



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



*“do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras”*

**Carlos Brites**  
**Jéssika Pacheco**  
**Paulo Helene**

*Diretor PhD Engenharia*  
*Conselheiro Permanente IBRACON*  
*Presidente ALCONPAT Internacional*  
*Prof. Titular Universidade de São Paulo*  
*Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

Auditório Sede Rio Verde

18 de maio de 2012

Limeira, São Paulo.SP

1

## **NBR 6118:2007**

Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento

225p.

- |   |  |
|---|--|
| Prefácio  | 15. Instabilidade e efeitos de segunda ordem                         |
| Introdução  | 16. Princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento |
| 1. Objetivo   | 17. Dimensionamento e verificação de elementos lineares              |
| 2. Referências normativas   | 18. Detalhamento de elementos lineares                               |
| 3. Definições   | 19. Dimensionamento e verificação de lajes                           |
| 4. Simbologia   | 20. Detalhamento de lajes  |
| 5. Requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto | 21. Regiões especiais  |
| 6. Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto                            | 22. Elementos especiais  |
| 7. Critérios de projeto que visam a durabilidade                                      | 23. Ações dinâmicas e fadiga   |
| 8. Propriedades dos materiais   | 24. Concreto simples   |
| 9. Comportamento conjunto dos materiais   | 25. Interfaces do projeto com a construção, utilização e manutenção  |
| 10. Segurança e estados limites   | ANEXOS   |
| 11. Ações   | A Efeito do tempo no concreto estrutural                             |
| 12. Resistências  | B Índice geral   |
| 13. Limites para dimensões, deslocamentos e abertura de fissuras                      | C Índice de figuras e tabelas  |
| 14. Análise estrutural  | D Índice remissivo   |

2

# 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

3

# 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.

4

# 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.

5

# 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.

6

# 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.

7

# 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

8

## Comparação

Descrição	NBR 15575:2010	NBR 6118:2007
<b>Nº de Pavimentos</b>	edifícios habitacionais de até 5 pavimentos	todos os edifícios
<b>Retração</b>	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%
<b>Varição de temperatura</b>	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 $= 10^{-5}/^{\circ} \text{C}$ .

9

## Comparação

Descrição	NBR 15575:2010	NBR 6118:2007
<b>Umidade relativa do ar</b>	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 %;	8.2.11 Considera que a expansão máxima do concreto armado de 50% a 100% de UR é da ordem de 0,08%
<b>Combinações de serviço</b>	Parte II. 7.3.2.1 $\Psi_s=1,0$ $\Psi_q=0,7$	11.8.2.4 Tabela 11.3 $\Psi_0=1,0$ $\Psi_1=0,7$ $\Psi_2$ =considera a ação do vento
<b>Incêndio</b>	Parte I. 8.1 Remete à NBR 14432  Portanto, estão isentas: <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; qualquer edificação com área &lt;750m<sup>2</sup>;</li> <li>&gt; qualquer edificação térrea;</li> <li>&gt; qualquer sobrado com área &lt;1500m<sup>2</sup> e carga de incêndio específica &lt;1000MJ/m<sup>2</sup></li> </ul>	10.3 Remete à NBR 15200, que por sua vez remete à NBR 14432

10

## Comparação

Limites para deslocamentos      NBR 15575:2010      NBR 6118:2007  
Parte II. Item 7.3.1      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 <sub>i</sub> */500
	falso	L/260	L/175

\*Pé-direito

11

## 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***

12

## 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...*

13

## 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.***

14

## **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.**

15

## **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.**

16



# **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.

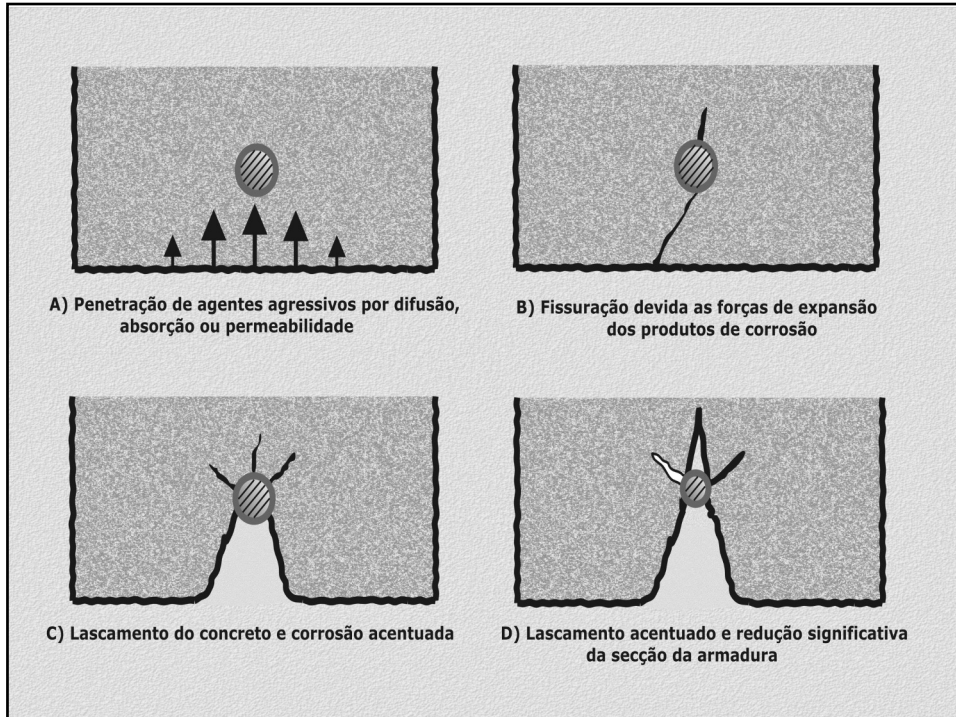
*Portanto, as condições de serviço precisam ser previamente analisadas e definidas*

17

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

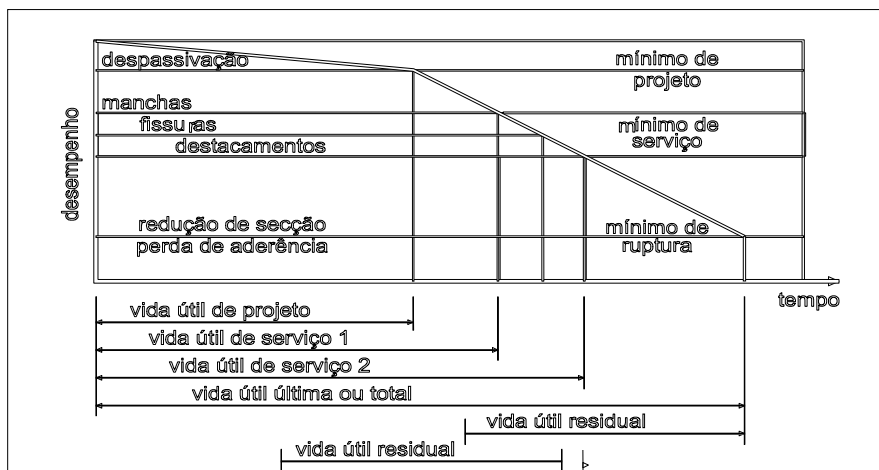
1. Define
2. Enumera os responsáveis
3. Classifica agressividade ambiental em 4 classes
4. Descreve 4 mecanismos de deterioração do concreto ; 2 das armaduras e 1 da estrutura
5. Recomenda detalhamento
6. Para cada classe recomenda qualidade do cobrimento
7. Para cada classe recomenda espessura mínima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

18



19

## Vida Útil das Estruturas de Concreto



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

20

## **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”*

21

## **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.*

22

## Modelos de Previsão de Vida Útil

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaio Acelerado
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

23

## Modelos de Previsão de Vida Útil

### Experiência

#### *Primeiras Normas sobre Estruturas de Concreto*

1903	Suíça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

24

# 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).”

25

# 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

26

# Modelos de Previsão de Vida Útil

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

27

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaios Acelerados

*“risco de alterar o mecanismo que ocorre ao natural”*

1. *Carbonatação acelerada*
2. *Migração de Cl<sup>-</sup> acelerada*
3. *Difusão de Cl<sup>-</sup> acelerada*
4. *Permeabilidade acelerada*
5. *Outros mecanismos*

28

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Carbonatação acelerada



29

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Migração de Cl<sup>-</sup> acelerada



30

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Difusão de Cl<sup>-</sup> acelerada



Imersão em solução de NaCl por um determinado tempo

Coefficiente de difusão de Cl<sup>-</sup>

31

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Ensaio Acelerados Permeabilidade acelerada



32



## **Modelos de Previsão de Vida Útil**

- ✓ Experiência
- ✓ Ensaio Acelerado
- ✓ Mecanismos de Transporte (determinísticos)
- ✓ Estocásticos (probabilístico)

33

## **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).*

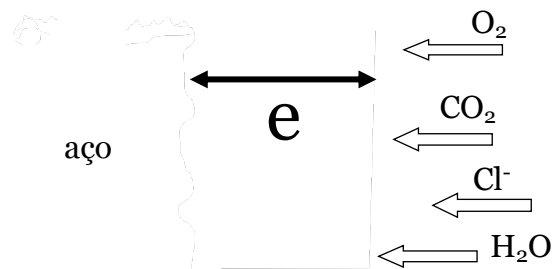
34

# Modelos de Previsão de Vida Útil

## Mecanismos de Transporte (determinísticos)

Generalização

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



35

## Carbonatação

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

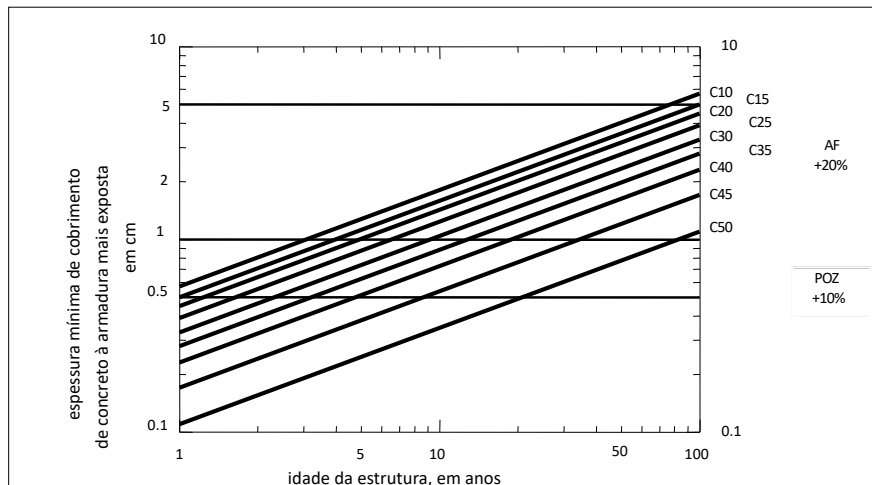
- $e_{CO_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$
- $k_{CO_2} \rightarrow 0.1 \text{ a } 1.0 \text{ cm/ano}^{1/2}$

36

referência

## Carbonatação

em faces dos componentes estruturais de concreto expostos à intempérie externas



37

## Modelos de Previsão de Vida Útil

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

38

# Modelos de Previsão de Vida Útil

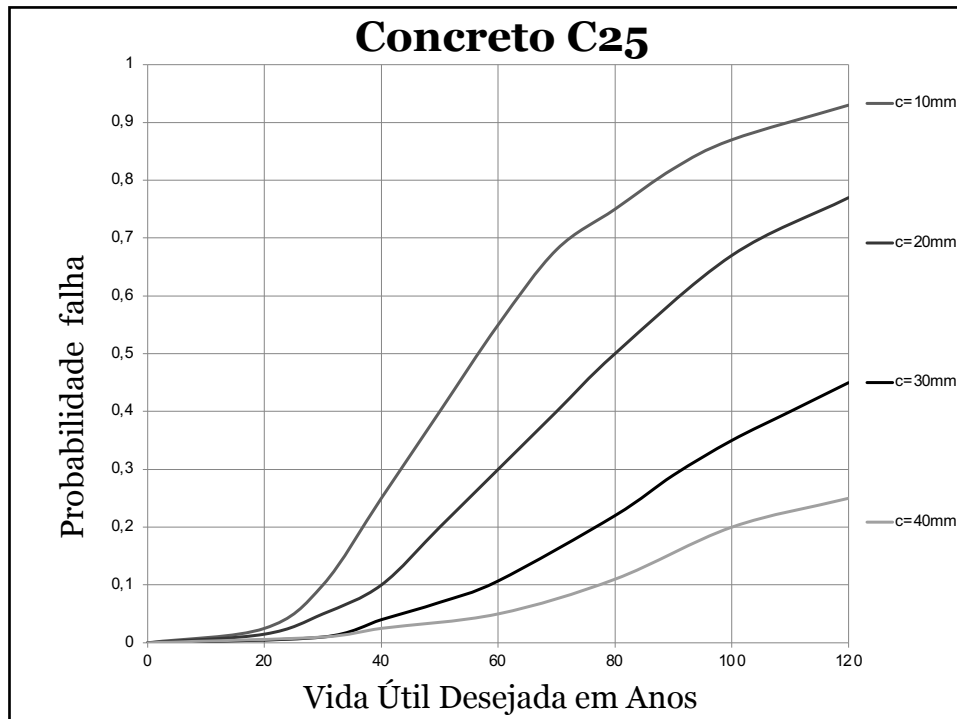
## Estocásticos (probabilistas)

Estatística aplicada aos modelos deterministas

Conceito de risco (Probabilidade de falha)  
Conceito de confiabilidade

Ainda pouco utilizado

39



40

## **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.*

41

## **NBR 6118:2007**

**“descreve mecanismos de deterioração e envelhecimento”**

### **6.3.2 Concreto**

- ✓ *lixiviação;*
- ✓ *expansão → sulfatos*
- ✓ *expansão → AAR*
- ✓ *intemperismo → piritas/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*

42

## **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 <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingo de maré <sup>1), 3)</sup>	

43

## **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.
- 

44

## **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 %*

$\Delta_c$  → *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.*

45

## **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	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
classe de concreto (NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
consumo de cimento kg/m <sup>3</sup>	CA /CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

46

## **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)	$\geq C35$	$\geq C40$	$\geq C45$

47

## **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 <sub>4</sub> ), % em massa	teor de sulfato solúvel na água (SO <sub>4</sub> ), % 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	$> 0,20$	$\text{>} 0,15$ $\text{>} 1500\text{ppm}$	$< 0,45$	$> C40$

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

48



## **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 <sup>-</sup> , % 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.*

49

## **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!

50

## 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	$\geq 20$	$\geq 25$	$\geq 35$	$\geq 45$
	viga / pilar	$\geq 25$	$\geq 30$	$\geq 40$	$\geq 50$
concreto protendido	todos	$\geq 30$	$\geq 35$	$\geq 45$	$\geq 55$

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.

51

## 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	$W_k \leq 0,4\text{mm}$	$W_k \leq 0,2\text{mm}$	nihil

52

## **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?

53

## **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.

54

## **NBR 6118:2007** ***“medidas especiais”***

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

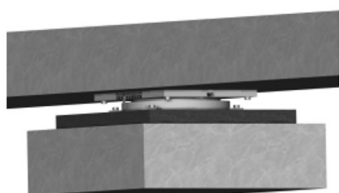
- ✓ aplicação de revestimento hidrofugantes;
- ✓ pinturas impermeabilizantes;
- ✓ revestimentos de argamassas e cerâmicas ou outros;
- ✓ galvanização da armadura;
- ✓ proteção catódica da armadura;
- ✓ outros.

55

## **Considerações Finais**

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

Exemplos:



Aparelhos de apoio



Proteção superficial de concreto

56

# 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.

57

# OBRIGADO!



*"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"*

[www.concretophd.com.br](http://www.concretophd.com.br)  
[www.phd.eng.br](http://www.phd.eng.br)

11-2501-4822 / 23  
11-7881-4014

58