



		$\frac{W_{m\acute{a}x.}}{W_m}$	a médio			$\epsilon_{m\acute{e}dio}$	Observação
	Geral	K	$K_2 S$	+ $K_1 C$	+ $K_3 \frac{\phi}{\mu}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times \left(1 - \left(\frac{\Delta\sigma_S}{\sigma_S} \right) \right)$	
1960	NB2- 1960 Prof. Lobo Carneiro INT /RJ	1,8	----	3 cm	+ $0,140 \times \frac{\phi(cm)}{\rho}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times \left(1 - 0,375 \times \left(\frac{fct}{\sigma_{sII}} \right) \times \left(\frac{1}{\rho_{ef}} \right) \right)$	$\rho = \frac{As}{b \times [2,0 \times (h - d)]}$
1968	DIN 1045 G. Rehm	2,1	---	4 cm	+ $0,025 \times \frac{\phi(cm)}{\mu}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times \left(1 - \left(\frac{3,0 \left(\text{kgf/cm}^2 \right) \times \left(\frac{1}{\mu} \right)}{\sigma_{sII}} \right)^2 \right)$	$\left(\mu = \frac{As}{b \times d} \right)$
1970	CEB 70	2,1	----	1,5 C	+ $0,04 \times \frac{\phi}{\mu}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \left(1 - \left(\frac{7,5 \left(\text{kgf/cm}^2 \right) \times \left(\frac{1}{\mu} \right)}{\sigma_{sII}} \right) \right)$	$\left(\mu = \frac{As}{b \times d} \right)$
1978	CEB 78	1,7	0,2 S	2 C	+ $0,05 \times \frac{\phi}{\rho_r}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times \left(1 - 0,5 \times \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sII}} \right)^2 \right)$	$\rho_r = \frac{As}{b \times h_{ef}}$
1978	NB1/78	1,0	---	2 C	+ $0,045 \times \frac{\phi}{\mu}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times [1 - (0)]$	$\left(\mu = \frac{As}{b \times d} \right)$
1988	DIN 1045/1988 Peter Schiessl Eilhard Wölfel	2,1	---	5 (cm)	+ $0,10 \times \frac{\phi (cm)}{\rho_r}$	$\frac{\sigma_{sII}}{E_s} \times \left(1 - 0,5 \times \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sII}} \right)^2 \right)$	$\rho_r = \frac{As}{b \times [2,0 (h - d)]}$



1999	EuroCode1999 e 2001 DIN10452001	1,0 Usar 1,7	---	---	$0,278 \times \frac{\phi}{\rho_r}$	$\frac{\sigma_{SII}}{E_s} \times \left(1 - 0,40 \times \left(\frac{fct.ef}{\sigma_{SII}} \right) \times \left(\frac{1+n \rho_{ef}}{\rho_{ef}} \right) \right)$	$\rho_r = \frac{A_s}{b \times [2,5 (h-d)]}$ $n = \frac{E_{aço}}{E_{concreto}}$
2002	EuroCode 2002	1,0 Usar 1,7	---	3,4 C	$+ 0,17 \times \frac{\phi}{\rho_r}$	$\frac{\sigma_{SII}}{E_s} \times \left(1 - 0,40 \times \left(\frac{fct.ef}{\sigma_{SII}} \right) \times \left(\frac{1+n \rho_{ef}}{\rho_{ef}} \right) \right)$	
2002	NBR6118 /2002	1,0			$\left(\frac{\phi}{12,5 \times \eta} \right) \times \left(45 + \frac{4}{\rho_r} \right)$ com $\eta=2,25$ $\cong \left(1,6\phi + 0,14 \frac{\phi}{\rho_r} \right)$ como $1,6\phi \approx C$	$\frac{\sigma_{SII}}{E_s} \times (1 - (0))$	
		1,0 usar 2,0	---	$\cong C$	$+ 0,14 \times \frac{\phi}{\mu}$	$\frac{\sigma_{SII}}{E_s} \times (1 - (0))$	



A formulação do Prof. *Gallus Rehm*, que deu origem à da norma alemã DIN 1045, é a mais conservadora. Prevê abertura de fissura um pouco maior do que constatado nas medições feitas em obras reais e em ensaios de laboratório.

A formulação da Norma Brasileira, tanto a da NB 01/78 como a da nova NBR 6118/2002, é a menos conservadora. Prevê abertura de fissura menor do que constatado nas medições feitas em obras reais e em ensaios de laboratório.

Exemplos de vigas como os das figuras 24 e 25 abaixo, confirmam essa posição relativa das previsões.

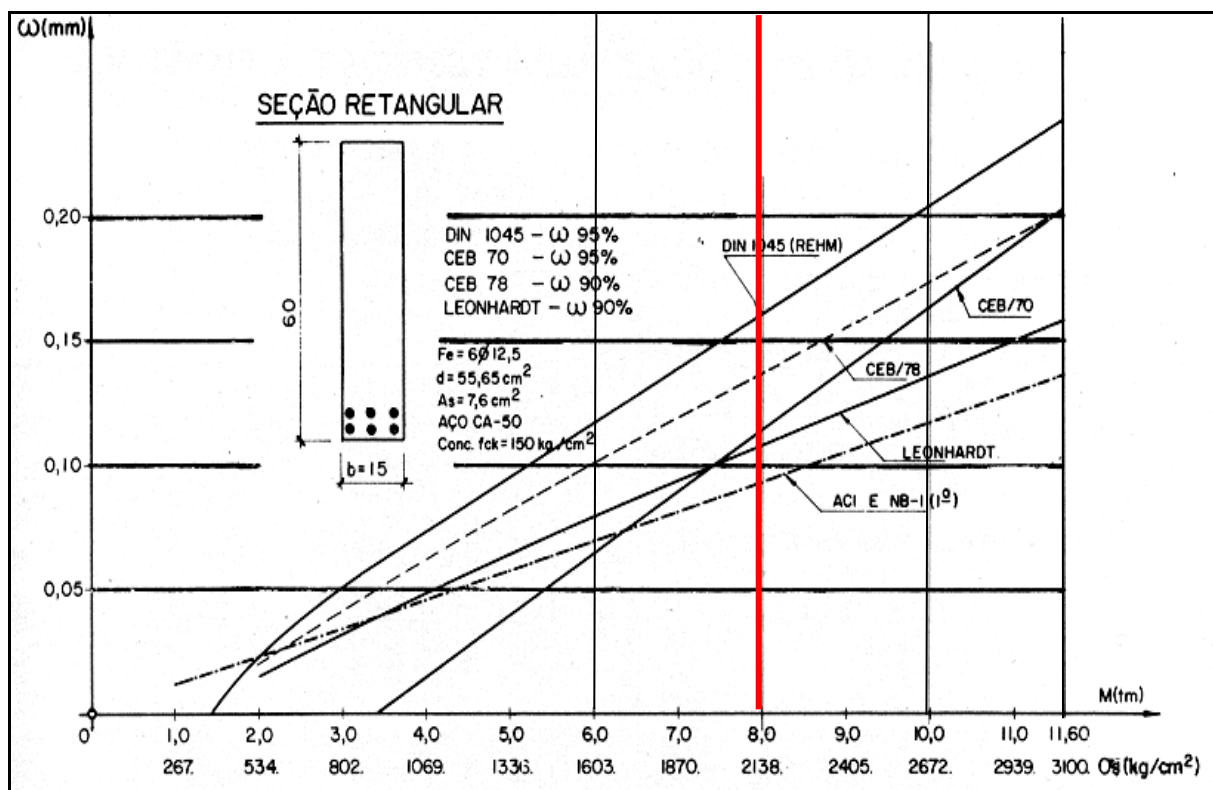


Figura 25

Ao compararmos as normas podemos observar as sensíveis diferenças entre elas, como se observa na Fig. 24.e Fig. 25.

- Na viga retangular da figura 24, um momento fletor de 80 kN.m, (8,0 tm na figura 24), faz surgir uma tensão no aço \cong 2138 kgf /cm².
- As aberturas das fissuras de flexão, previstas pelas diferentes normas valem:
 - DIN 1045 0,16 mm
 - CEB 0,14 mm
 - NB01/78..... 0,09mm.



Outro exemplo de abertura de fissura: Viga T

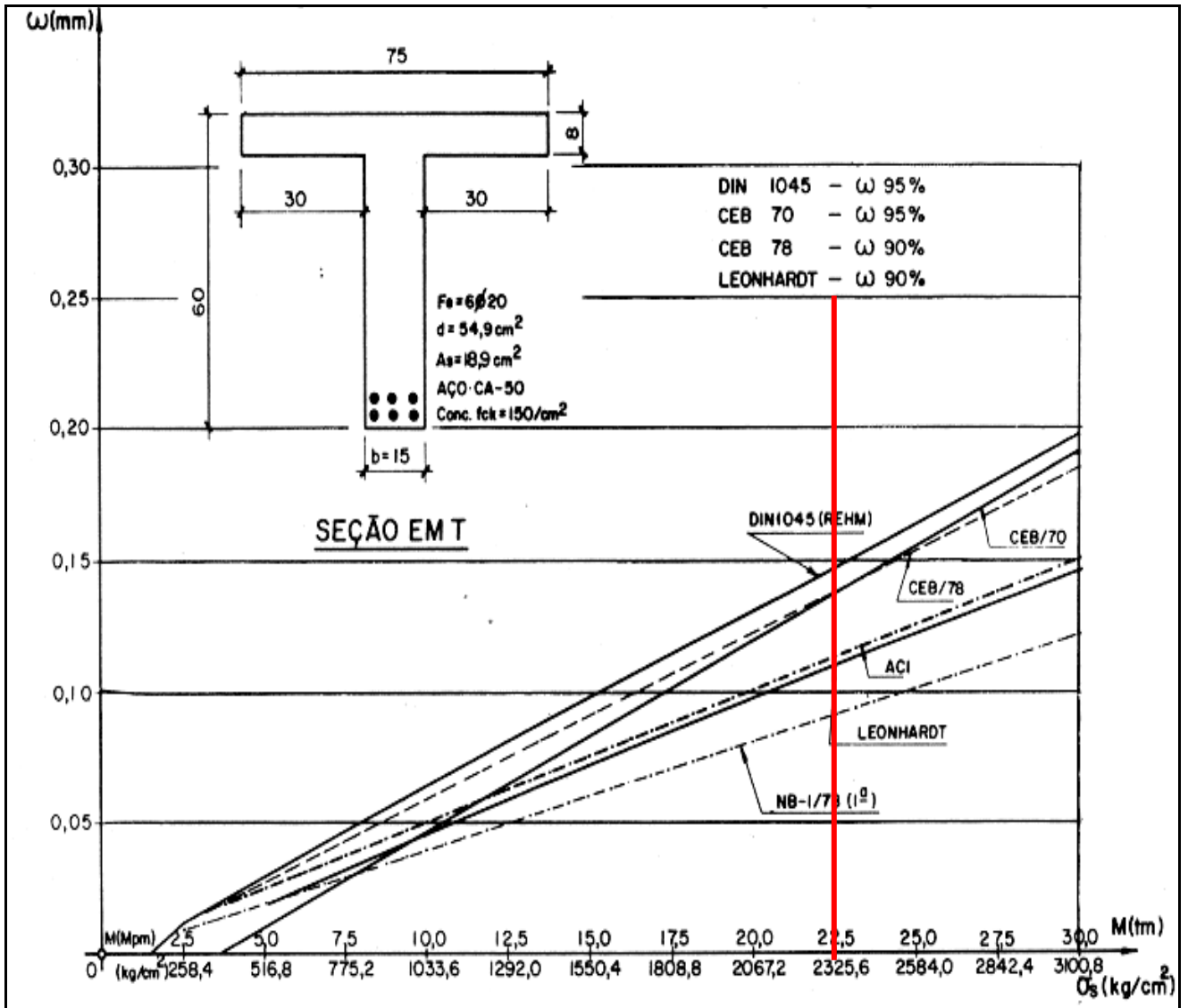


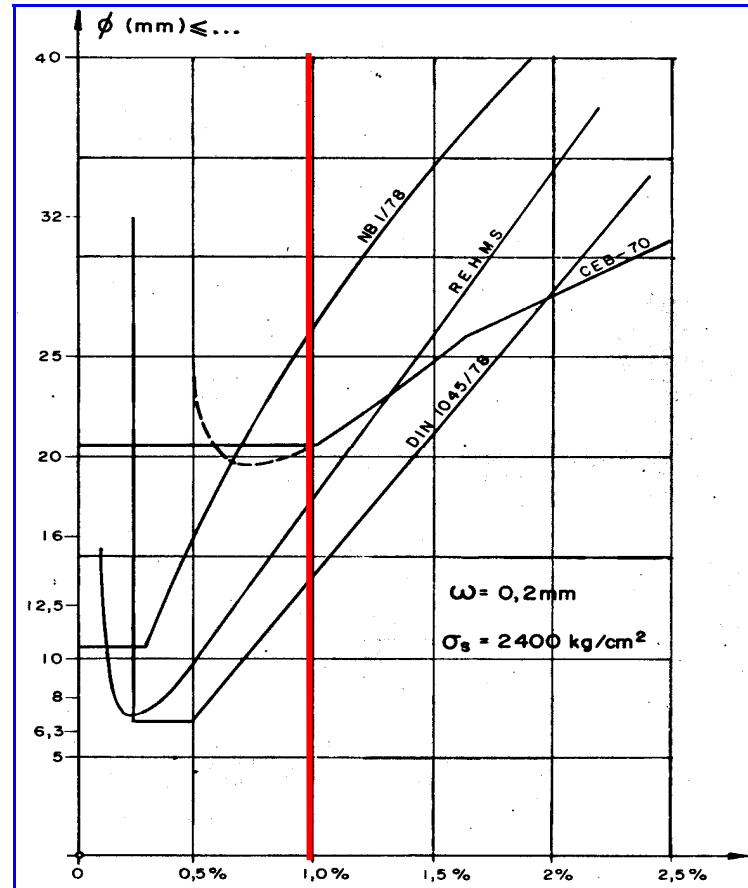
Figura 26

Na viga T da figura 25, um momento fletor de 225kN.m, (22,5 tm na figura 25), faz surgir uma tensão no aço $\cong 2326 \text{ kgf/cm}^2$.

- As aberturas da fissura de flexão calculadas seguindo as normas são :
 - DIN 1045 0,15 mm
 - CEB 0,14 mm
 - NB01/78..... 0,09mm.



Para o caso freqüente de $\omega_{\text{fissura}} = 0,2\text{mm}$ e $\sigma_{\text{aço}} = 2400\text{kgf/cm}^2$ obtemos a figura abaixo.



$$\mu = \frac{A_{\text{aço}}}{b \times d}$$

Figura 27

- A norma NB1/78 permite o uso de barras de grande diâmetro.
- A norma DIN 1045 exige pequenos diâmetros para as barras da armadura.
- Para o caso em que $\mu = \frac{A_s}{b_w \times h} = 1\%$, que corresponde aproximadamente a uma taxa de armadura da seção “balanceada” obtemos os seguintes diâmetros máximos para as barras.

NB/78	$\phi \leq 27\text{mm}$
CEB / 70	$\phi \leq 21\text{mm}$
REHM	$\phi \leq 18\text{mm}$
DIN 1045 / 78	$\phi \leq 14\text{mm}$



COMBINAÇÃO DE CARGAS PARA VERIFICAR A FISSURAÇÃO.

O **CEB/78** define as cargas para as quais deve ser feita a verificação da abertura da fissura.

A carga freqüente, é a carga que :

- não será ultrapassada a não ser em 5% do tempo de vida da estrutura
- é atingida mais que 100 000 vezes durante a vida da estrutura.

Q freqüente = $G + \sum(\psi_i \times Q_{ik})$ sendo :

- G = carga permanente
- ψ_i = parcela (%) de Q_{ik} que atua durante longo tempo.
- Q_{ik} = carga variável

- Para prédios residenciais :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,40 Q_{1k} + 0,20 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

- Para escritórios e recintos comerciais :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,60 Q_{1k} + 0,30 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

- Para garagens :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,70 Q_{1k} + 0,60 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

A norma **NBR 6118 / 2002** define :

- Para prédios residenciais :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,40 Q_{1k} + 0,30 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

- Para escritórios e recintos comerciais :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,60 Q_{1k} + 0,40 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

- Para garagens , bibliotecas, oficinas , arquivos :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,70 Q_{1k} + 0,60 \times (Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$

A norma **DIN 1045** recomenda :

$$Q \text{ freqüente} = G + 0,70 \times (Q_{1k} + Q_{2k} + Q_{3k} + \dots + Q_{nk})$$



LIMITAÇÃO DA ABERTURA DE FISSURA

As normas limitam as aberturas das fissuras, levando em conta a proteção da armadura contra a corrosão.

Normalmente temos 3 classes de meio ambiente :

- Ambiente muito agressivo
- Ambiente moderadamente agressivo
- Ambiente pouco agressivo

Ambiente	DIN 1045	NB1/78	NBR6118	CEB / 78
Muito agressivo (zona de respingo de maré)	0,20 mm	0,10 mm	0,2 mm	0,10 mm
Agressivo (marítimo)	0,25 mm	0,20 mm	0,3 mm	0,20 mm
Pouco agressivo (interno, residencial)	0,30 mm	0,30 mm	0,4 mm	0,40 mm

Os limites da NB1/78 são compatíveis com obras de boa qualidade e devem ser obedecidos.

Alguns autores discutem a influência da abertura da fissura na intensidade da corrosão. Beeby [8], por exemplo, conclui que só uma abertura de fissura maior que 0,40mm acelera a corrosão. Ver a figura 27 abaixo. A norma brasileira NBR 6118 / 2002 adota esse limite, não aceitando abertura de fissura maior que 0,40mm em obras de concreto armado.

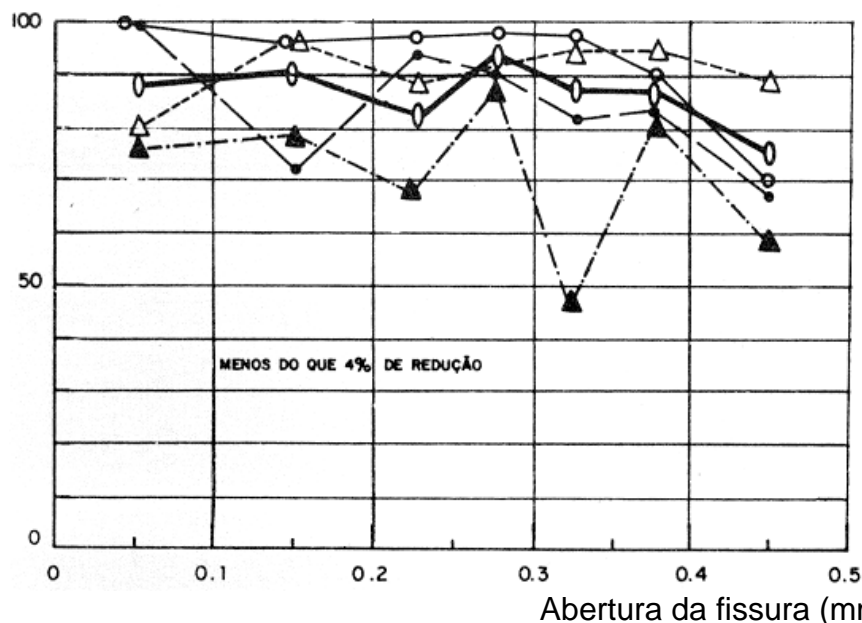


Fig.28 – Beeby [8] - Porcentagem de barras com corrosão da seção transversal menor do que 4%, em função da abertura da fissura, após 10 anos.