

Norma de uso exclusivo da CETESB  
 Reprodução proibida

SUMÁRIO

	Página
1 Objetivo .....	1
2 Aparelhagem .....	1
3 Corpos de prova .....	1
4 Execução do ensaio .....	3
5 Resultados .....	4
Anexo A .....	7
Anexo B .....	9

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a determinação da resistência à tração e do alongamento de chapas estruturais de aço-carbono.

2 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é constituída de:

- a) máquina universal de ensaios (tipo INSTRON);
- b) extensômetro;
- c) micrômetro.

3 CORPOS DE PROVA

3.1 Os corpos de prova são peças com a forma e as dimensões apresentadas na Figura 1 e na Tabela, sendo a espessura  $a$  do próprio material a ser ensaiado.

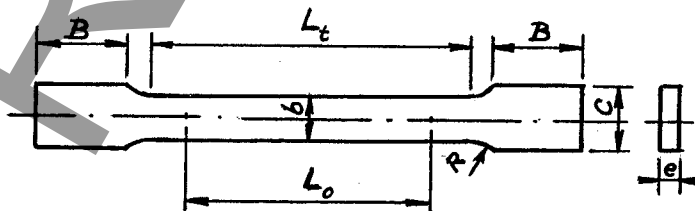


FIGURA 1 - Corpo de prova

TABELA - Dimensões dos corpos de prova

Dimensões	Corpo de prova normal		Corpo de prova reduzido
	Tipo placa Larg. 40 mm (mm)	Tipo chapa Larg. 12,5 mm (mm)	Larg. 6 mm (mm)
$L_o$ - Comprimento inicial (base de medida) (a) (b)	$200 \pm 0,25$	$50 \pm 0,10$	$25 \pm 0,08$
b - Largura da parte útil (c) (d) (e)	40 $\begin{matrix} +3 \\ -6 \end{matrix}$	$12,5 \pm 0,25$	$6,25 \pm 0,05$
e - Espessura (f)	espessura do material		
R - Raio de concordância, mínimo	13	13	6
$L_t$ - Comprimento total (b) (g)	450	200	100
$L_c$ - Comprimento da parte útil, mínima	225	60	32
B - Comprimento da cabeça, mínimo (h)	75	50	32
C - Largura da cabeça, aprox. (d) (i)	50	20	10

Notas: a) Nos corpos de prova de 40 mm de largura, as marcas puncionadas para medição do alongamento após a ruptura devem ser feitas na face plana ou no bordo e dentro da parte útil. Tanto um conjunto de nove ou mais marcas espaçadas de 25 mm como um ou mais pares de marcas espaçadas de 200 mm podem ser usados.

b) Quando não houver necessidade de medir o alongamento nos corpos de prova de 40 mm de largura, poderá ser utilizada uma base de medida ( $L_o$ ) de  $(50,0 \pm 0,10)$  mm, com todas as outras medidas inalteradas.

- c) Em cada um dos três tamanhos de corpo de prova, a largura dos extremos da parte útil não deve variar mais que 0,10 mm, 0,05 mm e 0,025 mm, respectivamente. Poderá haver um decréscimo gradual na largura, desde os extremos até o centro, mas a diferença entre a largura de cada extremo e a do centro não deverá ser maior que 0,40 mm, 0,10 mm e 0,08 mm, respectivamente.
- d) Nos três tamanhos de corpo de prova, poderão ser usadas larguras menores (b e C), quando necessário. Nesses casos, a largura da parte útil deverá ser tão grande quanto o material a ensaiar o permitir; a não ser quando declarado especificamente, as medições do alongamento não se aplicam a esses corpos de prova mais estreitos. Se a largura do material for menor que b, os lados deverão ser paralelos em toda a extensão do corpo de prova.
- e) O corpo de prova pode ser modificado fazendo-se os lados paralelos, sendo a largura e tolerâncias as mesmas especificadas na Tabela. Quando necessário, pode-se adotar corpos de prova mais estreitos, e nesse caso a largura deve ser a maior permitida pelo material. Se a largura for igual ou menor que 38 mm, o corpo de prova deverá ter os lados paralelos em toda a sua extensão.
- f) A dimensão e é a espessura do corpo de prova de acordo com a especificação do material. A espessura nominal mínima dos corpos de prova de 40 mm de largura deve ser de 5 mm. A espessura nominal máxima dos corpos de prova de 12,5 mm e 6 mm de largura deverá ser de 19 mm e 6 mm, respectivamente.
- g) Para facilitar a obtenção do carregamento axial dos corpos de prova de 6 mm de largura durante o ensaio, o comprimento total deve ser o maior possível.
- h) Recomenda-se que, quando possível, as cabeças dos corpos de prova sejam feitas com um comprimento suficiente para penetrarem uma distância mínima de dois terços ou mais do comprimento dos mordentes. Se a espessura dos corpos de prova de 12,5 mm de largura for maior que 10 mm, serão necessários mordentes maiores e conseqüentemente maior comprimento das cabeças para evitar deficiência de fixação.
- i) Nos três tamanhos de corpo de prova, os extremos devem ser simétricos com relação à linha de centro da parte útil, com erro inferior a 2,5 mm, 0,25 mm e 0,13 mm, respectivamente. Para o aço porém, um corpo de prova de 12,5 mm de largura, cujos extremos sejam simétricos com erro inferior a 1,0 mm, pode ser considerado satisfatório para os ensaios em geral, exceto os de arbítrio.

#### 4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

4.1 Determinar a área média da seção reta ( $S_0$ ) da parte útil do corpo de prova.

4.2 Determinar o comprimento inicial (base de medida,  $L_0$ ), pintando as marcas de referência ou gravando-as por leve puncionamento ou por riscos de ponta seca.

4.3 Preparar a máquina de tração para ensaio (ver Anexo B):

Notas: a) Recomendam-se as seguintes velocidades de ensaio:

- velocidade do travessão,  $V_T = 0,3$  cm/min;
- velocidade da carta,  $V_c = 3,0$  cm/min.

b) De acordo com as características do ensaio, pode-se trabalhar com velocidades superiores às recomendadas na alínea a, desde que satisficam as seguintes condições:

- velocidade de alongamento,  $V_a \leq 10$  %/min;
- velocidade de tensionamento,  $V_t \leq 10$  MPa/s

4.4 Fixar o corpo de prova nos mordentes da máquina de ensaio, centrando-o perfeitamente, de modo que a carga seja aplicada o mais axialmente possível.

4.5 Colocar o extensômetro no corpo de prova e ajustá-lo para uma ampliação de 50:1 (cada milímetro de alongamento do corpo de prova corresponderá a 50 mm no diagrama).

4.6 Tracionar o corpo de prova com a velocidade de tensionamento especificada. Ao atingir o limite de escoamento, retirar o extensômetro. Continuar a tração até ocorrer a ruptura do corpo de prova, registrando o diagrama tensão (carga) x deformação.

4.7 Desligar a máquina e retirar os pedaços do corpo de prova.

4.8 Recompôr cuidadosamente o corpo de prova, unindo as superfícies da fratura e restabelecendo o alinhamento original; medir o comprimento final ( $L_f$ ) entre as marcas de referência, com erro inferior a 0,1 mm.

## 5 RESULTADOS

5.1 Calcula-se o limite de escoamento, com a aproximação de 1 MPa, pela fórmula:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_o}$$

onde:

$\sigma_e = \sigma_{es}$  = limite de escoamento superior, em MPa\*

$F_e$  = carga correspondente ao limite de escoamento, em N

$S_o$  = área média da seção reta inicial da parte útil do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>.

\* 1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1 N/mm<sup>2</sup>

- Notas:
- O limite superior de escoamento é o valor da tensão convencional no ponto onde se inicia o escoamento ou valor da tensão convencional no primeiro máximo obtido durante o escoamento (ver Figura 2,  $\sigma_{es}$ ). Salvo referência especial, a denominação "limite de escoamento" refere-se ao limite superior de escoamento.
  - Para materiais que não apresentam patamar no diagrama tensão - alongamento (carga-alongamento) é conveniente a determinação de um limite convencional de escoamento. Para isto marca-se sobre o eixo das deformações (ver Figura 3) o ponto correspondente à percentagem especificada "x" de alongamento não elástico (normalmente 0,2%); traça-se por este ponto uma reta paralela ao trecho retilíneo da curva (região elástica); determina-se a interseção dessa reta com a curva registrada. A projeção desse ponto no eixo das tensões (cargas) determina o limite convencional de escoamento que produz a percentagem especificada de alongamento não elástico.
  - O limite inferior de escoamento é o menor valor da tensão convencional durante o escoamento, não se computando o efeito transitório inicial que se possa produzir (ver Figura 2,  $\sigma_{ei}$ ).

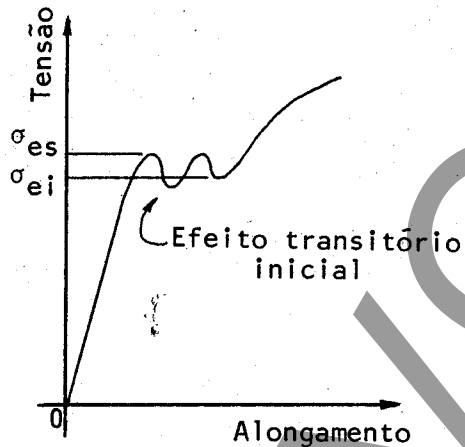
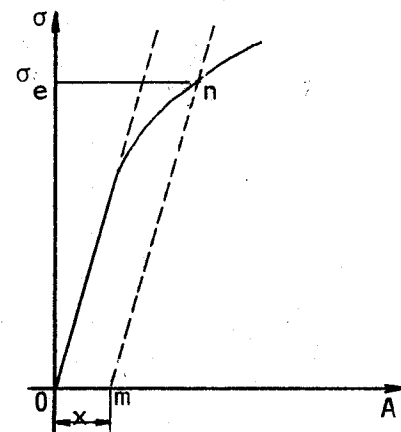


FIGURA 2



x = Alongamento não elástico especificado

FIGURA 3

5.2 Calcula-se o limite de resistência à tração, com a aproximação de 1 MPa, pela fórmula:

$$\sigma_t = \frac{F_m}{S_o}$$

1ª VIA - CLIENTE (BRANCA)  
 2ª VIA - DOSSIÊ DNAT (VERDE)  
 3ª VIA - DOSSIÊ PEDIDO (ROSA)  
 4ª VIA - UNID. SOLIC. (AMARELA)

RELATÓRIO DNAT Nº \_\_\_\_\_ /

## RESULTADO DE ENSAIO DE

**CETESB**

Ensaio conforme Norma: \_\_\_\_\_

Especificação Material: \_\_\_\_\_

INTERESSADO: \_\_\_\_\_

PROCEDÊNCIA: \_\_\_\_\_

REF.: \_\_\_\_\_

Corpo de Prova Nº	Dimensões			Ensaio de Tração				Ensaio Dobramento				
	Larg. (mm)	Esp. (mm)	Ø (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga de Escoam. (kN)	Limite de Escoam. (MPa)	Carga Máxima (kN)	Limite de Resistência (MPa)	Alongamento em _____ mm (%)	Local da Ruptura	Face	Raiz

CETESB/M1.760 - Parte 1  
 ANEXO - RELATÓRIO DE ENSAIO 0

Observações: \_\_\_\_\_

Notas:  
 1 kgf = 9.806 65 N  
 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>

/Anexo B

**ANEXO B - PREPARAÇÃO DA MÁQUINA DE TRACÇÃO PARA  
ENSAIO**

**B-1 FUNDO DE ESCALA**

A escala deve ser compatível com a intensidade da carga de ruptura do material. Por exemplo, se forem dados:

- a) material: aço CA-50;
- b)  $S_o = 113,09 \text{ mm}^2$

obtêm-se:

$$\sigma_e = f_{yk} = 500 \text{ MPa (ver ABNT EB-3)}$$

$$\sigma_t = f_{st} = 1,10 f_{yk} = 1,10 \sigma_e$$

$$F_m = \sigma_t \cdot S_o = 1,10 \sigma_e S_o = 1,1 \times 500 \times 113,09 = 62 199,5 \text{ N} \approx 62,2 \text{ kN}$$

Adota-se, portanto, a escala de 0 a 100 kN.

**B-2 CÁLCULOS PRELIMINARES**

**B.2.1 Deformação na fase elástica**

Calcula-se a deformação na fase elástica pela fórmula:

$$x = \frac{x_1 - V_T}{V_C}$$

onde:

- $x$  = deformação do corpo de prova, em mm;
- $x_1$  = deformação na carta, em mm;
- $V_T$  = velocidade do travessão da máquina, em cm/min.;
- $V_C$  = velocidade na carta, em cm/min.

**B-2.2 Velocidade de alongamento**

Calcula-se a velocidade de alongamento pela fórmula:

$$V_a = \frac{x}{L_c \cdot \Delta t} \times 100$$

onde:

$V_a$  = velocidade de alongamento, em %/min

$x$  = deformação do corpo de prova, em mm

$L_c$  = comprimento útil do corpo de prova, em mm

$\Delta t$  = tempo decorrido entre o início do ensaio e o ponto de escoamento, em min

### B-2.3 Velocidade de tensionamento

B-2.3.1 Calcula-se o fator de elasticidade aparente do sistema de ensaio pela fórmula:

$$K = \frac{x}{F_e}$$

onde:

$K$  = fator de elasticidade, em mm/N

$x$  = deformação do corpo de prova, em mm

$F_e$  = carga de escoamento, em N

B-2.3.2 Calcula-se a relação entre o comprimento útil e a seção reta inicial do corpo de prova pela fórmula:

$$R = \frac{L_c}{S_o}$$

onde:

$R$  = relação, em mm/mm<sup>2</sup>

$L_c$  = comprimento útil do corpo de prova, em mm

$S_o$  = área média da seção reta inicial do corpo de prova, em mm<sup>2</sup>

B-2.3.3 Determina-se a velocidade de tensionamento por meio do nomograma válido para o aço ( $E = 210\,000$  MPa), apresentado na Norma ABNT MB-4/77), utilizando como argumentos os valores previamente determinados de  $K$ ,  $R$  e  $V_a$ .

### B-3 VERIFICAÇÃO DAS VELOCIDADES

Considera-se a máquina preparada para o ensaio quando satisfeitas as condições:

- velocidade de alongamento,  $V_a \leq 10\%/min$
- velocidade de tensionamento,  $V_t \leq 10$  MPa/s



ProcedimentoNorma de uso exclusivo da CETESB  
Reprodução proibida1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a verificação da resistência ao dobramento de chapas estruturais de aço-carbono.

2 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é constituída de:

- a) máquina universal de ensaios (tipo INSTRON), ou prensa hidráulica;
- b) dispositivo de dobramento, formado por base com perfil em U e cutelo ou pino.

3 CORPOS DE PROVA

3.1 Os corpos de prova são pedaços retangulares de chapa, com espessura normalmente igual à do próprio material, compreendido entre 200 e 500 mm.

3.2 Quando a espessura do material for maior que a largura do corpo de prova, deve-se usar uma das faces para atender à respectiva condição expressa em 3.1.

4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

4.1 Colocar o corpo de prova sobre os apoios do dispositivo de dobramento centrando-o perfeitamente e deixando livres suas extremidades.

4.2 Acionar a prensa, efetuando o dobramento lento e progressivo do corpo de prova, até o ângulo determinado pela especificação do material, de forma que a duração total da deformação seja de pelo menos 10 s.

4.3 Uma vez atendida a especificação, dar por concluído o ensaio.

4.4 Caso antes do término do ensaio se dê a ruptura do corpo de prova ou fissura de sua superfície externa, considerar concluído o ensaio no momento em que esse fato se tenha produzido.

5 RESULTADOS

5.1 Considera-se satisfatório o material que, após o dobramento especificado, não apresente ruptura, trincas ou fissuras.

5.2 O relatório de ensaio deve ser executado conforme o modelo do Anexo da Parte I.