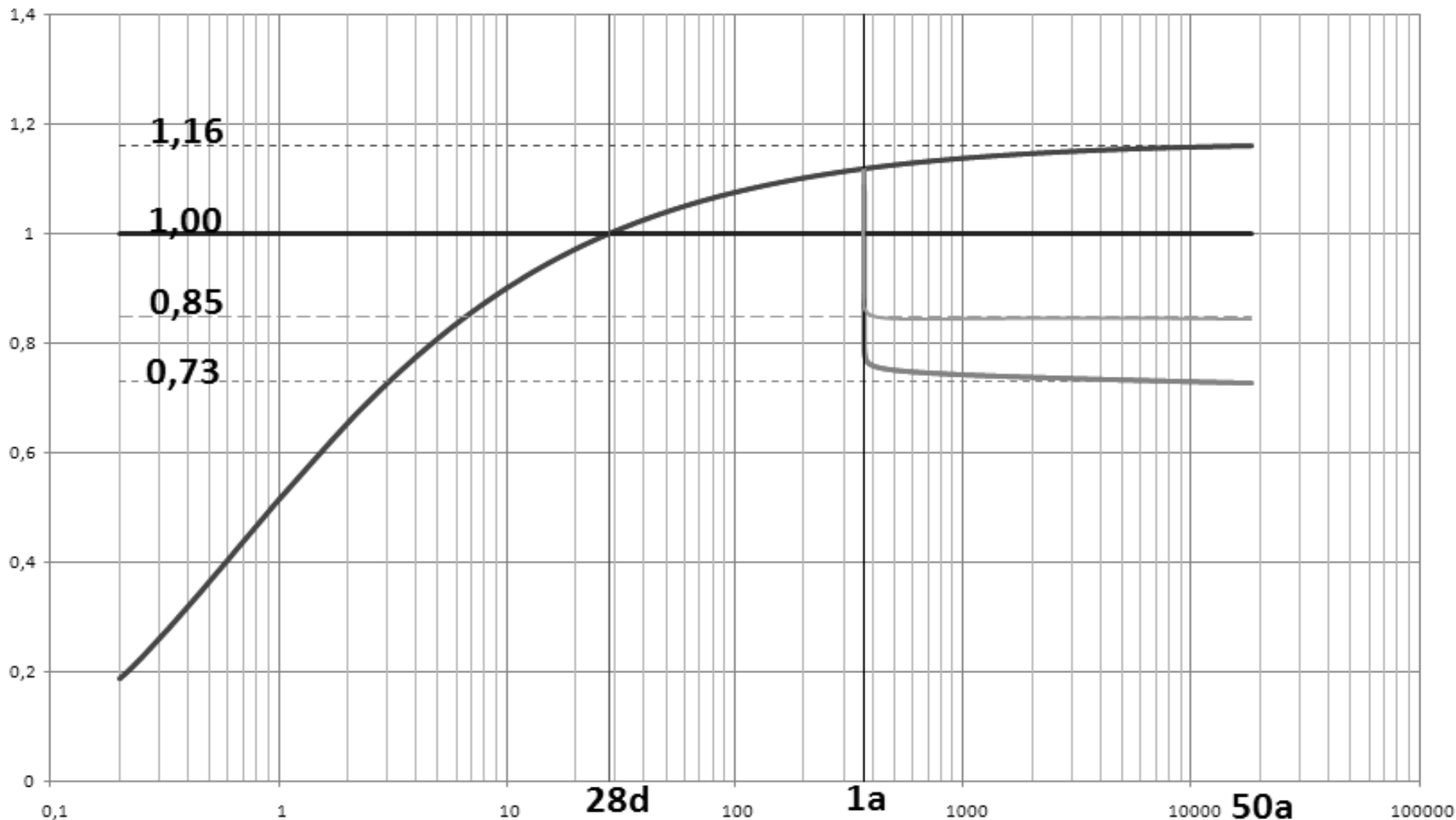
Combinando crescimento
com decréscimo a partir
de 28 dias ?

Resistência do Concreto “carregado” a 28dias

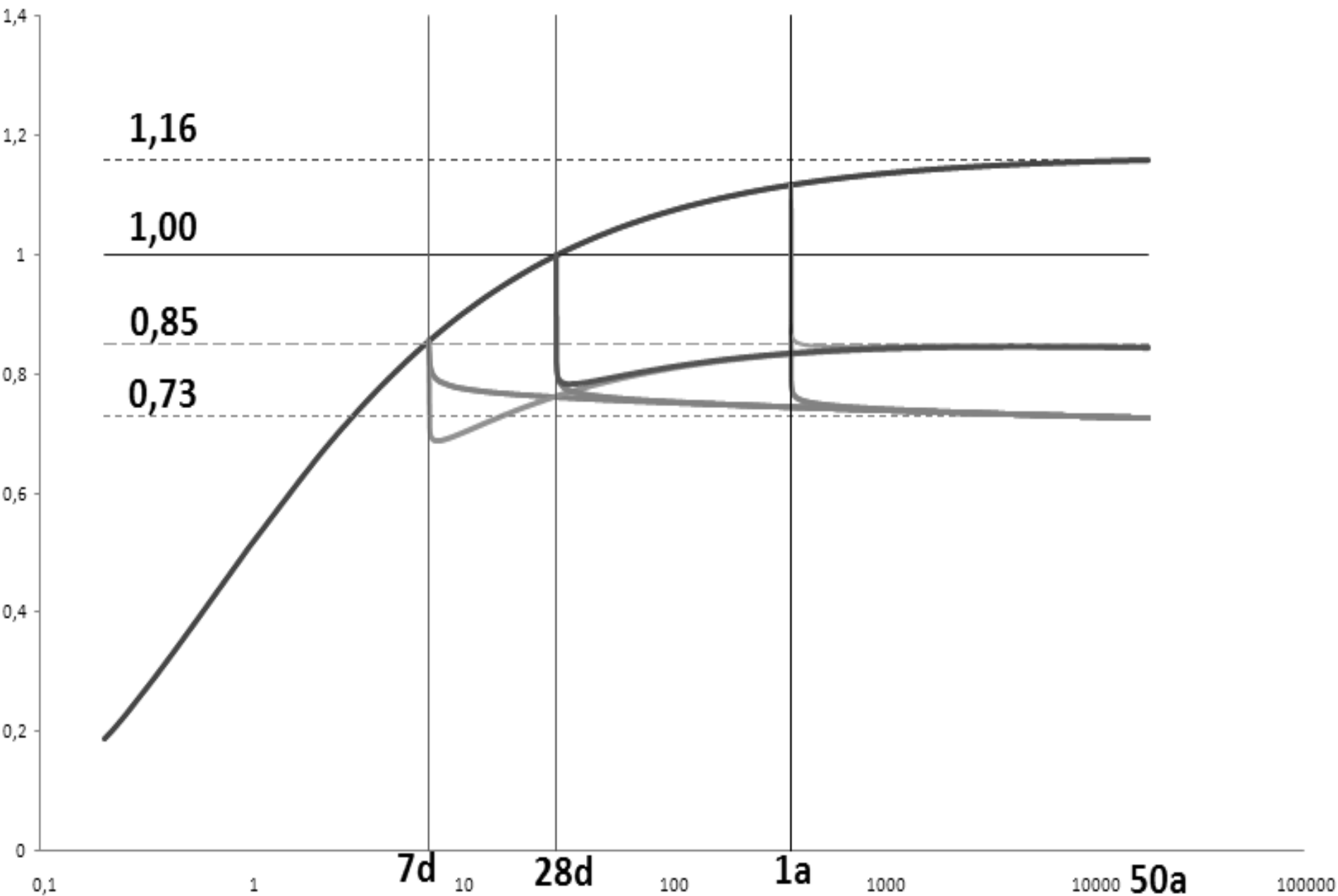


Resistência do Concreto “carregado” a 1ano

Evolução do crescimento da resistência do concreto carregado a 1 ano de idade



Evolução do crescimento da resistência do concreto carregado aos 7, 28 dias e 1 ano de idade



encerrando...

passar de moldado $f_{ck,est,28}$ para f_{ck}
NBR 8953

obtêm-se →

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



Brasserie

Café

Le Bon de Paris

1980
75001
PARIS
TEL. 29.68.97.35

Boulevard de Paris

Obrigado!

