

IBRACON Regional São Paulo

# **NBR 6118**

## **Materiais e Durabilidade**

**Eng.º Helene**  
Prof. Titular, Universidade de São Paulo, Brasil

1

***NBR 6118***

## **Propriedade dos Materiais**

capítulo 7

- ✓ **Concreto**
- ✓ **Aço**

2

<b>Concreto</b>		
propriedade	1978	2000
classes	$\geq 9$	C15;C20;C25;...C50 NBR 8953 $\geq 20$ armadura passiva $\geq 25$ armadura ativa $\geq 15$ fundações NBR 6122
massa específica	2500	2000 a 2800 kg/m <sup>3</sup> simples → 2400 kg/m <sup>3</sup> armado → 2500 kg/m <sup>3</sup>
coeficiente de dilatação térmica	$10^{-5} / ^\circ\text{C}$	$10^{-5} / ^\circ\text{C}$

3

<b>Concreto      resistência à compressão</b>		
	1978	2000
idade	28d	28d
dosagem	$f_{cd} = f_{ck} + k \cdot s_d$	<b><i>NBR 12655</i></b>
controle	$f_{ck,est}$	<b><i>NBR 12655</i></b>
crescimento		tabela 1

4

**Concreto**

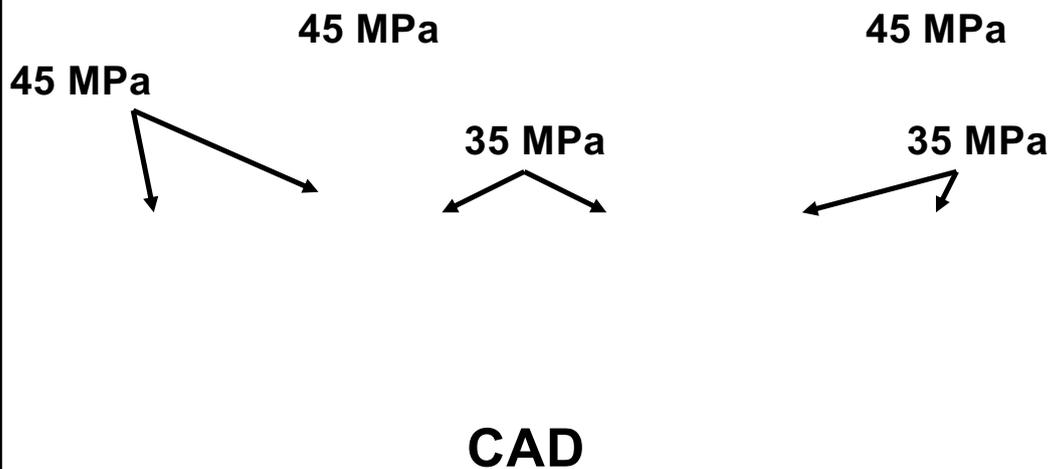
**Tabela 1.  $f_{cj}/f_c$   
Evolução da resistência à  
compressão**

Cimento	Idade									
	3	7	14	28	63	91	120	240	360	720
CP III CP IV	0,46	0,68	0,85	1	1,13	1,18	1,21	1,28	1,31	1,36
CP I CP II	0,59	0,78	0,9	1	1,08	1,12	1,14	1,18	1,20	1,22
CP V	0,66	0,82	0,92	1	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16	1,17

5

**Concreto**      **resistência à compressão**

**Resistência no estado multiaxial de tensões**



6

<b>Concreto</b>	<b>Módulo de elasticidade</b>	
	1978	2000
$E_c \equiv$ inicial		$E_{cj} = 5600 f_{ckj}^{0,5}$ $j \geq 7d$ tensões e deformações de tração comportamento global perdas de protensão
$E_{cs} \equiv$ secante		$E_{cs} = 0,85 \cdot E_c$ tração e compressão peça ou seção transversal
variação		$E_c = a_1 \cdot a_2 \cdot 5600 \cdot f_{ck}^{1/2}$ tabela A.1

7

<b>Concreto</b>	<b>Módulo de elasticidade</b>		
	$E_c = a_1 \cdot a_2 \cdot 5600 \cdot f_{ck}^{1/2}$		
<b>Tabela A1</b>			
natureza do agregado graúdo	$a_1$	consistência do concreto fresco	$a_2$
basalto e diabásio	1,1	fluida	0,9
granito e gnaiss	1,0	plástica	1,0
calcário, arenito e metasedimento	0,9	seca	1,1

8

Concreto	Resistência de cálculo à compressão e resistência à tração	
	1978	2000
tração direta		$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{0,5}$
indireta		$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ctm}$
		$f_{ctk,sup} = 1,3 f_{ctm}$
flexão		$f_{ct} = 0,9 f_{ct,sp}$
		$f_{ct} = 0,7 f_{ct,f}$
resistência de cálculo		$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$

9

Concreto		Retração e fluência									
Tabela 2. Deformação específica de retração e coeficiente de fluência											
Umidade ambiente (%)		40%		55%		75%		90%			
Espessura Equivalente 2A <sub>e</sub> /u (cm)		20	60	20	60	20	60	20	60	20	60
$\varphi(t_{\infty}, t_0)$	t <sub>0</sub> (dias)	5	4,4	3,9	3,8	3,3	3,0	2,6	2,3	2,1	
		30	3,0	2,9	2,6	2,5	2,0	2,0	1,6	1,6	
		60	3,0	2,6	2,2	2,2	1,7	1,8	1,4	1,4	
$\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$	t <sub>0</sub> (dias)	5	-0,44	-0,39	-0,37	-0,33	-0,23	-0,21	-0,10	-0,09	
		30	-0,37	-0,38	-0,31	-0,31	-0,20	-0,20	-0,09	-0,09	
		60	-0,32	-0,36	-0,27	-0,30	-0,17	-0,19	-0,08	-0,09	

10

# Aço

<b>Especificação</b>	<b>1978</b>	<b>2000</b>
Categoria	classe A classe B	classe A
Tipos de superfície		lisos, c/ saliências ou mossas
Massa Específica		7850 kg/m <sup>3</sup>

11

# Aço

<b>Especificação</b>	<b>1978</b>	<b>2000</b>
Módulo de Elasticidade	$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$	$E_s = 210 \text{ GPa}$
Diagrama tensão-deformação	um para aço classe A e outro para aço classe B	um para aços de armaduras ativas outro para aços de armaduras passivas

12

# Aço

<b>Especificação</b>	<b>1978</b>	<b>2000</b>
Característica de Ductilidade		aços CA-25 e CA-50 que atendam os valores mínimos de $f_{yk}/f_{stk}$ e $\epsilon_{uk}$ conforme NBR 7480, são considerados de alta ductibilidade (para armadura passiva), os fios e cordoalhas cujo valor $\epsilon_{uk}$ for maior que mínimo indicado na NBR 7482 e na NBR 7483, podem ser considerados de ductibilidade normal (armadura ativa)

13

***NBR 6118 2000***

## **Durabilidade** ***capítulos 9 e 10***

✓ DIRETRIZES capítulo 9

✓ CRITÉRIOS capítulo 10

14

***NBR 6118 2000***  
**DIRETRIZES**  
***capítulo 9***

- ✓ vida útil
- ✓ mecanismos de envelhecimento
- ✓ classificação da agressividade

15

**diretrizes**

**Vida útil**

Por vida útil de projeto entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem exigir medidas extras de manutenção e reparo; é após esse período que começa a efetiva deterioração da estrutura, com o aparecimento de sinais visíveis como: produtos de corrosão da armadura, desagregação do concreto, fissuras, etc.

Esta Norma pressupõe uma vida útil de no mínimo 50 anos, de acordo com 9.1.

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.

16

**diretrizes**

## Vida útil

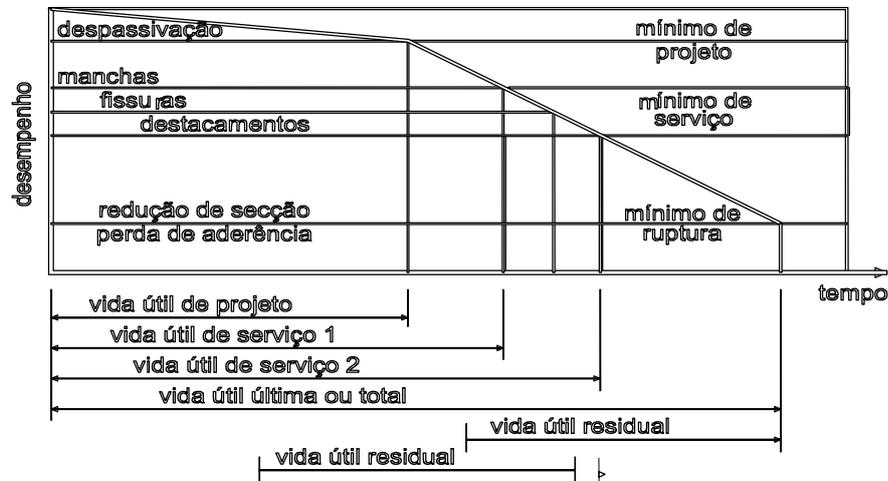


Figura A.4. Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando-se por referência o fenômeno de corrosão das armaduras

17

**diretrizes**

## mecanismos de envelhecimento

**Relativos ao concreto:**

- lixiviação
- expansão
- intemperismo

**Relativos à armadura:**

- carbonatação
- cloretos

18

## diretrizes

## classificação da agressividade

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Risco de deterioração da estrutura
I	fraca	insignificante
II	média	pequeno
III	forte	grande
IV	muito forte	elevado

19

## diretrizes

## classificação da agressividade

Macro-clima	Micro-clima			
	Ambientes internos Seco <sup>1)</sup> UR <=	Úmido ou ciclos <sup>2)</sup> de molhagem e	Ambientes externos e obras em geral Seco <sup>3)</sup> UR <=	Úmido ou ciclos <sup>4)</sup> de molhagem e
Rural	I		I	
Urbana	I	II	I	II
Marinha	II	III	-----	III
Industrial	II	III	II	III
especial <sup>5)</sup>	II	III ou IV	III	III ou IV
respingos de maré	-----	-----	-----	IV
submersa ≥ 3m	-----	-----	-----	I
seco	-----	-----	não agress	úmido e agressivo

20

***NBR 6118 2000***  
**CRITÉRIOS**  
***capítulo 10***

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| ✓ generalidades | ✓ cobrimento        |
| ✓ drenagem      | ✓ detalhamento      |
| ✓ formas        | ✓ fissuração        |
| ✓ concreto      | ✓ medidas especiais |

21

<b>critérios</b>	<b>generalidades</b>
------------------	----------------------

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

22

## critérios

- drenagem
- formas arquitetônicas e estruturais
- detalhamento das armaduras
- plano de inspeção e manutenção

23

## critérios • qualidade do concreto

Concreto	Classe de agressividade (ver tabela 11)				
	Tipo	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

### NOTAS

1 CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado

2 CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido

24

## critérios • cobrimento

c <sub>nom</sub> mm	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 11)			
		I	II	III	IV <sup>2)</sup>
Concreto armado	Laje <sup>2)</sup>	20	25	35	45
	Viga / pilar	25	30	40	55
Concreto protendido <sup>1)</sup>	Todos	30	35	45	55

<sup>1)</sup> Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

<sup>2)</sup> 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 tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos, e outros tantos, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelo item 10.4.6, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15\text{mm}$ .

<sup>3)</sup> As faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos devem ter cobrimento nominal  $\geq 45\text{mm}$ .

25

## critérios • cobrimento

Os cobrimentos nominais e mínimos são sempre, referidos à superfície da armadura externa, em geral a face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

$$c_{\text{nom}} \geq \phi \text{ barra}$$

$$c_{\text{nom}} \geq \phi \text{ feixe} \equiv \phi_n \equiv \phi \sqrt{n}$$

$$c_{\text{nom}} \geq 0,5 \phi \text{ bainha}$$

A dimensão máxima característica do agregado graúdo, utilizado no concreto, não pode superar 20% da espessura nominal do cobrimento, ou seja:

$$d_{\text{max}} \leq 1,2 \cdot c_{\text{nom}}$$

26

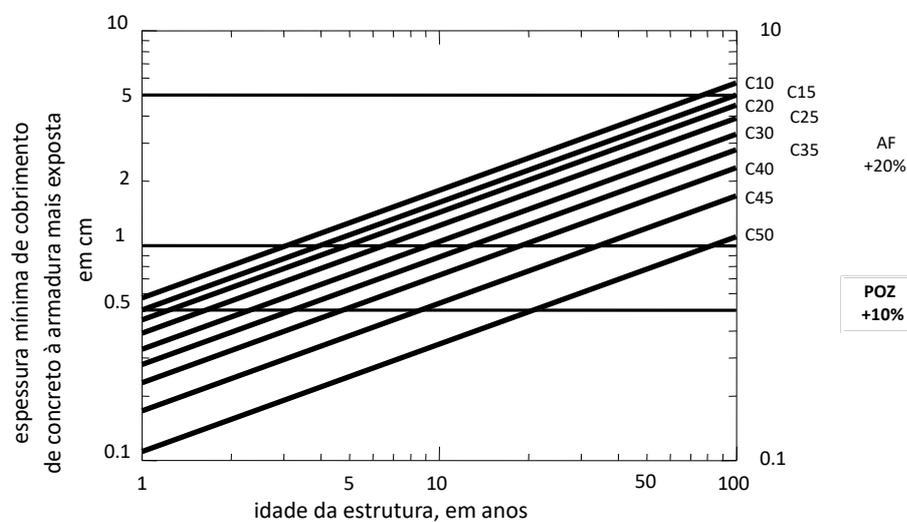
# Cobrimento

Componente	NB 1-1978		NB1 - 2000	
	com revest.	aparente	controle rigoroso	controle normal
Laje	5	20	15	20
	15	25	20	25
	--	--	30	35
	--	--	40	45
Viga/Pilar	15	20	20	25
	20	25	25	30
	--	30	35	40
	--	40	50	55

27

## critérios

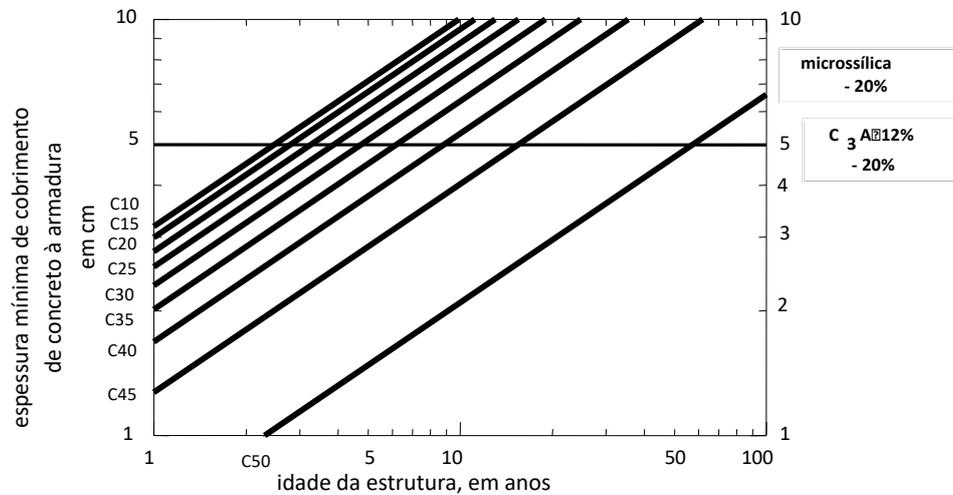
Carbonatação em faces externas dos componentes estruturais de concreto expostos à intempérie



28

## critérios

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



29

critérios • controle da fissuração

$w_k \leq 0,4$  mm para passiva

$w_k \leq 0,2$  mm para ativa

30

- critérios**
- **medidas especiais**
  - **revestimentos**
  - **galvanização**
  - **aço inox**
  - **inibidores.....**

31

## **Tipo de cimento**

### **■ NB1 - 1978:**

No item cimento a norma não trata da durabilidade

### **■ NB1 - 2000:**

Sugere o tipo de cimento: f (natureza da agressividade):

1)resistência à lixiviação: CPIII e CPIV (cimentos com adições)

2)minimizar reação álcali-agregado: CPIV (cimento pozolânico)

32

## **Tipo de cimento**

3) reduzir a profundidade de carbonatação: CPI e CPV

4) reduzir a penetração de cloretos: CPIII e CPIV

Sugere ainda, o emprego de adições de sílica ativa e cinza de casca de arroz

33

## **Relação a/c**

### **■ NB1 - 1978:**

Cita que a relação a/c é função da Resistência e da Durabilidade, porém não estabelece uma relação a/c máx. em função do tipo de agressividade, lembra apenas que deve ser fixada observando-se as seguintes características: impermeabilidade e resistência ao desgaste, à ação de líquidos e gases agressivos, a altas temperaturas e variação de temperatura

34

## **Relação a/c**

- **NB1 - 2000**

**Fixa uma relação a/c máxima em função da agressividade do meio: I, II, III e IV**