



## PROPRIEDADES DO CONCRETO

### Resistência

1)  $f_{ck} = f_{cm} (1 - 1,65\sigma) \leq 0,8 f_{cm}$ .  
normalmente em C. Protendido.

$$240 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq f_{ck} \leq 300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Usa-se até 50 MPa

Para protensas antes de 28 dias.  
usar os seguintes fatores.

Idade do concreto (dias).	3	7	28	90	30
Cimento Portland comum	0,40	0,65	1,0	1,20	1,35
Cim. Portland Alta Resist. Imc.	0,55	0,75	1,0	1,15	1,20

$$2) f_{tk} = 0,59 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ck} = 240 \rightarrow f_{tk} = 22,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{ck} = 300 \rightarrow f_{tk} = 26,4 \text{ "}$$



3) Módulo tangente.

$$E_c = 21000 \sqrt{f_{cm}} \quad \text{CEB}$$

$$E_c = 500 (f_{ck} + 400). \quad \text{NB 116}$$

Ex:  $f_{ck} = 240 \rightarrow$

CEB	$E_c = 375000$
NB 116	$E_c = 320.000$

4) Módulo secante

usado para definir a deformação lenta.

$$E_{c \text{ sec}} = 0,90 E_c.$$

No Rio de Janeiro usar 250000 kgf/cm<sup>2</sup>  
e ensaiar o concreto

5) Deformação imediata

$$\epsilon = \frac{\sigma_c}{E_c}$$

6) Deformação lenta

$$\epsilon_{ce} = \frac{\sigma_{cc}}{E_{c(28 \text{ sec})}} \times \varphi$$

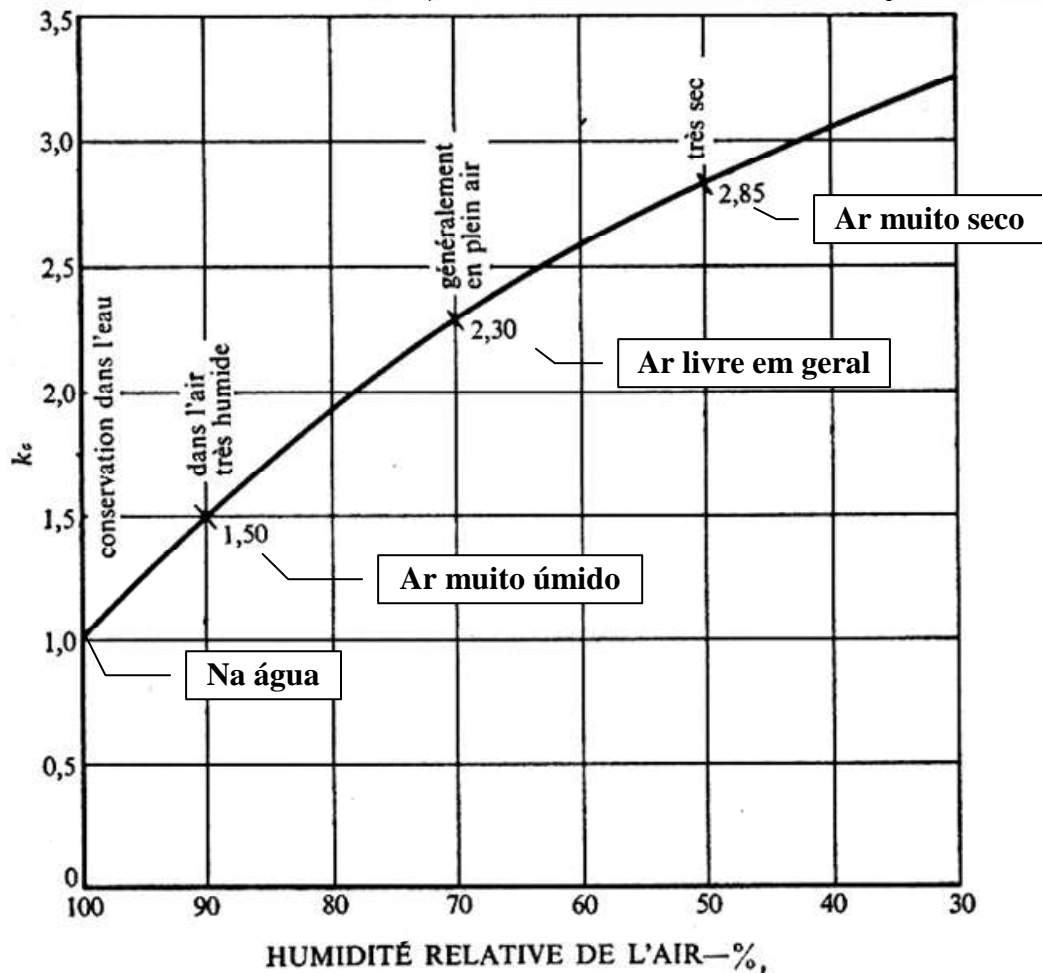




$\varphi$  = coeficiente de deformações  
lentas.

$$\varphi = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times \beta_4 \times \beta_5$$

$\beta_1$  = Coef. leva em conta o clima.

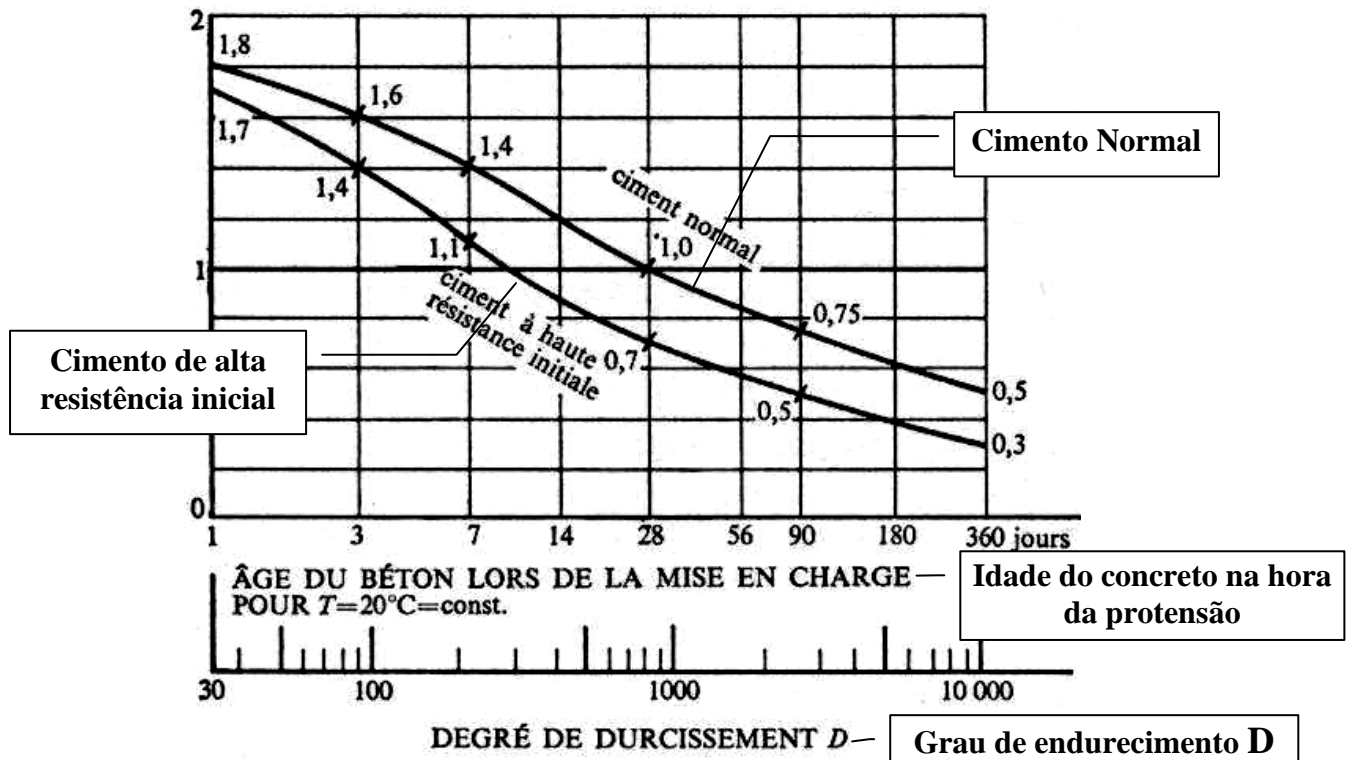


umidade relativa do ar.

com  $U = 70\%$   $\beta_1 = 2,30$ .



$\beta_2$  = considera o grau de endurecimento na hora do carregamento.



Se o concreto é carregado a 28 dias e o cimento é normal temos:

$$\beta_2 = 1,0$$

Se o endurecimento é feito a temperatura diferente de  $20^{\circ}\text{C}$  substitui-se a idade pelo grau de endurecimento.

$$D = \sum j (T + 10).$$

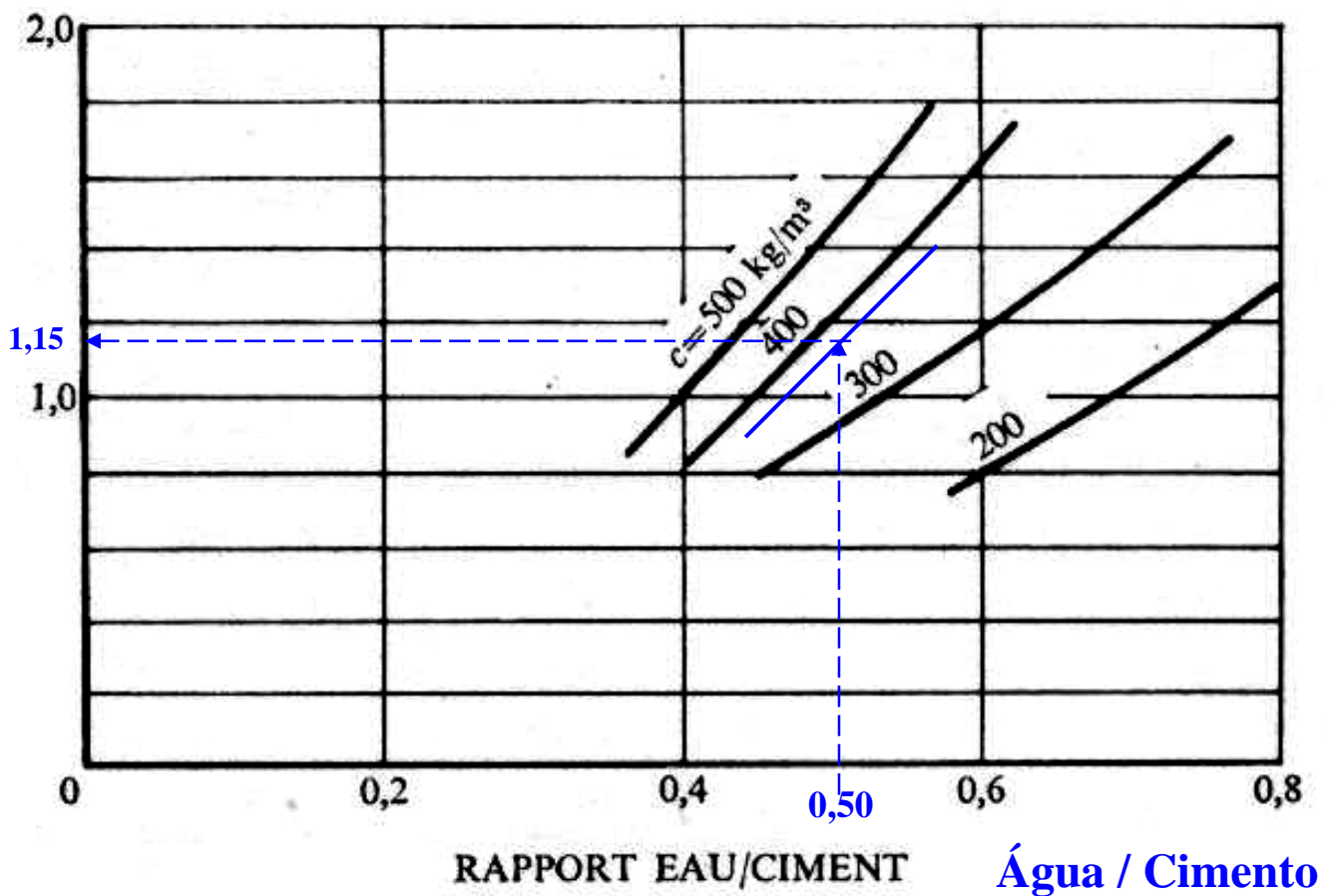
Exemplo 10 dias a  $15^{\circ}$   
20 dias a  $30^{\circ}$

$$D = 10 \times (15 + 10) + 20 \times (30 + 10) = 1050$$

$$\beta_2 = 0,85$$



$\beta_3$  = considera a composições do concreto.

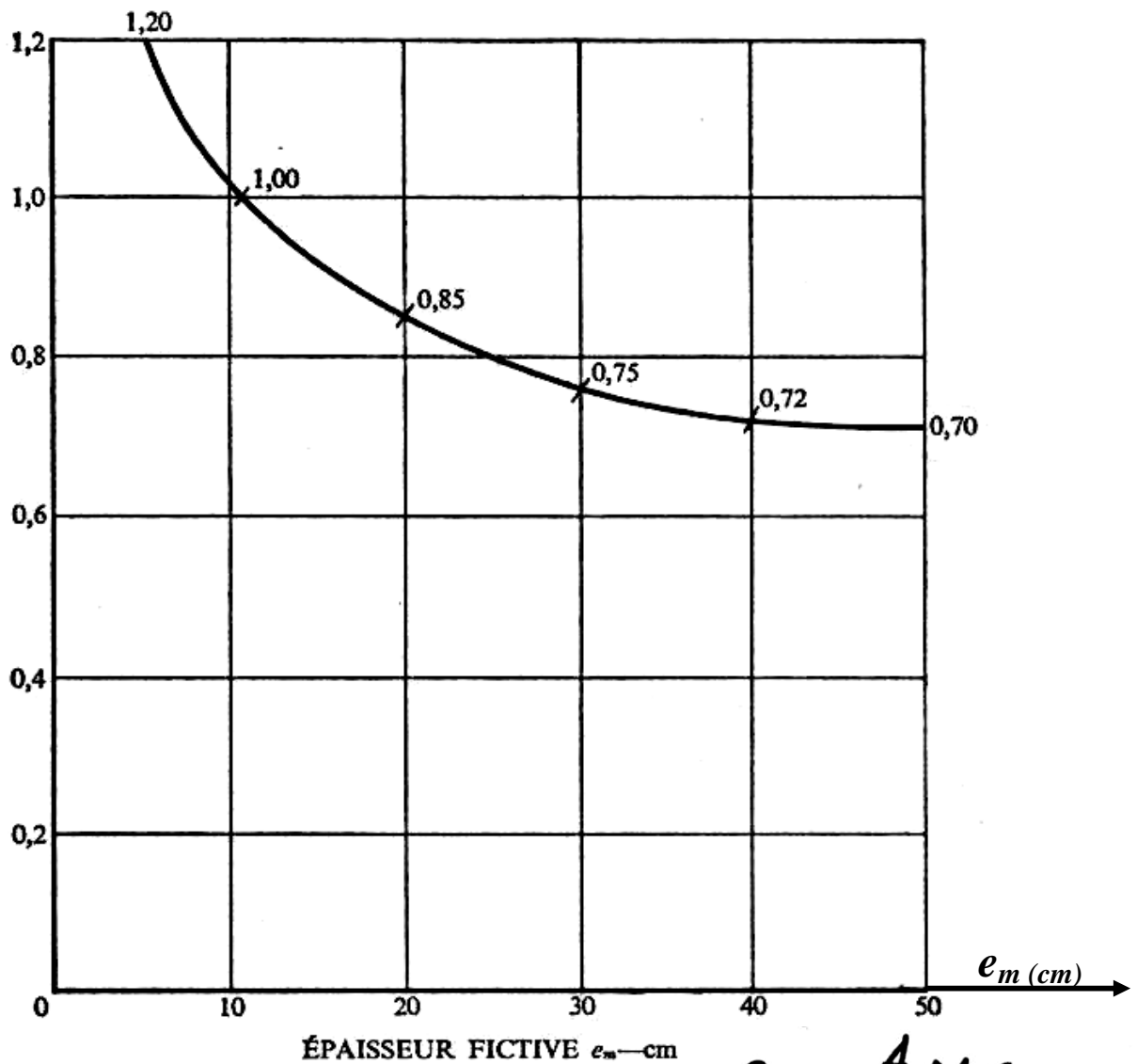


Ex:       $A/c = 0,44$   
             $c = 400 \text{ kg/m}^3$   
             $\beta_3 = 1,0$

Exemplo 2 :       $A/C = 0,50$   
                           $C = 385 \text{ kg/m}^3$   
                           $\beta_3 = 1,15$



$\beta_y$  = considere a espessura fictícia



Exemplo :  $e_m = 30$  ;  $\beta_y = 0,75$

$$e_m = \frac{\text{Area}}{p/2}$$

$p$  = perimetro  
em contato  
com atmosfera



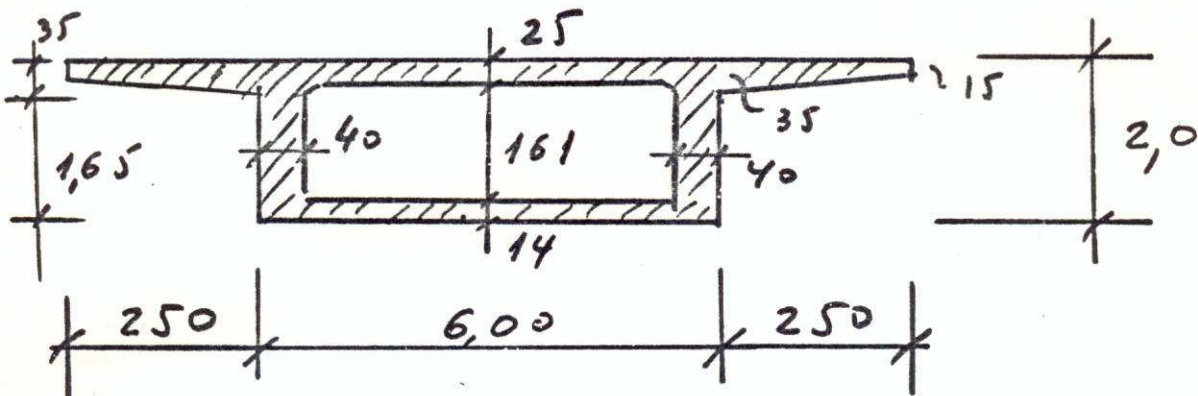
Ex. 1



$$e_m = \frac{A}{p/2}$$

$$e_m = \frac{15 \times 60}{75} = 12 \text{ cm.}$$

Ex. 2



$$\text{Area} = A = 4,88 \text{ m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} p_{\text{externo}} = 25,6 \text{ m} \\ p_{\text{interno}} = 13,6 \text{ m} \end{array} \right\} 39,2 \text{ m}$$

pele CEB  $e = \frac{4,88 \times 2}{39,2} = 0,25 \text{ m.}$

pele DIN (1973).  $\beta_4 = 0,8$

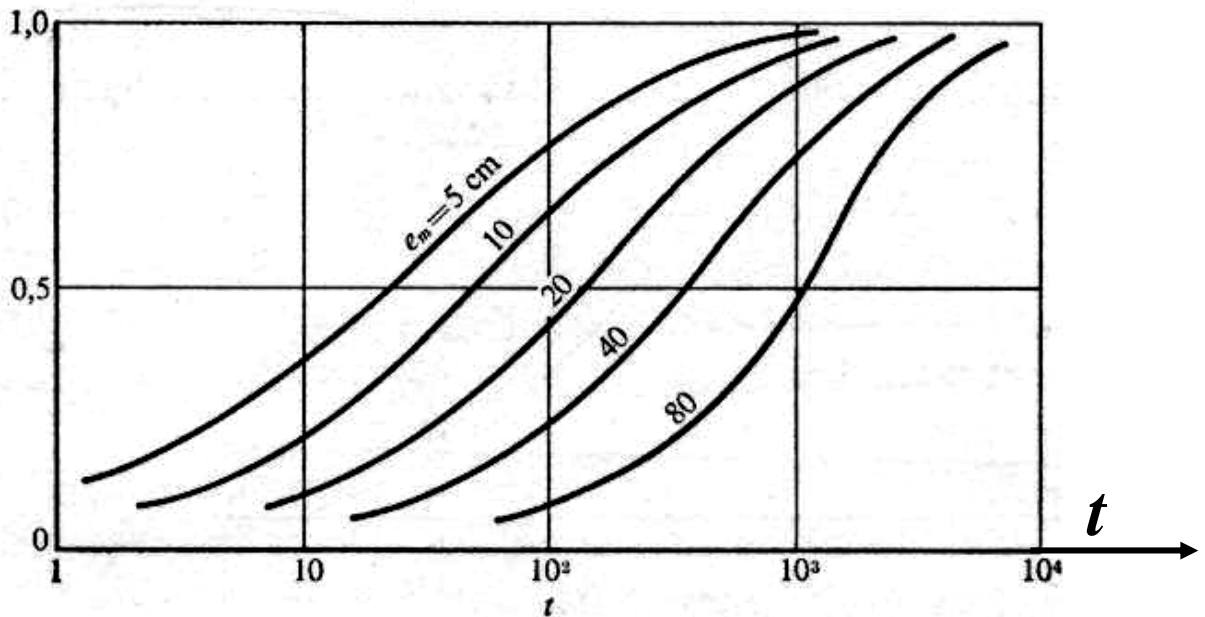
$$p = p_{\text{ext}} + \frac{1}{2} p_{\text{int}} = 25,6 + \frac{13,6}{2} = 32,4 \text{ m}$$

$$e = \frac{4,88 \times 2}{32,4} = 0,30 \text{ m}$$

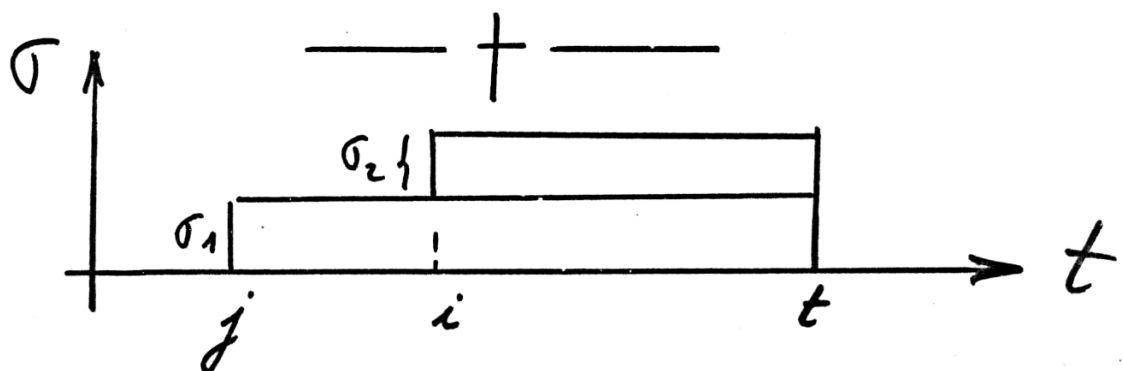
$\beta_4 = 0,75$



$\beta_5$  = considera a variação com o tempo



$t$  = tempo a partir do dia de aplicação de carga.



$$E_{ce}(t) = \frac{t}{E_{c28} \text{ (sec)}} \times \left[ \sigma_1 \cdot \varphi(t-j) + \sigma_2 \cdot \varphi(t-i) \right]$$

Superpoe-se os efeitos dos tensões





Exemplo:

1) Umidade relativa 70%

$$\beta_1 = 2,30$$

2) Protensas a 14 dias (20°C) e cimento normal

$$\beta_2 = 1,20.$$

3) Concreto  $f_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{com } \begin{cases} A/C = 0,50 \\ C = 385 \text{ kg/m}^3 \end{cases}$$

$$\beta_3 = 1,15$$

4) Espessura média  $l_m = 0,30$   
(ver exemplo 2).

$$\beta_4 = 0,75$$

5) No tempo  $\infty$ .

$$\beta_5 = 1 \quad (0,9)$$

$$\varphi = 2,30 \times 1,20 \times 1,15 \times 0,75 \times 1,0 = \underline{\underline{2,38}}$$



## NBR 6118

Tabela 8.1 - Valores característicos superiores da deformação específica de retração  $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$  e do coeficiente de fluência  $\varphi(t_{\infty}, t_0)$

Umidade ambiente %		40		55		75		90		
Espessura fictícia $2A_c/u$ cm		20	60	20	60	20	60	20	60	
$\varphi(t_{\infty}, t_0)$	$t_0$	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
$\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ ‰	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

Para o exemplo anterior, com :

UR = 70%

$t_0$  = 14 dias

fck 24 MPa com : a/c = 0,50 ; c = 385 kg/m<sup>3</sup>

espessura média = 0,30m

tempo t = infinito

Interpolando  $\rightarrow \varphi \approx 2,3$

Para avaliação mais precisa ver Anexo A da NBR 6118 / 2003.



## 7) Retraças.

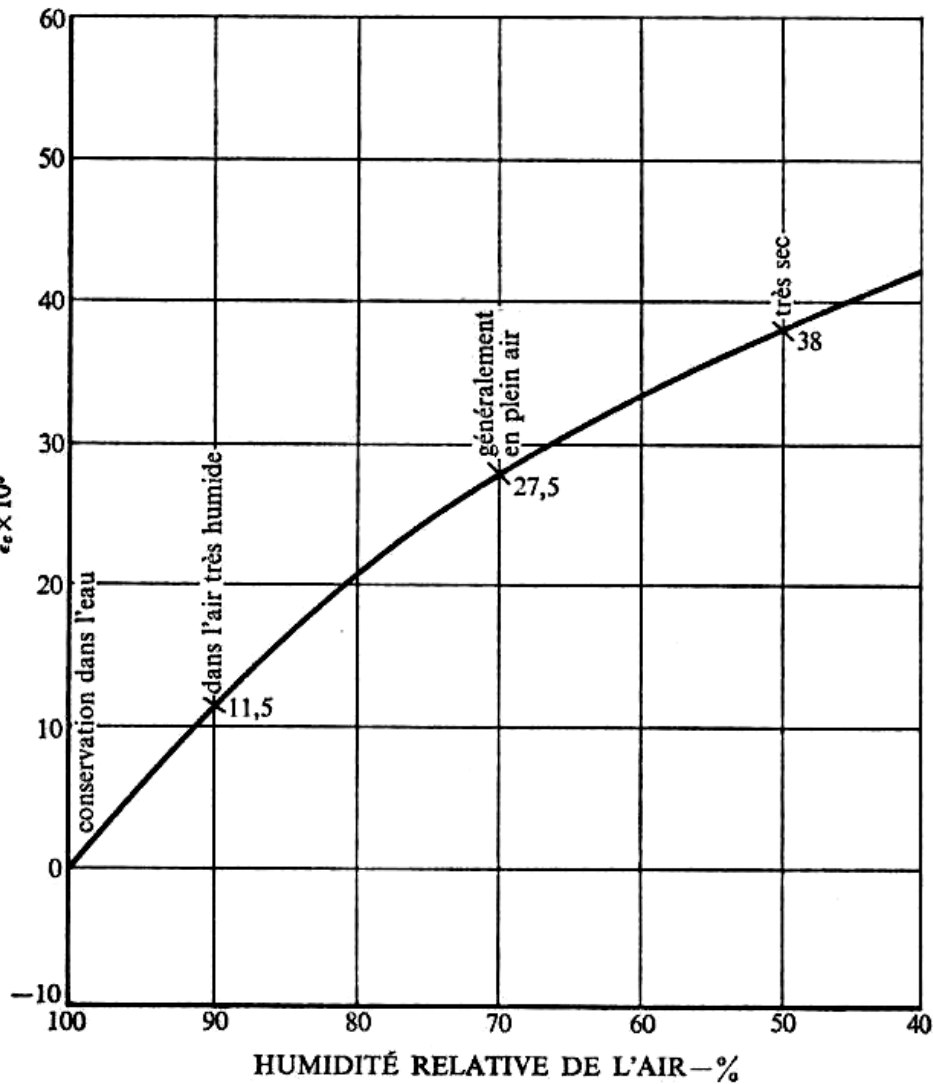
$$\epsilon_{cs} = \epsilon_0 \beta_3 \beta_4 \beta_5 \beta_6$$

↑  
igual  
a def. lente

↑  
igual a  
def. lente.

$\epsilon_0$

clima



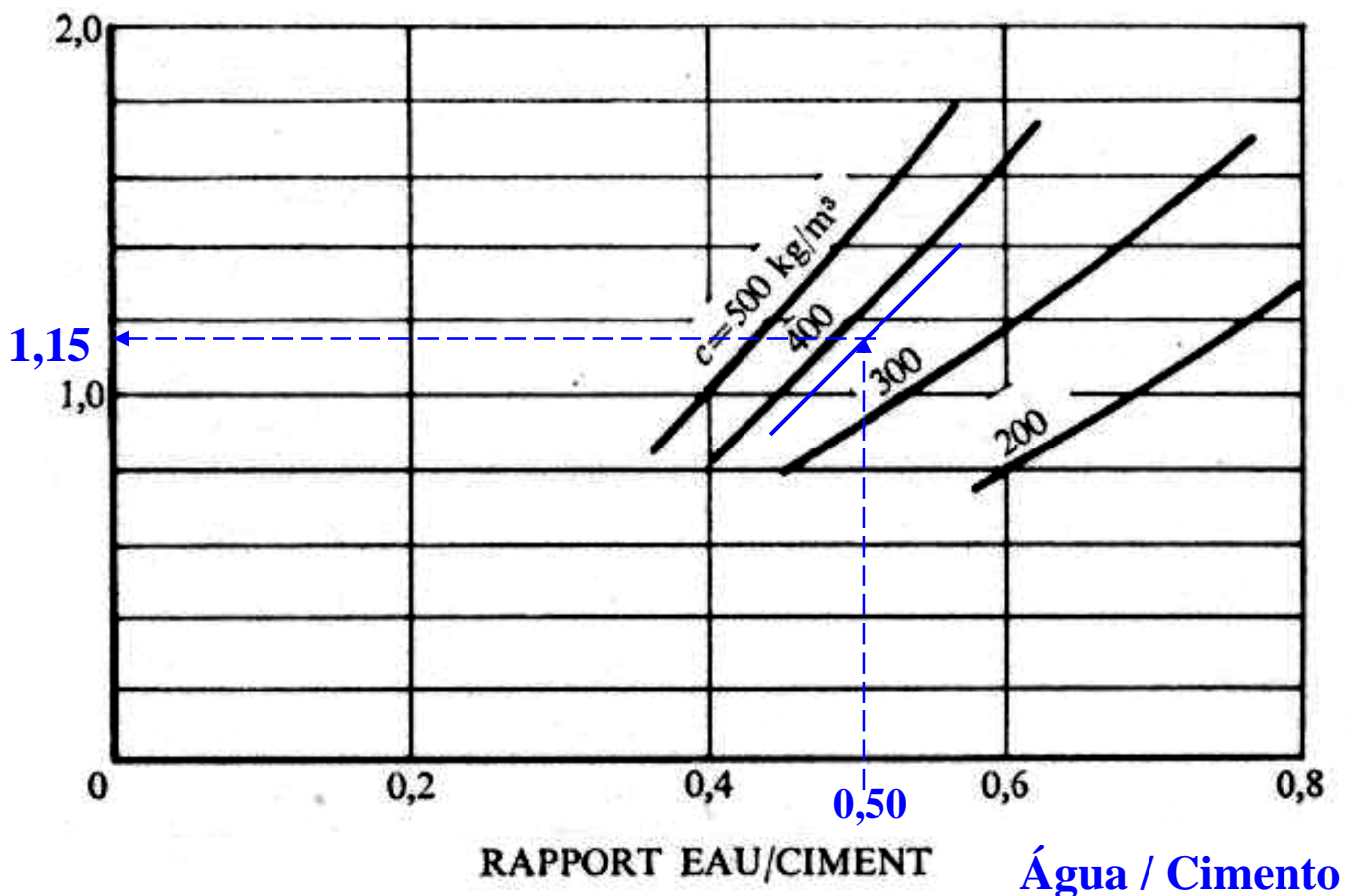
$10^{-5}$

$$U = 70\% \Rightarrow \epsilon_0 = 27,5 \times 10^{-5}$$



$\beta_3$  = considera a composições do concreto.

$\beta_3$  da retração é igual ao  $\beta_3$  da deformação lenta



**Exemplo:**       $A/C = 0,50$   
                    Cimento :  $C = 385$  kg/m<sup>3</sup>  
                     $\beta_3 = 1,15$

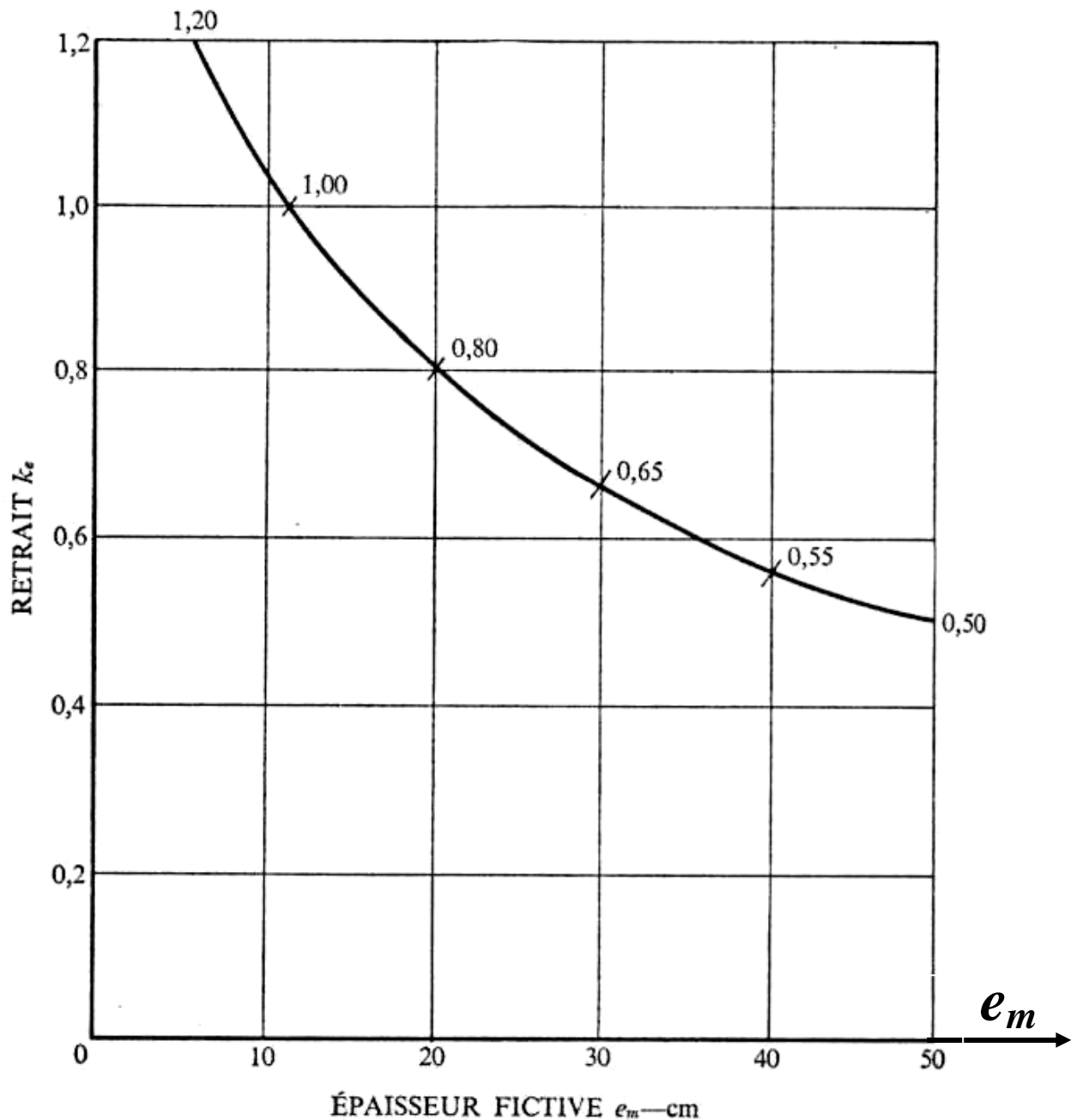


$$\beta_4$$

= Espessura

$$e_m = \frac{A}{\left(\frac{p}{2}\right)}$$

A = área ; p = perímetro

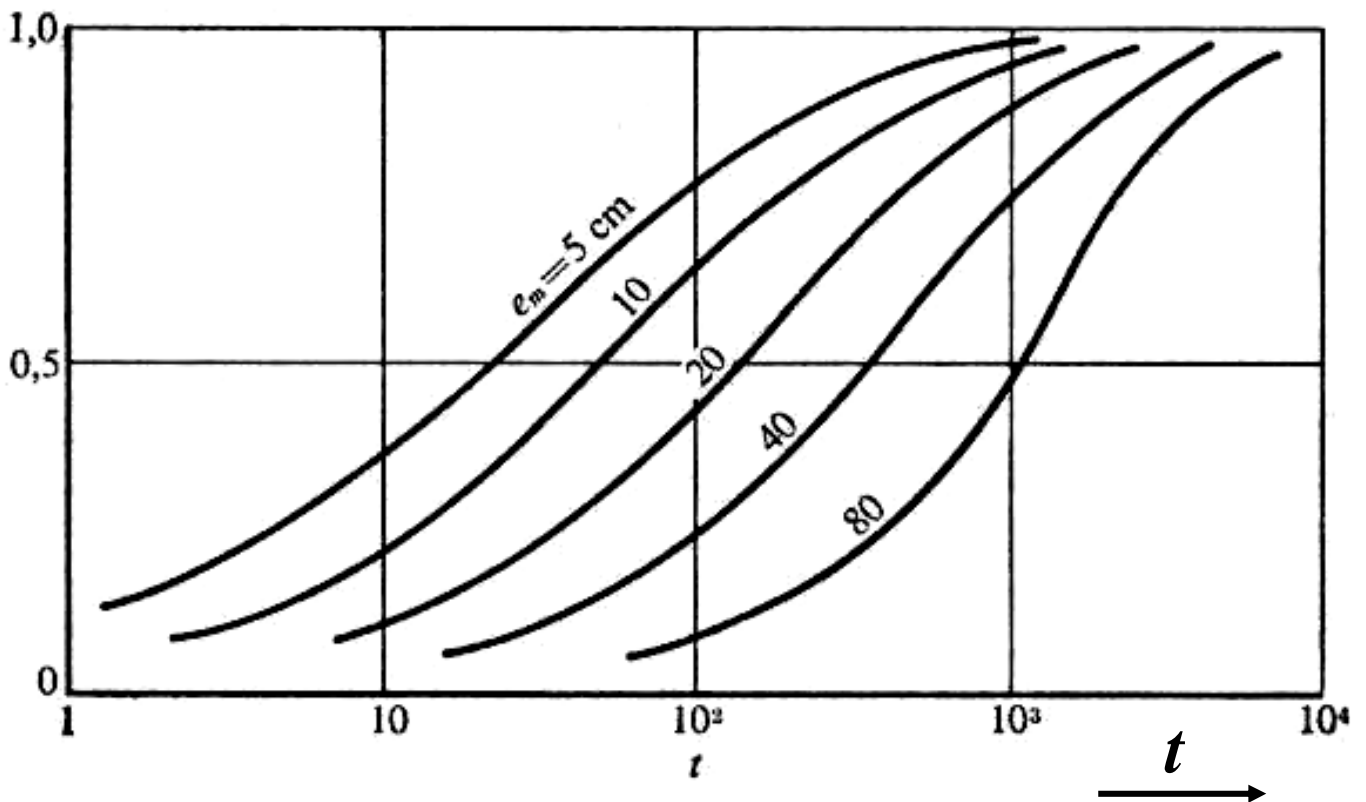


$$e_m = 30 \text{ cm} \Rightarrow \beta_4 = 0,65.$$



$\beta_5$  = considera a variação com o tempo

$\beta_5$  da retração igual ao  $\beta_5$  da deformação lenta



$t$  = tempo a partir do dia de aplicação de carga.

Exemplo :

Com :  $t = 100$  dias ;  $e_m = 10$ cm

Obtemos :  $\beta_5 = 0,65$



**$\beta_6$**  : *Considera a quantidade (%) de armadura da peça de concreto armado.*

$$\rho = \frac{A_{aço}}{A_{concreto}}$$

$$\beta_6 = \frac{1}{1 + 20 \times \rho(\%)}$$

*Exemplo :  $\rho = 0,5\%$*

$$\beta_6 = \frac{1}{1 + 20 \times \frac{0,5}{100}} = \frac{1}{1,1} = 0,91$$

- *Quanto maior a armadura menor será a retração da peça de concreto armado.*
- *A armadura impede que o concreto retraia.*



Exemplo:      RETRAÇÃO

1) Umidade relativa 70%

$$E_0 = 27,5 \times 10^{-5}$$

2) Concreto  $\left. \begin{array}{l} A/c = 0,50 \\ C = 385 \end{array} \right\}$

$$\beta_3 = 1,15$$

3) Espessura  $e_m = 30 \text{ cm}$

$$\beta_4 = 0,65$$

4) Armadura  $\rho = 0,2\%$

$$\beta_6 = \frac{1}{1 + 20 \times \frac{0,2}{100}} = \frac{1}{1,04} = 0,96$$

5) Tempo  $t = \infty$

$$\beta_5 = 1,0$$

$$E_{cs} = 27,5 \times 10^{-5} \times 1,15 \times 0,65 \times 0,96 \times 1,0 =$$

$$E_{cs} = 20 \times 10^{-5}$$





## NBR 6118 / 2003 item 8.2.11

Tabela 8.1 - Valores característicos superiores da deformação específica de retração  $\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$  e do coeficiente de fluência  $\phi(t_{\infty}, t_0)$

Umidade ambiente %		40		55		75		90	
Espessura fictícia $2A_c/u$ cm		20	60	20	60	20	60	20	60
$\phi(t_{\infty}, t_0)$	$t_0$ 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			
$\epsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ ‰	$t_0$ 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			

Para o exemplo anterior, com :

UR = 70%

$t_0 = 14$  dias

fck 24 MPa com : a/c = 0,50 ; c = 385 kg/m<sup>3</sup>

espessura média = 0,30m

armadura = 0,2%

tempo t = infinito

obtemos  $\epsilon$  retração =  $\epsilon_{cs} \approx 21 \times 10^{-5}$

Para avaliação mais precisa ver Anexo A da NBR 6118 / 2003.

†††