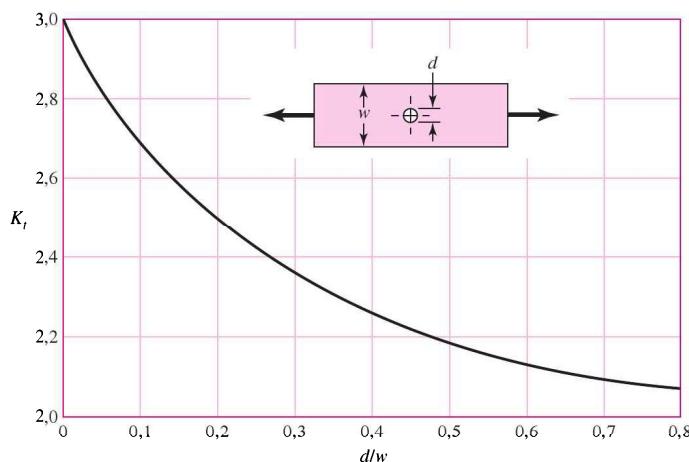
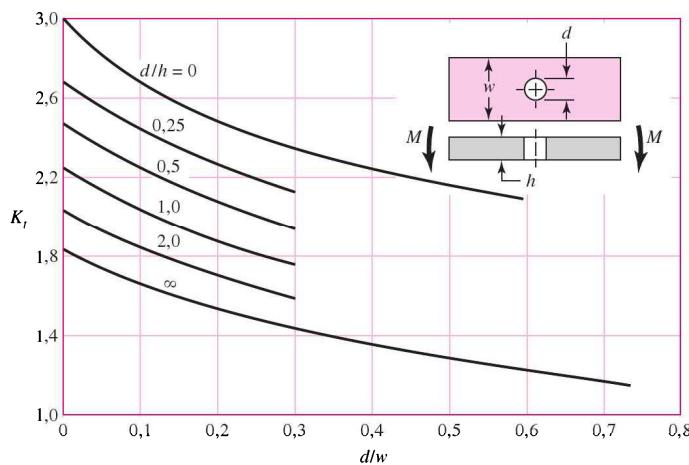


**Tabela A-13**Cartas de fatores teóricos de concentração de tensão  $K_t^*$ .**Figura A-13-1**

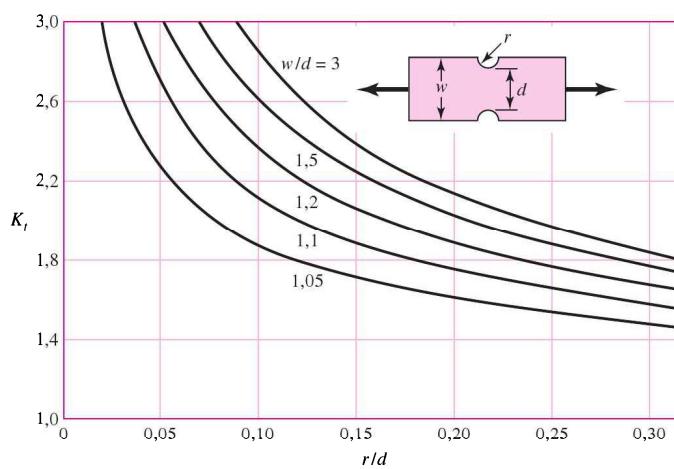
Barra em tração ou compressão simples com um furo transversal.  
 $\sigma_0 = F/A$ , sendo  
 $A = (w - d)t$  e  $t$  a espessura.

**Figura A-13-2**

Barra retangular com um furo transversal em flexão.  
 $\sigma_0 = Mc/I$ , sendo  
 $I = (w - d)h^3/12$ .

**Figura A-13-3**

Barra retangular entalhada em tração ou compressão simples.  $\sigma_0 = F/A$  sendo  $A = dt$  e  $t$  a espessura.



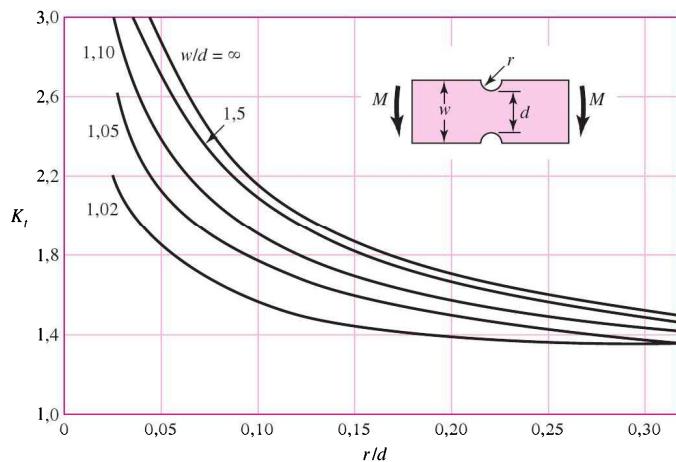
(continua)

**Tabela A-13**

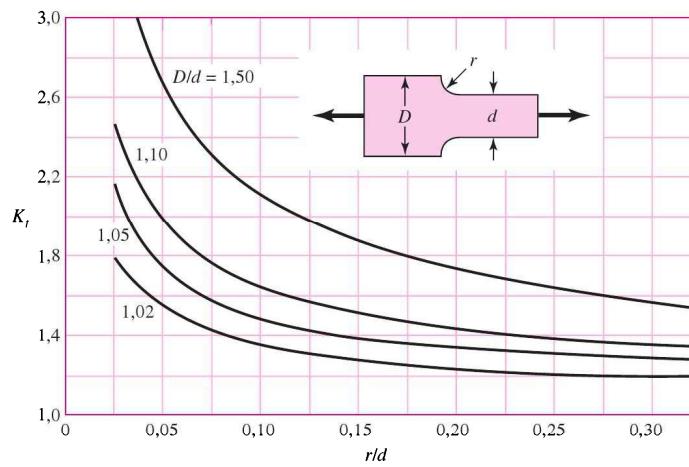
Continuação.

**Figura A-13-4**

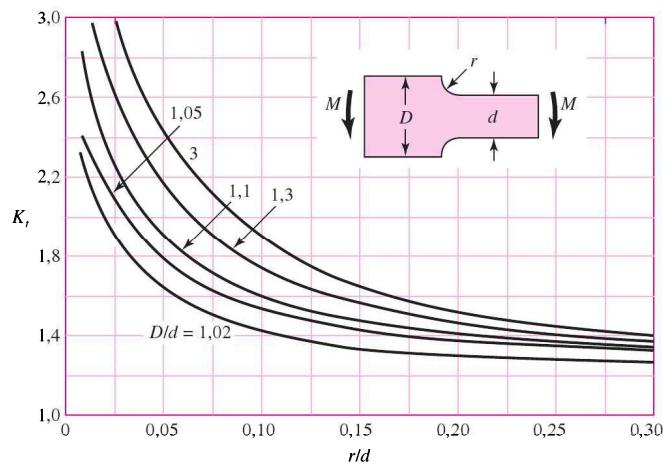
Barra retangular entalhada em flexão.  $\sigma_0 = Mc/l$ , sendo  $c = d/2$ ,  $l = td^3/12$ , e  $t$  a espessura.

**Figura A-13-5**

Barra retangular filetada (adelgaçada) em tração ou compressão simples.  $\sigma_0 = F/A$ , sendo  $A = dt$  e  $t$  a espessura.

**Figura A-13-6**

Barra retângula filetada (adelgaçada) em flexão.  $\sigma_0 = Mc/l$ , sendo  $c = d/2$ ,  $l = td^3/12$ ,  $t$  a espessura.

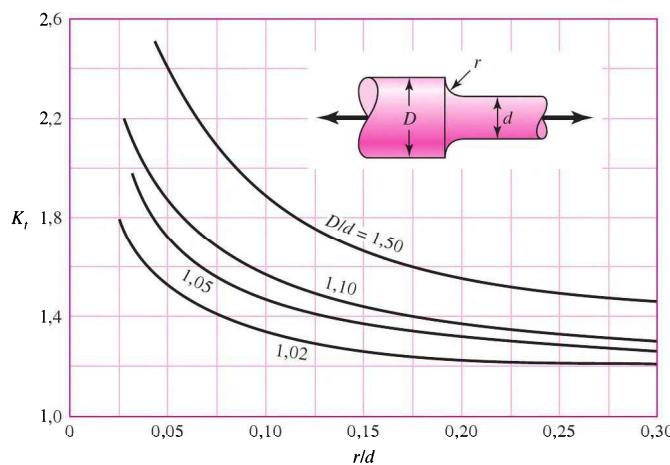


(continua)

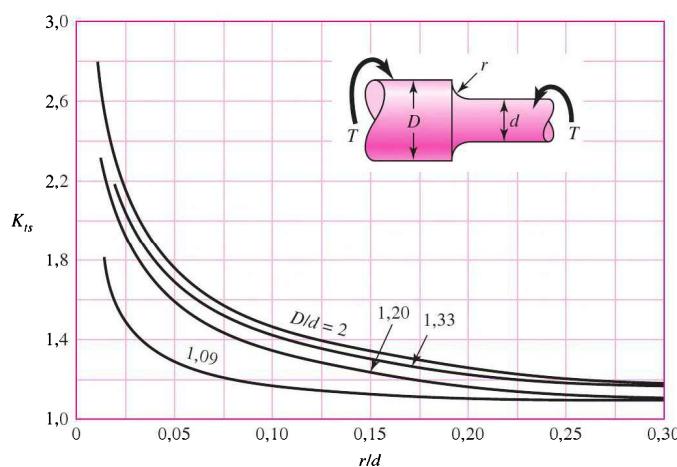
\* Fatores de R. E. Peterson, "Design Factors for Stress Concentration," *Machine Design*, vol. 23, nº 2, Fevereiro 1951, p. 169; nº 3, Março 1951, p. 161; nº 5, Maio 1951, p. 159; nº 6, Junho 1951, p. 173; nº 7, Julho 1951, p. 155. Reimpresso com autorização de *Machine Design*, uma publicação da Penton Media Inc.

**Tabela A-13**Cartas de fatores teóricos de concentração de tensão  $K_t^*$ .**Figura A-13-7**

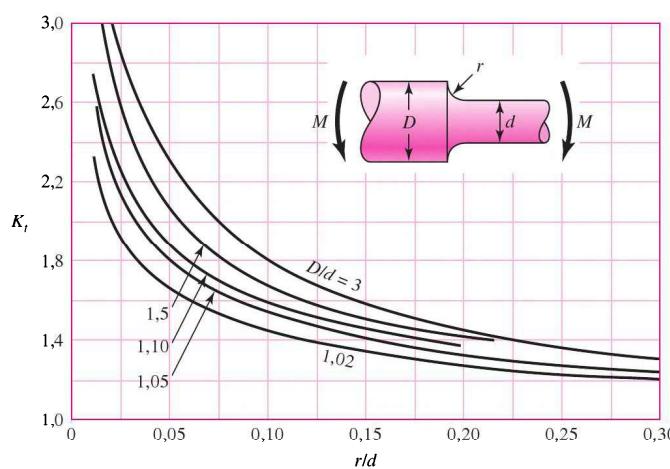
Eixo redondo com filetagem (adelgaçamento) do ressalto em tração.  
 $\sigma_0 = F/A$ , sendo  
 $A = \pi d^2/4$ .

**Figura A-13-8**

Eixo redondo com filetagem (adelgaçamento) do ressaltado em torção.  
 $\tau_0 = Tc/J$ , sendo  $c = d/2$   
e  $J = \pi d^4/32$ .

**Figura A-13-9**

Eixo redondo com filetagem (adelgaçamento) do ressaltado em flexão.  
 $\sigma_0 = Mc/I$ , sendo  
 $c = d/2$  e  $I = \pi d^4/64$ .



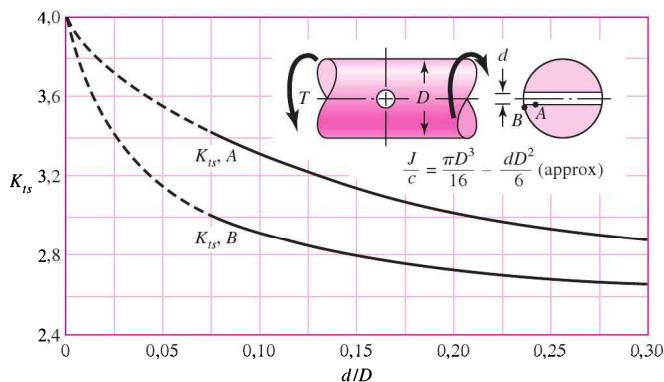
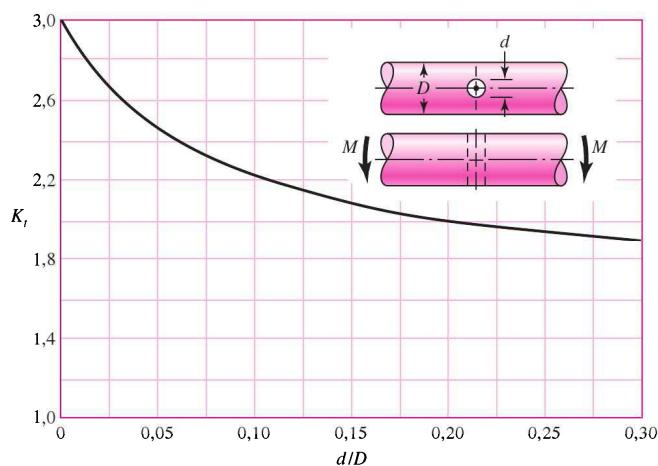
(continua)

**Tabela A-13**

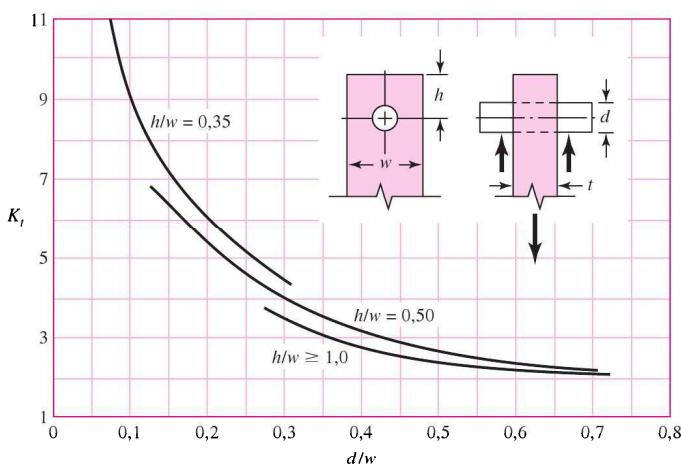
Continuação.

**Figura A-11-10**

Eixo redondo em torção com furo transversal.

**Figura A-13-11**Eixo redondo em flexão com um furo transversal.  $M/[\pi D^3 / 32 - (dD^2 / 6)]$ , aproximadamente.**Figura A-13-12**

Placa carregada em tração por um pino através de um orifício.  $\sigma_0 = F/A$ , sendo  $A = (w - d)t$ . Quando existir folga, aumente  $K_t$  de 35 a 50%. (M. M. Frocht. E H. N. Hill, "Stress Concentration Factors around a Central Circular Hole in a Plate Loaded through a Pin in Hole," *J. Appl. Mechanics*, vol. 7, nº 1, Março 1940, p.A-5).

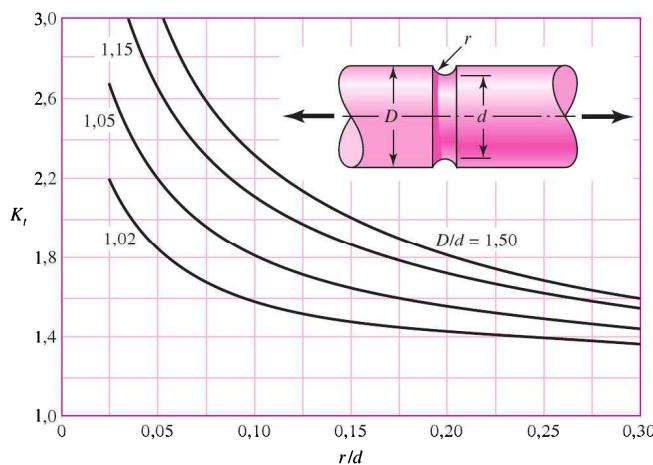


(continua)

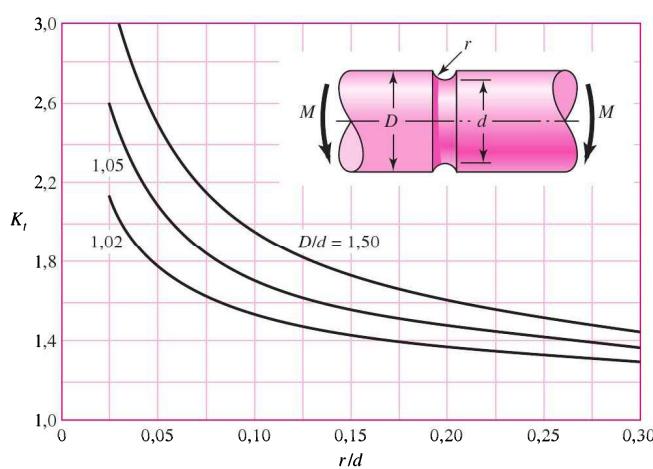
\* Fatores de R. E. Peterson, "Design Factors for Stress Concentration," *Machine Design*, vol. 23, nº 2, Fevereiro 1951, p. 169; nº 3, Março 1951, p. 161; nº 5, Maio 1951, p. 159; nº 6, Junho 1951, p. 173; nº 7, Julho 1951, p. 155. Reimpresso com autorização de *Machine Design*, uma publicação da Penton Media Inc.

**Tabela A-13**Cartas de fatores teóricos de concentração de tensão  $K_t^*$ .**Figura A-13-13**

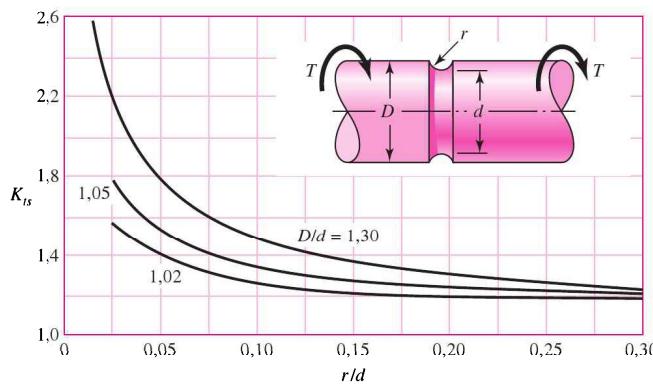
Barra redonda sulcada em tração.  $\sigma_0 = F/A$ , sendo  $A = \pi d^2/4$ .

**Figura A-13-14**

Barra redonda sulcada em flexão.  $\sigma_0 = Mc/l$ , sendo  $c = d/2$  e  $l = \pi d^4/64$ .

**Figura A-13-15**

Barra redonda sulcada em torção.  $\tau_0 = Tc/J$ , sendo  $c = d/2$  e  $J = \pi d^4/32$ .



(continua)

**Tabela A-13**

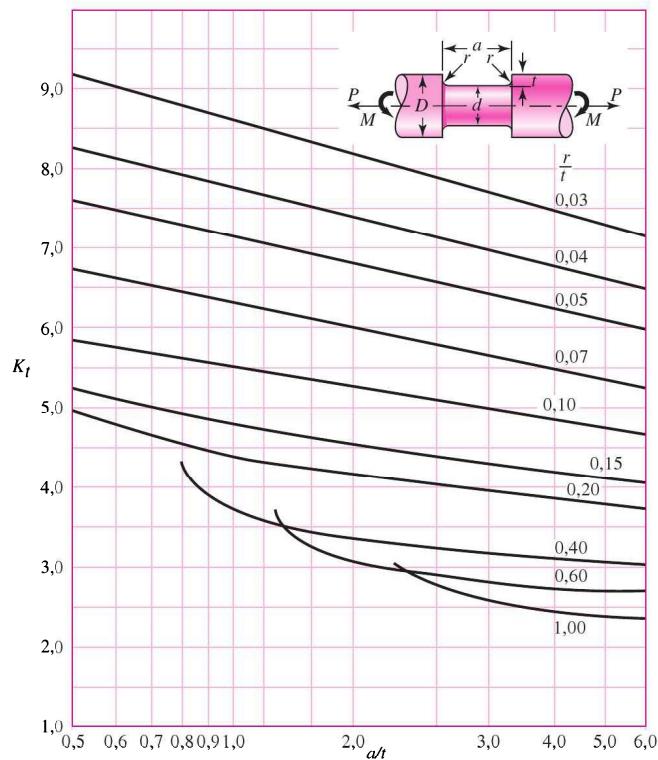
Continuação.

**Figura A-13-16**

Eixo redondo com sulco de fundo plano em flexão e/ou tração.

$$\sigma_0 = \frac{4P}{\mu d^2} + \frac{32M}{\mu d^3}$$

Fonte: W.D.Pilkey,  
*Peterson's Stress  
Concentration Factors*,  
2. ed. John Wiley & Sons,  
Nova York, 1997, p. 115.



(continua)

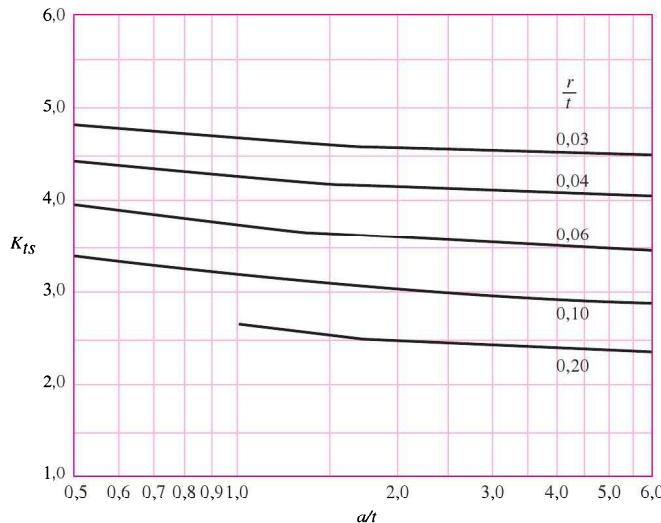
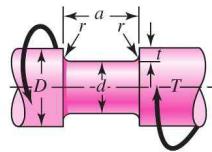
\* Fatores de R. E. Peterson, "Design Factors for Stress Concentration," *Machine Design*, vol. 23, nº 2, Fevereiro 1951, p. 169; nº 3, Março 1951, p. 161; nº 5, Maio 1951, p. 159; nº 6, Junho 1951, p. 173; nº 7, Julho 1951, p. 155. Reimpresso com autorização de *Machine Design*, uma publicação da Penton Media Inc.

**Tabela A-13**Cartas de fatores teóricos de concentração de tensão  $K^*$ .**Figura A-13-17**

Eixo redondo com sulco de fundo plano em torção.

$$\tau_0 = \frac{16T}{\mu d^3}$$

Fonte: W.D.Pilkey,  
*Peterson's Stress  
Concentration Factors*,  
2. ed. John Wiley & Sons,  
Nova York, 1997, p. 133.

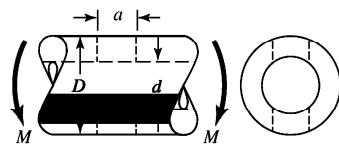


\* Fatores de R. E. Peterson, "Design Factors for Stress Concentration," *Machine Design*, vol. 23, nº 2, Fevereiro 1951, p. 169; nº 3, Março 1951, p. 161; nº 5, Maio 1951, p.159; nº 6, Junho 1951, p. 173; nº 7, Julho 1951, p. 155. Reimpresso com autorização de *Machine Design*, uma publicação da Penton Media Inc.

**Tabela A-14**

Fatores aproximados de concentração de tensão  $K_t$  para flexão de uma barra redonda ou tubo com um furo transversal redondo.

Fonte: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nova York, 1974, p. 146, 235.



A tensão nominal de flexão é  $\sigma_0 = M/Z_{\text{net}}$  em que  $Z_{\text{net}}$  é um valor reduzido do módulo da seção e é definido por

$$Z_{\text{net}} = \frac{\mu A}{32D} (D^4 - d^4)$$

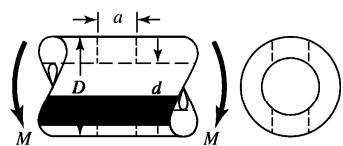
Valores de  $A$  estão listados na tabela. Use  $d = 0$  para uma barra sólida.

$a/D$	$d/D$				$K_t$	
	0,9		0,6			
	$A$	$K_t$	$A$	$K_t$		
0,050	0,92	2,63	0,91	2,55	0,88	
0,075	0,89	2,55	0,88	2,43	0,86	
0,10	0,86	2,49	0,85	2,36	0,83	
0,125	0,82	2,41	0,82	2,32	0,80	
0,15	0,79	2,39	0,79	2,29	0,76	
0,175	0,76	2,38	0,75	2,26	0,72	
0,20	0,73	2,39	0,72	2,23	0,68	
0,225	0,69	2,40	0,68	2,21	0,65	
0,25	0,67	2,42	0,64	2,18	0,61	
0,275	0,66	2,48	0,61	2,16	0,58	
0,30	0,64	2,52	0,58	2,14	0,54	
					1,94	

(continua)

**Tabela A-14**

Continuação.



A tensão máxima ocorre na parte interna do orifício, ligeiramente abaixo da superfície do eixo. A tensão nominal de cisalhamento é  $\tau_0 = T D / 2 J_{\text{net}}$ , em que  $J_{\text{net}}$  é um valor reduzido do segundo momento polar de área e é definido por

$$J_{\text{net}} = \frac{\mu A(D^4 - d^4)}{32}$$

Valores de  $A$  estão listados na tabela. Use  $d = 0$  para uma barra sólida.

$a/D$	$d/D$									
	0,9		0,8		0,6		0,4		0	
	$A$	$K_{ts}$	$A$	$K_{ts}$	$A$	$K_{ts}$	$A$	$K_{ts}$	$A$	$K_{ts}$
0,05	0,96	1,78							0,95	1,77
0,075	0,95	1,82							0,93	1,71
0,10	0,94	1,76	0,93	1,74	0,92	1,72	0,92	1,70	0,92	1,68
0,125	0,91	1,76	0,91	1,74	0,90	1,70	0,90	1,67	0,89	1,64
0,15	0,90	1,77	0,89	1,75	0,87	1,69	0,87	1,65	0,87	1,62
0,175	0,89	1,81	0,88	1,76	0,87	1,69	0,86	1,64	0,85	1,60
0,20	0,88	1,96	0,86	1,79	0,85	1,70	0,84	1,63	0,83	1,58
0,25	0,87	2,00	0,82	1,86	0,81	1,72	0,80	1,63	0,79	1,54
0,30	0,80	2,18	0,78	1,97	0,77	1,76	0,75	1,63	0,74	1,51
0,35	0,77	2,41	0,75	2,09	0,72	1,81	0,69	1,63	0,68	1,47
0,40	0,72	2,67	0,71	2,25	0,68	1,89	0,64	1,63	0,63	1,44

**Tabela A-15**

Tamanhos preferenciais e números de Renard (Série R). (Quando uma escolha puder ser feita, use um destes tamanhos; contudo, nem todas peças ou itens estão disponíveis em todos os tamanhos mostrados na tabela.)

**Milímetros**

0,05, 0,06, 0,08, 0,10, 0,12, 0,16, 0,20, 0,25, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70, 0,80, 0,90, 1,0, 1,1, 1,2, 1,4, 1,5, 1,6, 1,8, 2,0, 2,2, 2,5, 2,8, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0, 8,0, 9,0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300

**Números de Renard\***

1<sup>a</sup> escolha, R5: 1, 1,6, 2,5, 4, 6,3, 10

2<sup>a</sup> escolha, R10: 1,25, 2, 3,15, 5, 8

3<sup>a</sup> escolha, R20: 1,12, 1,4, 1,8, 2,24, 2,8, 3,55, 4,5, 5,6, 7,1, 9

4<sup>a</sup> escolha, R40: 1,06, 1,18, 1,32, 1,5, 1,7, 1,9, 2,12, 2,36, 2,65, 3, 3,35, 3,75, 4,25, 4,75, 5,3, 6, 6,7, 7,5, 8,5, 9,5

\*Podem ser multiplicados ou divididos por potência de 10.

**Tabela A-16**

Propriedades geométricas.

**Parte 1 Propriedades das seções** $A$  = área $G$  = localização do centroide

$$I_x = \int y^2 dA = \text{segundo momento de área ao redor do eixo } x$$

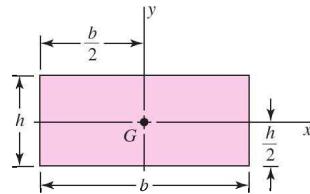
$$I_y = \int x^2 dA = \text{segundo momento de área ao redor do eixo } y$$

$$I_{xy} = \int xy dA = \text{momento misto de área ao redor dos eixos } x \text{ e } y$$

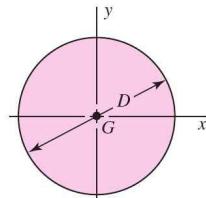
$$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$$

= segundo momento polar de área ao redor de um eixo passando por

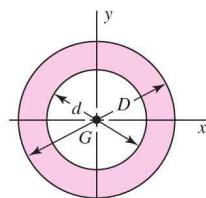
$$k_x^2 = I_x/A = \text{raio de giração ao quadrado ao redor do eixo } x$$

**Retângulo**

$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

**Círculo**

$$A = \frac{\mu D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\mu D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\mu D^4}{32}$$

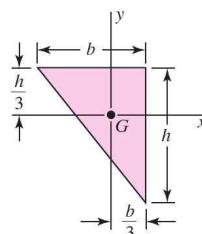
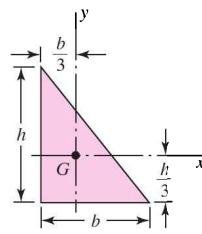
**Círculo vazado (furado)**

$$A = \frac{\mu}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\mu}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\mu}{32}(D^4 - d^4)$$

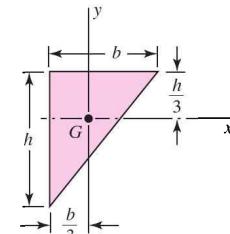
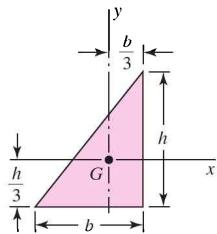
(continua)

**Tabela A-16**

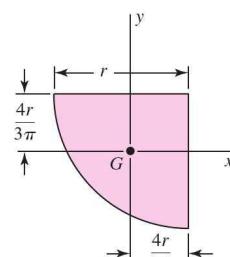
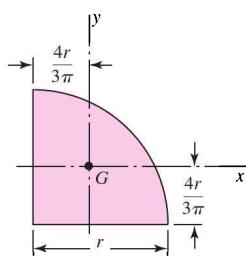
Continuação.

**Triângulos retângulos**

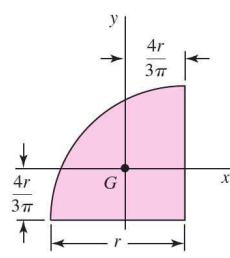
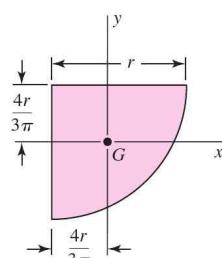
$$A = \frac{bh}{2} \quad I_x = \frac{bh^3}{36} \quad I_y = \frac{b^3h}{36} \quad I_{xy} = \frac{-b^2h^2}{72}$$

**Triângulos retângulos**

$$A = \frac{bh}{2} \quad I_x = \frac{bh^3}{36} \quad I_y = \frac{b^3h}{36} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{72}$$

**Quartos de círculo**

$$A = \frac{\mu r^2}{4} \quad I_x = I_y = r^4 \left( \frac{\mu}{16} - \frac{4}{9\mu} \right) \quad I_{xy} = r^4 \left( \frac{1}{8} - \frac{4}{9\mu} \right)$$

**Quartos de círculo**

$$A = \frac{\mu r^2}{4} \quad I_x = I_y = r^4 \left( \frac{\mu}{16} - \frac{4}{9\mu} \right) \quad I_{xy} = r^4 \left( \frac{4}{9\mu} - \frac{1}{8} \right)$$

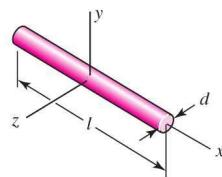
(continua)

**Tabela A-16**

Propriedades geométricas.

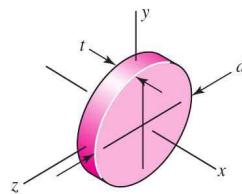
**Parte 2 Propriedades dos sólidos ( $\rho = \text{densidade, peso por unidade de volume}$ )**

## Varetas (hastes)



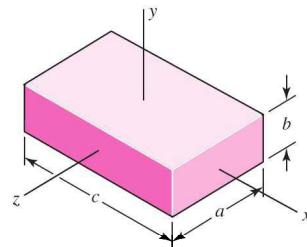
$$m = \frac{\mu d^2 l \rho}{4g} \quad I_y = I_z = \frac{ml^2}{12}$$

## Discos redondos



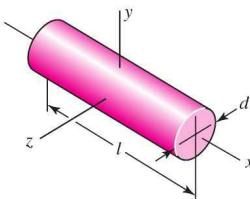
$$m = \frac{\mu d^2 t \rho}{4g} \quad I_x = \frac{md^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{md^2}{16}$$

## Primas retangulares



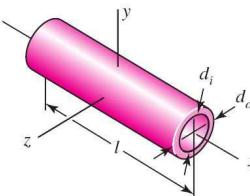
$$m = \frac{abc\rho}{g} \quad I_x = \frac{m}{12}(a^2 + b^2) \quad I_y = \frac{m}{12}(a^2 + c^2) \quad I_z = \frac{m}{12}(b^2 + c^2)$$

## Cilindros



$$m = \frac{\mu d^2 l \rho}{4g} \quad I_x = \frac{md^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{m}{48}(3d^2 + 4l^2)$$

## Cilindros vazados (furados)



$$m = \frac{\mu (d_o^2 - d_i^2) l \rho}{4g} \quad I_x = \frac{m}{8} (d_o^2 + d_i^2) \quad I_y = I_z = \frac{m}{48} (3d_o^2 + 3d_i^2 + 4l^2)$$

**Tabela A-17**

Cano padronizado americano.

<b>Tamanho nominal</b>	<b>Diâmetro externo in(mm)</b>	<b>Roscas extras por polegada (25 mm)</b>	<b>Espessura de parede, in (mm)</b>		
			<b>Padrão duplo nº 40</b>	<b>Forte nº 80</b>	<b>Extra forte</b>
$\frac{1}{8}$ (3)	0,405 (10,125)	27	0,070 (1,75)	0,098 (2,45)81	
$\frac{1}{4}$ (6)	0,540 (13,5)	18	0,090 (2,25)	0,122 (3,05)	
$\frac{3}{8}$ (10)	0,675 (16,875)	18	0,093 (2,325)	0,129 (3,225)	
$\frac{1}{4}$ (12)	0,840 (21,0)	14	0,111 (2,775)	0,151 (3,775)	0,307 (7,675)
$\frac{3}{4}$ (20)	1,050 (22,05)	14	0,115 (2,875)	0,157 (3,925)	0,318 (7,95)
1 (25)	1.315(32,875)	$11\frac{1}{2}$	0,136 (3,40)	0,183 (4,575)	0,369 (9,225)
$1\frac{1}{4}$ (30)	1,660(41,5)	$11\frac{1}{2}$	0,143 (3,375)	0,195 (4,875)	0,393 (9,825)
$1\frac{1}{2}$ (40)	1,900(47,5)	$11\frac{1}{2}$	0,148 (3,70)	0,204 (5,10)	0,411 (10,275)
2 (50)	2,375 (59,375)	$11\frac{1}{2}$	0,158 (3,95)	0,223 (5,575)	0,447 (11,175)
$2\frac{1}{2}$ (62)	2,875 (91,875)	8	0,208 (5,20)	0,282 (7,05)	0,565 (14,125)
3 (75)	3,500 (87,5)	8	0,221 (5,525)	0,306 (7,65)	0,615 (15,375)
$3\frac{1}{2}$ (90)	4,000 (100)	8	0,231 (5,775)	0,325 (8,125)	
4 (100)	4,500 (112,5)	8	0,242 (6,05)	0,344 (8,6)	0,690 (17,25)
5 (125)	5,563 (139,075)	8	0,263 (6,575)	0,383 (9,575)	0,768 (19,20)
6 (150)	6,625 (162,625)	8	0,286 (7,15)	0,441 (11,025)	0,884 (22,10)
8 (200)	8,625 (215,625)	8	0,329 (8,225)	0,510 (12,75)	0,895 (22,375)

**Tabela A-18**

Resistências determinísticas da ASTM mínimas de tração e de escoamento para aços laminados a quente (HR) e estirados a frio (CD). [As resistências listadas são valores mínimos estimados da ASTM no intervalo de medida de 18 a 32 mm ( $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  in). Estas resistências são apropriadas para uso com o fator de projeto (ou desenho) definido na Seção 1-10, provido que os materiais conformem aos requisitos da ASTM A6 ou A568 ou são requeridos em especificações de compra. Lembre que um sistema de numeração não é uma especificação.] Fonte: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1 UNS nº	2 Nº SAE e/ou AISI	3 Processamento	4 Resistência à tração MPa (Kpsi)	5 Resistência ao escoamento MPa (Kpsi)	6 Alongamento em 2 in, %	7 Redução em área, %	8 Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27,5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37,5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39,5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49,5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61,5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

**Tabela A-19**

Propriedades mecânicas médias de alguns aços termotratados.

(Estas são propriedades típicas para materiais normalizados e recozidos. As propriedades para aços temperados e revenidos (Q&T) são de um único tratamento. Por causa das muitas variáveis, as propriedades listadas são médias globais. Em todos os casos, os dados foram obtidos de espécimes de diâmetro de 0,505 in, usinados de peças redondas de 1-in, e de comprimento de calibre de 2 in, a menos que mencionado, todos espécimes foram temperados em banho de óleo.)

Fonte: ASM Metals Reference Book, 2. ed., American Society of Metal, Metals Park, Ohio, 1983.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI nº	Tratamento	Temperatura °C (°F)	Resistência à tração MPa (Kpsi)	Resistência ao escoamento MPa (Kpsi)	Alongamento %	Redução de área, %	Dureza Brinell
1030	Temperado e revenido*	205 (400)	848 (123)	648 (94)	17	47	495
	Temperado e revenido*	315 (600)	800 (116)	621 (90)	19	53	401
	Temperado e revenido*	425 (800)	731 (106)	579 (84)	23	60	302
	Temperado e revenido*	540 (1000)	669 (97)	517 (75)	28	65	255
	Temperado e revenido*	650 (1200)	586 (85)	441 (64)	32	70	207
	Normalizado	925 (1700)	521 (75)	345 (50)	32	61	149
	Recozido	870 (1600)	430 (62)	317 (46)	35	64	137
1040	Temperado e revenido	205 (400)	779 (113)	593 (86)	19	48	262
	Temperado e revenido	425 (800)	758 (110)	552 (80)	21	54	241
	Temperado e revenido	650 (1200)	634 (92)	434 (63)	29	65	192
	Normalizado	900 (1650)	590 (86)	374 (54)	28	55	170
	Recozido	790 (1450)	519 (75)	353 (51)	30	57	149
1050	Temperado e revenido*	205 (400)	1120 (163)	807 (117)	9	27	514
	Temperado e revenido*	425 (800)	1090 (158)	793 (115)	13	36	444
	Temperado e revenido*	650 (1200)	717 (104)	538 (78)	28	65	235
	Normalizado	900 (1650)	748 (108)	427 (62)	20	39	217
	Recozido	790 (1450)	636 (92)	365 (53)	24	40	187
1060	Temperado e revenido	425 (800)	1080 (156)	765 (111)	14	41	311
	Temperado e revenido	540 (1000)	965 (140)	669 (97)	17	45	277
	Temperado e revenido	650 (1200)	800 (116)	524 (76)	23	54	229
	Normalizado	900 (1650)	776 (112)	421 (61)	18	37	229
	Recozido	790 (1450)	626 (91)	372 (54)	22	38	179
1095	Temperado e revenido	315 (600)	1260 (183)	813 (118)	10	30	375
	Temperado e revenido	425 (800)	1210 (176)	772 (112)	12	32	363
	Temperado e revenido	540 (1000)	1090 (158)	676 (98)	15	37	321
	Temperado e revenido	650 (1200)	896 (130)	552 (80)	21	47	269
	Normalizado	900 (1650)	1010 (147)	500 (72)	9	13	293
	Recozido	790 (1450)	658 (95)	380 (55)	13	21	192
1141	Temperado e revenido	315 (600)	1460 (212)	1280 (186)	9	32	415
	Temperado e revenido	540 (1000)	896 (130)	765 (111)	18	57	262

(continua)

**Tabela A-19**

Continuação.

AISI nº	Tratamento	Temperatura °C (°F)	Resistência à tração	Resistência ao escoamento	Alongamento %	Redução de área, %	Dureza Brinell
			MPa (Kpsi)	MPa (Kpsi)			
4130	Temperado e revenido*	205 (400)	1630 (236)	1460 (212)	10	41	467
	Temperado e revenido*	315 (600)	1500 (217)	1380 (200)	11	43	435
	Temperado e revenido*	425 (800)	1280 (186)	1190 (173)	13	49	380
	Temperado e revenido*	540 (1000)	1030 (150)	910 (132)	17	57	315
	Temperado e revenido*	650 (1200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recozido	865 (1585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
	Temperado e revenido	205 (400)	1770 (257)	1640 (238)	8	38	510
	Temperado e revenido	315 (600)	1550 (225)	1430 (208)	9	43	445
	Temperado e revenido	425 (800)	1250 (181)	1140 (165)	13	49	370
	Temperado e revenido	540 (1000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	Temperado e revenido	650 (1200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1600)	1020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recozido	815 (1500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	Temperado e revenido	315 (600)	1720 (250)	1590 (230)	10	40	486
	Temperado e revenido	425 (800)	1470 (213)	1360 (198)	10	44	430
	Temperado e revenido	540 (1000)	1170 (170)	1080 (156)	13	51	360
	Temperado e revenido	650 (1200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

\* Temperado em banho de água.

**Tabela A-20**

Resultados de ensaios de tração de alguns metais.\*

Fonte: J. Datsko, "Solid Materials", cap. 32 em Joseph E. Shigley and Charles R. Michale e Thomas H. Brown, Jr. [eds.-in-chief], Standard Handbook of Machine Design, 3. ed., McGraw-Hill, Nova York, 2004, p. 32.49-32.52

Número	Material	Condição	Resistência (tração)			Exponente $m$ , resistência deformação	Deformação de fratura $\epsilon_f$
			Escoamento $S_y$ MPa (kpsi)	Último escoamento $S_u$ MPa (kpsi)	Fratura, $\sigma_f$ MPa (kpsi)	Coeficiente $\sigma_0$ , MPa (kpsi)	
1018	Aço	Recozido	220 (32,0)	341 (49,5)	628 (91,1)†	620 (90,0)	0,25
1144	Aço	Recozido	358 (52,0)	646 (93,7)	898 (130)†	992 (144)	0,14
1212	Aço	Laminado a quente	193 (28,0)	424 (61,5)	729 (106)†	758 (110)	0,24
1045	Aço	Temperado e revenido a 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)†	0,81
4142	Aço	Temperado e revenido a 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)†	0,048
303	Aço inoxidável	Recozido	241 (35,0)	601 (87,3)	1520 (221)†	1410 (205)	0,51
304	Aço inoxidável	Recozido	276 (40,0)	568 (82,4)	1600 (233)†	1270 (185)	0,45
2011	Liga de alumínio	T6	169 (24,5)	324 (47,0)	325 (47,2)†	620 (90)	0,28
2024	Liga de alumínio	T4	296 (43,0)	446 (64,8)	533 (77,3)†	689 (100)	0,15
7075	Liga de alumínio	T6	542 (78,6)	593 (86,0)	706 (102)†	882 (128)	0,18

\*Valores de um ou dois tratamentos térmicos e que se acredita serem obtidíveis usando especificações apropriadas de compra. A deformação de fratura pode variar tanto quanto 100%.

†Valor derivado.

**Tabela A-21**

Propriedades médias monotônicas e cíclicas de tensão-deformação de aços selecionados.

Fonte: ASM Metals Reference Book, 2. ed., American Society of Metals, Metals Park, Ohio, 1983, p. 217.

Classe (a)	Orientação (e)	Descrição (f)	Resistência de tração $S_{ut}$			Redução em área %	Deformação verdadeira na fratura $\varepsilon_f$	Módulo de elasticidade $E$	Coeficiente de resistência $\sigma_f$	Exponente de ductilidade à fadiga $\varepsilon_F$	Coeficiente de ductilidade à fadiga $\beta$	Exponente de resistência à fadiga $\varepsilon_f$	
			HB	MPa	Ksi								
A538A (b)	L	STA	405	1515	220	67	1,10	185	27	1655	240	-0,065	
A538B (b)	L	STA	460	1860	270	56	0,82	185	27	2135	310	-0,071	
A538C (b)	L	STA	480	2000	290	55	0,81	180	26	2240	325	-0,07	
AM-350 (c)	L	HR, A	1315	191	52	0,74	195	28	2800	406	-0,14	0,33	
AM-350 (c)	L	CD	496	1905	276	20	0,23	180	26	2690	390	-0,102	0,10
Gainex (c)	LT	HR lâmina	530	77	58	0,86	200	29,2	805	117	-0,07	0,86	
Gainex (c)	L	HR lâmina	510	74	64	1,02	200	29,2	805	117	-0,071	0,86	
H-11	L	Conformação austentítica	660	2585	375	33	0,40	205	30	3170	460	-0,077	0,08
RQC-100 (c)	LT	HR placa	290	940	136	43	0,56	205	30	1240	180	-0,07	0,66
RQC-100 (c)	L	HR placa	290	930	135	67	1,02	205	30	1240	180	-0,07	0,66
10B62	L	Q&T	430	1640	238	38	0,89	195	28	1780	258	-0,067	0,32
1005-1009	LT	HR lâmina	90	360	52	73	1,3	205	30	580	84	-0,09	0,15
1005-1009	LT	CD lâmina	125	470	68	66	1,09	205	30	515	75	-0,059	0,30
1005-1009	L	CD lâmina	125	415	60	64	1,02	200	29	540	78	-0,073	0,11
1005-1009	L	HR lâmina	90	345	50	80	1,6	200	29	640	93	-0,109	0,10
1015	L	Normalizado	80	415	60	68	1,14	205	30	825	120	-0,11	0,95
1020	L	HR placa	108	440	64	62	0,96	205	29,5	895	130	-0,12	0,41
1040	L	Tal como forjada	225	620	90	60	0,93	200	29	1540	223	-0,14	0,61
1045	L	Q&T	225	725	105	65	1,04	200	29	1225	178	-0,095	1,00
1045	L	Q&T	410	1450	210	51	0,72	200	29	1860	270	-0,073	0,60
1045	L	Q&T	390	1345	195	59	0,89	205	30	1585	230	-0,074	0,45
1045	L	Q&T	450	1585	230	55	0,81	205	30	1795	260	-0,07	0,35
1045	L	Q&T	500	1825	265	51	0,71	205	30	2275	330	-0,08	0,25
1045	L	Q&T	595	2240	325	41	0,52	205	30	2725	395	-0,08	10,07
1144	L	CDSR	265	930	135	33	0,51	195	28,5	1000	145	-0,08	0,32

1144	L	DAT	305	1035	150	25	0,29	200	28,8	1585	230	-0,09	0,27	-0,53
1541F	L	Q&T forjamento	290	950	138	49	0,68	205	29,9	1275	185	-0,076	0,68	-0,65
1541F	L	Q&T forjamento	260	890	129	60	0,93	205	29,9	1275	185	-0,071	0,93	-0,65
4130	L	Q&T	258	895	130	67	1,12	220	32	1275	185	-0,083	0,92	-0,63
4130	L	Q&T	365	1425	207	55	0,79	200	29	1695	246	-0,081	0,89	-0,69
4140	L	Q&T, DAT	310	1075	156	60	0,69	200	29,2	1825	265	-0,08	1,2	-0,59
4142	L	DAT	310	1060	154	29	0,35	200	29	1450	210	-0,10	0,22	-0,51
4142	L	DAT	335	1250	181	28	0,34	200	28,9	1250	181	-0,08	0,06	-0,62
4142	L	Q&T	380	1415	205	48	0,66	205	30	1825	265	-0,08	0,45	-0,75
4142	L	Q&T e deformado	400	1550	225	47	0,63	200	29	1895	275	-0,09	0,50	-0,75
4142	L	Q&T	450	1760	255	42	0,54	205	30	2000	290	-0,08	0,40	-0,73
4142	L	Q&T e deformado	475	2035	295	20	0,22	200	29	2070	300	-0,082	0,20	-0,77
4142	L	Q&T e deformado	450	1930	280	37	0,46	200	29	2105	305	-0,09	0,60	-0,76
4142	L	Q&T	475	1930	280	35	0,43	205	30	2170	315	-0,081	0,09	-0,61
4142	L	Q&T	560	2240	325	27	0,31	205	30	2655	385	-0,089	0,07	-0,76
4340	L	HR, A	243	825	120	43	0,57	195	28	1200	174	-0,095	0,45	-0,54
4340	L	Q&T	409	1470	213	38	0,48	200	29	2000	290	-0,091	0,48	-0,60
4340	L	Q&T	350	1240	180	57	0,84	195	28	1655	240	-0,076	0,73	-0,62
5160	L	Q&T	430	1670	242	42	0,87	195	28	1930	280	-0,071	0,40	-0,57
52100	L	SH, Q&T	518	2015	292	11	0,12	205	30	2585	375	-0,09	0,18	-0,56
9262	L	A	260	925	134	14	0,16	205	30	1040	151	-0,07	10,16	-0,47
9262	L	Q&T	280	1000	145	33	0,41	195	28	1220	177	-0,07	30,41	-0,60
9262	L	Q&T	410	565	227	32	0,38	200	29	1855	269	-0,057	0,38	-0,65
950C (d)	L	HR placa	159	565	82	64	1,03	205	29,6	1170	170	-0,12	0,95	-0,61
950C (d)	L	HR barra	150	565	82	69	1,19	205	30	970	141	-0,11	0,85	0,59
950X (d)	L	Placa canal	150	440	64	65	1,06	205	30	625	91	-0,075	0,35	-0,54
950X (d)	L	HR placa	156	530	77	72	1,24	205	29,5	1005	146	-0,10	0,85	-0,61
950X (d)	L	Placa canal	225	695	101	68	1,15	195	28,2	1055	153	-0,08	0,21	-0,53

Notas: (a) Classe do AIS/SAE, a menos que indicado do contrário; (b) Designação da propriedade; (c) Designação da ASTM; (d) Designação de orientação de laminagem; (e) Classe da SAE HSLA; (f) SIA, tratado em solução e envelhecido; HR, laminado a quente; CO, repuxado (estirado) a frio, Q&T, temperado e revenido; CDSR, estirado a frio com deformação dividida; DAT, repuxado à temperatura; A, recortado.

Da ASM Metals Reference Book, 2. ed., 1983; ASM International, Materials Park, OH 44073-0002; tabela 217. Reimpresso com autorização da ASM International ®, [www.asminternational.org](http://www.asminternational.org).

**Tabela A-22**

Propriedades mecânicas de três metais diferentes do aço.

(a) Propriedades típicas do ferro fundido cinza.

(b) sistema de numeração da American Society for Testing and Materials (ASTM) para ferro fundido cinza é tal que os números correspondem à resistência mínima à tração em kpsi. Assim um ferro fundido ASTM nº 20 tem uma resistência mínima à tração de 20 kpsi. Note particularmente que as classificações são típicas de vários aquecimentos.)

Número da ASTM	Resistência de tração $S_{ut}$ , MPa	Resistência de compressão $S_{uc}$ , MPa	Módulo de cisalhamento de ruptura $S_{sur}$ , MPa	Módulo de elasticidade, GPa	Tração†	Torção	Límite de enduração* $S_{er}$ , MPa	Dureza Brinell $H_B$	Fator de concentração de tensão de fadiga $K_f$
20	152	572	179	9,6-14	3,9-5,6	69	156	1,00	
25	179	669	220	11,5-14,8	4,6-6,0	79	174	1,05	
30	214	752	276	13-16,4	5,2-6,6	97	201	1,10	
35	252	855	334	14,5-17,2	5,8-6,9	110	212	1,15	
40	293	970	393	16-20	6,4-7,8	128	235	1,25	
50	362	1130	503	18,8-22,8	7,2-8,0	148	262	1,35	
60	431	1293	610	20,4-23,5	7,8-8,5	169	302	1,50	

\* Espécimes polidos ou usinados.

† O módulo de elasticidade do ferro fundido em compressão corresponde aproximadamente ao valor superior no intervalo dado para tração e é mais invirante que aquele para tração.

**Tabela A-22**

Continuação.

(b) Propriedades mecânicas de algumas ligas de alumínio.

(Estas são propriedades típicas para tamanhos de cerca de  $\frac{1}{2}$  in; propriedades similares podem ser obtidas usando-se especificações de compra apropriadas. Os valores dados para resistência à fadiga correspondem a 50( $10^7$ ) ciclos de tensão completamente reversa. Ligas de alumínio não tem um limite de enduração. As resistências de escoamento foram obtidas pelo método de 0,2% de desvio de deformação.)

Número da associação do alumínio	Revenido	Escoamento, $S_y$ , MPa (kpsi)	Revenido Tração, $S_{ut}$ , MPa (kpsi)	Fadiga, $S_f$ , MPa (kpsi)	Alongamento em 2 in, %	Dureza Brinell $H_B$
Ferro forjado:						
2017	O	70 (10)	179 (26)	90 (13)	22	45
2024	O	76 (11)	186 (27)	90 (13)	22	47
	T3	345 (50)	482 (70)	138 (20)	16	120
3003	H12	117 (17)	131 (19)	55 (8)	20	35
	H16	165 (24)	179 (26)	65 (9,5)	14	47
3004	H34	186 (27)	234 (34)	103 (15)	12	63
	H38	234 (34)	276 (40)	110 (16)	6	77
5052	H32	186 (27)	234 (34)	117 (17)	18	62
	H36	234 (34)	269 (39)	124 (18)	10	74
Fundido:						
319,0*	T6	165 (24)	248 (36)	69 (10)	2,0	80
333,0†	T5	172 (25)	234 (34)	83 (12)	1,0	100
	T6	207 (30)	289 (42)	103 (15)	1,5	105
335,0*	T6	172 (25)	241 (35)	62 (9)	3,0	80
	T7	248 (36)	262 (38)	62 (9)	0,5	85

\* Fundição em areia.

† Fundição de molde permanente.

(c) Propriedades mecânicas de algumas ligas de titânio.

Liga de titânio	Condição	Escoamento, $S_y$ , (0,2% de desvio de deformação) MPa (kpsi)	Resistência à tração, $S_{ut}$ , MPa (kpsi)	Alongamento em 2 in, %	Dureza (Brinell ou Rockwell)
Ti-35A†	Recozido	210 (30)	275 (40)	30	135 HB
Ti-50A†	Recozido	310 (45)	380 (55)	25	215 HB
Ti-0,2 Pd	Recozido	280 (40)	340 (50)	28	200 HB
Ti-5 Al-2,5 Sn	Recozido	760 (110)	790 (115)	16	36 HRC
Ti-8 Al-1 Mo-1 V	Recozido	900 (130)	965 (140)	15	39 HRC
Ti-6 Al-6 V-2 Sn	Recozido	970 (140)	1030 (150)	14	38 HRC
Ti-6Al-4V	Recozido	830 (120)	900 (130)	14	36 HRC
Ti-13 V-11 Cr-3 Al	Solução + envelhecimento	1207 (175)	1276 (185)	8	40 HRC

† Titânio alfa comercialmente puro.