



Nossa capa apresenta: "A mais bela e a mais complexa das estruturas que é a que se encerra na *estrutura viva do cérebro*."

(Foto: Science et Vie).

- Revista editada pelo Prof. Aderson Moreira da Rocha

FISSURAÇÃO NO CONCRETO ARMADO

Quando da revisão da NB1, na década de 60, o Prof. Fernando Lobo Carneiro realizou no I.N.T. / RJ uma vasta pesquisa experimental sobre fissuração de tirantes de concreto armado. Ver revistas ESTRUTURA 26 e 27.

Esses ensaios serviram de base para a revisão do item FISSURAÇÃO da NB2 . Ver revistas ESTRUTURA 26 e 27.

Os resultados desses ensaios foram também enviados para o C.E.B. , do qual o Prof. Lobo Carneiro fazia parte.

O C.E.B. incluiu esses resultados em seu banco de dados e com eles elaborou uma revisão do seu texto sobre FISSURAÇÃO.

A seguir o Prof. Adolpho Polillo ENE/UFRJ elaborou tabelas práticas para o dimensionamento de tirantes seguindo essa revisão do CEB. Ver revista ESTRUTURA 40.

Esses 3 artigos contêm todas essas informações :

- Revista Estrutura 26 e 27 com os resultados dos ensaios de tirantes de concreto armado do Prof. Lobo Carneiro.
- Revista Estrutura 40 com as tabelas práticas do Prof. Adolpho Polillo.

Eduardo Thomaz
I.M.E. 2013

TEORIA DA FISSURAÇÃO DAS PEÇAS DE CONCRETO ARMADO

FERNANDO LUIZ LOBO CARNEIRO

(trabalho realizado no Instituto Nacional de Tecnologia, em cooperação com o Conselho Nacional de Pesquisas)

1 — INTRODUÇÃO

Com o advento da utilização dos aços especiais, e o melhor conhecimento dos efeitos da retração, a fissuração passou a ser considerada um fenômeno normal no funcionamento do concreto armado. O antigo critério, (geralmente ilusório, em face da retração, que era desprezada), de que não surgissem fissuras sob a ação das cargas de serviço, foi substituído pelo critério da limitação da abertura das fissuras. A não ser em casos muito particulares (con-

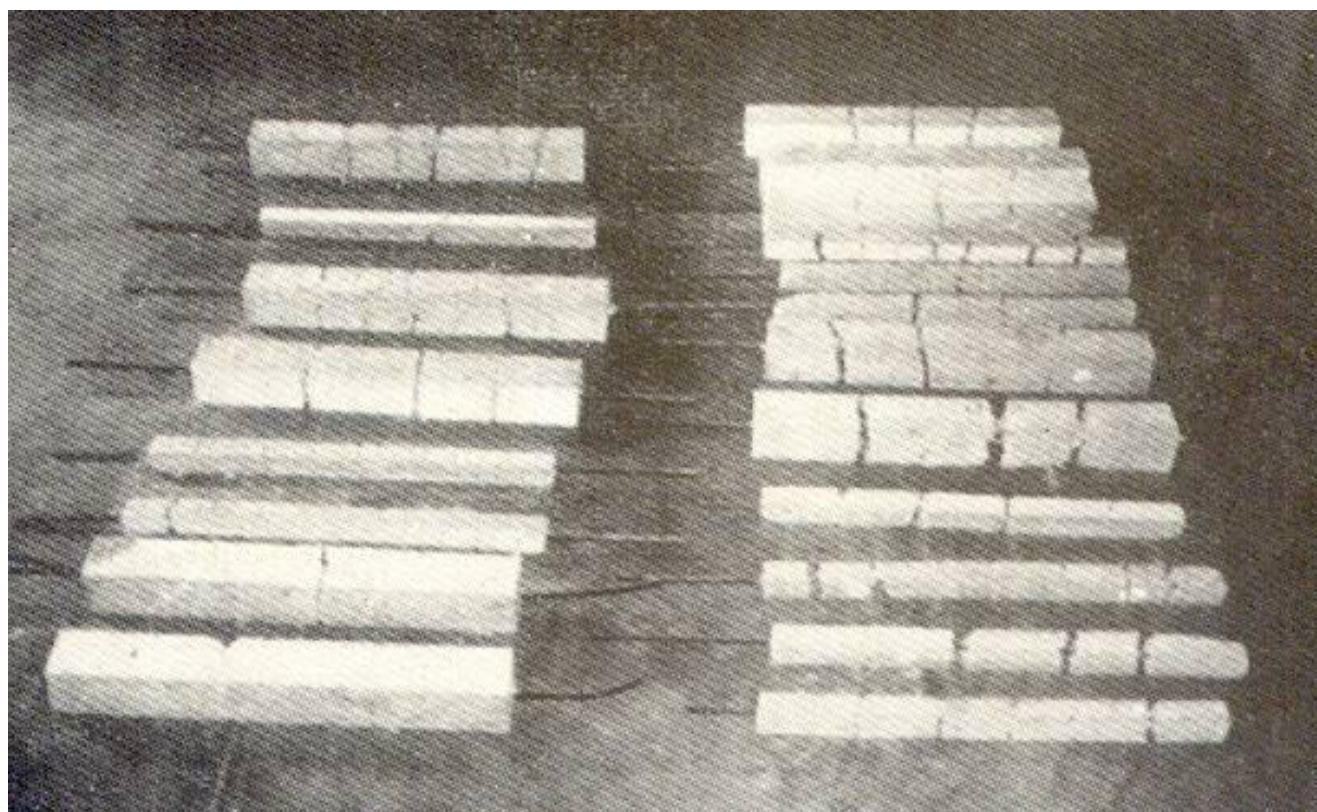


Fig. 1 - Tirantes de concreto armado ensaiados no Instituto Nacional de Tecnologia

creto impermeável para tubos ou reservatórios, peças expostas à ação de gases agressivos), a limitação da abertura das fissuras constitui garantia suficiente contra a corrosão das armaduras utilizadas no concreto armado comum.

Pesquisas realizadas em diversos países, principalmente nos últimos seis anos, possibilitaram o conhecimento da leis gerais que regem o fenômeno da fissuração das peças de concreto armado, e o estabelecimento de critérios práticos para levar em conta esse fenômeno no dimensionamento das peças. Como a dispersão dos resultados experimentais, em consequência dos múltiplos fatores atuantes, é muito grande, impõem-se os métodos estatísticos e um planejamento adequado das pesquisas.

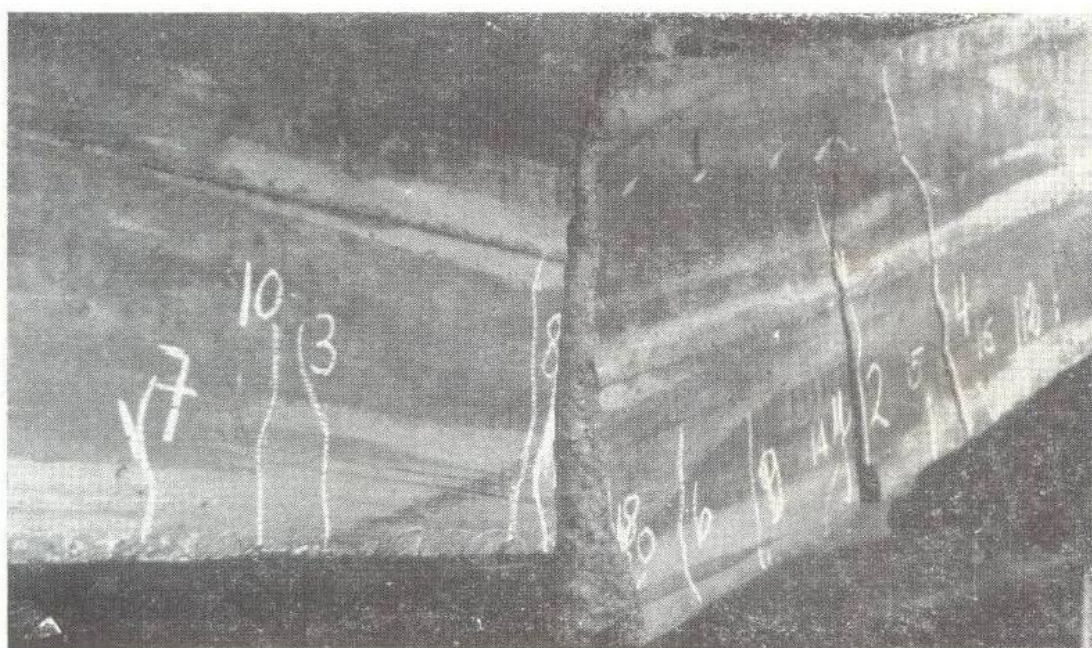


Fig.2 – Uma das vigas de concreto armado ensaiadas no Instituto Nacional de Tecnologia , numa pesquisa em curso sobre fissuração.

Neste trabalho pretendemos expor em linhas gerais a teoria da fissuração das peças de concreto armado, no seu estado atual, e apresentar os resultados de pesquisa experimental que estamos realizando no Instituto Nacional de Tecnologia, com o auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas. Abordaremos também a fundamentação dos critérios práticos relativos à fissuração, constantes do projeto de revisão da Norma Brasileira NB-2.

1.1 — Os “parâmetros de fissuração”

Mais adiante, ao entrarmos pròpriamente na exposição da teoria da fissuração, teremos de utilizar freqüentemente uma grandeza, função dos característicos geométricos da peça: o “parâmetro de fissuração”.

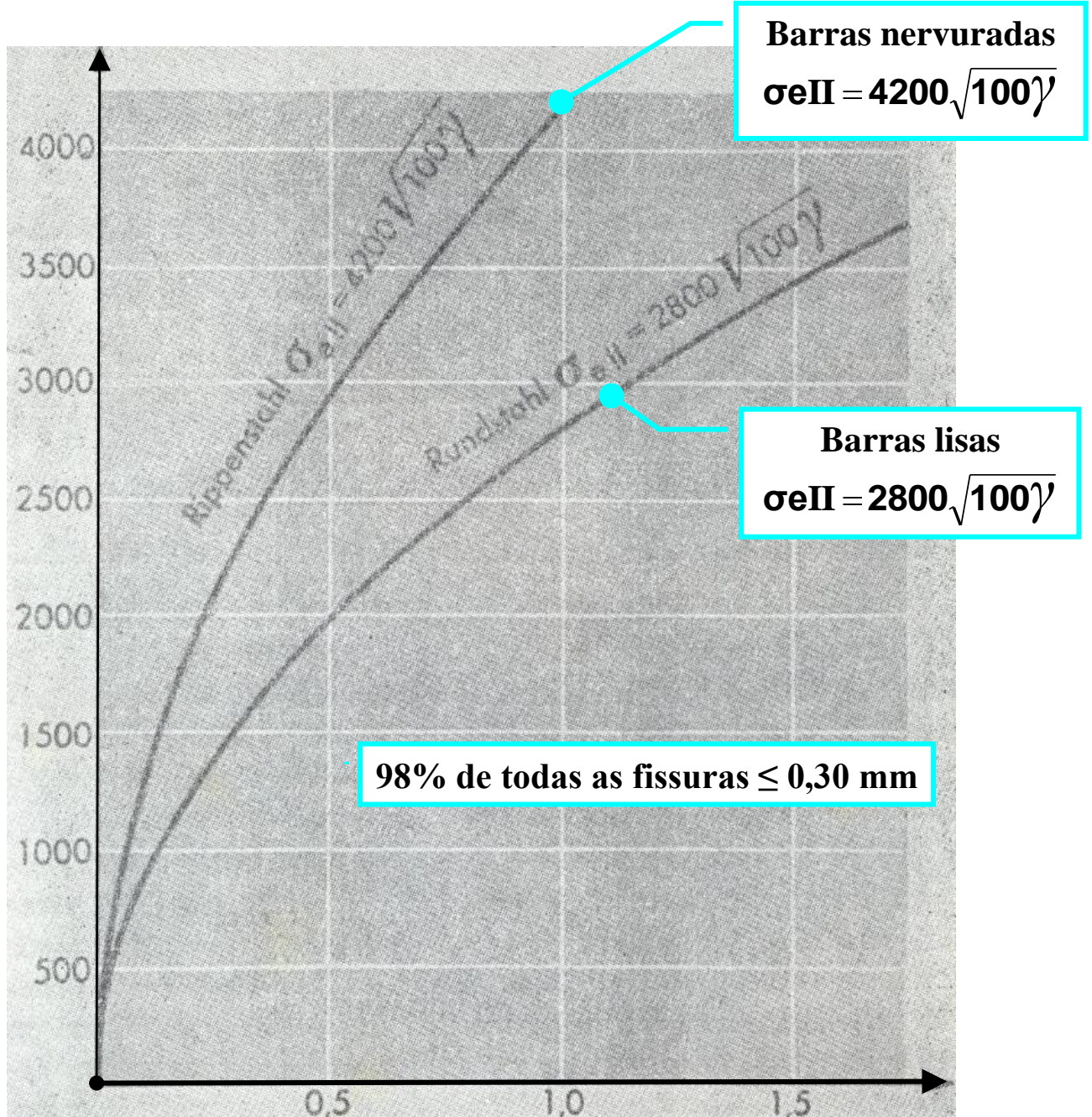
Muitos pesquisadores adotam como “parâmetro de fissuração” a relação entre a área da seção transversal de concreto e o perímetro total da armadura de tração, em contacto com o concreto. No caso de tirantes o parâmetro de fissuração seria $\frac{S_c}{u_t}$. No caso de peças submetidas a flexão simples ou composta teríamos $\frac{b_o h}{u_t}$, sendo b_o a largura média da zona tracionada da seção transversal, e h a altura útil. Alguns autores, como Efsen e Krenchel (ref. 3), preferem assimilar a um tirante a “área ativa” da zona tracionada da seção transversal, definida esta última como área simétrica em relação ao centro de gravidade da armadura, igual a $b_o \cdot 2 (d_o - h)$, sendo d_o a altura total da seção transversal.

As experiências demonstram que, para barras do mesmo tipo, o espaçamento das fissuras é função dêsse “parâmetro de fissuração”, variando no mesmo sentido que êste. Além disso, o espaçamento das fissuras diminui quando aumenta a aderência das barras ao concreto, isto é, é menor nas peças armadas com barras com mossas ou saliências, quando comparadas com peças armadas com barras redondas lisas. As barras lisas torcidas apresentam valor intermediário.

A abertura das fissuras é função do espaçamento das fissuras e da tensão na armadura, variando as três grandezas no mesmo sentido. Portanto, a fim de reduzir ao mínimo a abertura das fissuras, para uma dada tensão na armadura, é necessário reduzir o parâmetro de fissuração ou adotar barras de maior aderência.

Preferimos, seguindo Brice (ref. 2), Ferry Borges e Arga e Lima (ref. 5), adotar uma transformação simples do “parâmetro de fissuração”, muito útil quando se empregam barras de seção circu-

Tensão admissível no aço σ_{eII} (kgf/cm²)



$$\left(\frac{100 \times \sum \phi}{b \cdot h} \right) \times \frac{b}{b_0} = 100 \times \gamma$$

Variação da tensão admissível no aço com o parâmetro de fissuração em barras nervuradas e em barras lisas.

Fig. 3 – Cópia tirada do artigo “*Die Verwendbarkeit hochfester Stähle im Stahlbetonbau*”, G. Rehm (München), pg.77. (A aplicabilidade dos aços de alta resistência nas construções de concreto armado.)

lar de mesmo diâmetro. Em lugar da relação entre a área da seção de concreto e o perímetro total da armadura, adotaremos a relação entre o diâmetro δ das barras da armadura e a porcentagem de armadura. É fácil ver que, se tôdas as barras têm o mesmo diâmetro δ , os dois “parâmetros de fissuração” se relacionam da seguinte maneira:

$$(1.11) \quad \frac{S_c}{u_t} = \frac{1}{4} \frac{\delta}{S_f/S_c} = \frac{1}{4} \frac{\delta}{\mu}, \text{ em tirantes;}$$

$$(1.12) \quad \frac{b_o h}{u_t} = \frac{1}{4} \frac{\delta}{S_f/(b_o h)} = \frac{1}{4} \frac{\delta}{\mu} \text{ em vigas,}$$

sendo μ referido à área útil da alma, no caso de vigas T com mesa comprimida (b_o é a largura média da zona de tração da seção transversal da viga, em qualquer caso).

Adotando êste novo “parâmetro de fissuração”, $\frac{\delta}{\mu}$, vemos com mais clareza que, *para reduzir a abertura das fissuras será preciso reduzir o diâmetro das barras*. Vemos também que *o perigo de fissuras com abertura exagerada é maior nas vigas fracamente armadas que nas vigas com forte porcentagem de armadura*. Esta conclusão, embora possa parecer paradoxal, à primeira vista, é confirmada pela experiência e constitui uma das mais importantes decorrências da teoria da fissuração das peças de concreto armado.

Os pesquisadores alemães (ref. 1) e a “permissão ministerial” (ref. 14) para o emprêgo do “bi-Stahl” adotam um terceiro parâmetro de fissuração, designado como “porcentagem de perímetro de armadura” (“umfangprozentsatz”), que é proporcional ao *inverso* dos parâmetros anteriormente definidos. Êste terceiro parâmetro de fissuração é igual a 100 vêzes a relação entre a soma dos diâmetros de tôdas as barras da armadura e a área da seção transversal de concreto, e se relaciona com os outros dois como segue:

$$(1.13) \quad \frac{100 \sum \delta}{b_o h} = \frac{31,8}{b_o h/u_t} = \frac{127}{\delta/\mu}$$

Os “parâmetros de fissuração” têm dimensão e seu valor depende portanto das unidades adotadas. Os dois primeiros se exprimem geralmente em centímetros. O parâmetro “inverso”, designado como “porcentagem de perímetro de armadura”, se exprime em centímetros por cem centímetros quadrados.

1.2 — Critério prático adotado na revisão da NB-2

No projeto de revisão da Norma Brasileira NB-2 (Cálculo e execução de pontes de concreto armado), segundo o texto final aprovado pelas Comissões de Estruturas do Rio de Janeiro e de São Paulo da Associação Brasileira de Normas Técnicas, foi incluído, no capítulo relativo aos coeficientes de segurança e às tensões admissíveis, um item sobre a fissuração. A segurança contra fissuração nociva deve ser demonstrada, sempre que forem empregados aços especiais (aços torcidos CA-T40 e CA-T50) ou aço comum 50 CA.

No caso de peças fletidas calculadas pelo método da ruptura, os coeficientes de segurança normais ν devem ser aumentados sempre que o parâmetro $\frac{\delta}{\mu}$ ultrapassar o valor 300 cm. O critério adotado é o seguinte:

$$(1.21) \quad \nu_1^* = \nu \sqrt{\frac{\delta/\mu}{300}} \geq \nu$$

**NORMA BRASILEIRA NB-2 — PROJETO DE REVISÃO
SEGURANÇA CONTRA FISSURAÇÃO NOCIVA NAS PEÇAS FLETIDAS**

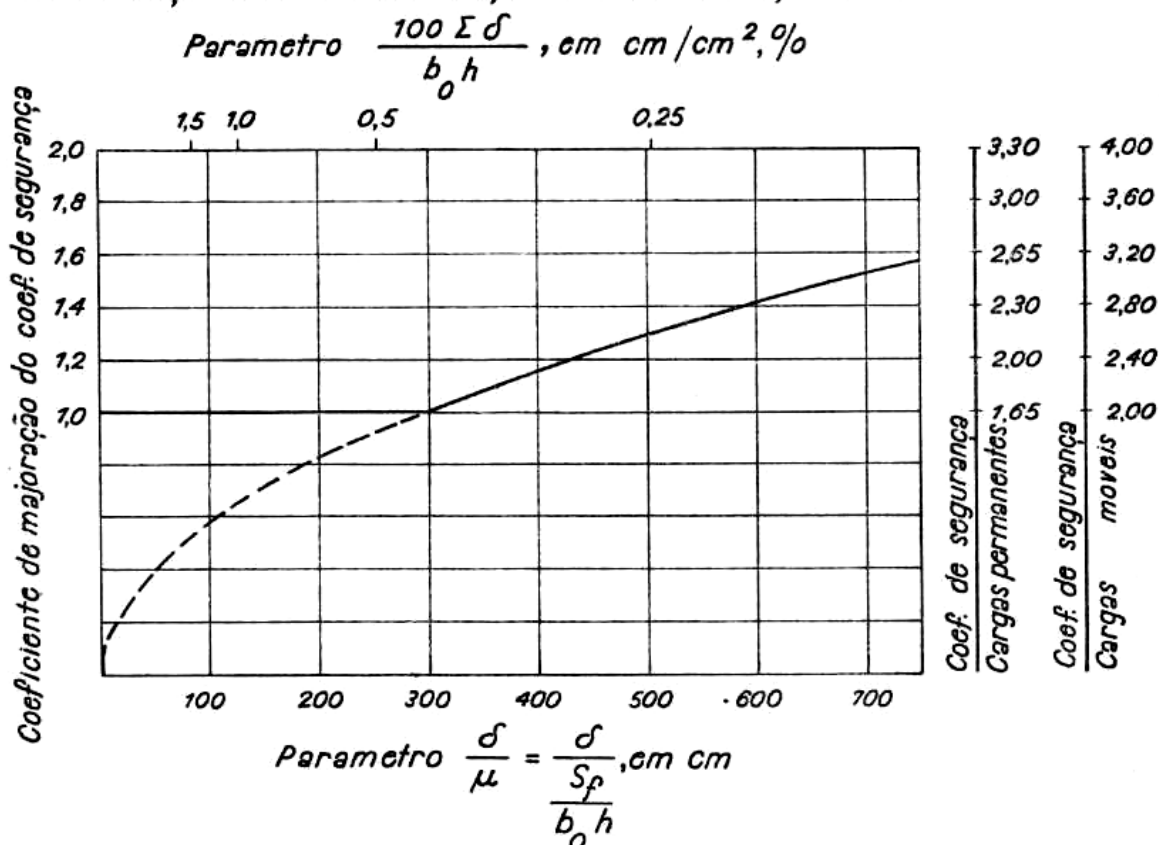


Fig. 4

O coeficiente de segurança normal ν é igual a 1,65 para as cargas permanentes e esforços devidos à retração, temperatura e deformação lenta, e 2,00 para as cargas móveis (já acrescidas do impacto). Deve ser ainda multiplicado por 1,2 no caso de peças expostas a agentes agressivos.

NORMA BRASILEIRA NB-2 — PROJETO DE REVISÃO
SEGURANÇA CONTRA FISSURAÇÃO NOCIVA NAS PEÇAS FLETIDAS

$$\text{Parametro } \frac{\delta}{\mu} = \frac{\delta}{S_f} \cdot \frac{b_0 h}{100}, \text{ em cm} < 300$$

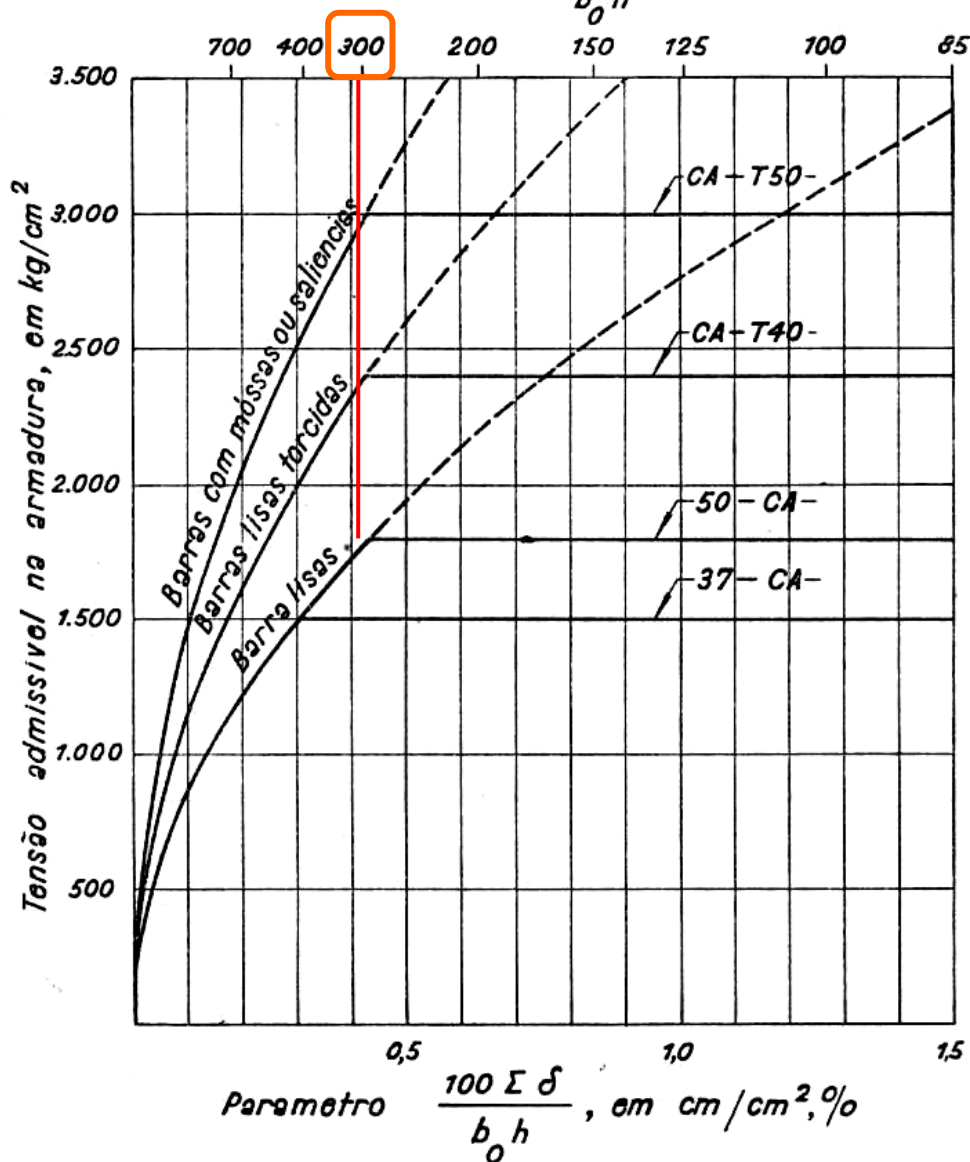


Fig. 5

No caso de peças fletidas calculadas segundo o estágio II, e no cálculo das armaduras destinadas a resistir aos esforços de tração oriundos da força cortante, o critério é o seguinte:

(1.22) barras lisas

$$\bar{\sigma}_f = 1.800 \sqrt{\frac{300}{\delta/\mu}} \leq 1.800 \text{ kg/cm}^2$$

(1.23) barras lisas torcidas

$$\bar{\sigma}_f = 2.400 \sqrt{\frac{300}{\delta/\mu}} \leq 2.400 \text{ kg/cm}^2$$

(1.24) barras com mossas ou saliências, torcidas ou não

$$\bar{\sigma}_f = 3.000 \sqrt{\frac{300}{\delta/\mu}} \leq 3.000 \text{ kg/cm}^2$$

Além disso a NB-2 dispõe que, nestes casos, os esforços solicitantes devidos às cargas móveis (já acrescidas do impacto) devem ser multiplicados por 1,2 e adicionados aos esforços solicitantes devidos à carga permanente, retração, temperatura e deformação lenta. A tensão efetiva de serviço da armadura, σ_f , será portanto um pouco inferior às tensões admissíveis de cálculo $\bar{\sigma}_f$ acima definidas. A relação é a seguinte:

$$(1.25) \quad \sigma_f = \bar{\sigma}_f \cdot \frac{1}{1 + 0,2 (p/q)}$$

(sendo (p/q), simbolicamente, a relação entre os esforços solicitantes devidos às cargas móveis e os esforços solicitantes totais)

A relação (1.25), embora sem aplicação prática nos cálculos realizados segundo a NB-2, é no entanto útil para que possamos comparar o critério de segurança à fissuração da NB-2 com outros critérios. Admitiremos para êste fim que a relação (p/q) é igual a 0,5, e que portanto

$$(1.26) \quad \sigma_f \cong \bar{\sigma}_f / 1,1$$

1.3 — Comparação do critério prático adotado na revisão da NB-2 com outros critérios

Utilizando a (1.26), e adotando também como parâmetro a “porcentagem de perímetro de armadura” (1.13), as expressões (1.22), (1.23) e (1.24) se transformam em:

(1.31) barras lisas

$$\sigma_f = 28.500/\sqrt{\delta/\mu} = 2.530 \sqrt{\frac{100 \sum \delta}{b_o h}} \leq 1.640$$

(1.32) barras lisas torcidas

$$\sigma_f = 37.700/\sqrt{\delta/\mu} = 3.350 \sqrt{\frac{100 \sum \delta}{b_o h}} \leq 2.180$$

(1.33) barras com mósas ou saliências, torcidas ou não

$$\sigma_f = 57.400/\sqrt{\delta/\mu} = 4.200 \sqrt{\frac{100 \sum \delta}{b_o h}} \leq 2.730$$

O critério de segurança à fissuração mais recentemente publicado é o adotado pelo "Material prüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München", de Munich, segundo o artigo "Die Verwendbarkeit hochfester Stähle im Stahlbetonbau" ("A aplicabilidade dos aços de alta resistência nas construções de concreto armado") de autoria do pesquisador G. Rehm, na revista técnica "Bauforschung im Wohnungsbau", editada pelo Ministério da Construção da República Federal Alemã, em 1960, como comemoração de 10 anos de atividade no setor das pesquisas relativas à construção civil (pg. 76/77) (ref. 1)

Esse critério é o seguinte:

(1.34) barras redondas lisas $\sigma_f = 2.800 \sqrt{\frac{100 \sum \delta}{b_o h}}$

(1.35) barras com caneluras $\sigma_f = 4.200 \sqrt{\frac{100 \sum \delta}{b_o h}}$

Vemos que a condição (1.35) coincide com a condição (1.33) adotada no projeto de revisão da NB-2 para barras com mósas ou saliências, torcidas ou não. A condição (1.31) adotada no projeto de revisão da NB-2 para barras lisas é um pouco mais severa (+ 10%) que a (1.34), ao passo que a condição (1.32), adotada no projeto de revisão da NB-2 para barras lisas torcidas se coloca em posição intermediária.

O critério de Munich se baseia na condição de que 98% de tôdas as fissuras tenham abertura inferior a 0,30 milímetros. As normas brasileiras impõem a condição de que a "abertura "máxima" seja de 0,20 milímetros, podendo-se adotar como definição

de “abertura máxima” a proposta por Ferry Borges e por Rüsche (ref. 5), correspondente à porcentagem de 85%, em lugar de 98%. Neste caso, levando em conta que o coeficiente de variação das aberturas de fissuras é da ordem de 50%, podemos considerar o critério de Munich como equivalente ao das normas brasileiras. Se tomarmos como abertura média 0,13 mm, 85% das fissuras terão abertura inferior a 0,20 mm, e 99% terão abertura inferior a 0,30 mm.

Um outro critério prático para verificação da segurança contra a fissuração nociva é o da “permissão ministerial” alemã para o emprêgo do “bi-Stahl” (ref. 14), publicada no Beton-Kalender de 1956, pg. 763/768. A tensão admissível nessas armaduras de elevada aderência (nota 1) pode ser calculada pela fórmula

$$(1.36) \quad \bar{\sigma}_f = 2.000 \text{ kg/cm}^2 + 2.670 \left(\frac{100 \Sigma \delta}{b_o h} \right)$$

(sòmente em edifícios, ou quando não há cargas móveis)

Para $\delta/\mu = 300$, ou $\frac{100 \Sigma \delta}{b_o h} = 0,423$ temos $\bar{\sigma}_f = 3.130$, valor pouco superior ao do critério adotado no projeto de revisão da NB-2. Aliás a fórmula (1.36) pode ser substituída, com aproximação suficiente, pela

$$(1.37) \quad \bar{\sigma}_f = 4.700 \sqrt{\frac{100 \Sigma \delta}{b_o h}}$$

que fornece valores 12% superiores à (1.35) do critério de Munich.

No decurso dêste trabalho teremos ainda ocasião de comparar o critério adotado no projeto de revisão da NB-2 com os critérios de Ferry Borges e Arga e Lima (ref. 7), de Brice (ref. 2) e com os resultados das experiências realizadas no Instituto Nacional de Tecnologia. Consideramos a solução do projeto de revisão da NB-2 como a melhor que seria possível adotar no momento, tanto mais

NOTA (1): o bi-Stahl é uma armadura constituída por pares de barras paralelas de seção circular, com diâmetro compreendido entre 3 e 10 mm, separadas pela distância livre de 25 mm, e ligadas transversalmente por peças espaçadas de 75 mm, soldadas às duas barras. O limite de escoamento é de 7.000 kg/cm², e a tensão admissível é função do parâmetro “porcentagem de perímetro de armadura”, podendo ir até 4.000 kg/cm². A fórmula (1.36) foi deduzida dos valores constantes do quadro de tensões admissíveis em função do parâmetro de fissuração, que figura na referida “permissão ministerial”.

que ela não é imposta em caráter obrigatório, podendo ser substituída por outros critérios, desde que devidamente justificados.

1.4 — *O texto integral do dispositivo da revisão da NB-2 relativo à fissuração*

Para terminar esta introdução, transcrevemos a seguir o texto do item final do projeto de revisão da Norma Brasileira NB-2:

“Fissuração

Item 61 — Nos casos em que forem empregadas armaduras de aço 50 CA, CA-T40 ou CA-T50, é necessário demonstrar a segurança da peça contra fissuração nociva, segundo as condições impostas no final do item 86 da NB-1:

“Dispensa-se esta demonstração se o diâmetro das barras, expresso em centímetros, fôr inferior ou no máximo igual a

$$300 \frac{S_f}{b_o h} \text{ para peças solicitadas à flexão simples ou composta;}$$

$$\text{e a } 60 \frac{S_f}{S_c} \text{ para peças solicitadas à tração axial,}$$

sendo b_o a largura média da zona tracionada da seção transversal.

“Nos casos de armaduras constituídas por barras de diâmetros diferentes, por feixes de barras, ou por barras de seção não circular, considerar-se-á como diâmetro das barras, para os efeitos dêste item, o valor

$$4 \frac{S_f}{u_t}$$

“Quando as barras da armadura de tração que não tiverem sido dobradas para resistir aos esforços de tração oriundos do cisalhamento, forem prolongadas até o apoio ou a zona de compressão e aí ancoradas, basta verificar se o diâmetro das barras satisfaz ao limite estabelecido neste item nas seções mais solicitadas (vãos e sôbre os apoios).

“Nos casos em que o diâmetro das barras fôr superior ao limite estabelecido neste item, podr-se-á também dispensar a demonstração da segurança contra a fissuração desde que os

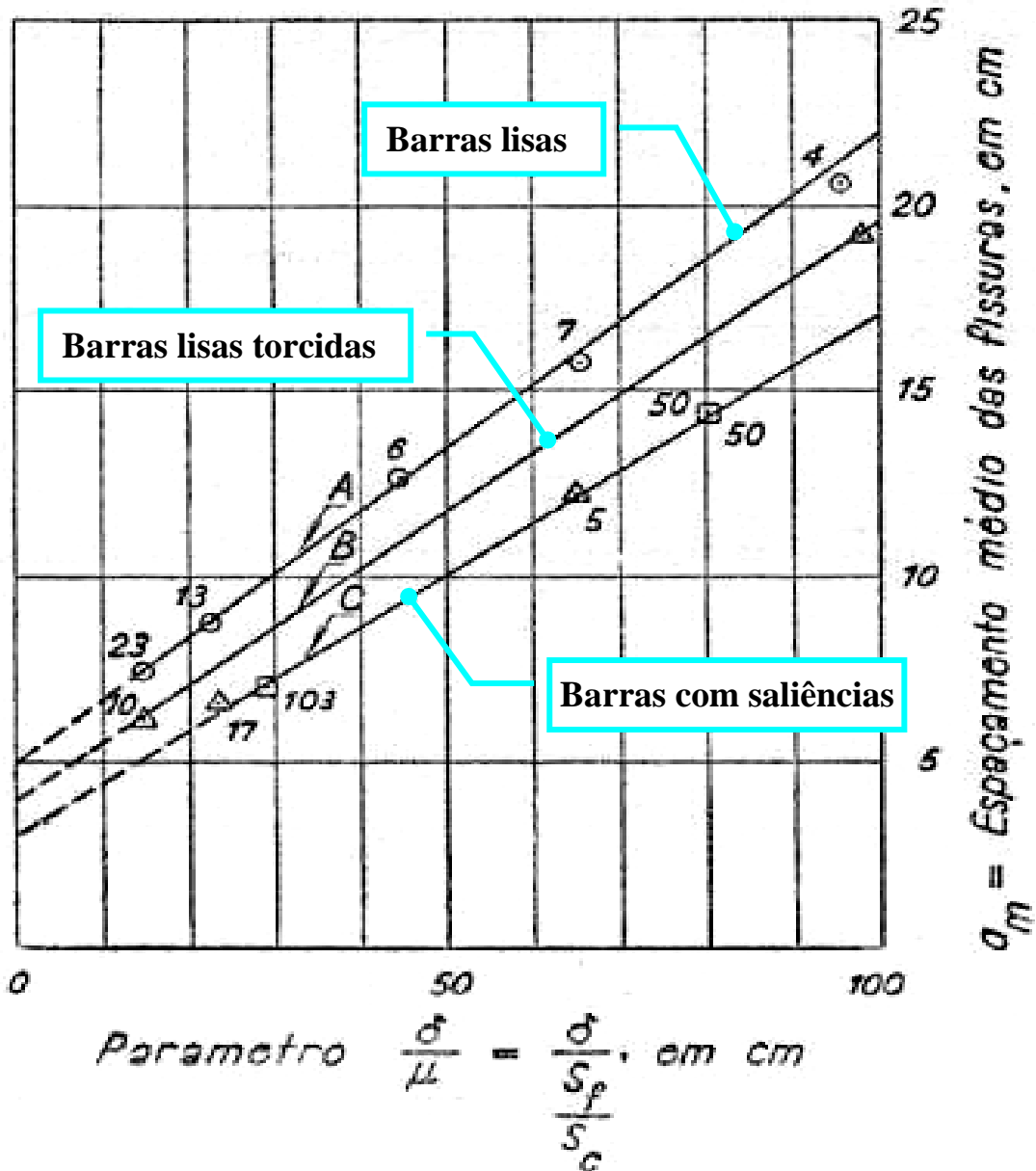
coeficientes de segurança sejam convenientemente aumentados, ou as tensões admissíveis reduzidas, inclusive para o cálculo das barras dobradas destinadas a resistir aos esforços de tração oriundos da força cortante. O fator de aumento do coeficiente de segurança, ou de diminuição das tensões admissíveis, será pelo menos igual à raiz quadrada da relação entre o diâmetro adotado e o diâmetro-limite definido neste item.”

(continua no próximo número)

BIBLIOGRAFIA (referências):

- 1 — G. REHM, 1960 — “Die Verwendbarkeit hochfester Stähle im Stahlbetonbau”, “Bauforschung im Wohnungsbau”, p. 76/77, publicação do “Bundesministerium für Wohnungsbau”, Alemanha.
- 2 — L. P. BRICE — *Étude des conditions de formation des fissures de glissement et de décohesion dans les solides*”, revista “Travaux”, 6/1954.
- 3 — AXEL EFEN e HERBERT KRENCHER — “Tensile Cracks in Reinforced Concrete”, revista “Ingenioeren”, 1/2/1959.
- 4 — KELDYSCH, 1953 — *Berechnung von Baukonstruktionen nach den Grenzbeanspruchungen*”, U.R.S.S.
- 5 — J. FERRY BORGES e J. ARGAS E LIMA, 1957 — “Formation of Cracks in Beams with low Percentage of Reinforcement”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal.
- 6 — Y. SAILLARD, 1957 — “Aciers Tor 60” — *Étude expérimentale*”, Mémoires de l'Association Int. des Ponts et Charpentes.
- 7 — J. FERRY BORGES e J. ARGAS E LIMA, 1958 — “Remarks about the Design of Reinforced Concrete Beams”, Lab. Nacional de Engenharia Civil, Portugal.
- 8 — A. LEON — “Über die Scherfestigkeit des Betons”, revista “Beton und Eisen”, 20/4/1935.
- 9 — “Réglement sur les Constructions en Béton Armé”, Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France, 1932.
- 10 — FERNANDO LUIZ LOBO B. CARNEIRO e AGUINALDO BARCELLOS, 1949 — “Resistance á la traction des bétons”, Instituto Nacional de Tecnologia.
- 11 — FERNANDO LUIZ LOBO B. CARNEIRO, 1953 — “Dosagem de concretos”, Instituto Nacional de Tecnologia.
- 12 — FERNANDO LUIZ LOBO B. CARNEIRO, 1951 — “Pesquisas sobre armaduras especiais para concreto armado”, Instituto Nacional de Tecnologia.
- 13 — FERNANDO LUIZ LOBO B. CARNEIRO, 1958 — “Comentários sobre o projeto de revisão da Norma Brasileira NB-1”, 2º Simpósio de Estruturas.
- 14 — “bi-Stahl-allgem. baupolizeilichen Zulassung des Min. für Wiederaufbau des Landes Nordrhein-Westfalen”, 30/6/1955, Beton-Kalender.

Comparação de resultados



A - Barras lisas ————— : $a_m = 5 \text{ cm} + 0,170 \frac{\sigma}{\mu}$

B - Barras lisas torcidas ——— : $a_m = 4 \text{ cm} + 0,155 \frac{\sigma}{\mu}$

C - Barras com saliências : $a_m = 3 \text{ cm} + 0,140 \frac{\sigma}{\mu}$

⊙ⁿ - Barras lisas, tirantes ensaiados no I.N.T.

⊠ⁿ - Barras lisas torcidas, tirantes ensaiados no I.N.T.

⊡ⁿ - Barras "Tor", tirantes ensaiados por A. Efsen e H. Kronchel

Obs: Cada ponto representa a média de n determinações

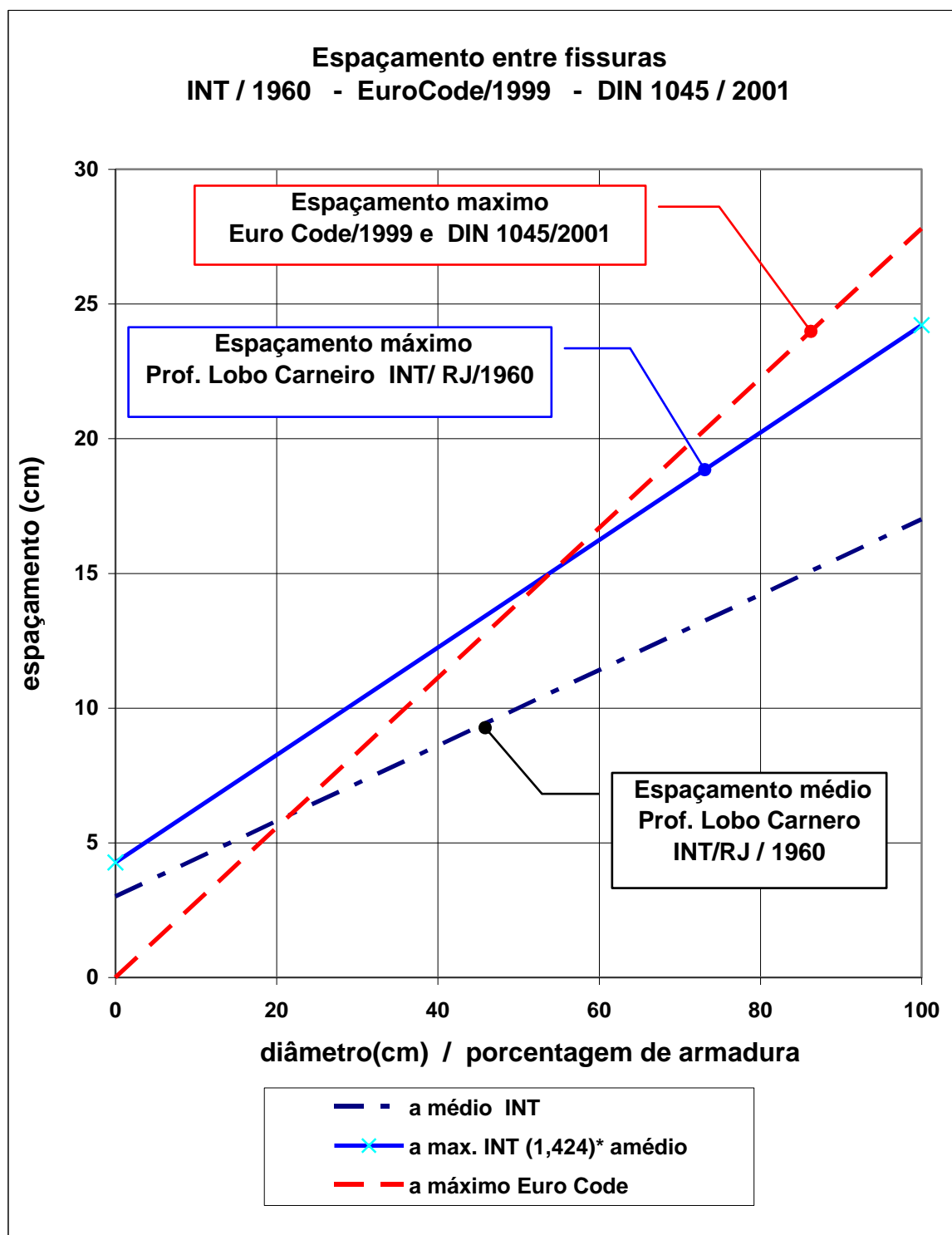
Barras com nervuras

★ Euro Code : $a_{\text{máximo}} = 0,278 \times \frac{\delta}{\mu}$ para barras nervuradas de aço

★ Segundo os ensaios do Prof. Lobo Carneiro no INT :

$$\text{Espaçamento médio} = 3(\text{cm}) + 0,140 \times \frac{\phi}{\rho_{\text{tirante}}}$$

$$\text{Espaçamento máximo} = 1,424 (\text{espaçamento médio})$$



PROJETO DE REVISÃO DA NB-2

“Mediante autorização especial da Associação Brasileira de Normas Técnicas, publicamos a seguir o texto do projeto de revisão da NB-2, aprovado pelas Comissões de Estruturas do Rio de Janeiro e de São Paulo, nas reuniões conjuntas realizadas no Rio e em São Paulo, respectivamente nos dias 10 e 20 de maio último.

Para maior clareza, o texto do projeto de revisão da NB-2 é acompanhado de notas relativas aos itens da NB-1 citados. Nessas notas preparadas pelo eng. Fernando L. Carneiro, são apresentadas as mais importantes alterações do projeto de revisão da NB-1, também aprovadas pelas Comissões de Estruturas do Rio e de São Paulo, atendendo às sugestões recebidas durante o período de discussão.

O projeto de revisão da NB-2 estará aberto ao mais amplo debate durante os próximos seis meses. As sugestões deverão ser apresentadas por escrito à A.B.N.T.”

PROJETO DE REVISÃO DA NORMA BRASILEIRA NB-2 (CÁLCULO E EXECUÇÃO DE PONTES DE CONCRETO ARMADO)

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Objetivo

1. Esta norma fixa as condições que devem ser obedecidas no cálculo e na execução das pontes de concreto armado.

Projeto das pontes

2. No projeto e execução das pontes de concreto armado devem ser aplicadas, além das prescrições especiais da presente norma, as das NB-1, NB-6 e NB-7.

C — FISSURAÇÃO

Segurança contra fissuração nociva

61. Nos casos em que forem empregadas armaduras de aço 50 CA, CA-T40 ou CA-T50, é necessário demonstrar a segurança da peça contra fissuração nociva, segundo as condições impostas no final do item 86 da NB-1.

Dispensa-se esta demonstração se o diâmetro das barras, expresso em centímetros, for inferior ou no máximo igual a

$300 \frac{S_f}{b_0 h}$ para peças solicitadas à flexão simples ou composta,
e a $60 \frac{S_f}{S_c}$ para peças solicitadas à tração axial,
sendo b_0 a largura média da zona tracionada da seção transversal.

Nos casos de armaduras constituídas por barras de diâmetros diferentes, por feixes de barras, ou por barras de seção não circular considerar-se-á como diâmetro das barras, para os efeitos deste item, o valor

$$4 \frac{S_f}{u_t}$$

Quando as barras da armadura de tração que não tiverem sido dobradas para resistir aos esforços de tração oriundos do cisalhamento, forem prolongadas até o apoio ou até a zona de compressão e aí ancoradas, basta verificar se o diâmetro das barras satisfaz os limites estabelecidos neste item nas seções mais solicitadas (nos vãos e sobre os apoios).

Nos casos em que o diâmetro das barras for superior ao limite estabelecido neste item, poder-se-á também dispensar a demonstração da segurança contra a fissuração desde que os coeficientes de segurança sejam convenientemente aumentados, ou as tensões admissíveis reduzidas, inclusive para o cálculo das barras dobradas destinadas a resistir aos esforços de tração oriundos do cisalhamento.

O fator de aumento do coeficiente de segurança ou de redução das tensões admissíveis na armadura será pelo menos igual à raiz quadrada da relação entre o diâmetro adotado e o diâmetro limite definido neste item. (14)

(14) — Nota: a fundamentação dêste item consta do trabalho relativo à fissuração, de autoria do eng. Fernando Luiz Lobo Carneiro, cuja publicação iniciamos neste número. Sobre o processo de cálculo de lajes contínuas de pontes, indicado no item 24, publicaremos, em um de nossos próximos números, um artigo do professor Telemaco van Langendonck.

+ + +