



Escola Politécnica
Universidade de São Paulo



Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto

Vida Útil e Durabilidade das Estruturas de Concreto



III Seminário Nacional
de Pré-Fabricados de Concreto

Eng. Paulo Helene
Prof. Titular da Universidade de São Paulo
Presidente Red Reabilitar CYTED XV.F
Presidente do IBRACON

1

PONTE SOBRE O RIO GUAMÁ “O COLOSSO DO PARÁ”



2



3



**Aduelas
prefabricadas**

$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$

**média de
54 MPa
em corpos-de-
prova cilíndricos
(62MPa)**

**Vida Útil
100 anos!**

4



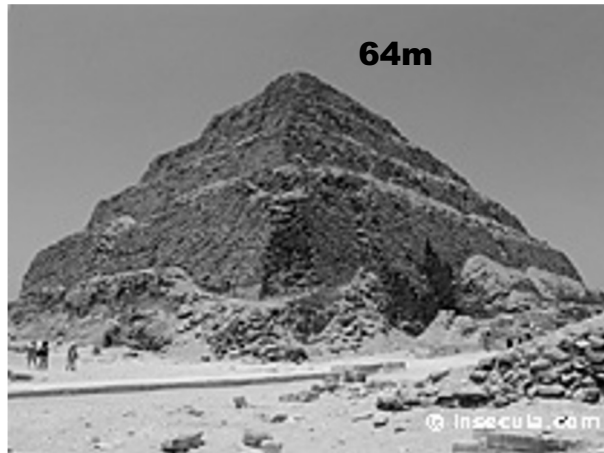
5

**QUANDO FOI
RECONHECIDA A
PROFISSÃO DE
ARQUITETO e
ENGENHEIRO CIVIL POR
PRIMEIRA VEZ ?**

6

Arquiteto e médico Imhotep

2790 A C



Pirâmide escalonada de Djeser

7



8

Construir com Materiais Resistentes e Duráveis

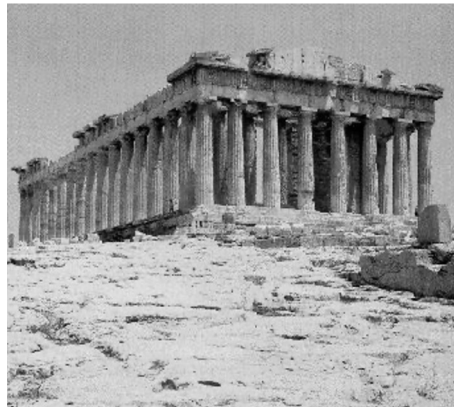
9

O CONCEITO DE CONSTRUIR COM DURABILIDADE EXISTE NAS OBRAS DESDE A ANTIGUIDADE

Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (*escultor Fídias*)



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”

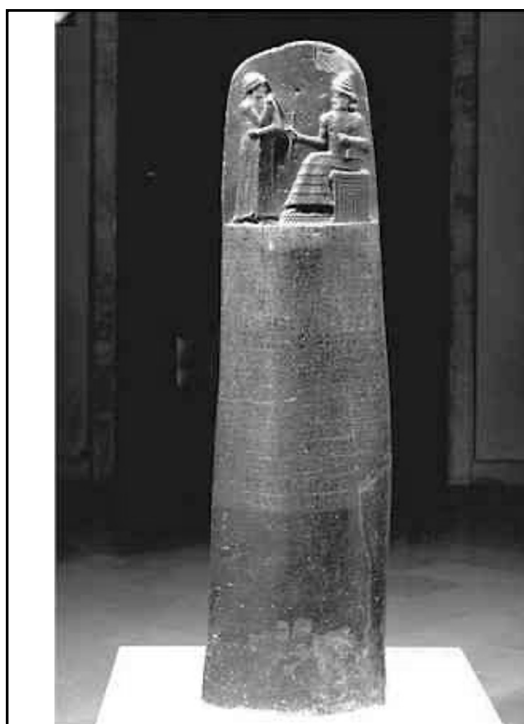


10

A CONSTRUÇÃO ESTÁ no PRIMEIRO CÓDIGO CIVIL da HUMANIDADE

“Durabilidade!”

11



**Código de Leis de
Hammurabi
(1780 a.C.)**

Rei da Babilonia

**Uma copia foi
gravada num bloco
de rocha diorito
negro com 2,4m de
altura contendo
282 artigos**

12

Código de Leis de Hammurabi

Artigos 229 a 233 → obras

229. Quando uma casa ou parte dela colapsar e matar o proprietário, o construtor deverá morrer;

230. Quando uma casa ou parte dela colapsar e matar o filho do proprietário, o filho do construtor deverá morrer;

231....

232.....

233....

13

Cartagena de Indias



14



15



16

Genesis, 11.4

O Povo de Deus disse:

**“ Vamos construir uma cidade e uma Torre
que alcance o Paraíso e deixe gravado
nosso nome na história antes de que
sejamos espalhados por toda a face da
Terra”**

17



18



19

**QUANDO APARECEU
O CONCRETO
POR PRIMEIRA VEZ
NA HISTÓRIA?**

20

Panteão
de
Roma



21

Cúpula do Panteão
Século II dC → Diâmetro de 47m



23

Séculos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colônia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris

XIX → Estruturas metálicas

24

Catedral de Notre Dame



1163-1330

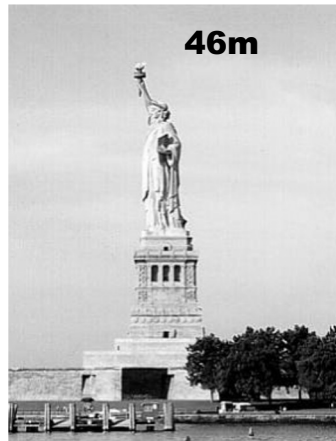
Abóbada da nave central → 35 m de altura

25

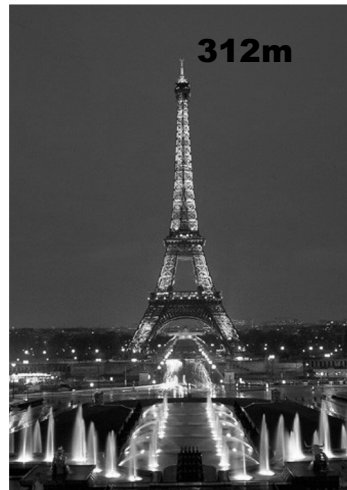
“Gustave Eiffel”

1884 → Estatua da Liberdade

1889 → Torre Eiffel



**(5a+2a)
60t
pintura**



2004 → 6.230.050 visitantes

26

**SÉCULO XX
1900**

**APARECE UM
NOVO MATERIAL**

Concreto Armado

27

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

28



Palacio Salvo
Montevidéu

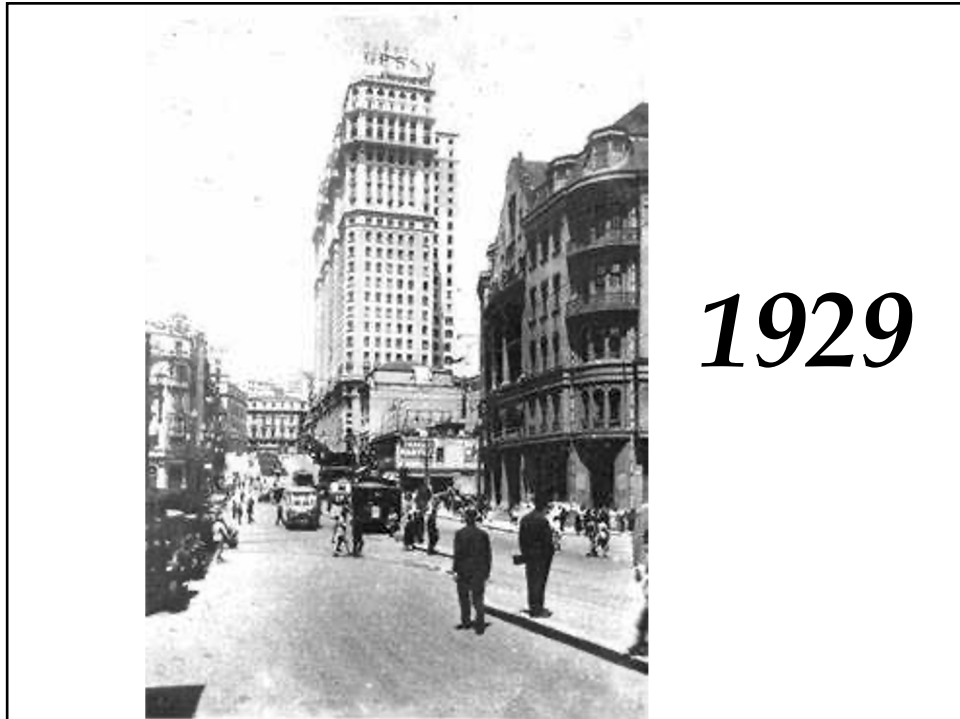
27 pavimentos

Uruguay 1925

Altura 103m

$f_{ck} = ?$
80 anos!!!!
record mundial

29



1929

30



Edifício Martinelli

São Paulo

30 pavimentos

Altura 109m

Rua Líbero Badaró

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$

1929-2006 = 77 anos

31



**Rascacielos
Kavanagh**

Buenos Aires

1935

32 pavimentos

Altura 120m

$f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$

32

**Torre
Parque Central
Caracas
Venezuela**

**1984
altura 221m
56 pisos**

**Ings
M. Paparoni & S. Oloma**

***Ibero America
Record
35MPa***

**Arqs
Enrique Siso & Daniel Shaw**

33

Naquela época acreditava-se que...

**Os PROBLEMAS de CORROSÃO e
de DURABILIDADE ESTAVAM
RESOLVIDOS DEFINITIVAMENTE
pois o AÇO seria PROTEGIDO
“ETERNAMENTE”
pelo CONCRETO**

34

Infelizmente
a história
demonstrou
que essa
expectativa
não é
verdadeira



O deterioro precoce da armadura se apresenta
frequentemente devido à elevada instabilidade do aço
frente a ambientes agressivos

35

**OBRAS COM PEÇAS
PRE-FABRICADAS
HÁ ALGUNS
25anos ATRÁS
?????**

36

**“Como podem
ser mais
Duráveis?”**

37

Durabilidade das Estruturas de Concreto

- 1. Envelhecimento**
- 2. Vida Útil**
- 3. Classificar Meio Ambiente**
- 4. Classificar o Concreto**
- 5. Modelos de Previsão**
- 6. Critérios de Projeto**
- 7. Proporcionamento dos Materiais**
- 8. Procedimentos de Execução**
- 9. Manutenção Preventiva**

38



ENVELHECIMENTO

- **Carbonatação**
- **Cloretos**
- **Fuligem**
- **Fungos**
- **Lixiviação**
- **Retração**
- **Sulfatos**
- **Álcali-agregado**
- **<< pH**
- **Corrosão**
- **Fissuração**
- **Destacamento**

39



40



41

ENVELHECIMENTO das ESTRUTURAS de CONCRETO

➤ **do CONCRETO**

➤ **da ARMADURA**

42

Durabilidade das Estruturas de Concreto

- 1. Envelhecimento**
- 2. Vida Útil**
- 3. Classificar Meio Ambiente**
- 4. Classificar o Concreto**
- 5. Modelos de Previsão**
- 6. Critérios de Projeto**
- 7. Proporcionamento dos Materiais**
- 8. Procedimentos de Execução**
- 9. Manutenção Preventiva**

43

Dona-de-casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio

Da Sucursal do Rio

A dona-de-casa Maria Borges Nascimento, 49, morreu ao ser atingida na cabeça por um pedaço de reboco do 12º andar de um prédio de apartamentos no centro da cidade, na av. Gomes Freire nº 740. A mulher morreu na hora, e teve a face desfigurada. O pedaço de reboco caiu, resvalou na marquise do prédio e acertou a dona-de-casa.

Maria estava voltando para casa com as compras feitas num supermercado da região. Ela morava sozinha com o filho, o estudante Nino André Borges Nascimento, 27. O síndico do prédio em que aconteceu o acidente, João Salvador, afirmou que a obra de recuperação da fachada já havia sido aprovada pelo condomínio, mas faltava orçar o serviço.

A Defesa Civil municipal interditou a área em torno do prédio, o que deve causar prejuízo aos estabelecimentos comerciais que funcionam no local. Segundo o diretor do Departamento de Engenharia do órgão municipal, Roberto Formiga Oberlaender, o local só será liberado após o condomínio contratar uma firma para retirar as partes da fachada que ofereçam risco de desabamento.

Na área térrea interditada funcionam uma padaria, uma distribuidora de bebidas. No prédio ao lado, em área também interditada, funcionam um pequeno hotel e um restaurante.



Corpo de Maria Borges coberto em frente ao prédio

Oberlaender afirmou que será dado ao condomínio um prazo para recuperação da fachada. Caso o prazo não seja cumprido, o condomínio terá que pagar multa. Muito abalado, o filho da dona-de-casa não quis comentar que providências legais tomará em relação ao caso.

Oberlaender disse que um dos

problemas do centro são os prédios antigos em mau estado de conservação. Além da má conservação do reboco, as marquises velhas são problemas apontados pelo diretor da Defesa Civil.

Segundo ele, os proprietários são obrigados a realizar obras de recuperação, mas a fiscalização não cabe à Defesa Civil.

VIDA ÚTIL

Período de tempo durante o qual a estrutura mantém certas características mínimas de segurança, estética, estabilidade e funcionalidade, sem necessidade de intervenção não prevista

ACI 318
ACI365.1R

service life
ACI 365.1R Chapter 1

Service life is the period of time after concrete placement during which all the properties exceed the minimum acceptable values when routinely maintained.

Three types of service life have been defined;

1. Technical service life is the time in service until a defined unacceptable state is reached, such as spalling of concrete;
2. Functional service life is the time in service until the structure needs change in functional requirements;
3. Economic service life is the time in service until replacement of the structure (or part of it) is economically more advantageous than keeping it in service.

46

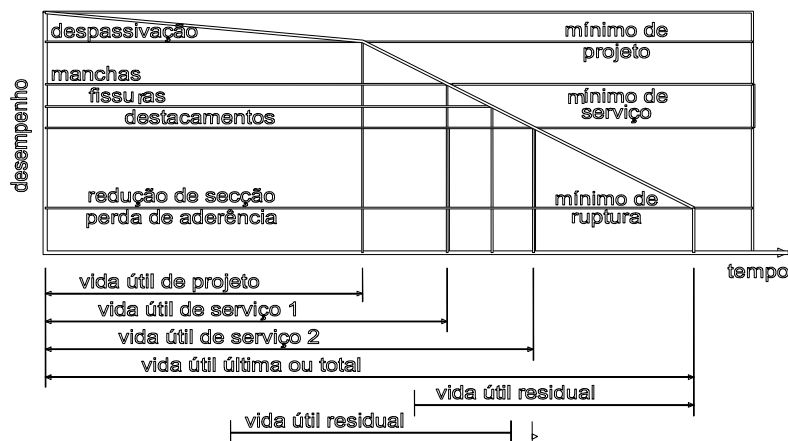
BS 7543, 1992 Guide to
Durability of Buildings and Building Elements,
Products and Components

Vida Útil	Tipo de estrutura
< 10 anos	temporárias
> 10 anos	substituíveis
>30 anos	ed.industriais e reformas
> 60 anos	ref. públicas e ed. novos
>120 anos	obras públicas e edificios

47

comentários

Vida Útil



Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando-se por referência o fenômeno de corrosão das armaduras

48

Durabilidade das Estruturas de Concreto

1. Envelhecimento
2. Vida Útil
3. Classificar Meio Ambiente
4. Classificar o Concreto
5. Modelos de Previsão
6. Critérios de Projeto
7. Proporcionamento dos Materiais
8. Procedimentos de Execução
9. Manutenção Preventiva

49

NORMA NBR 6118/2003

TABELA 1: Classes de agressividade ambiental.

Classe de Agressividade	Agressividade	Risco de Deterioração da Estrutura
I	Fraca	Insignificante
II	Média	Pequeno
III	Forte	Grande
IV	Muito forte	Elevado

50

NORMA NBR 6118/2003

TABELA 2: Classes de agressividade ambiental em função das condições de exposição.

macro-clima	micro-clima			
	interior das edificações		exterior das edificações	
	seco	úmido	seco	úmido
rural	I	I	I	II
urbana	I	II	I	II
marinha	II	III	-	III
industrial	II	III	II	III
específico	II	III ou IV	III	III ou IV
respingo de maré	-	-	-	IV
submersa $\geq 3m$	-	-	-	I
solo	-	-	I	II, III, IV

51

Durabilidade das Estruturas de Concreto

- 1. Envelhecimento**
- 2. Vida Útil**
- 3. Classificar Meio Ambiente**
- 4. Classificar os Concretos**
- 5. Modelos de Previsão**
- 6. Critérios de Projeto**
- 7. Proporcionamento dos Materiais**
- 8. Procedimentos de Execução**
- 9. Manutenção Preventiva**

52

Classificação da Resistência dos Concretos ao Meio Ambiente

- | | |
|-----------------------|---|
| • efêmeros | $0,65 > a/c > 0,60$ |
| • normais | $0,60 > a/c > 0,55$ |
| • resistentes | $0,55 > a/c > 0,50$ |
| • duráveis | $0,50 > a/c > 0,45$ |
| • excepcionais | $a/c < 0,40$ |

53

Correspondencia entre agressividade do ambiente e durabilidade do concreto

Classe de agressividade	Classe recomendável de concreto
I fraca	efêmero, normal resistente e durável
II média	normal, resistente e durável
III forte	resistente e durável
IV muito forte	durável

54

Durabilidade das Estruturas de Concreto

- 1. Envelhecimento**
- 2. Vida Útil**
- 3. Classificar Meio Ambiente**
- 4. Classificar os Concretos**
- 5. Modelos de Previsão**
- 6. Critérios de Projeto**
- 7. Proporcionamento dos Materiais**
- 8. Procedimentos de Execução**
- 9. Manutenção Preventiva**

55

durabilidade da estrutura de concreto regra dos 4C

- **Compactação ou adensamento**
- **Cura efetiva**
- **Composição ou traço do concreto**
- **Cobrimento**

56

critérios generalidades

- a) prever drenagem eficiente;
- b) evitar formas arquitetônicas e estruturais inadequadas;
- c) garantir concreto de qualidade apropriada, particularmente nas regiões superficiais dos elementos estruturais;
- d) garantir cobrimentos de concreto apropriados para proteção às armaduras;
- e) detalhar adequadamente as armaduras;
- f) controlar fissuração das peças;
- g) prever espessuras de sacrifício ou revestimentos protetores em regiões sob condições de exposição ambiental muito agressivas; e
- h) definir um plano de inspeção e manutenção preventiva.

57

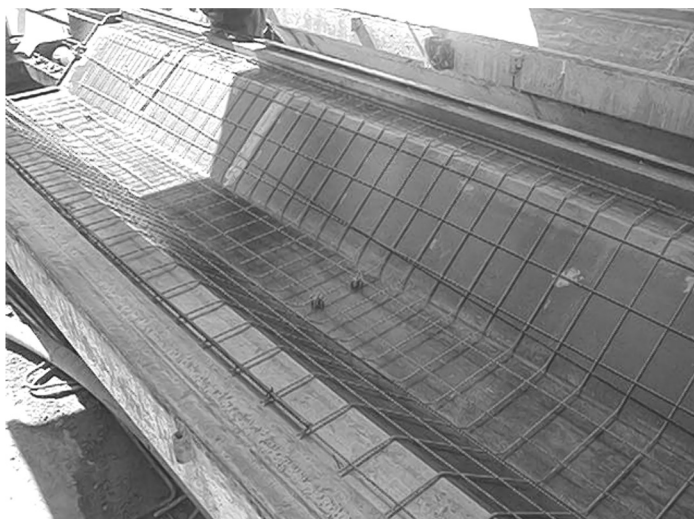
FABRICAÇÃO de PEÇAS PRÉ-MOLDADAS



58

FABRICAÇÃO de PEÇAS PRÉ-MOLDADAS

1) Colocar a tela dobrada sobre a fôrma com os espaçadores inferiores (BPE 20 mm);



59

FABRICAÇÃO de PEÇAS PRÉ-MOLDADAS



4) Retirar restos de arame com ar comprimido e imã.



60

FABRICAÇÃO de PEÇAS PRÉ-MOLDADAS



espassadores

limpeza ar comprimido



61

FABRICAÇÃO de PEÇAS PRÉ-MOLDADAS



1) Cortar o excesso de cordoalha e realizar o acabamento da cabeceira das telhas com disco diamantado;



2) Com o auxílio de uma espátula, aplicar adesivo epóxi bi-componente nas cordoalhas que foram cortadas;

62

MODELOS de PREVISÃO de VIDA ÚTIL

- **Experiência**
- **Ensaaios Acelerados**
- **Mecanismos de Transporte**
- **Estocásticos**

63

National Association of Cement Users
Philadelphia, USA, Feb.1910

**STANDARD BUILDING
REGULATIONS for the USE
of REINFORCED CONCRETE**

“the main reinforcement in column shall be protect by a minimum of two inches (> 5cm) of concrete cover, reinforcement in girders and beams by one and one-half inches (>3,8cm) and floor slabs by one inch (>2,5 cm).”

64

ACI 318 / 2002

No solo $c > 76\text{mm}$

À intempérie

$c > 51\text{mm}$ p/ $d > 19\text{mm}$

$c > 38\text{mm}$ p/ $d < 16\text{mm}$

interiores

lajes/paredes

$c > 38\text{mm}$ p/ $d > 19\text{mm}$

$c > 19\text{mm}$ p/ $d < 16\text{mm}$

vigas/pilares

$c > 38\text{mm}$

65

Associação Brasileira de Concreto
São Paulo, Brasil. Jul. 1931

REGULAMENTO para
as CONSTRUÇÕES em CONCRETO ARMADO

- ✓ Água não conter cloreto, sulfatos e matéria orgânica
- ✓ Cobrimento $\geq 1\text{cm}$ p/lajes interiores e $\geq 1.5\text{cm}$ p/exterior
- ✓ Cobrimento $\geq 1.5\text{cm}$ p/pilares e vigas $\geq 2\text{ cm}$ p/exterior

66

MODELOS de PREVISÃO de
VIDA ÚTIL

- **Experiência**
- **Ensaio Acelerados**
- **Mecanismos de Transporte**
- **Estocásticos**

67

Ingresso de gases e fluidos

- Permeabilidade
- Capilaridade
- Difusibilidade
- Migração
- Convecção

68

Cloretos - difusão

$$t = \frac{c_{Cl}^2}{4 \cdot z^2 \cdot D_{ef,Cl}^{1/2}} \text{ (anos)}$$

$$c_{Cl} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$$

$$D_{ef,Cl} \rightarrow 0,15 \text{ a } 2,7 \text{ cm}^2/\text{ano}$$

69

Cloretos - difusão

$$e = 2,0 \text{ cm}$$

$$f_{ck} = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 4 \text{ anos}$$

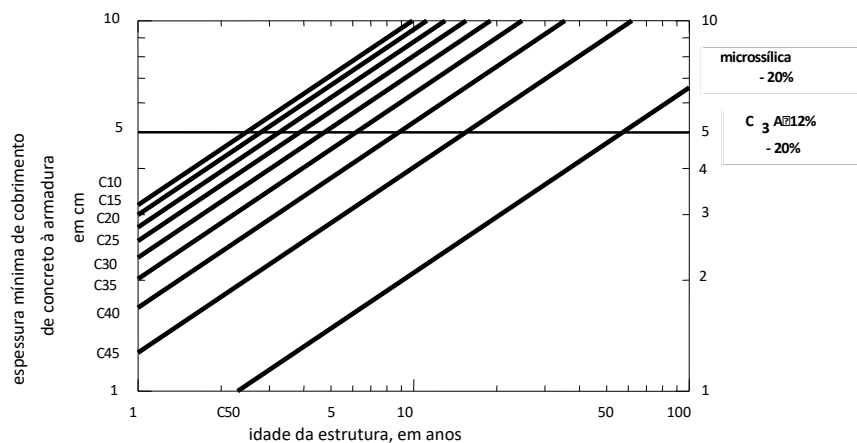
$$f_{ck} = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 150 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 23 \text{ anos}$$

70

referência

Difusão de cloretos em faces externas
de componentes estruturais de concreto
expostos à zona de respingos de maré



71

MODELOS de PREVISÃO de VIDA ÚTIL

- **Experiência**
- **Ensaio Acelerado**
- **Mecanismos de Transporte**
- **Estocásticos**

72

Métodos Estocásticos

- **Estatístico comb. Determinístico**
- **teoria das falhas → distribuição de Weibull**
- **conceito de risco (probabilidade de falha x prejuízo causado)**

73

Métodos Estocásticos

probabilidade de falha:

$$\beta(t) = \frac{\mu(R,t) - \mu(S,t)}{\{\sigma^2(R,t) + \sigma^2(S,t)\}^{0,5}}$$

74

Carbonatação

$$S \rightarrow c_{CO_2} = k_{CO_2} \cdot t^{0,5} \rightarrow v = 0,6$$

$$R \rightarrow c \rightarrow v = 0,2$$

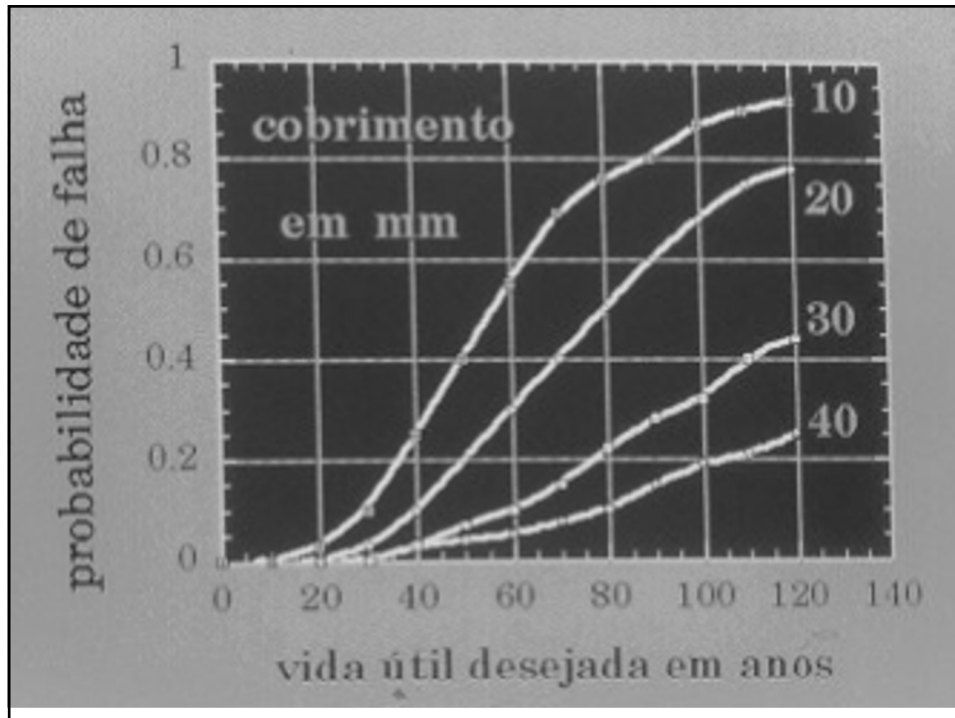
qual é o c p/ 50 anos c/ quantil de 10%?

$$\beta = 1,28$$

$$p/ 15 \text{ MPa} \rightarrow c = 55 \text{ mm}$$

$$p/ 40 \text{ MPa} \rightarrow c = 15 \text{ mm}$$

75



76

Modelo de Previsão

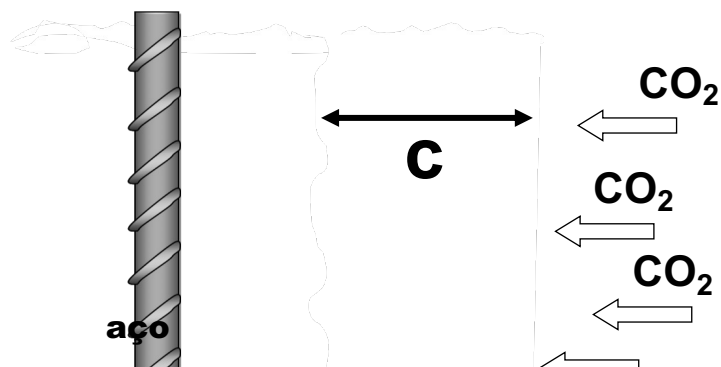
$$c = k \cdot \sqrt{t}$$

- **c** → profundidade de penetração
- **k** → coeficiente de penetração
- **t** → tempo transcorrido

77

Carbonatação

$$c = k \cdot \sqrt{t} \quad (\text{cm})$$



78

Carbonatação

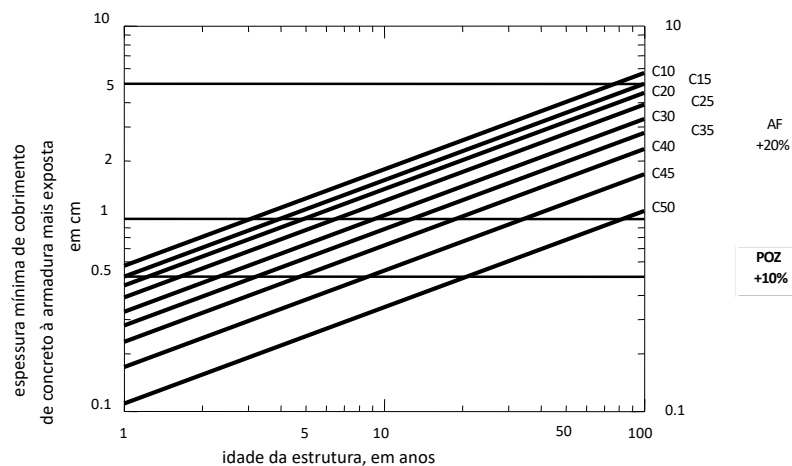
$$t = \frac{c^2}{k_{CO_2}^2} \quad (\text{anos})$$

➤ $c_{CO_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$ $t = \frac{c^2}{k_{CO_2}^2}$

➤ $k_{CO_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/ano}^{1/2}$

79

Carbonatação em faces externas dos componentes estruturais de referência concreto expostos à intempérie



80

Carbonatação

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$e = 1,0 \text{ cm} \rightarrow t = 10 \text{ anos}$$

$$e = 2,5 \text{ cm} \rightarrow t = 60 \text{ anos}$$

$$e = 4,0 \text{ cm} \rightarrow t = 160 \text{ anos}$$

81

Carbonatação

para $\rightarrow c = 2,5 \text{ cm}$

- $f_{ck} = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 12 \text{ anos}$
- $f_{ck} = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 350 \text{ anos}$
- $f_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 65 \text{ anos}$

82



83



250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Como a Master Engemix, a pioneira, quando foi usada na construção do núcleo central da Torre Norte do Centro Empresarial Nages Unibau, um bloco de 20m x 24m x 8m, correspondente a 2.624 m² de concreto, lançado em 23 horas ininterruptas. Com a utilização de 360 toneladas de aço para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um iceberg de 4m x 4m x 2m. Ou seja, a Concretora Engemix previu, para a montagem de um único lançamento, um núcleo de 36 parafusos e 150 metros, e mais alto de São Paulo, com 26.000 m² de CVD e concreto de alto desempenho. Resultados que hoje são sendo alcançados por engenheiros e técnicos como em três grandes parâmetros de atuação do CVD: a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no 1º estágio. E a mais veloz do CVD no Brasil, e não deixa qualquer tipo de problema pela primeira vez 250 anos, ou até 2500, segundo pesquisas e estudos realizados por consultores e técnicos especializados para o desenvolvimento e aplicação de altíssima performance.

O resultado é que, mais o Centro Empresarial Nages Unibau é também uma verdadeira obra de engenharia de concretagem brasileira. E as soluções propostas para consultores e construtores, além de serem seguras, também são a expressão da competência da Engemix. Que garante ao sempre crescente uso, apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, potencialização das propriedades dos agregados em estruturas de concreto, na qualidade, eliminação de rebarbas e de caracterização do concreto no final.

Quem precisa de solução segura em concretagem não tem medo. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX®

84



Aplicação de fenolftaleína

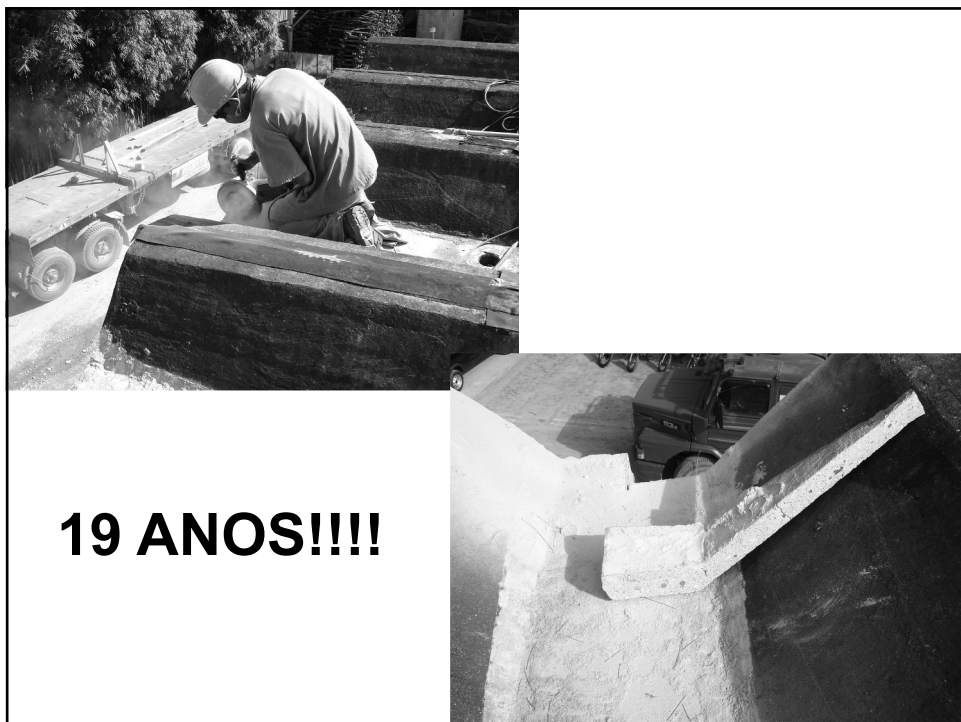
Telha com 10 anos



85



86



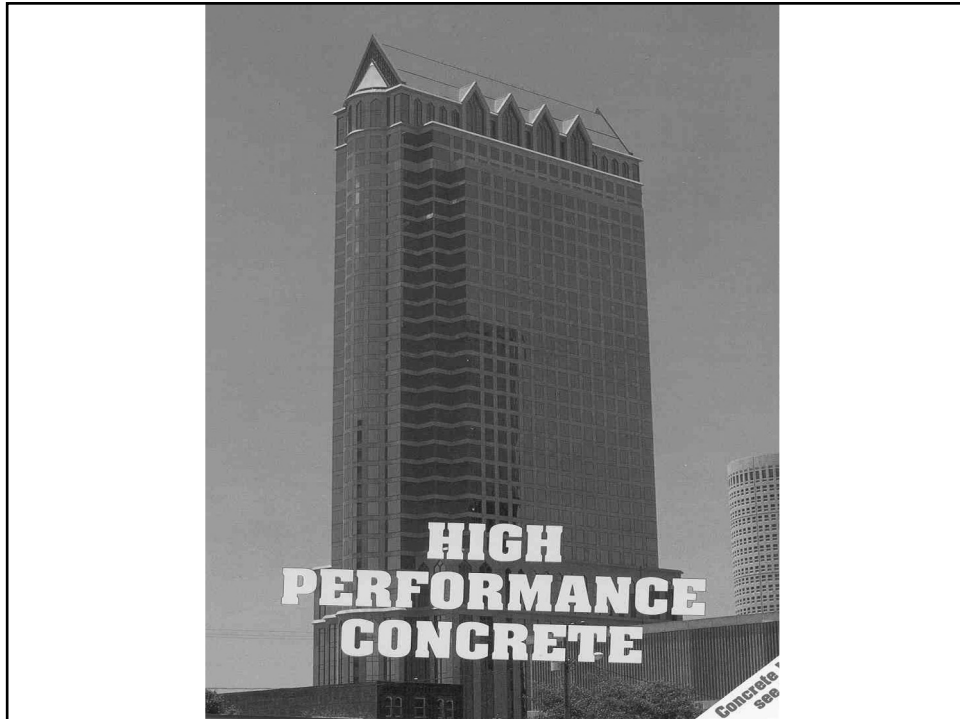
87



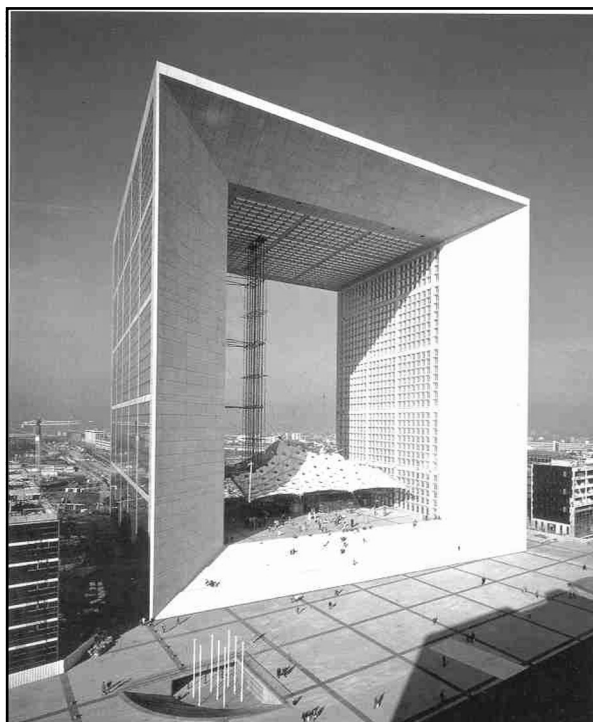
88

Itapevi - Grande São Paulo
Clima: Subtropical.
Atitude: Média: 770 m
Clima: chuvoso, úmido
Temperatura entre 18° e 19°C.
UR % = 75%.
A protensão das telhas é total.

89



90



Grand Arch

La Defense

Paris

França 1990

$f_{ck} = 60 \text{ MPa}$

**“high-tech
style”**

91

Melhora arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

Bruno Contarini



Oscar Niemeyer

Superior Tribunal de Justiça

92

Mário Franco



UNIQUE
Hotel SP
= 50MPa
2002

Ruy Othake

93



Petronas Towers

Kuala Lumpur

Malásia 1999

Altura 452 m

$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

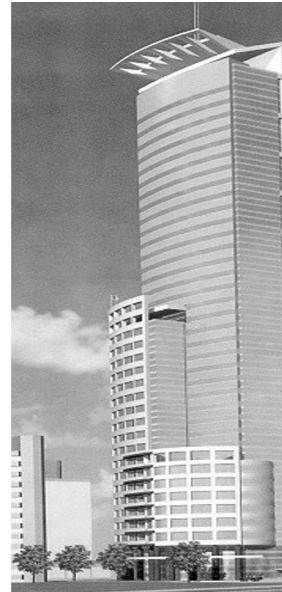
record mundial

94



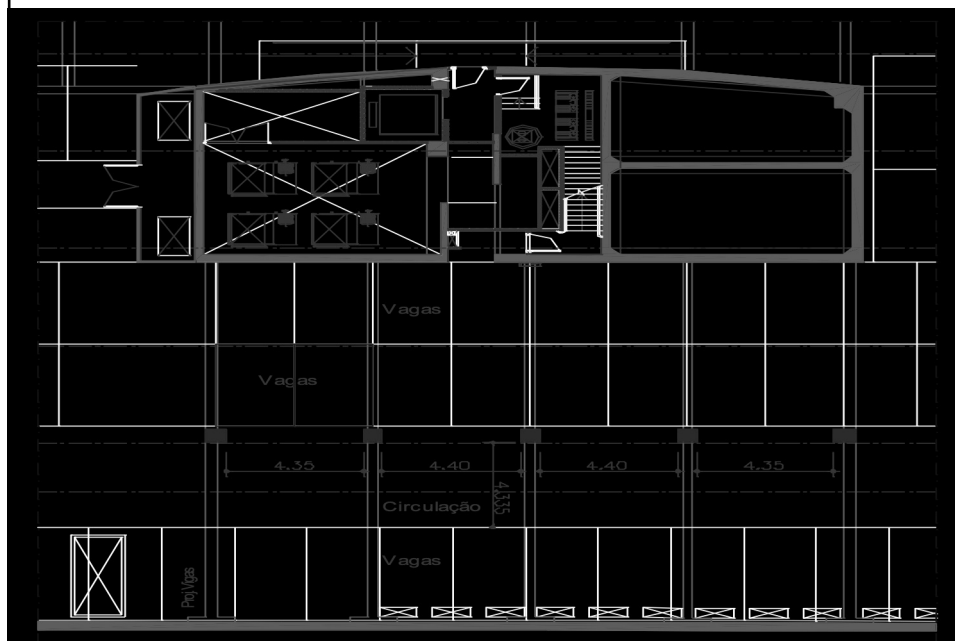
95

- ▼ Edifício e-Tower SP
- ▼ 42 pavimentos
- ▼ Heliponto
- ▼ Piscina semi-olímpica
- ▼ Academia de ginástica
- ▼ 2 restaurantes
- ▼ Concreto colorido
- ▼ f_{ck} pilares = 80 MPa

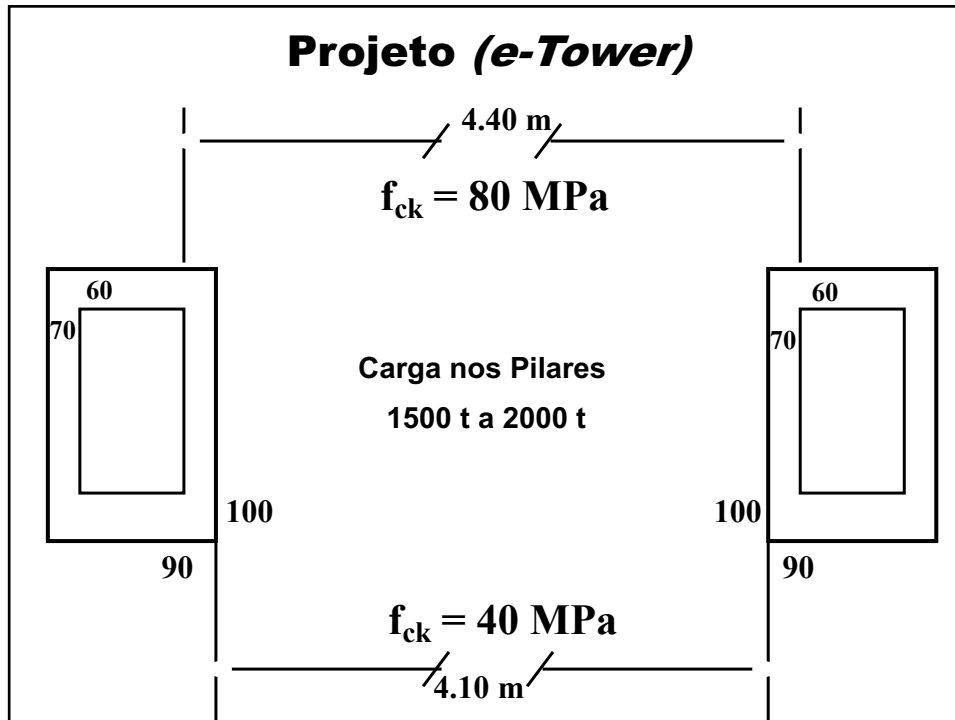


96

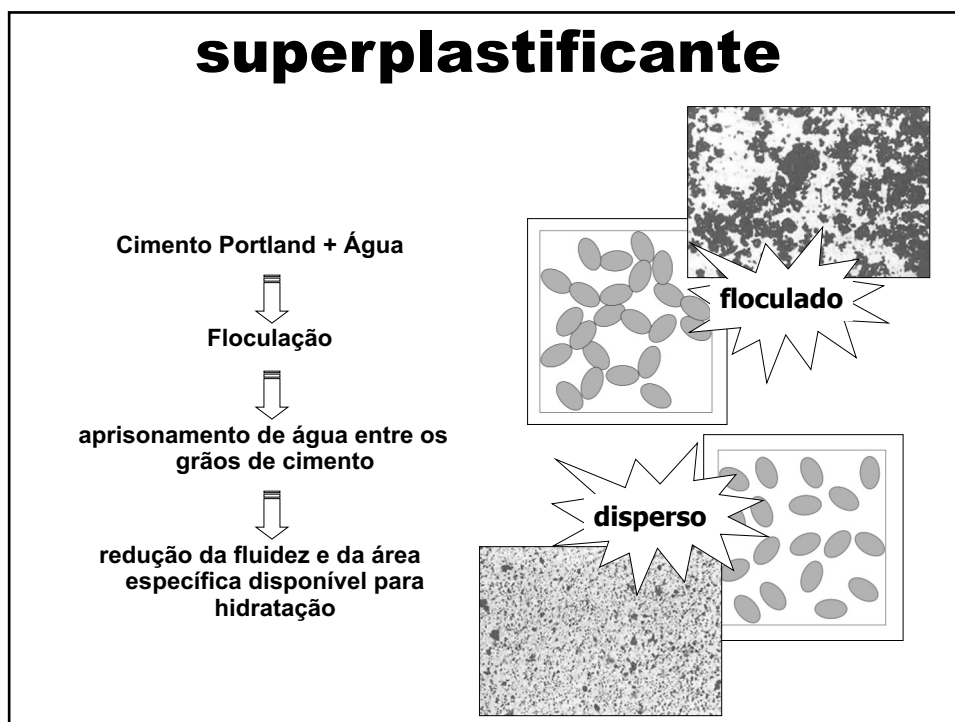
Projeto (e-Tower)



97



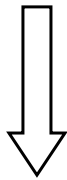
98



99

Adições Minerais

Para obter maior
compacidade e maior
resistência mecânica



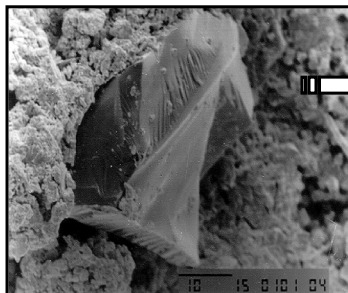
Adições minerais ativas

Metacaulim e sílica ativa

- estrutura mais compacta
- reagem com a cal livre melhorando a resistência e a durabilidade

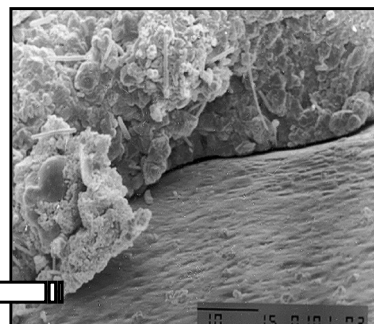
100

ADIÇÕES MINERAIS



Aumento 1500x

Concreto convencional



Aumento 1500x

Concreto com
**Metacaulim ou
Sílica Ativa**

101

PIGMENTOS VERMELHOS

- ✓ Oxido de ferro Fe_2O_3 > 98%
- ✓ grau 8 de solidez a luz solar
- ✓ 0,5% de sais solúveis
- ✓ 99,95% diâmetro de partícula < 0,045mm (#325) 0,05% de retenção
- ✓ Densidade 4.500 kg/m³
- ✓ Formato Partícula: Esférica
- ✓ EN 12878 y ASTM C 979

102



103

Concretando os pilares experimentais de periferia

104

Materiais



105



106



107



108



109

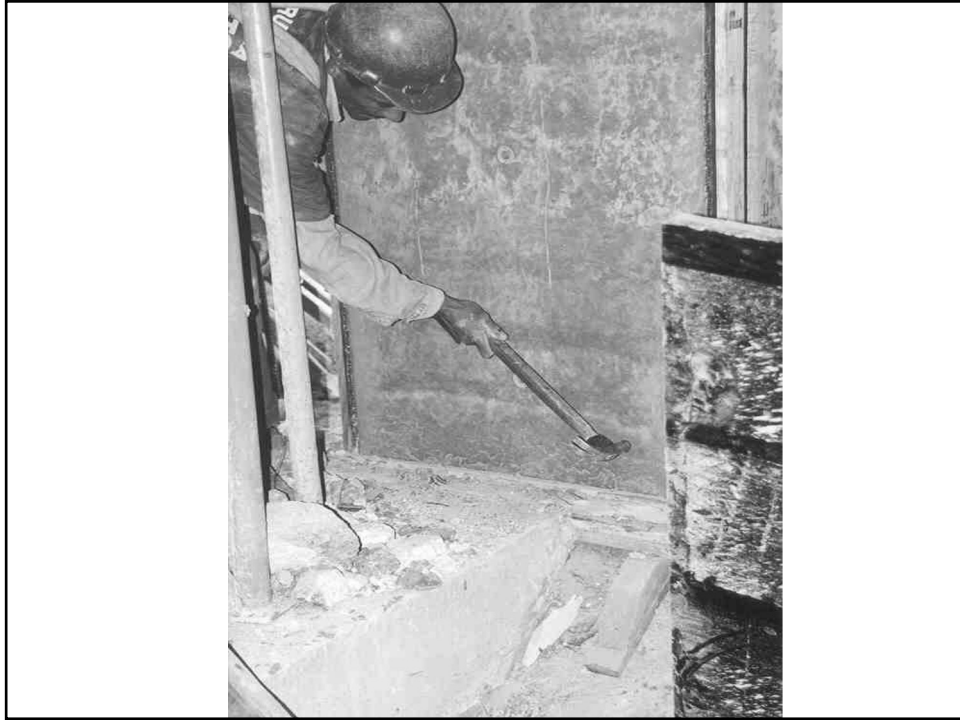


110

Tempo e temperatura

Controle de tempo	
Horário de início da mistura	12:55
Horário da saída da central	13:35
Horário chegada obra	14:30
Horário término da concretagem	16:00
Temperatura concreto na chegada na obra	
37,5 °C	

111

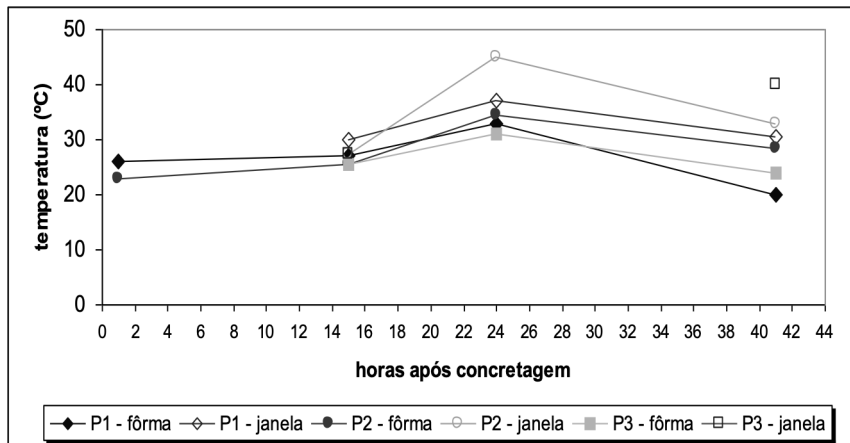


112



113

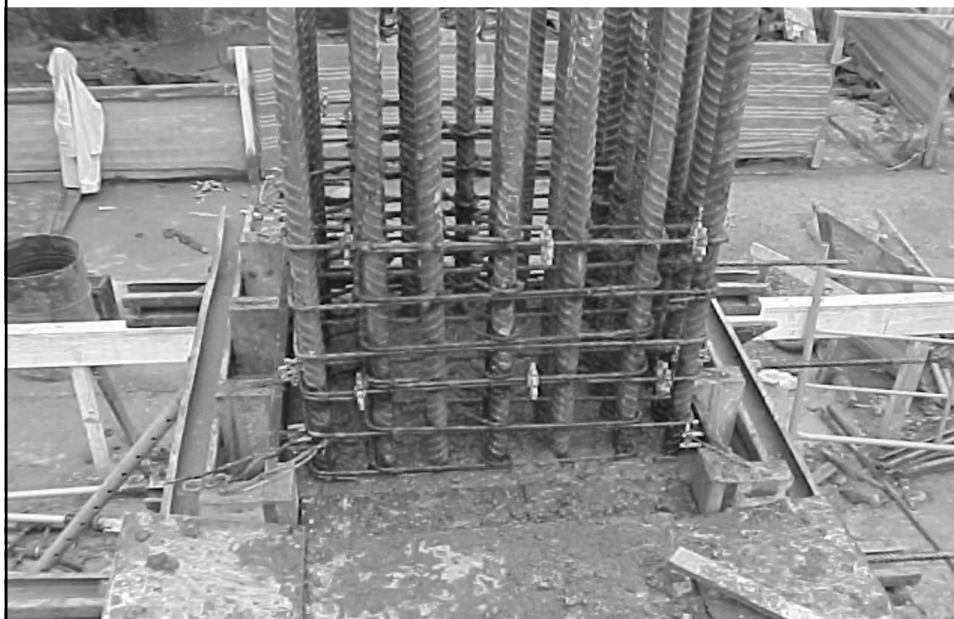
Temperatura



P1 = 133 P2 = 134 P3 = 135

114

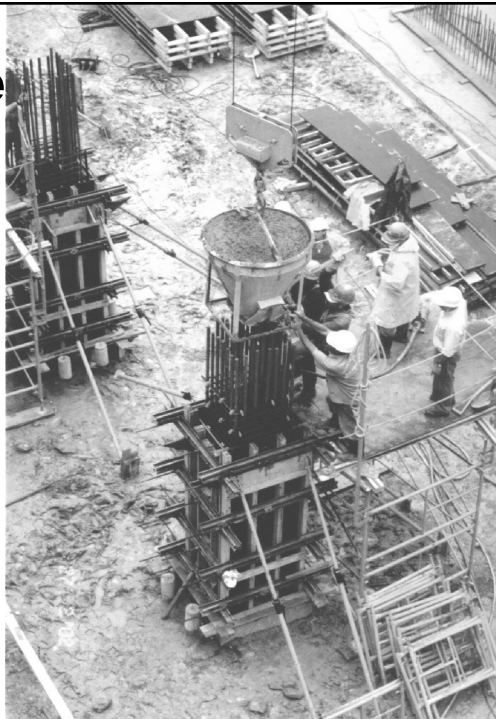
Construtibilidade



115

produtividade

- ✓ **5.5 m**
- ✓ **zero bicheiras**
- ✓ **rapidez**
- ✓ **acabado**

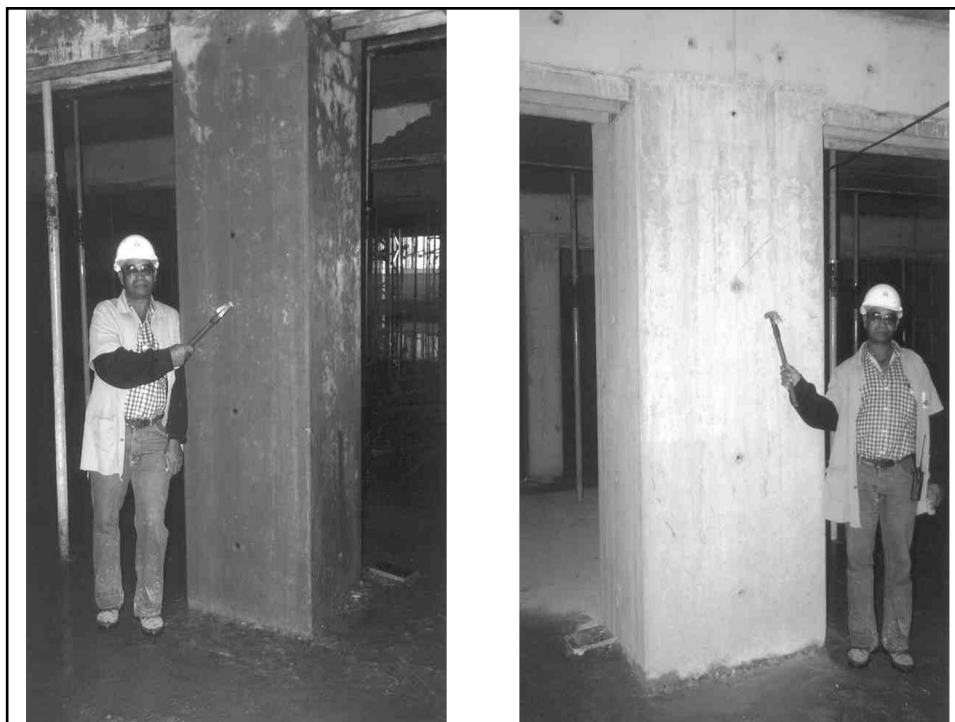


116

Pilares de concreto de alto desempenho



117



118

Dosagem

materiais	traço	quantidade	obs
CPV ARI Plus RS	1,00	460 kg/m ³	460 cem. + 163 escória
adição	0,15	93 kg/m ³	silica & metacaulim
agregado graúdo	1,65	1.027 kg/m ³	basalto, 19mm, MF 6,9, 3.020 kg/m ³
agregado miúdo	0,88	550 kg/m ³	quartz, 2,4mm, MF 2,0, 2.670 kg/m ³
pigmento	0,04	25 kg/m ³	óxido de ferro
superplastificante	0,01	6,2 kg/m ³	policarboxilato
retardador	0,0058	3,6 kg/m ³	acido hydrocarboxálico
água	0,19	135 kg/m ³	W / Cm = 0,19

119

Two Union Square Seattle 1998

f'_{ca}	119 MPa
Cement	513 kg/m³
Microssilica	41 kg/m³
Coarse aggregate	1,195 kg/m³
Fine aggregate	682 kg/m³
Superplasticizer	16 kg/m³
Retarder	nihil
Water	130 kg/m³
W / C	0.25
W / C_m	0.23

120



121

CONTROLE



Resistência
a compressão

Módulo
de Elasticidade



122



123

Resistencia a Compressão							
Lote	Local	f_{ck} (MPa)	exemplar	Média	Desvio padrão	Coef. Variação	fck est
1	4º SS	80	4	142,6	7,0	5%	133
2	3º SS	80	4	127,0	5,0	4%	122
3	2º SS	80	4	124,6	7,5	6%	119
4	1º SS	80	4	126,6	5,5	5%	120
5	Térreo	80	8	128,4	7,5	6%	123
6	1º pavimento	80	7	127,4	7,9	6%	110
7	2º pavimento	80	4	125,4	7,1	6%	118
Desvio padrão e coeficiente de variação medios ponderados					7,0	5,5	112

124

Claim ID: 22678
Membership Number: 22322

Thursday, May 16, 2002

Thank you for sending us the details of your recent record proposal for 'Best concrete resistance in a building'. After having examined the information you sent, and given full consideration to your proposal, I am afraid we do think that this item is a little too specialised for a body of reference as general as ours.

We receive many thousands of record claims every year and we think you will appreciate that we are bound to favour those which reflect the greatest interest.

Yours sincerely,

Scott Christie
Records Research Services
Guinness World Records

125

Dear Paulo,

I have appreciated to read your letter and description of your very high concrete strength achieved in the very beautiful high rise.

At this stage fib is not really focused on selecting and documenting "World Records" in concrete, concrete structures, height of buildings or free spans of bridges.

However, we have full confidence and trust in the documentation prepared and presented by you.

Therefore, I really would recommend you to write a well documented technical paper for the fib Magazine "Structural Concrete" that could be one very relevant place to publish this fascinating story.

**Steen Rostam
fib (CEB-FIP)**

126

Paulo:

I have received your letter regarding the high-strength concrete record.

You have certainly gotten into HSC in a very big way!

We can discuss later which can be the best way....

**Terry
ACI President**

127



128

Propriedades mecânicas

$\square f_{ck} = 115 \text{ MPa}$ $\square f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$\square f'_c = 17,000 \text{ psi}$ $\square f'_c = 3,600 \text{ psi}$

f_c	7 dias	111	18
f_c	28 dias	125	32
f_c	63 dias	135	37
f_c	91 dias	140	39
E_{ci}	28 dias	50	30
f_{ct}	28 dias	10	3,1
Ultrassom m/s		4950	3250
esclerometria		52	23

129

Cliente: Construtora Tecnum
Obra: Edifício ETower – São Paulo - SP
A/C Prof. Dr. Paulo Helene

Determinação da resistência à compressão – NBR-5739/94

RESULTADOS

C. P. nº	Data da concretagem	Resistência à compressão (MPa)
33	24/05/2.002	149,9
35		151,8

Data do ensaio : 18/10/05.

3a 4m 18d

1233 dias

São Paulo, 18 de outubro de 2.005

DIVISÃO DE ENGENHARIA CIVIL
Agrupamento de Materiais
de Construção Civil
Laboratório de Concreto

DOCUMENTO EMITIDO ELETRONICAMENTE, DISPENSA ASSINATURA

Técnico em Edificações Pedro Carlos Bilesky
Encarregado do Laboratório de Concreto
RE. nº 4376.0

130

Durabilidade

$\square f_{ck} = 115 \text{ MPa}$ $\square f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$\square f'_c = 17,000 \text{ psi}$ $\square f'_c = 3,600 \text{ psi}$

Carbonatação

28+63d 25°C 65% 5%

zero

29mm

Absorção H₂O

0,40%

7,5%

Volume de vazios

1%

17,5%

Densidade

2530 kg/m³

2310 kg/m³

absorção capilar

0,1 g/cm²

2,7 g/cm²

Ascensão capilar

0 cm

30 cm

Cloretos

43 C

8.400 C

131

Vida Útil de 980 anos!

132

Sustanaible Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with **500 years** service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them”

Kumar Mehta

Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International. ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

133

1904 → 2006

- ✓ **Projeto**
- ✓ **Cimento**
- ✓ **Agregados**
- ✓ **Adições minerais**
- ✓ **Aditivos**
- ✓ **Fibras**
- ✓ **Equipamentos**
- ✓ **Métodos construtivos**

134

***Os Arquitetos e os Engenheiros
constroem os marcos de
pujança, de grandeza, de
desenvolvimento e de poder
das civilizações.***

***Traduzem sua historia,
seus sonhos e ideais em
majestosas e duráveis obras
que elevam a autoestima
de sua gente.***

135



136



137