

**I Seminário de Durabilidade em
Concretos do MS**

**Vida Útil das Estruturas
de Concreto segundo a
ABNT NBR 15575**



Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente de Honra ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life Design
Conselheiro da CNTU e SEESP*

UFMS 12 de dezembro de 2017 Campo Grande/MS

1

Conceitos

As estruturas devem ser adequadas para sua correta utilização durante a vida útil de projeto:

- ✓ Seguras
- ✓ Funcionais
- ✓ Suportar incêndio
- ✓ Duráveis
- ✓ Bonitas
- ✓ Sustentáveis

2

Durabilidade & Impermeabilidade?

impermeabilização

3

**existe material impermeável
à água e aos gases?**



*parede de 0,5mm, selado, vidro comum =
480anos para descer 10mm*

4

**então um concreto de
16MPa que nem é
permitido por norma
pode ser “impermeável”?**

5



6

**...e pode ser ser tão
“impermeável” quanto
uma chapa de aço?**

7



8

**...então todos os produtos e
sistemas dito “impermeáveis”
são, na verdade, permeáveis?**

9

**...sim e muitos deles com
permeabilidade maior que a de
uma parede de concreto!**

10

comparativo permeabilidade à água

natureza do revestimento	concreto 20MPa	concreto 50MPa
acrílico	8 cm	2cm
poliuretano	25 cm	4 cm
epóxi	30 cm	5 cm
poliuréia	35 cm	7 cm
manta pvc	28 cm	4 cm
manta betume	10 cm	2 cm

11



Concreto é impermeável ?

12

permeabilidade do concreto
versus
estanqueidade da estrutura



13

PROBLEMA
quase insolúvel

ESTANQUEIDADE
da estrutura!

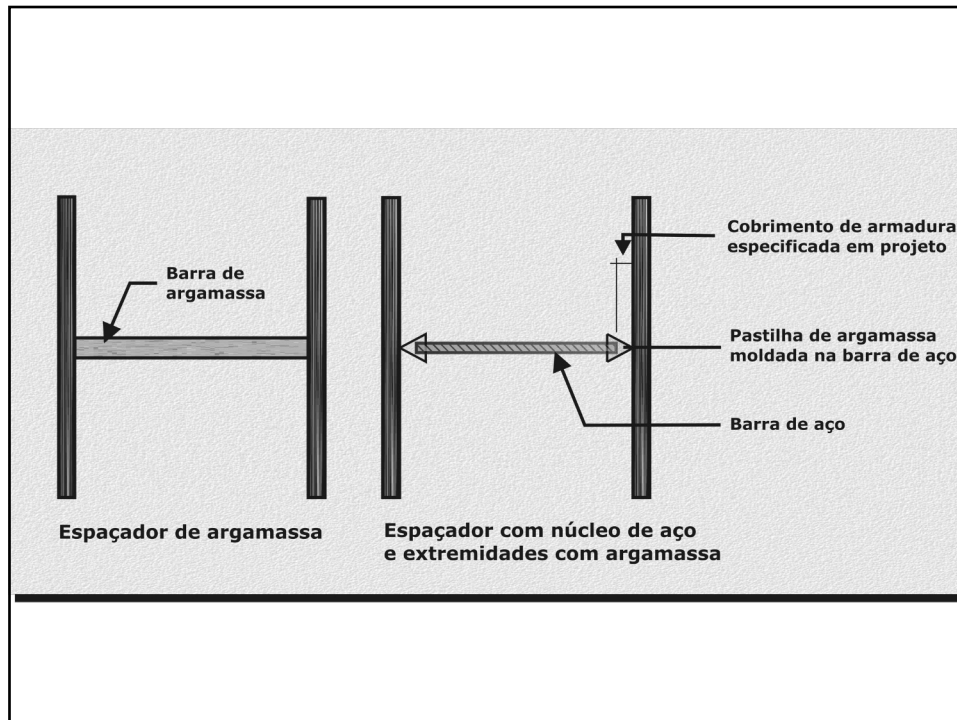
14



15

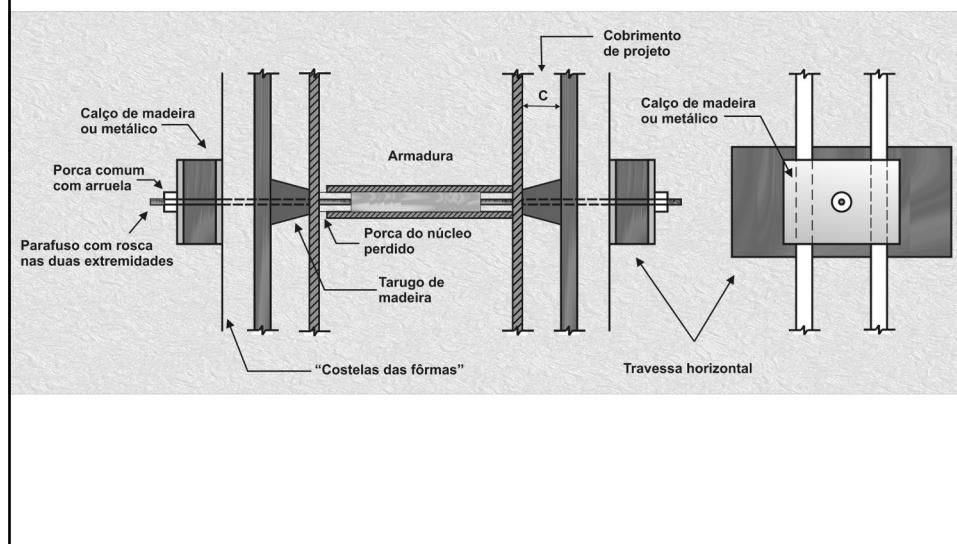


16

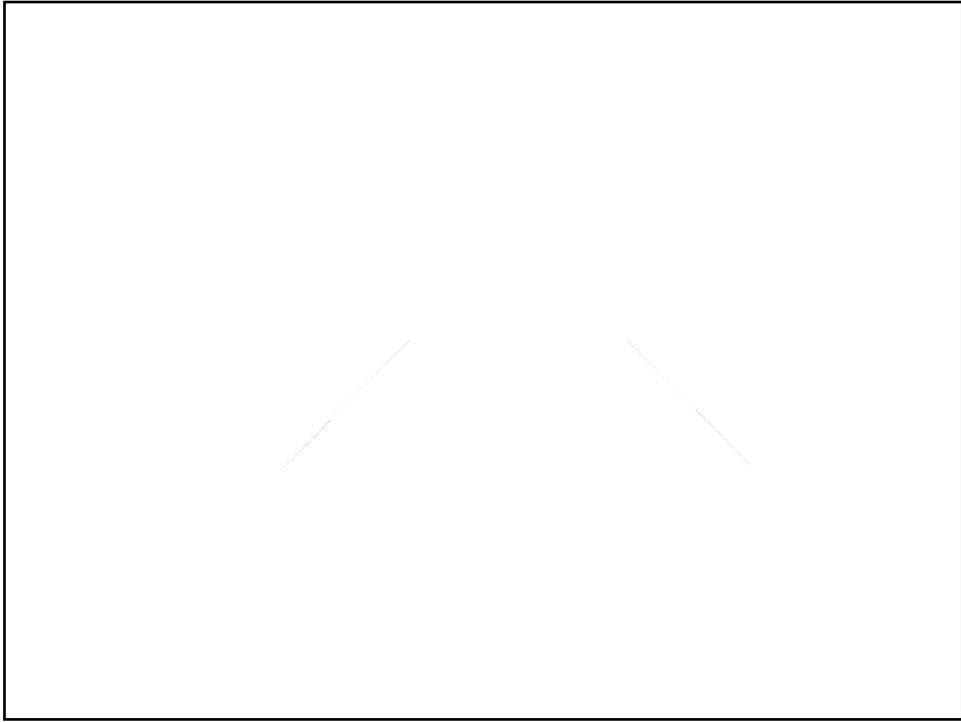


17

Tensor de núcleo perdido



18



19



20

CONCRETO é “impermeável”

difícil → estanqueidade

pois independe do material e
depende 100% do projetista e
100% da CONSTRUTORA

21



22



23

Ingresso de gases e fluidos ***mecanismos de transporte***

- Permeabilidade
- Capilaridade
- Difusibilidade
- Migração
- Convecção

24

Permeabilidade do concreto à água

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$k_w = 10^{-(10+0.07*f_{ck})}$$

k_w = coeficiente de permeabilidade à água,
conforme lei de Darcy, em m/s

f_{ck} = resistência característica do concreto à
compressão aos 28 dias, em MPa

25

Permeabilidade do concreto ao O₂

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$k_g = 10^{-(14+0.05*f_{ck})}$$

k_g = coeficiente de permeabilidade ao gás
oxigênio, em m² (UR < 65%)

f_{ck} = resistência característica do concreto à
compressão aos 28 dias, em MPa

26

Difusibilidade da água no concreto

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$D_w = \frac{10^{-8}}{f_{ck}}$$

D_w = coeficiente de difusão à água, em m²/s

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, em MPa

27

Espessura de Carbonatação

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$e_{CO_2,t} = 4 * \sqrt{10^{-(12,5+0,05*f_{ck})}} * \sqrt{t}$$

$e_{CO_2,t}$ = profundidade carbonatada em m

t = tempo de exposição ao CO₂ com UR = 65% =
idade do concreto em s (ou dias *294)

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, em MPa

28

Difusibilidade de íons Cloreto

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$D_{Cl} = 10^{-10} \text{ para } \cdot CPI \text{ \& } CP II, f_{ck} = 20 MPa$$

$$D_{Cl} = 3 * 10^{-11} \text{ para } \cdot CP III \text{ \& } CP IV, f_{ck} = 20 MPa$$

$$D_{Cl} = 10^{-11} \text{ para } \cdot CPI \text{ \& } CP II, f_{ck} = 50 MPa$$

$$D_{Cl} = 3 * 10^{-12} \text{ para } \cdot CP III \text{ \& } CP IV, f_{ck} = 50 MPa$$

D_{Cl} = coeficiente de difusão de íons cloreto em m²/s

29

Capilaridade à Água

fib(CEB-FIP) Model Code 90

$$w = 10^{-(4+0.02*f_{ck})} * \sqrt{t}$$

w_t = água absorvida em m³/m²

t = tempo de absorção de água em s

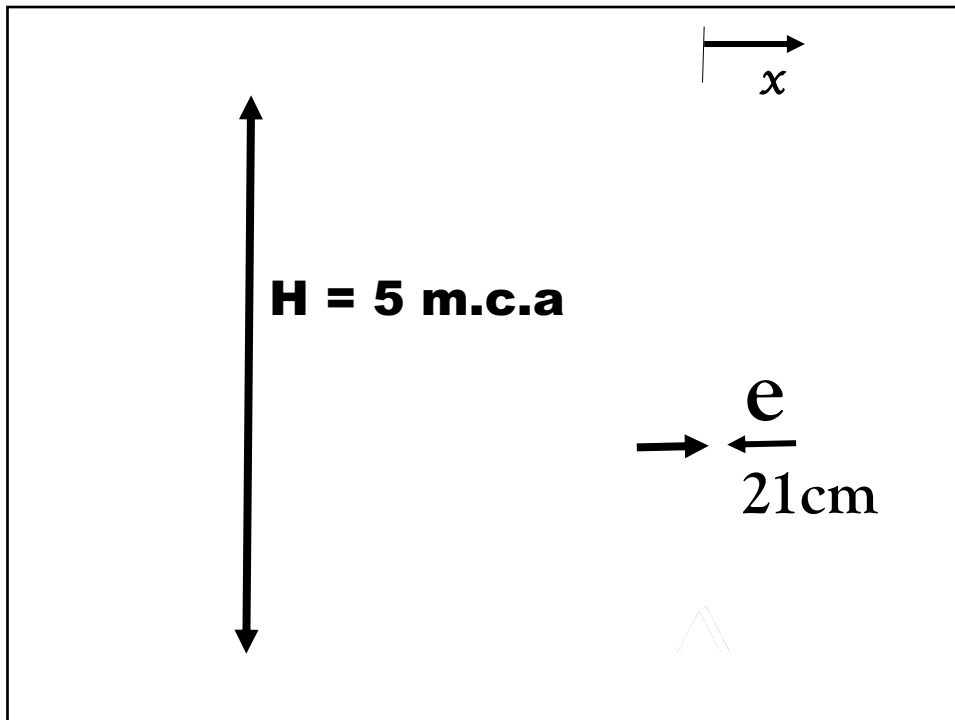
30

propriedade	20 MPa	50 MPa
coeficiente de permeabilidade à água k_w (m/s)	$4 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-14}$
coeficiente de permeabilidade a gás O_2 k_g (m ²)	$1 \cdot 10^{-15}$	$3 \cdot 10^{-17}$
carbonatação em 50 anos e_{CO_2} (mm)	30	5
coeficiente de difusão de cloretos D_{Cl} (m ² /s)	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
absorção capilar de água em 24h w (dm ³ /m ²)	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$

31



32



33

Lei de Darcy

permeabilidade (gradiente de pressão)

$$V = \frac{Q}{S} = k_w \bullet \frac{H}{x}$$

$V \rightarrow$ velocidade de percolação de água em cm/s

$Q \rightarrow$ vazão de água em cm³/s

$S \rightarrow$ área da superfície confinada por onde percola a água em cm²

$H \rightarrow$ pressão da água de contacto em cm.c.a

$x \rightarrow$ espessura de concreto percolada pela água em cm

$k_w \rightarrow$ coeficiente de permeabilidade do concreto em cm/s

34

Lei de Darcy

permeabilidade (gradiente de pressão)

$$V = \frac{Q}{S} = k \cdot \frac{H}{x} \Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{k \cdot H}{x}$$

$$\Rightarrow x dx = H \cdot k \cdot dt$$

$$\Rightarrow \int_0^e x dx = \int_0^t H \cdot k \cdot dt$$

$$\Rightarrow t = \frac{e^2}{2 \cdot H \cdot k}$$

35

Concreto

*(lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)*

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa} \Rightarrow a/c = 0,75 \Rightarrow k = 10^{-8} \text{ cm/s}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa} \Rightarrow a/c = 0,45 \Rightarrow k = 10^{-10} \text{ cm/s}$$

$$f_{ck} = 60 \text{ MPa} \Rightarrow a/c = 0,35 \Rightarrow k = 10^{-11} \text{ cm/s}$$

36

Concreto

(lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)

$$t = \frac{e^2}{2 \bullet H \bullet k_w}$$

$H \rightarrow 500 \text{ cm.c.a}$

$e \rightarrow 21 \text{ cm}$

$k_w \rightarrow 10^{-8} ; 10^{-10} ; 10^{-11} \text{ cm/s}$

37

Concreto

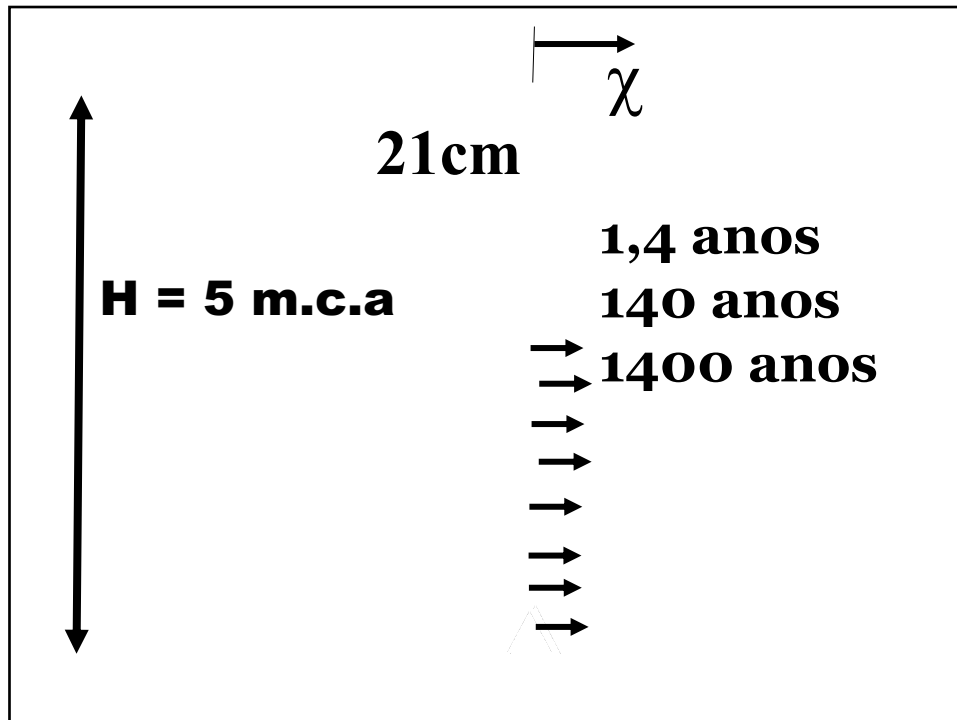
(lei de Darcy) permeabilidade
(gradiente de pressão)

$f_{ck} = 20 \text{ MPa} \rightarrow t = 1,4 \text{ anos}$

$f_{ck} = 40 \text{ MPa} \rightarrow t = 140 \text{ anos}$

$f_{ck} = 60 \text{ MPa} \rightarrow t = 1400 \text{ anos}$

38



39

CONCLUINDO

projetar e construir obras de concreto duráveis depende:

- ✓ especificação;
- ✓ projeto;
- ✓ preço unitário;
- ✓ dosagem / controle;
- ✓ conscientização da direção da construtora;
- ✓ treinamento dos operários;
- ✓ fiscalização

40

NBR 6118:2014

"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

41

6.3.2 Concreto → *Lixiviação*



Cobertura do
Prédio da FAU-USP



Edifício da
Engenharia Civil
POLI.USP

42

6.3.2 Concreto → ***Lixiviação***

Mecanismo

- Carreamento de sais solúveis pela água, Ca(OH)_2

Manifestação, Sintoma, Vício

- Manchas esbranquiçadas na superfície CaCO_3
- Eflorescência, pode até formar estalactites
- Aumento da porosidade interna do concreto
- Redução do pH com risco de corrosão

Como evitar, Prevenção, Profilaxia

- Reduzir relação a/c, usar adições
- Melhorar condições de cura;
- Impermeabilizar evitando água.

43

Como Corrigir ?

Inspeção e Diagnóstico:

- Origem
- Mecanismo
- Agentes causadores
- Prognóstico

Intervenção Corretiva:

- Materiais
- Equipamentos
- Mão de obra
- Procedimentos

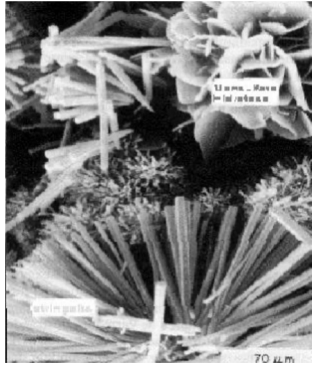
Manutenção

44

6.3.2 Concreto → ***Expansão***

Reações expansivas

Sulfatos, SO_4^{-2}



45

6.3.2 Concreto → ***Expansão***

Reação Álcali-Agregado AAR



46

6.3.3 Aço → ***Corrosão de Armaduras***

Despassivação por carbonatação

■ Ca(OH)_2 --- $\text{pH} \geq 12$
(aço passivado)

■ $\text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \Rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
(aço despassivado)



47



48

6.3.3 Aço → *Corrosão de Armaduras*

Despassivação
por cloretos



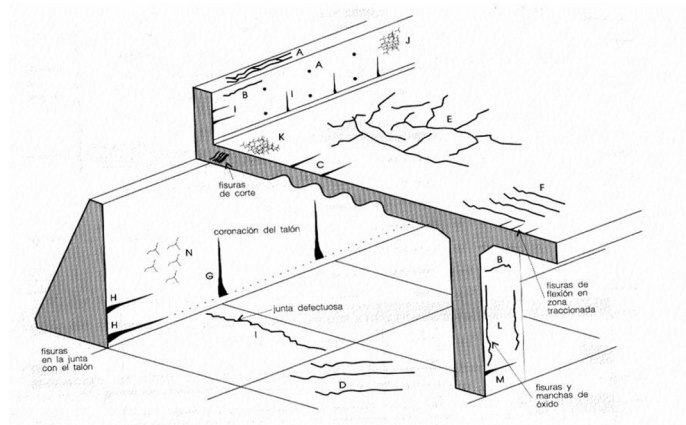
49



50

6.3.4 Estructura

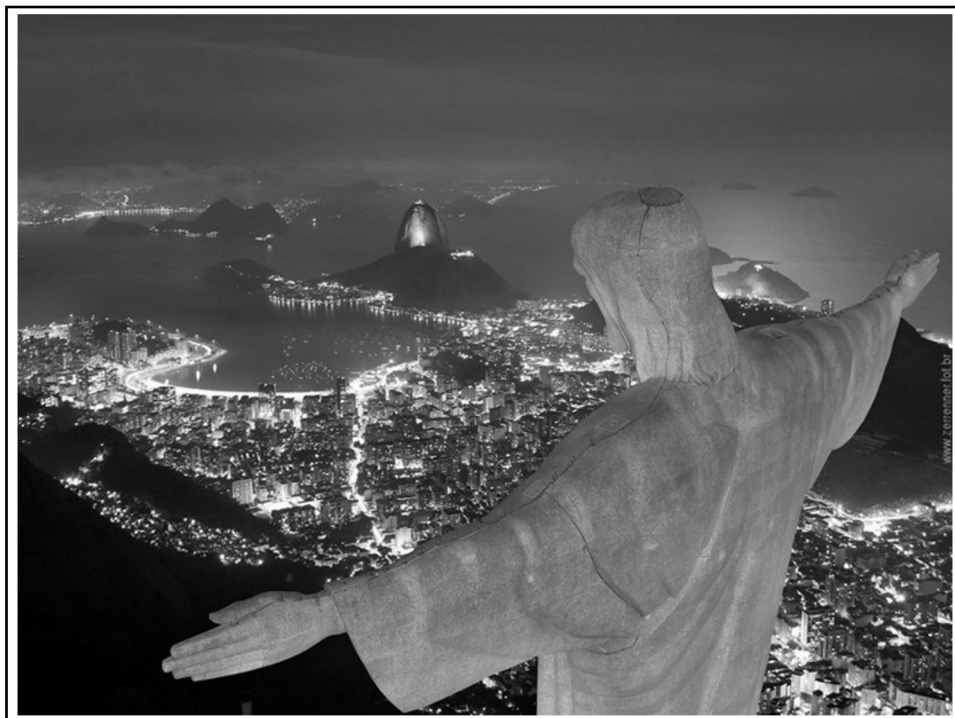
fissuras: térmicas, retração, ações, construtivas



51



52



53

NBR 6118:2014; NBR 12655:2015; NBR 14931:2004

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

54

NBR 6118:2014

“define”

5.1.2.3 DURABILIDADE:

“Consiste na capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.”

55

Vida Útil das Estruturas de Concreto

adaptado BS 7543 2015

Vida Útil	Tipos	Exemplos
< 10 anos	Temporárias	obras temporárias, divisórias, tapumes etc.
10 anos	Pequena Vida útil	construções usadas para processos industriais de curta duração
30 anos	Média Vida útil	a maiorias das construções industriais
60 anos	Vida útil normal	obras públicas, escolas, hospitais, casas, edifícios
120 anos	Vida útil superior	obras de grande responsabilidade como barragens, pontes, metros, ...

Guide to Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components

56

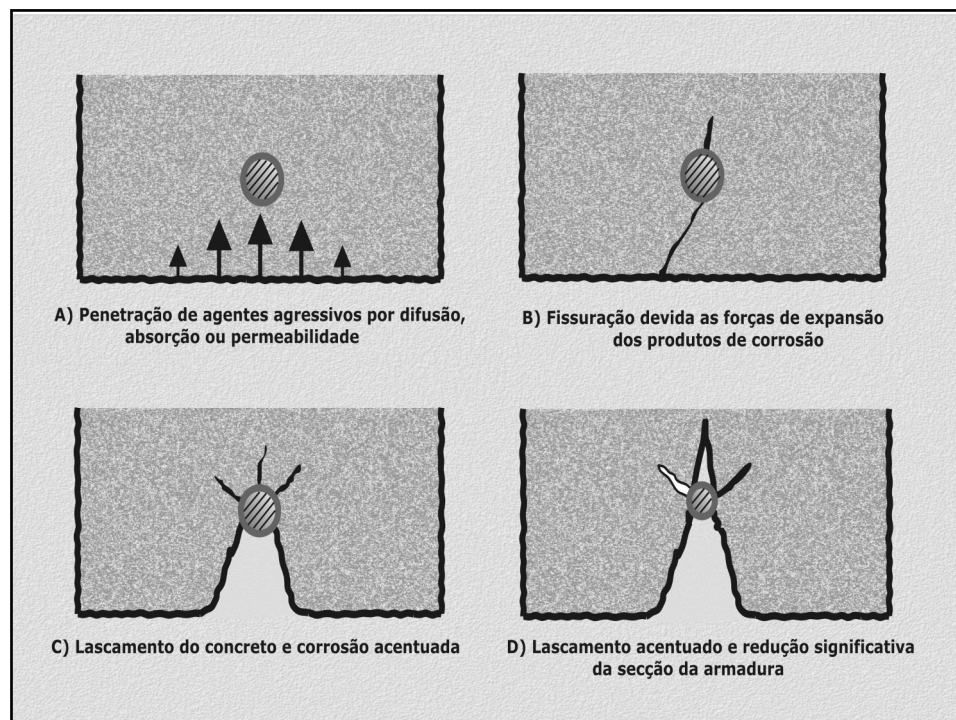
Vida útil de Projeto NBR 15575:2013

Vida útil de projeto mínima e superior (VUP)^a

Sistema	VUP (anos)		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos Internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

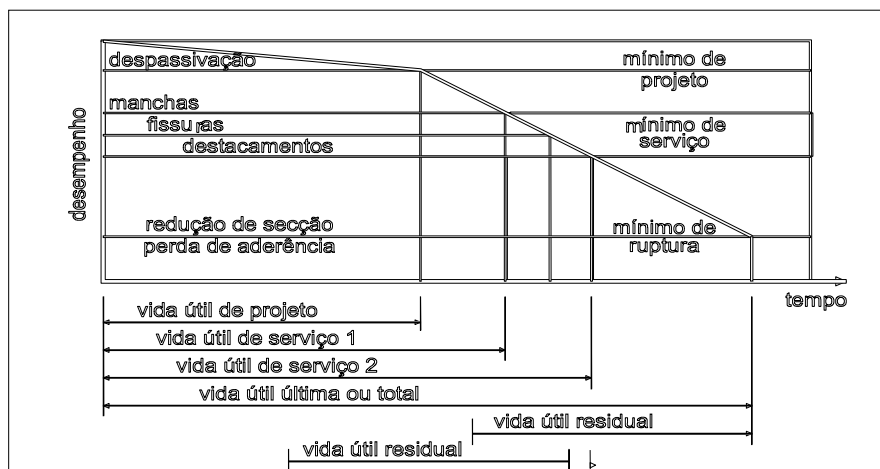
(a) Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

57



58

Vida Útil das Estruturas de Concreto



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

59

NBR 6118:2014 “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 sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil.”

60

NBR 6118:2014

“define”

6.2 VIDA ÚTIL de PROJETO

6.2.1 Período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.3, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

6.2.2 O conceito de vida útil aplica-se ao todo e às suas partes, independentemente.

61

NBR 6118:2014

“define”

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 25.3.

62

NBR 6118:2014

“define”

25.3 MANUAL de UTILIZAÇÃO, INSPEÇÃO e MANUTENÇÃO

“De posse das informações de projetos, 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 explicitar 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.”

63

NBR 5674:2012 Manutenção de Edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção

1. ESCOPO

Esta Norma estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações. A gestão do sistema de manutenção inclui meios para:

- a) preservar as características originais da edificação;*
- b) prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes;*

Edificações existentes antes da vigência desta Norma devem se adequar ou criar os seus programas de manutenção atendendo ao apresentado nesta Norma.

Os anexos desta Norma apresentam exemplos de modelos não restritivos ou exaustivos a serem adaptados em função das características específicas da edificação.

64

**NBR 14037:2011 Diretrizes para
elaboração de manuais de uso, operação e
manutenção das edificações – Requisitos
para elaboração e apresentação dos
conteúdos**

3.4 MANUAL de USO, OPERAÇÃO e MANUTENÇÃO

Documento que reúne as informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e manutenção da edificação e operação dos equipamentos.

65

**Modelos de Previsão de
Vida Útil**

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

66

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).*

67

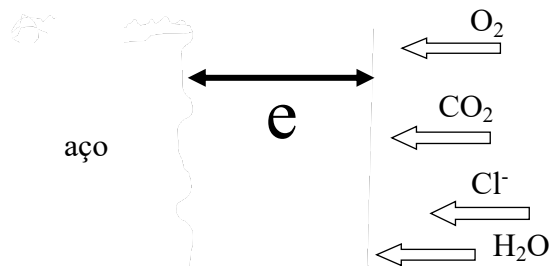
Modelos de Previsão de Vida Útil

Mecanismos de Transporte (determinísticos)

Generalização

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

aço



68

Carbonatação

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

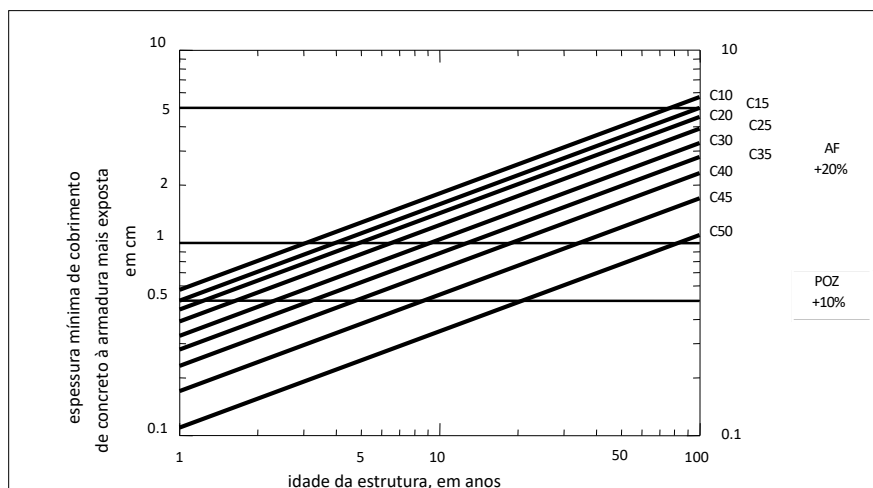
➤ $e_{\text{CO}_2} \rightarrow 1 \text{ a } 5 \text{ cm}$

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

69

Carbonatação

em faces dos componentes estruturais de concreto
expostos à intempérie externas



70

NBR 12655:2015

“enumera responsáveis”

4. ATRIBUIÇÕES de INCUMBÊNCIAS

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.*

71

NBR 6118:2014

“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*

72

NBR 6118:2014

“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	Frac	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)}	

73

NBR 6118:2014

“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.
-

74

NBR 6118:2014

“recomenda detalhamentos”

7.1 Simbologia

c_{min} → cobertura mínima 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} → cobertura nominal ($c_{min} + \Delta_c$)

UR → umidade relativa do ar em %

Δ_c → tolerância da espessura de cobertura

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.

75

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015

“qualidade do concreto”

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

76

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015 “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	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$	$\leq 0,45$
classe de concreto (NBR 8953)	$\geq C35$	$\geq C40$	$\geq C40$

77

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015 “qualidade do cobrimento”

Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,50	35
Severa ^c	> 0,20	> 1500	0,45	40

- (a) Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.
- (b) A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.
- (c) Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

78

NBR 6118:2014 & NBR 12655:2015

“qualidade do cobrimento”

Tabela 5 Teor máximo de íons cloreto para proteção das armaduras do concreto

classe de agressividade	Condições de serviço da estrutura	teor máximo de íons cloreto (Cl-) % em massa de cimento
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40

Obs.: proibido o uso de aditivos contendo cloretos.

79

NBR 6118:2014

“espessura do cobrimento”

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

$c_{nom} \geq \phi$ feixe = ϕ_n

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

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

7.4.7.6 $c_{nom} \geq 0,83 \phi D_{max}$

80

NBR 6118:2014

“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 ou elemento	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ^b	≥ 20	≥ 25	≥ 35	≥ 45
	Viga / Pilar	≥ 25	≥ 30	≥ 40	≥ 50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	≥ 30		≥ 40	≥ 50
Concreto protendido ^a	Laje	≥ 25	≥ 30	≥ 40	≥ 50
	Viga / Pilar	≥ 30	≥ 35	≥ 45	≥ 55

81

NBR 6118:2014 *“espessura do cobrimento”*

- (a) Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
- (b) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.
- (c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
- (d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

82

NBR 6118:2014 “controle da fissuração”

Tabela 13.4 Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinações de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente

83

NBR 6118:2014 “controle da fissuração”

NOTAS

- Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.
- No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

84

NBR 6118:2014

“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?

85

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.

86

NBR 6118:2014

“medidas especiais”

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

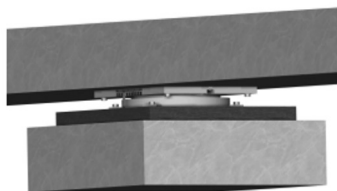
- ✓ aplicação de revestimento hidrofugantes;
- ✓ pinturas impermeabilizantes;
- ✓ revestimentos de argamassas e cerâmicas ou outros;
- ✓ galvanização da armadura;
- ✓ proteção catódica da armadura;
- ✓ outros.

87

Considerações Finais

Toda estrutura de concreto pode conter elementos com vida útil inferior a ela.

Exemplos:



Aparelhos de apoio, selantes



Proteção superficial de concreto

88



IEMS
INSTITUTO DE ENGENHARIA DE MATO GROSSO DO SUL



UFMS



SJB
ENGENHARIA



IBRACON

CREA MS MAIS
Profissionaliza o valor



CREA-MS
Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Mato Grosso do Sul

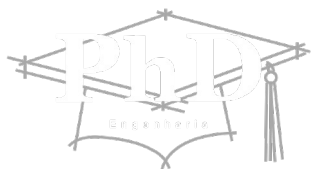
CURSO
INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

6 E 13 DE MAIO | 8H AS 12H



89

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11.2501.4822 / 23
119.5045.4940

90