



“Estruturas de Concreto. Desempenho (NBR 15575) versus Prescrição (NBR 6118). Mitos e Verdades”



Paulo Helene

Conselheiro IBRACON

Diretor PhD Engenharia

Miembro Red PREVENIR CYTED

fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life

M.Sc. PhD Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP

Presidente Asociación Latino Americana de Control de Calidad y Patología ALCONPAT

NBR 6118:2007

Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento

225p.

Prefácio

Introdução

1. Objetivo
2. Referências normativas
3. Definições
4. Simbologia
5. Requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto
6. Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto
7. Critérios de projeto que visam a durabilidade
8. Propriedades dos materiais
9. Comportamento conjunto dos materiais
10. Segurança e estados limites
11. Ações
12. Resistências
13. Limites para dimensões, deslocamentos e abertura de fissuras
14. Análise estrutural
15. Instabilidade e efeitos de segunda ordem
16. Princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento
17. Dimensionamento e verificação de elementos lineares
18. Detalhamento de elementos lineares
19. Dimensionamento e verificação de lajes
20. Detalhamento de lajes
21. Regiões especiais
22. Elementos especiais
23. Ações dinâmicas e fadiga
24. Concreto simples
25. Interfaces do projeto com a construção, utilização e manutenção

ANEXOS

- A Efeito do tempo no concreto estrutural
- B Índice geral
- C Índice de figuras e tabelas
- D Índice remissivo

NBR 15575:2010

Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Desempenho

Parte 1 -Requisitos gerais . 60p.

Prefácio

Introdução

1. Escopo
2. Referências normativas
3. Termos e definições
4. Exigências do usuário
5. Incumbências dos intervenientes
6. Avaliação de desempenho
7. Desempenho estrutural
8. Segurança contra incêndios
9. Segurança no uso e na operação
10. Estanqueidade
11. Desempenho térmico
12. Desempenho acústico
13. Desempenho lumínico
14. Durabilidade e manutenibilidade
15. Saúde, higiene e qualidade do ar
16. Funcionalidade e acessibilidade
17. Conforto tátil e antropodinâmico
18. Adequação ambiental

ANEXOS

Parte 2 -Requisitos para os sistemas estruturais. 35p.

Prefácio

Introdução

1. Escopo
2. Referências normativas
3. Termos e definições
4. Exigências do usuário
5. Incumbências dos intervenientes
6. Avaliação de desempenho
7. Segurança estrutural
8. Segurança contra incêndios
9. Segurança ao uso e operação
10. Estanqueidade
11. Desempenho térmico
12. Desempenho acústico
13. Desempenho lumínico
14. Durabilidade e manutenibilidade
15. Saúde, higiene e qualidade do ar
16. Funcionalidade e acessibilidade
17. Conforto tátil e antropodinâmico
18. Adequação ambiental

ANEXOS

Vida útil

NBR 6118:2007

6.2 Vida útil de projeto

6.2.1 Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

O conceito de vida útil aplica-se à estrutura completa ou a todo ou às suas partes. Dessa forma, algumas partes das estruturas podem requerer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

A durabilidade das estruturas de concreto depende da concepção e esforços coordenados de projeto, execução e manutenção nos processos de projeto, construção e utilização, devendo, como mínimo, seguir o que estabelece a ABNT NBR 12655, sob o aspecto das disposições de 25.4. O manual de utilização, inspeção e manutenção deve conter requisitos de uso, inspeção e

7.8 Inspeção e manutenção preventiva

7.8.1 O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

7.8.2 O manual de utilização, inspeção e manutenção deve ser produzido conforme 25.4.

25.4 Manual de utilização, inspeção e manutenção

Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado na ABNT NBR 5674.

Vida útil

NBR 6118:2007

6.2 Vida útil de projeto

6.2.1 Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

6.2.2 O conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

6.2.3 A durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e esforços coordenados de todos os envolvidos nos processos de projeto, construção e utilização, devendo, como mínimo, ser seguido o que estabelece a ABNT NBR 12655, sendo também obedecidas as disposições de 25.4 com relação às condições de uso, inspeção e manutenção.

7.8 Inspeção e manutenção preventiva

7.8.1 O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

7.8.2 O manual de utilização, inspeção e manutenção deve ser produzido conforme 25.4.

25.4 Manual de utilização, inspeção e manutenção

Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura, conforme indicado na ABNT NBR 5674.

Vida útil

NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

1. Medida temporal da durabilidade

Expressão de caráter econômico que representa a melhor relação custo global VS benefício

A VUP é uma decisão de projeto

A VUP da estrutura é igual à do edifício

Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior

Deve ao Projetista de comum acordo

ou o Proprietário fixar a VUP

caso isso não esteja explícito vale

a VUP mínima da Tabela C.5, cujo

valor mínimo é de 10 anos e pode chegar

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

Vida útil

NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

1. Medida temporal da durabilidade
2. Expressão de caráter econômico
3. Melhor relação custo global VS benefício
4. A VUP é uma decisão de projeto
5. A VUP da estrutura é igual à do Edifício
6. Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior
7. Cabe ao Projetista de comum acordo com o Proprietário fixar a VUP
8. Caso isso não esteja explícito vale VUP mínima da Tabela C.5, cujo mínimo é de 10 anos e pode chegar a 120 anos

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

Comparação

Vida útil

NBR 15575:2010. Parte I. Anexo C

1. Medida temporal da durabilidade
2. Expressão de caráter econômico
3. Melhor relação custo global VS benefício
4. A VUP é uma decisão de projeto
5. A VUP da estrutura é igual à do Edifício
6. Proprietário pode eleger entre VUP mínima ou superior
7. Cabe ao Projetista de comum acordo com o Proprietário fixar a VUP
8. Caso isso não esteja explícito vale VUP mínima da Tabela C.5, cujo mínimo é de 10 anos e pode chegar a 120 anos

Tabela C.5 — Categorias de VUP para edifícios

Categoria	Descrição	Vida útil de projeto (VUP) para a categoria	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais e renovação de edifícios habitacionais
4	Vida Normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

NOTA Esta Tabela é válida também para componentes, elementos e sistemas.

9. Definição da VUP
 - a) materiais
 - b) execução
 - c) manutenção
 - d) uso correto
 - e) não alterar funcionalidade

Comparação

Descrição	NBR 15575:2010	NBR 6118:2007
Nº de Pavimentos	edifícios habitacionais de até 5 pavimentos	todos os edifícios
Retração	Parte II. 7.2.1 Nota 1: podem ser desprezadas as solicitações devidas a retração por secagem, onde aplicável, caso os materiais apresentem índices de retração livre em corpos-de-prova de laboratório inferiores a 0,06 %.	8.2.11 Considera que a retração de secagem do concreto armado varia de 0,009% a 0,044%
Variação de temperatura	Parte II. 7.2.1 Nota 2: podem ser desprezadas as solicitações devidas a variação de temperatura, caso sejam empregados materiais com coeficientes de dilatação térmica linear $\leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.	8.2.3 para efeito de análise estrutural, o coeficiente de dilatação térmica do concreto pode ser admitido $= 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. 8.4.3 o coeficiente de dilatação térmica do aço pode ser admitido $=10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

Comparação

Descrição

NBR 15575:2010

NBR 6118:2007

<p>Umidade relativa do ar</p>	<p>Parte II. 7.2.1 Nota 3: podem ser desprezadas as solicitações devidas a variação da umidade relativa do ar, caso sejam empregados materiais que, no aumento da umidade relativa de 50 % para 100 %, estabilizam-se com expansão não superior a 0,1 %;</p>	<p>8.2.11 Considera que a expansão máxima do concreto armado de 50% a 100% de UR é da ordem de 0,08%</p>
<p>Combinações de serviço</p>	<p>Parte II. 7.3.2.1 $\Psi_g=1,0$ $\Psi_q=0,7$</p>	<p>11.8.2.4 Tabela 11.3 $\Psi_o=1,0$ $\Psi_1=0,7$ Ψ_2=considera a ação do vento</p>
<p>Incêndio</p>	<p>Parte I. 8.1 Remete à NBR 14432</p>	<p>10.3 Remete à NBR 15200, que por sua vez remete à NBR 14432</p>
<p>Portanto, estão isentas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ qualquer edificação com área <750m²; ➤ qualquer edificação térrea; ➤ qualquer sobrado com área <1500m² e carga de incêndio específica <1000MJ/m² 		

Comparação

Limites para deslocamentos

NBR 15575:2010
Parte II. Item 7.3.1

NBR 6118:2007
Item 13.3

Coberturas e Varandas		L/320	L/250
Vibrações sentidas no piso		Não especifica	L/350
Paredes	alvenaria	L/400	L/500
	divisórias	L/330	L/250
Forros	rígido	L/300	$H_i^*/500$
	falso	L/260	L/175

*Pé-direito

DURABILIDADE

- Capacidade do concreto resistir às *condições de serviço previstas em projeto*.
- Capacidade de se manter íntegro, não se deteriorar ao longo do tempo.

Logo, o concreto é considerado durável quando conserva sua forma original, qualidade e capacidade de utilização, estando exposto às condições de serviço.....

***Portanto, abordar durabilidade em condições não explícitas de exposição... merece cautela.
Descreve-se os mecanismos de deterioração e as medidas preventivas em projetos estruturais***

Durabilidade

É uma das Necessidades do Usuário tal como definido no conceito de desempenho pela ISO 6241 “*Performance standards in building -- Principles for their preparation and factors to be considered*”
Na década de 70...

Durabilidade

É o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, operação e manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes *funções de durabilidade versus tempo.*

Durabilidade “NBR 6118”

Capacidade de uma estrutura, componente, produto ou construção de manter sua aptidão funcional para aquilo que haja sido projetada ou construída, durante um tempo mínimo especificado.

Durabilidade “NBR 6118”

Segundo este conceito, as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

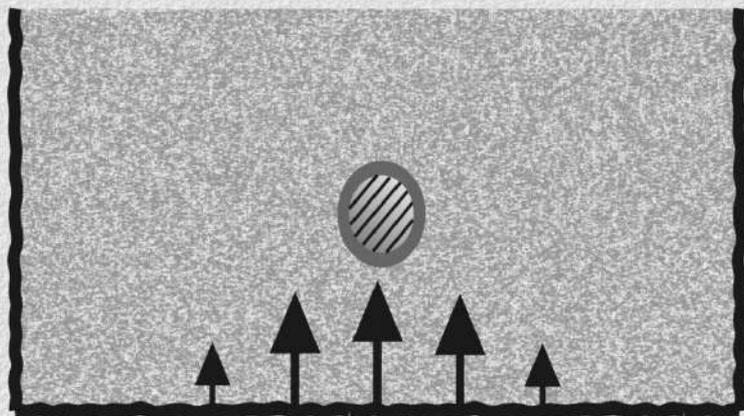
IMPORTÂNCIA

Segundo a NBR 6118:2007, ao se projetar uma estrutura de concreto, a sua durabilidade é propriedade fundamental e deve ser considerada de forma simultânea aos aspectos de segurança.

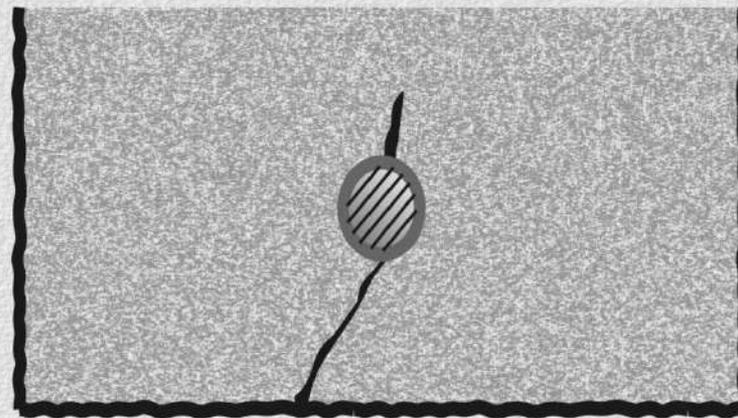
Portanto, as condições de serviço precisam ser previamente analisadas e definidas

NBR 6118:2007; NBR 12655:2006; NBR 14931:2004 Vida Útil

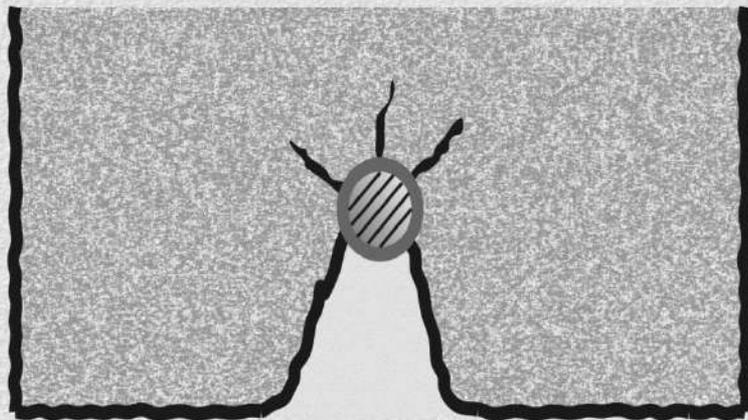
1. Define
2. Enumera os responsáveis
3. Classifica agressividade ambiental em 4 classes
4. Descreve 4 mecanismos de deterioração do concreto ; 2 das armaduras e 1 da estrutura
5. Recomenda detalhamento
6. Para cada classe recomenda qualidade do cobrimento
7. Para cada classe recomenda espessura mínima de cobrimento à armadura
8. Recomenda cura
9. Controla fissuração e flechas
10. Recomenda medidas especiais
11. Exige manutenção



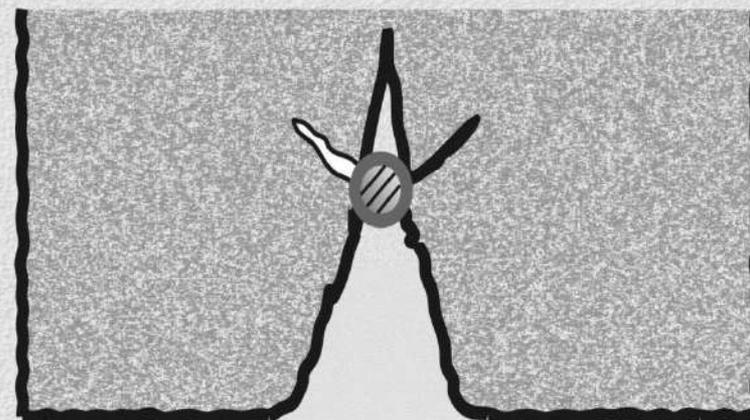
A) Penetração de agentes agressivos por difusão, absorção ou permeabilidade



B) Fissuração devida as forças de expansão dos produtos de corrosão

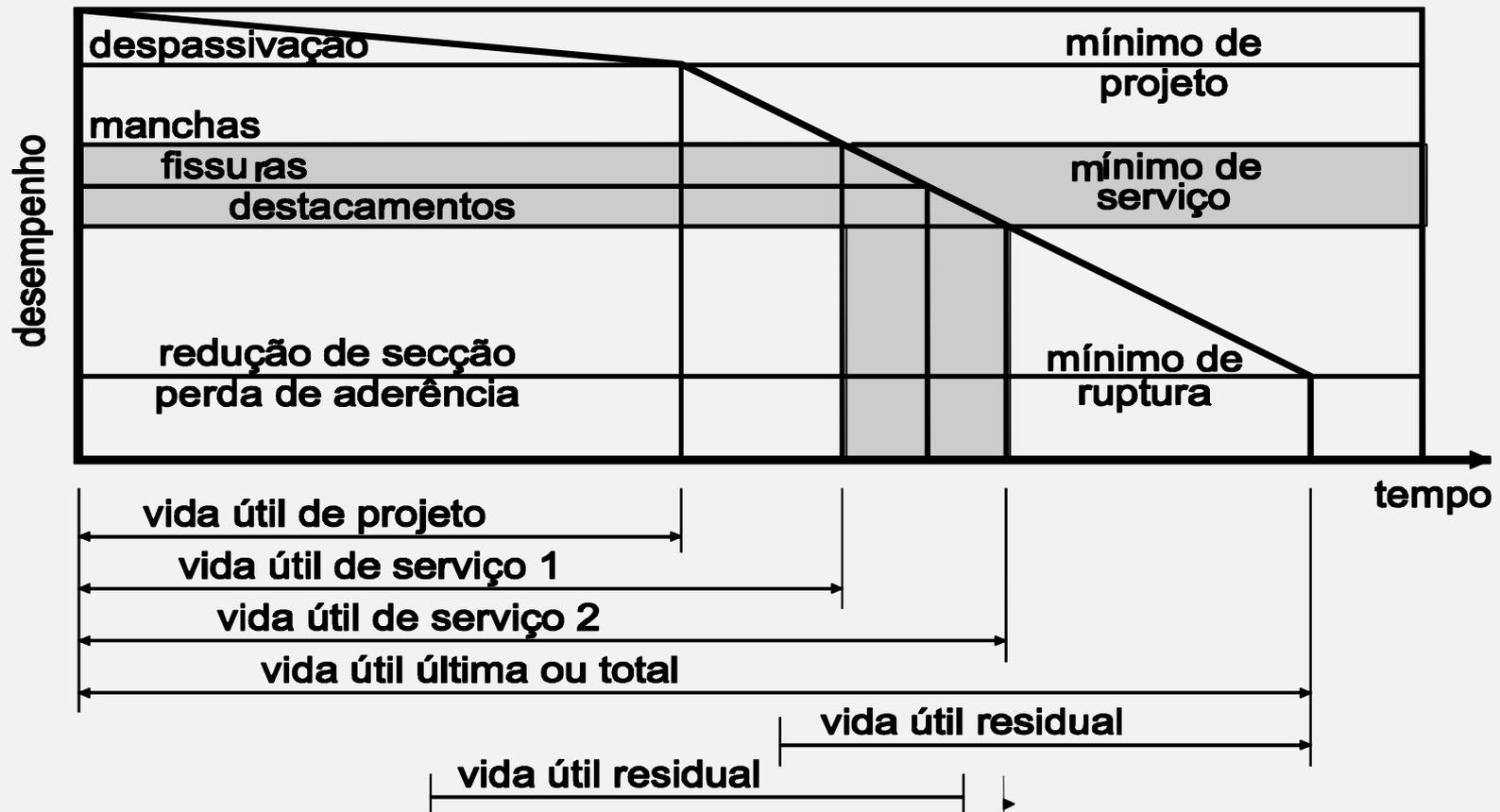


C) Lascamento do concreto e corrosão acentuada



D) Lascamento acentuado e redução significativa da secção da armadura

Vida Útil das Estruturas de Concreto



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

NBR 6118:2007

“define”

6.1 EXIGÊNCIAS de DURABILIDADE

“As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”

NBR 5674:1999 *Manutenção de Edificações. Procedimento*

3.4 MANUAL DE OPERAÇÃO, USO E MANUTENÇÃO

Documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação.

Deve ser elaborado em conformidade com a NBR 14037 Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.

Modelos de Previsão de Vida Útil

✓ Experiência

✓ Ensaaios Acelerados

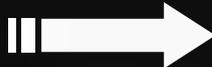
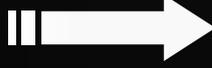
✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)

✓ Estocásticos (probabilístico)

Modelos de Previsão de Vida Útil

Experiência

Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto

1903		Suíça
1903		Alemanha
1906		França
1907		Inglaterra

Modelos de Previsão de Vida Útil

Experiência

STANDARD BUILDING REGULATIONS for the USE of REINFORCED CONCRETE

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

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

Modelos de Previsão de Vida Útil

Experiência

Norma Brasileira de 1931

- ✓ Água não pode conter cloreto, sulfatos e matéria orgânica
- ✓ Cobrimento $\geq 1,0\text{cm}$ p/lajes
- ✓ Cobrimento $\geq 1.5\text{cm}$ p/vigas
- ✓ Cobrimento $\geq 2.0\text{cm}$ p/pilares

Modelos de Previsão de Vida Útil

✓ Experiência

✓ Ensaaios Acelerados

✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)

✓ Estocásticos (probabilístico)

Modelos de Previsão de Vida Útil

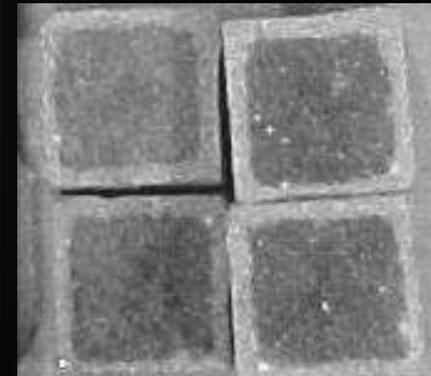
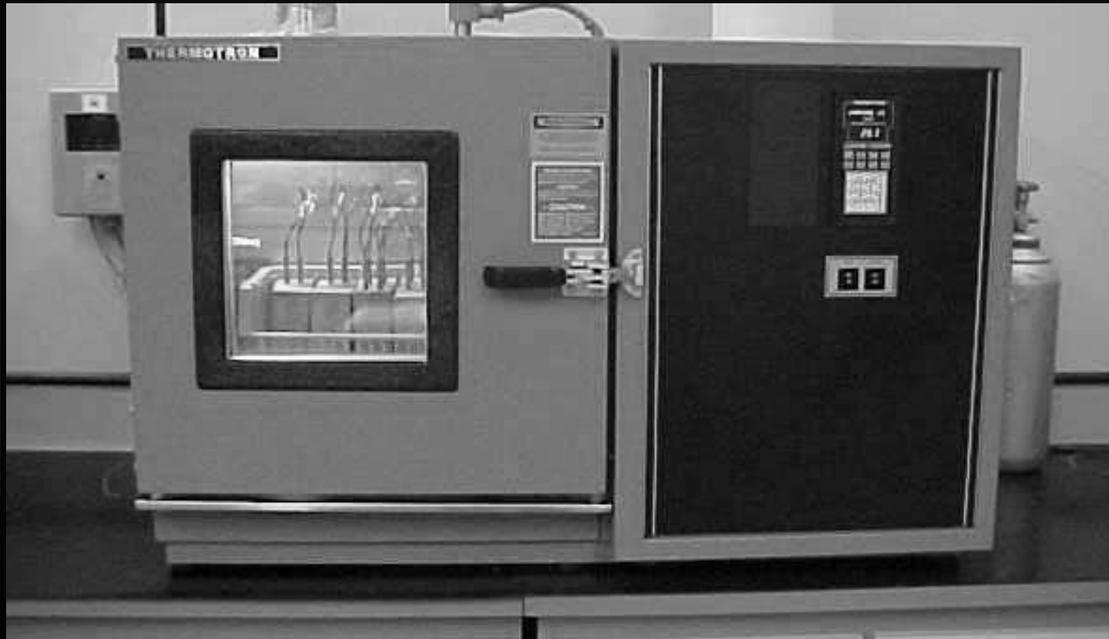
Ensaio Acelerados

“risco de alterar o mecanismo que ocorre ao natural”

1. *Carbonatação acelerada*
2. *Migração de Cl⁻ acelerada*
3. *Difusão de Cl⁻ acelerada*
4. *Permeabilidade acelerada*
5. *Outros mecanismos*

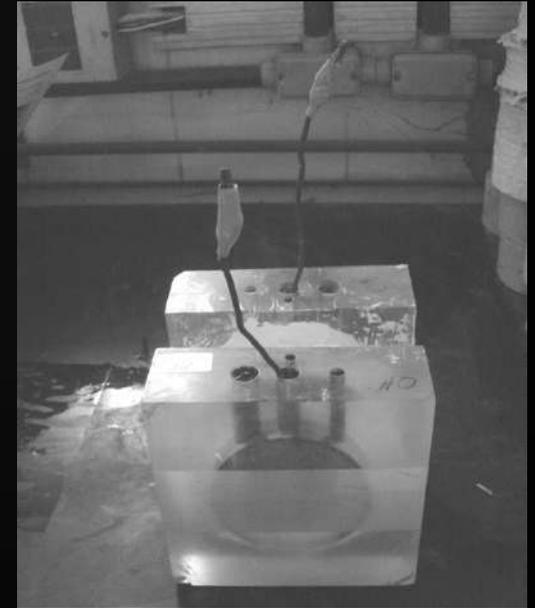
Modelos de Previsão de Vida Útil

Ensaio Acelerados Carbonatação acelerada



Modelos de Previsão de Vida Útil

Ensaio Acelerados Migração de Cl⁻ acelerada



Modelos de Previsão de Vida Útil

Ensaio Acelerados

Difusão de Cl^- acelerada



Imersão em solução de NaCl por um determinado tempo



Coeficiente de difusão de Cl^-

Modelos de Previsão de Vida Útil

Ensaio Acelerados Permeabilidade acelerada



Modelos de Previsão de Vida Útil

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaios Acelerados
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

Principais mecanismos de transporte que atuam no concreto

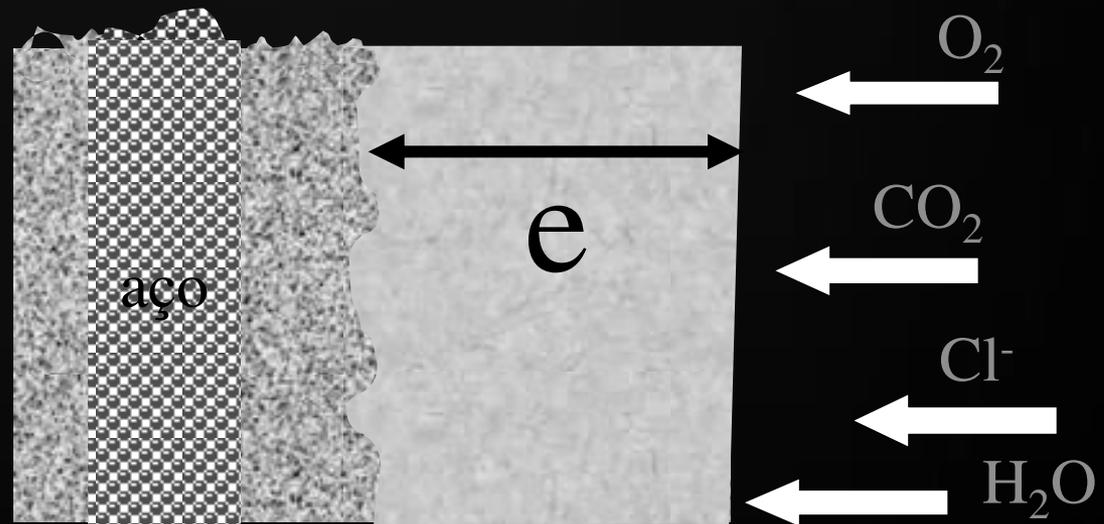
- *Permeabilidade (gradiente de pressão A&G);*
- *Sucção capilar (forças capilares de A);*
- *Difusão (gradiente de concentração salina, temperatura ou densidade AI&G);*
- *Migração (diferença de potencial AI&G).*

Modelos de Previsão de Vida Útil

Mecanismos de Transporte (determinísticos)

Generalização

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



Carbonatação

$$t = \frac{e_{\text{CO}_2}^2}{k_{\text{CO}_2}^2} \text{ (anos)}$$

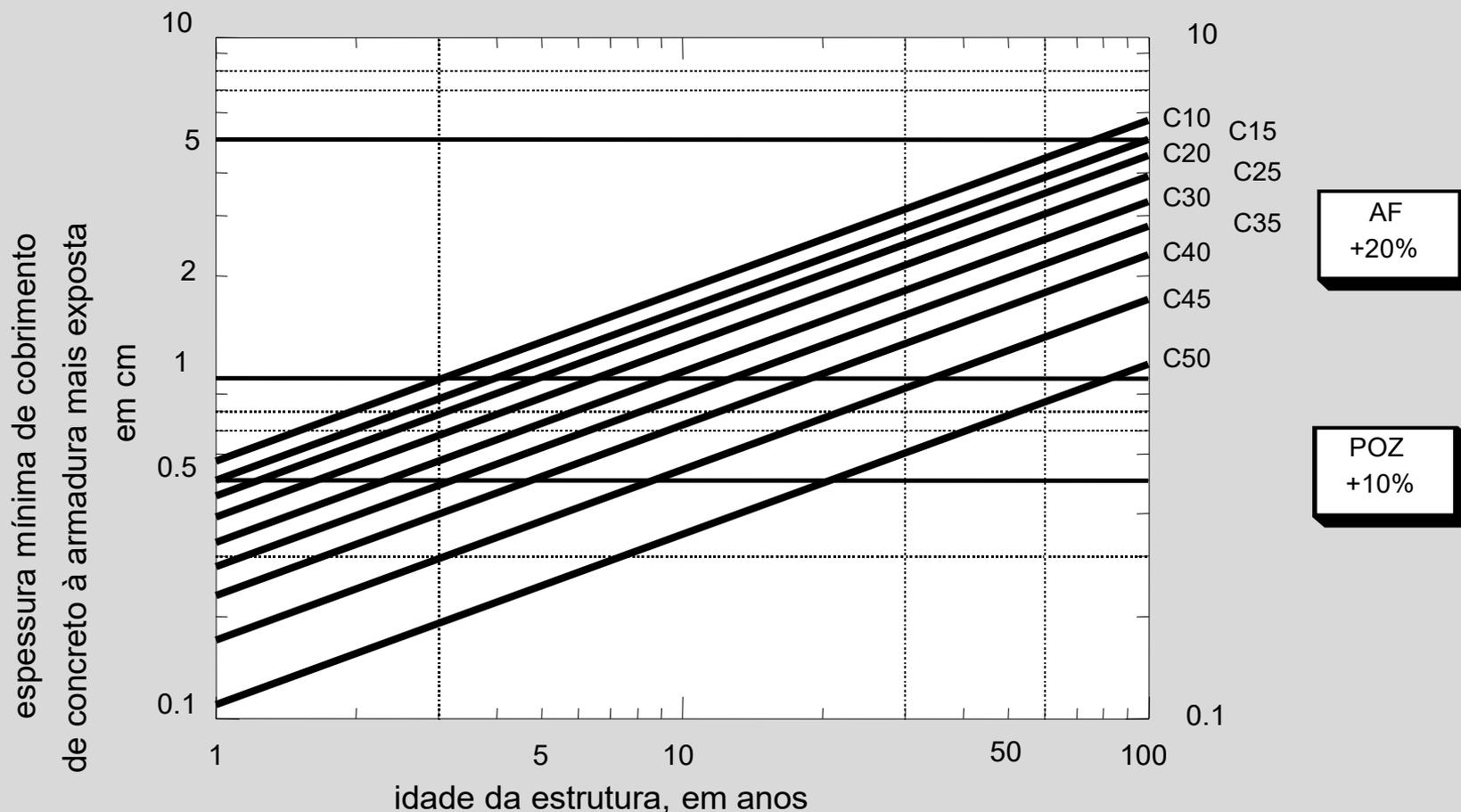
➤ $e_{\text{CO}_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5\text{cm}$

➤ $k_{\text{CO}_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/ano}^{1/2}$

referência

Carbonatação

em faces dos componentes estruturais de concreto
expostos à intempérie externas



Modelos de Previsão de Vida Útil

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaios Acelerados
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

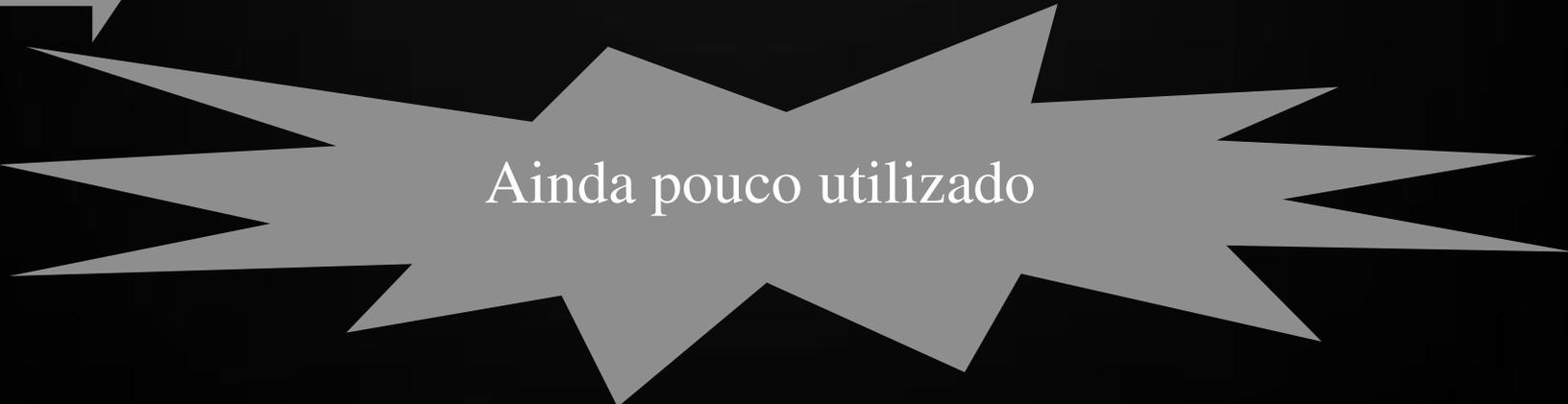
Modelos de Previsão de Vida Útil

Estocásticos (probabilistas)

Estatística aplicada aos modelos deterministas

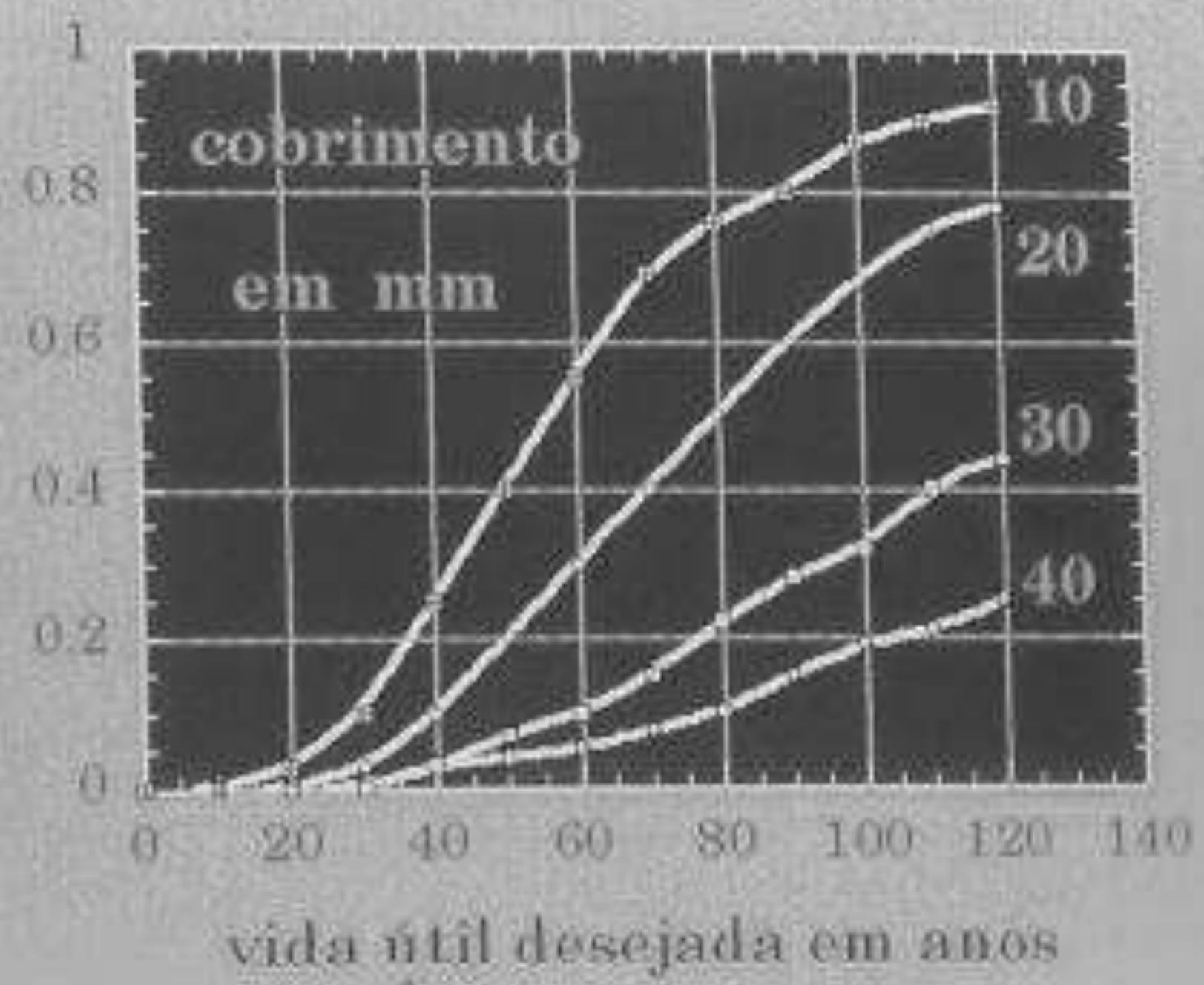


Conceito de risco (Probabilidade de falha)
Conceito de confiabilidade



Ainda pouco utilizado

probabilidade de falha



NBR 12655:2006

“enumera responsáveis”

4. ATRIBUIÇÕES de RESPONSABILIDADES

A durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e esforço coordenados de pelo menos seis responsáveis:

- ✓ *proprietário,*
- ✓ *responsável pelo projeto arquitetônico,*
- ✓ *responsável pelo projeto estrutural,*
- ✓ *responsável pela tecnologia do concreto,*
- ✓ *responsável pela execução da estrutura/obra,*
- ✓ *proprietário/usuário da estrutura/obra.*

NBR 6118:2007

“descreve mecanismos de deterioração e envelhecimento”

6.3.2 Concreto

- ✓ lixiviação;
- ✓ expansão → sulfatos
- ✓ expansão → AAR
- ✓ intemperismo → pirita/ferruginosos

6.3.3 Aço

- ✓ corrosão por carbonatação
- ✓ corrosão por cloretos

6.3.4 Estrutura

ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação

NBR 6118:2007

“classifica agressividade ambiental”

Tabela 6.1 Classes de Agressividade Ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingo de maré ^{1), 3)}	

NBR 6118:2007

“classifica agressividade ambiental”

- 1) uma classe de agressividade mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros cozinhas e áreas de serviço de apartamento residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
- 2) uma classe de agressividade mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65% partes de estruturas protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.
- 3) Ambientes quimicamente agressivos tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazém de fertilizantes, indústrias químicas.

NBR 6118:2007

“recomenda detalhamentos”

7.1 Simbologia

c_{min} → *cobrimento mínimo de concreto à armadura, referido à distância entre a superfície do componente estrutural e a face mais externa da armadura (em geral estribo)*

c_{nom} → *cobrimento nominal ($c_{min} + \Delta_c$)*

UR → *umidade relativa do ar em %*

Δ_c → *tolerância da espessura de cobrimento*

7.2 Drenagem

Limpeza, lavagem, águas pluviais, condutores, ralos, rufos, chapins, pingadeiras, juntas de movimentação, juntas de construção, selantes, troca de aparelhos de apoio, acessos a caixões “perdidos”, insertos, renovação da impermeabilização (estanqueidade), etc.

NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

“qualidade do cobrimento”

7.4.1 Devem existir estudos experimentais. Na falta adotar Tabela 7.1. (Tabela 2)

Tabela 7.1 (2) Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade			
		I	II	III	IV
relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
consumo de cimento kg/m ³	CA /CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

“qualidade do cobrimento”

Tabela 3 Requisitos para o concreto em condições especiais de exposição

Concreto	Concreto de baixa permeabilidade à água	Concreto sujeito a gelo e degelo	Concreto sujeito a sais de degelo; água salgada; água de mar; zona de respingos de maré
relação a/c em massa	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$	$\leq 0,40$
classe de concreto (NBR 8953)	$\geq C35$	$\geq C40$	$\geq C45$

NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

“qualidade do cobrimento”

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

classe de agressividade	teor de sulfato solúvel na água do solo (SO ₄), % em massa	teor de sulfato solúvel na água (SO ₄), % em massa	relação a/c	classe de concreto (NBR 8953)
água de mar	0,10 a 0,20	0,015 a 0,15 150ppm a 1500ppm	< 0,50	> C35
esgotos, indústrias	> 0,20	➤ 0,15 ➤ 1500ppm	< 0,45	> C40

Obs.: sempre dar preferência a cimentos resistentes a sulfatos conforme NBR 5737

NBR 6118:2007 & NBR 12655:2006

“qualidade do cobrimento”

Tabela 5 Teor máximo de cloretos no concreto para proteção às armaduras

classe de agressividade e tipo de estrutura	teor total de íons cloreto Cl ⁻ , % em massa de cimento
concreto protendido	< 0,05
concreto armado exposto a cloretos	< 0,15
concreto armado em ambiente seco	< 0,40
outras situações	< 0,30

Obs.: proibido o uso de aditivos contendo cloretos.

NBR 6118:2007

“*espessura do cobrimento*”

7.4.7.5 $c_{nom} \geq \phi$ barra ou fio;

$c_{nom} \geq \phi$ feixe = $\phi_n = \phi$ raiz (*ng*)

$c_{nom} \geq 0,50 \phi$ bainha

$c_{nom} \geq 0,83 \phi d_{max}$

$c_{nom} \geq 15\text{mm}$ *sempre!*

NBR 6118:2007

“*espessura do cobrimento*”

Tabela 7.2 Correspondência entre classe de agressividade ambiental e espessura de cobrimento nominal para $\Delta_c = 10\text{mm}$

tipo de estrutura	componente	classe de agressividade			
		I	II	III	IV
concreto armado	laje	≥ 20	≥ 25	≥ 35	≥ 45
	viga / pilar	≥ 25	≥ 30	≥ 40	≥ 50
concreto protendido	todos	≥ 30	≥ 35	≥ 45	≥ 55

7.4.7.4 Para controle de qualidade rigoroso e rígidos limites de tolerância da execução, permite-se adotar $\Delta_c = 5\text{mm}$ e portanto reduzir em 5mm os limites da Tabela 7.2 (cuidado com anti-ética!)

7.4.7.7 Para pré-moldados seguir NBR 9062.

NBR 6118:2007

“controle da fissuração”

Tabela 13.3 Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

tipo de estrutura	combinações de ações em serviço a utilizar	classe de agressividade		
		I	II & III	IV
concreto simples	--	qq	qq	qq
concreto armado	combinação frequente	$W_k \leq 0,4\text{mm}$	$W_k \leq 0,3\text{mm}$	$W_k \leq 0,2\text{mm}$
concreto protendido, nível 1, protensão parcial	combinação frequente	$W_k \leq 0,4\text{mm}$	$W_k \leq 0,2\text{mm}$	<i>nihil</i>

NBR 6118:2007

“controle da fissuração”

1. Só vale para componentes fletidos e nas condições de serviço. E.L.S.;
2. Só vale para a abertura de fissura na superfície do componente e na direção transversal à armadura principal;
3. Como controlar fissuras decorrentes de efeitos térmicos, retração, expansão, corrosão do aço?
4. As consequências de uma fissura são somente corrosão do aço/armadura, ou seja, durabilidade?
5. Conta efeito psicológico?
6. E mecânico de comportamento global?

NBR 14931:2004

“controle da execução”

10.1 Cura e cuidados especiais

- ✓ Para fins de assegurar eficiente hidratação do cimento é necessário curar com água potável ou alcalina as superfícies expostas do concreto até que este atinja 15MPa;
- ✓ Para fins de assegurar qualidade da superfície do ponto de vista da abrasão e acabamento deve-se curar até atingir 0,85 de f_{ck} ;
- ✓ Para evitar fissuração deve-se curar até que a resistência do concreto à tração supere as tensões de tração decorrentes dos esforços de retração restringida;
- ✓ Vale para retração hidráulica e para retração térmica.

NBR 6118:2007

“medidas especiais”

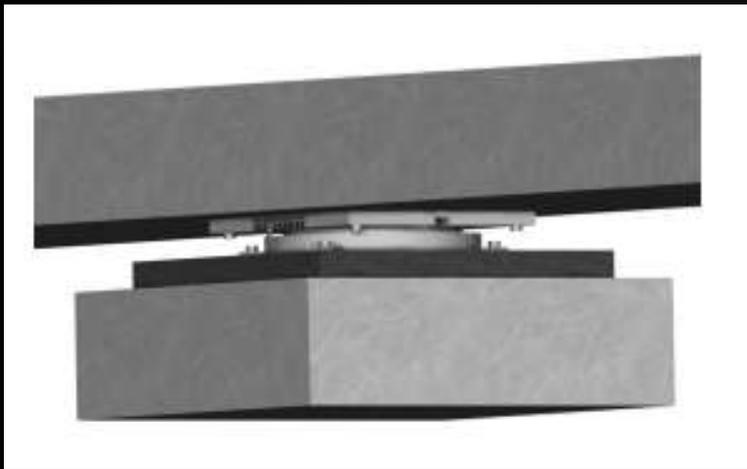
7.7 “Em condições de exposição adversas devem ser tomadas medidas especiais do tipo:

- ✓ aplicação de revestimento hidrofugantes;
- ✓ pinturas impermeabilizantes;
- ✓ revestimentos de argamassas e cerâmicas ou outros;
- ✓ galvanização da armadura;
- ✓ proteção catódica da armadura;
- ✓ outros.

Considerações Finais

Toda estrutura de concreto pode conter elementos com vida útil inferior à da estrutura ou edifício.

Exemplos:



Aperelhos de apoio



Proteção superficial de concreto

Qualidade da Construção



Colapso de metade do
Edifício Palace II
Barra da Tijuca, RJ 1974

Diagnóstico:
um dos pilares foi projetado e
construído para 270t e na realidade
deveria suportar 420t

Moral da História

O conceito de Vida Útil não resolve
problemas de erros grosseiros,
ganância, omissões, falta de ética,
desonestidade, malandragem.

Edifício Comercial

2009

fissuras em lajes

obra nova





Diagnóstico:
Mal posicionamento de armadura
negativa das lajes adjacentes, sobre as
vigas, devido a pisoteio durante a
concretagem



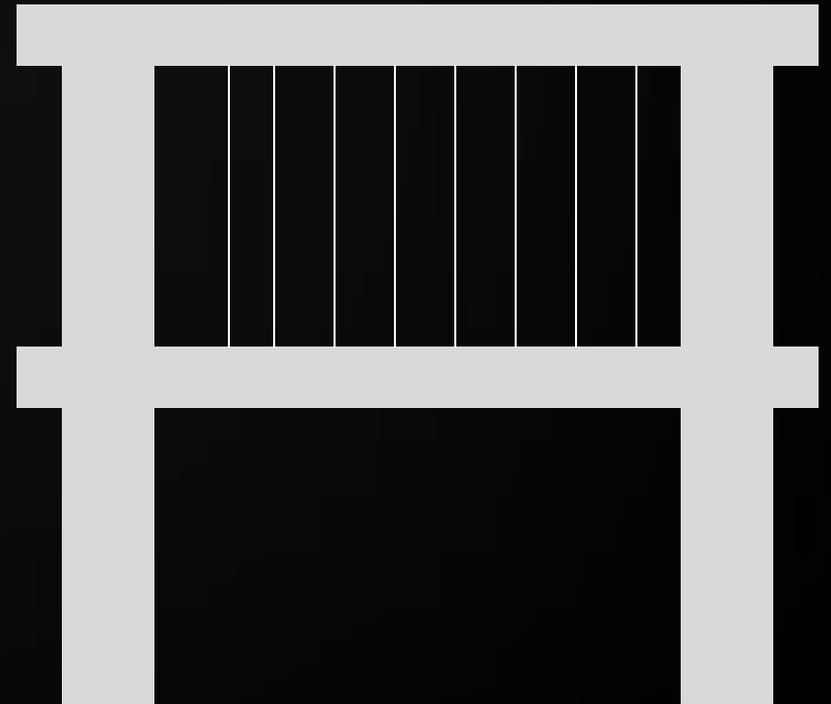




Laje de 15cm de espessura :
 375kg/m^2

Dimensionada para 150kg/m^2

1 ano de idade





Edifício Habitacional

armadura de

pilares

obra nova







Cabeça de pilar sem
ganchos transversais
nem estribos









Qual o papel
do
Construtor?

- ✓ Tornar realidade um Projeto
- ✓ Compatibilizar sonhos (projetos)
- ✓ Realizar expectativas
- ✓ Liderar operários (dar o exemplo, saber fazer, dar importância ao que eles fazem)
- ✓ Não é gerenciar, nem projetar!

terceirizar um

serviço \neq

terceirizar

responsabilidade

outro caso

desastroso!

LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS ARMADURAS PILARES

PILAR	DIMENSÃO PILAR NO SUBSOLO (cm)	FERRO LONGITUDINAL EXECUTADO (QUANT./mm)	FERRO LONGITUDINAL PROJETADO (QUANT./mm)	diferença
01	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
02	(30 x 50)	22 Ø 12.5	16 Ø 16.0	- 16 %
03	(20 x 100)	48 Ø 16.0	50 Ø 16.0	- 4 %
04	(20 x 100)	24 Ø 16.0	36 Ø 16.0	- 33 %
05	(30 x 50)	24 Ø 12.5	18 Ø 16.0	- 19 %
06	(20 x 100)	10 Ø 12.5	14 Ø 10.0	+12 %
07	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
08	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+ 56 %
09	(25 x 80)	28 Ø 16.0	20 Ø 20.0	- 10 %

Registrado em 06 de abril de 2011.

Livro: 010/ENG.

				diferença
10	(20 x 100)	34 Ø 12.5	34 Ø 16.0	- 39 %
11	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+5 %
12	(25 x 178)	38 Ø 10.0	38 Ø 10.0	-----
13	(25 x 178)	16 Ø 16.0	38 Ø 10.0	+8 %
14	(25 x 125)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
15	(20 x 218)	34 Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
16	(20 x 218)	Ø 10.0	34 Ø 10.0	-----
17	(20 x 70)	10 Ø 10.0	10 Ø 10.0	-----
18	(30 x 70)	18 Ø 12.5	28 Ø 10.0	+0,5 %
19	(30 x 70)	08 Ø 16.0	20 Ø 10.0	+2 %
20	(20 x 70)	08 Ø 12.5	08 Ø 10.0	+56 %
21	(20 x 70)	12 Ø 12.5	30 Ø 10.0	- 37 %
22	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	30 Ø 20.0	- 10 %
23	(“25” x “208”)	34 Ø 12.5	76 Ø 10.0	- 30 %
24	(“25” x 100)	42 Ø 16.0	34 Ø 20.0	- 21 %
25	(20 x 70)	08 Ø 12.5	16 Ø 10.0	- 22 %

Obs: Foi constatado que todos os estribos possuíam bitolas de 4.2mm com espaçamento entre eles de 15cm exceto o pilar P15 que possui estribos de 6.3mm e espaçamento igual aos demais.



Edifício Real Class



Belém do Pará

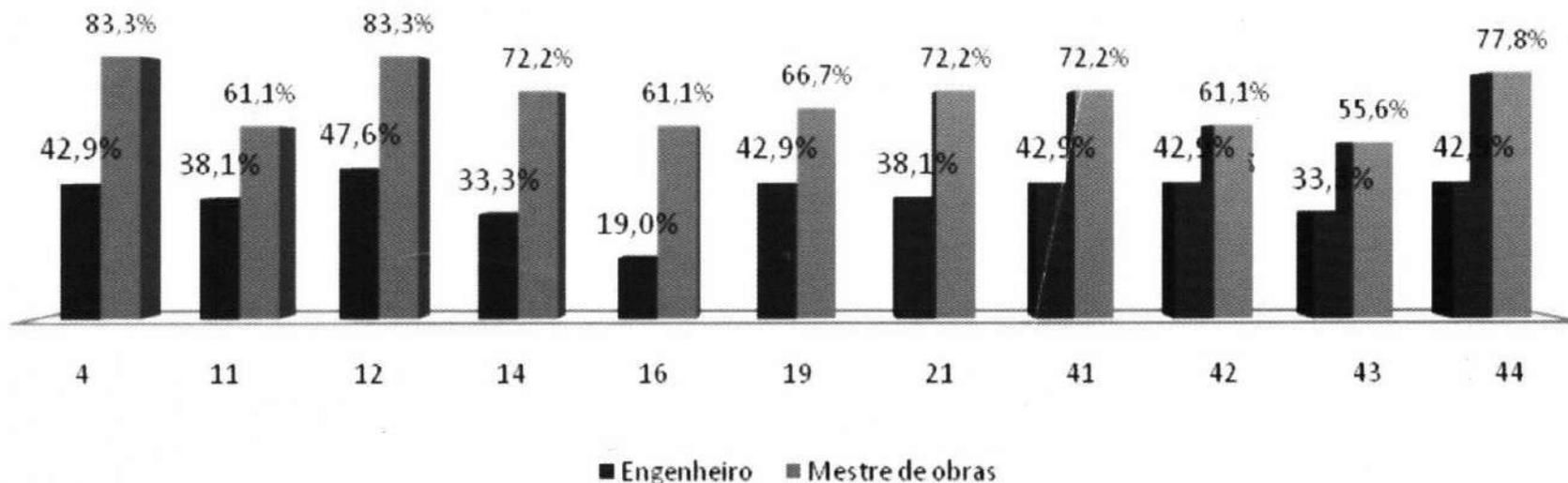
34 pavimentos

105m

20.01.2011

35MPa

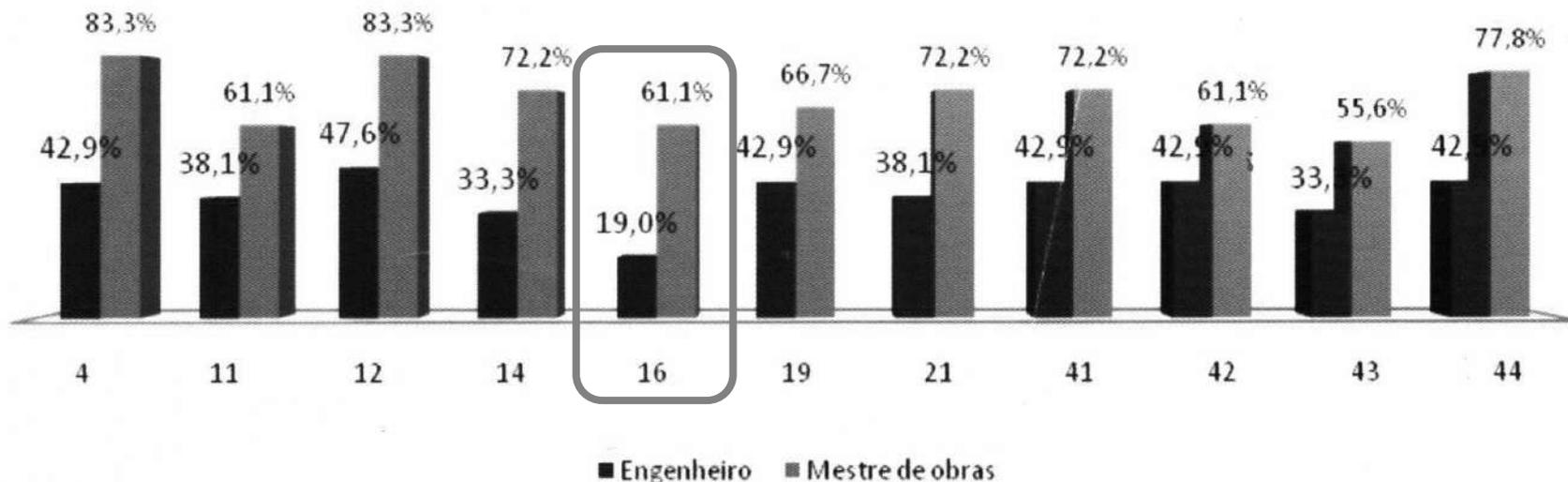
Figura 3 - Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

- 4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
- 11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
- 12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
- 14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
- 16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
- 19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
- 21. Definir os espaçamentos das escoras.
- 41. Solicitar compras de materiais.
- 42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
- 43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
- 44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Figura 3 – Desvios de função



DESVIOS DE FUNÇÃO DE UM MESTRE DE OBRAS

4. Decidir onde serão depositados os materiais utilizados no decorrer da obra, de acordo com a sua experiência.
11. Fazer a locação da obra a partir de pontos de referência definidos pelo topógrafo (ou outro profissional).
12. Conferir os gabaritos de marcação de obra (distância entre eixos e níveis de referência) antes de dar seqüência aos serviços.
14. Relatar todas as excentricidades, ocorridas na execução da fundação ao engenheiro residente ou calculista.
16. Autorizar trocas de bitolas de aço na falta dos materiais pré-determinados.
19. Autorizar a substituição de materiais por conta própria (madeiras/compensados) na falta daqueles previstos.
21. Definir os espaçamentos das escoras.
41. Solicitar compras de materiais.
42. Solicitar (compra/aluguel) máquinas e equipamentos de pequeno e médio porte.
43. Conhecer a freqüência diária de todos os funcionários inclusive de empreiteiros.
44. Acompanhar a movimentação (material/equipamentos/resíduos) tudo o que entra e sai do canteiro diariamente.

Edifício Habitacional

concretagem

de pilares

obra nova







P5 - 2:55



P10-2:55

A black and white photograph of a concrete pillar. A white rectangular label is affixed to the upper part of the pillar, containing the handwritten text 'P10-2:55'. A prominent vertical crack runs down the center of the pillar, starting from the label and extending to the base. Several horizontal lines, possibly rebar or construction marks, are visible on the pillar's surface. The base of the pillar is surrounded by a rough, uneven ground surface with some debris and a wooden post leaning against it on the right side.

CONSTRUTOR

precisa ter consciência
de que a consequência
de seus atos pode levar
anos para aparecer!

Edifício Areia Branca

Recife, Pernambuco

14 de outubro de 2004

quinta-feira às 20:30h

1977 → 1979

25 anos

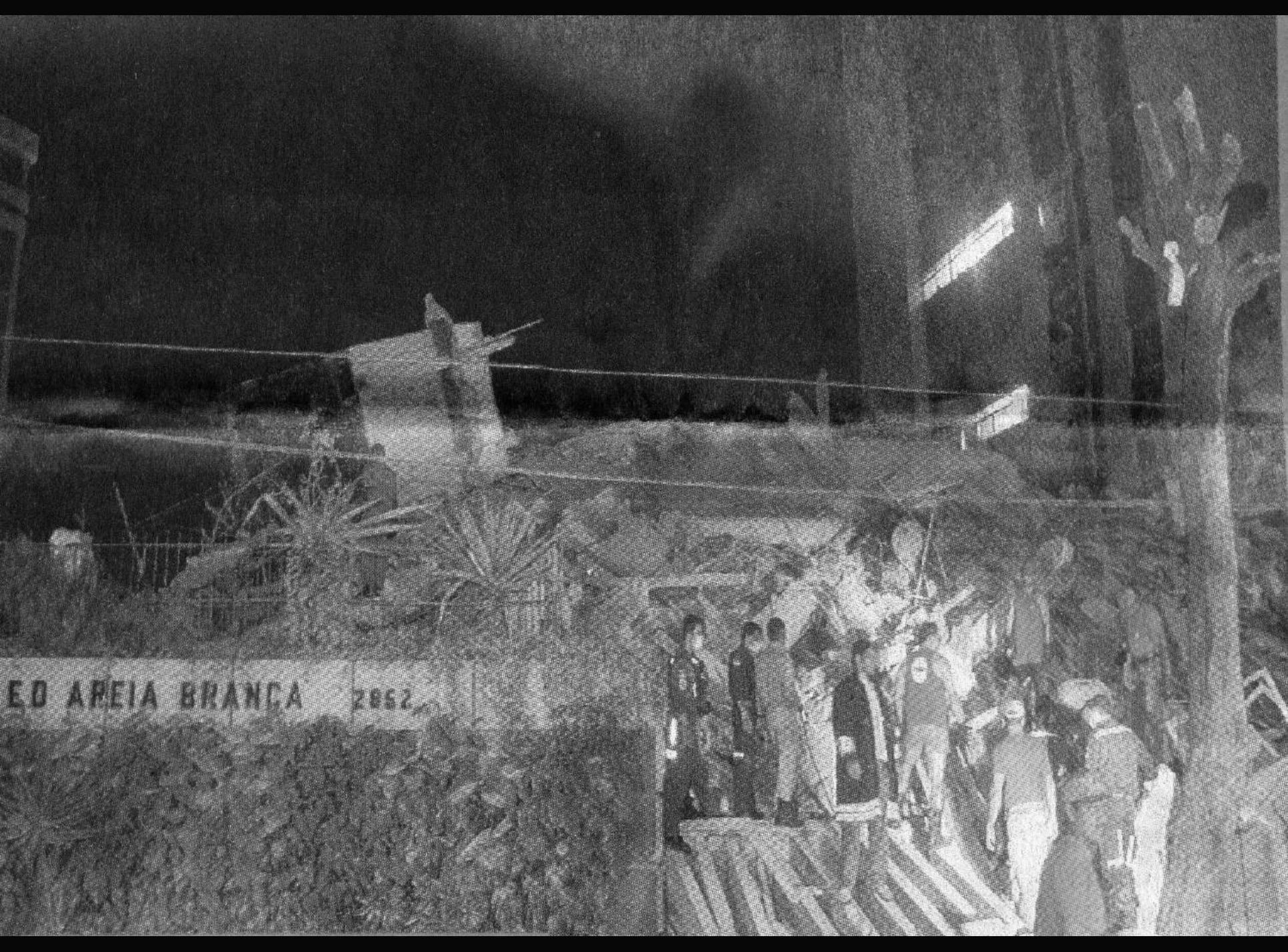
12 andares + térreo + 1 garagem



EDIFÍCIO AREIA BRANCA – Pernambuco

semanas antes

ED AREIA BRANCA 2862





Escombros - manhã seguinte do desabamento





Edificações Vizinhas







Ligação pilar - sapata com redução da
seção transversal do pilar









Ligação pilar - sapata com redução da seção transversal do pilar



> 20cm!!!



Edifício Solar da Piedade

vizinho ao

Areia Branca

Recife, Pernambuco

novembro de 2004

inspeção impede colapso



Edifício Solar da Piedade, Boa Viagem, Recife PE









CONSTRUTOR

precisa ter consciência
de que as consequências
de seus atos podem ser
desastrosas e onerosas!

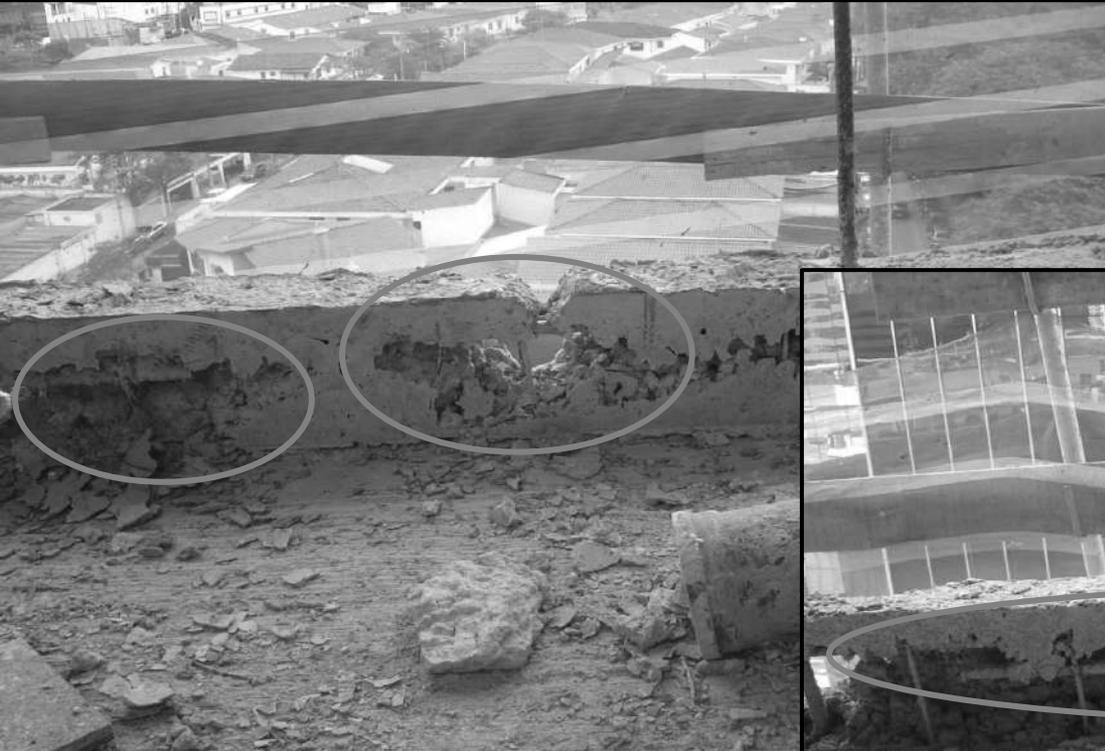
Shopping Center

bicheiras e ninhos de
concretagem em vigas

Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)



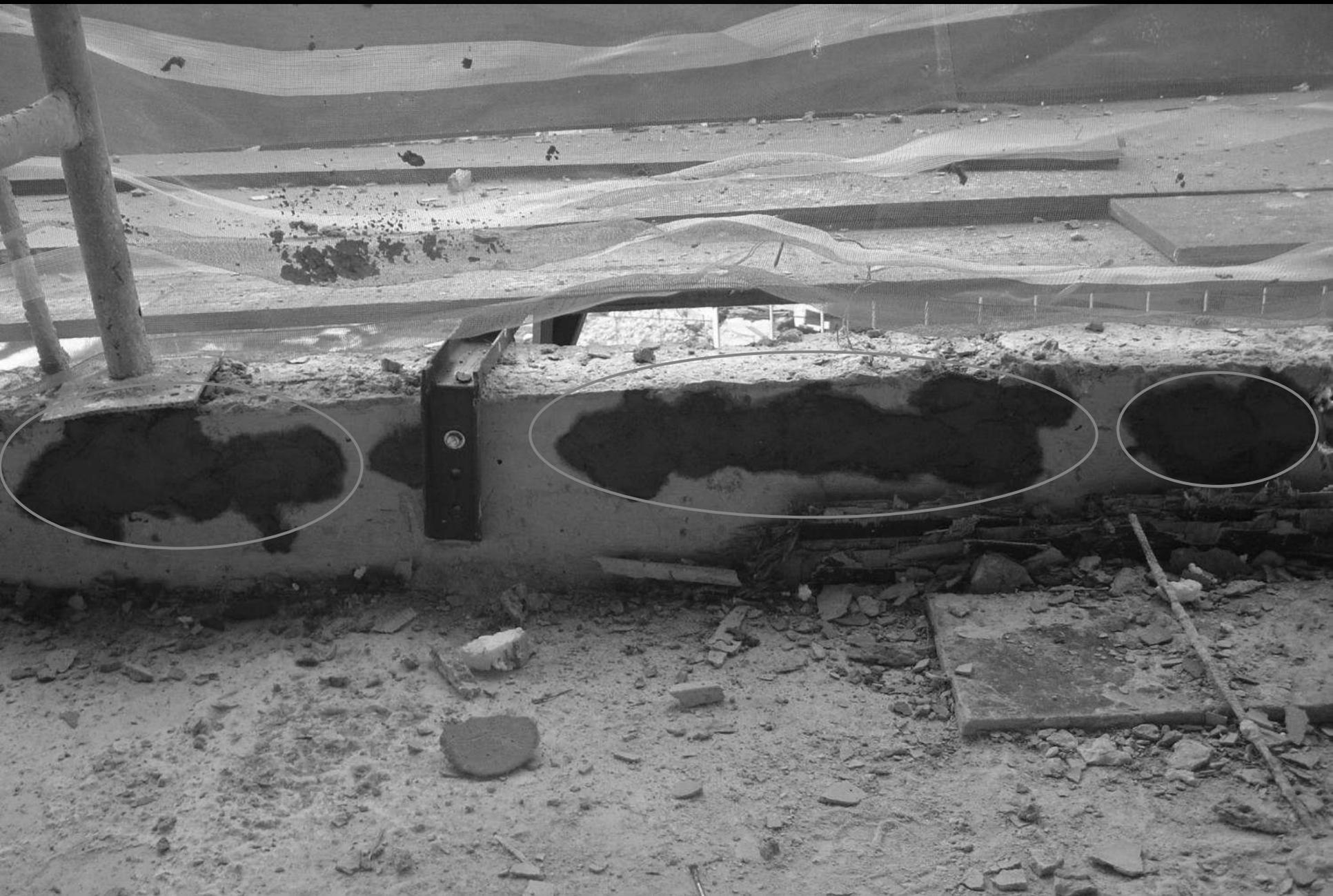
Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)



Bicheiras nas Vigas (falta de adensamento)



“Recuperação” das Bicheiras com Argamassa Comum



Vigas “Recuperadas”



Vigas “Recuperadas” (fissuradas)



Edifício Emblemático

Alphaville, São Paulo

50MPa

35 andares

Comercial

ninho de concretagem

















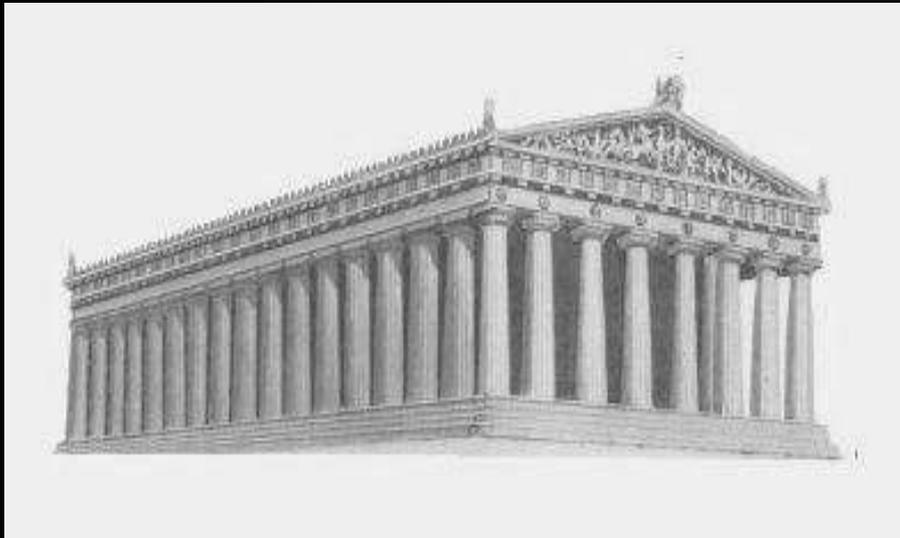


Qual a
MISSÃO do
Construtor?

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

razão áurea C/L = 1,618 número phi (Phidias)

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



Pártenon, 440 aC
“século de Péricles”



Panteão
de
Roma





Cúpula do Panteão de Roma

Século II dC → Diâmetro de 44m





Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura



Ouro Preto

Foto De Laila



Parati



Comprometimento!

Do your best!

Obrigado!

