

Aços Longos



ArcelorMittal

Guia do Aço



ÍNDICE

I. Produtos Industriais ArcelorMittal

1. Faixas de Bitolas Produzidas	6
2. Bitolas Padrão Barra Laminada	7
3. Bitolas Padrão Barra Laminada Chata	9
4. Bitolas Padrão Fio-máquina	10
5. Bitolas Padrão Barra Trefilada	11
6. Tolerância de Barras Laminadas	12
6.1. Barra Redonda	
6.2. Barra Quadrada	
6.3. Barra Sextavada	
6.4. Barra Chata	
6.5. Barra Endireitada	
7. Perfil para Serralheria	16
8. Perfil Estrutural	17
9. Tolerância de Fio-máquina	18
10. Tolerância de Barras Acabadas	19
10.1. Barra Trefilada	
10.2. Barra Descascada	
10.3. Barra Retificada	
11. Principais Características dos Produtos Industriais ArcelorMittal.....	22
11.1. Aços para Molas	
11.2. Aços para Fixadores	
11.3. Aços para Usinagem (Corte Fácil)	
11.4. Aços para Haste de Amortecedor	
12. A Norma ABNT NBR 7007:2011	29
12.1. Propriedades Mecânicas - Equivalência	
12.2. Composição Química	
13. Aços ArcelorMittal - Principais Características	32

II. Composição Química

1. ABNT/SAE J403	38
1.1. Aços-carbono – Análise de Panela conf. SAE J403:2001	
2. ABNT/SAE J404	41
3. SAE J1268.....	45
4. Composição Química – Norma DIN.....	50

III. Propriedades Mecânicas dos Aços Laminados e Trefilados

1. Conforme SAE J1397 Mai/92	60
2. Durezas Esperadas em Aços-carbono e Ligados no Estado Normalizado em Função da Bitola	65

IV. Temperabilidade

1. Ensaio de Temperabilidade Jominy.....	68
2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010	70
3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084.....	80

V. Definições e Tabelas

1. Aços Construção Mecânica.....	88
----------------------------------	----

2. Conformação Mecânica.....	88
2.1. Laminação.....	
3. Acabados a Frio.....	89
3.1. Trefilação.....	
3.2. Descascamento.....	
3.3. Retífica.....	
4. Diagramas.....	90
4.1. Diagrama Ferro – Carbono.....	
4.2. Teor de Carbono x Propriedades Mecânicas.....	
4.3. Diagrama Tensão x Deformação de Engenharia.....	
5. Tratamentos Térmicos.....	93
5.1. Temperaturas de Recozimento e Têmpera, Normalização dos Aços-carbono.....	
5.2. Resfriamento na Têmpera Convencional.....	
5.3. Representação Esquemática: Recozimento – Têmpera – Revenido.....	
6. Sistema de Codificação SAE/AISI.....	100
7. Tabelas de Equivalência.....	105
8. Tabelas de Conversões, Durezas e Resistências.....	107

VI. Dados Técnicos Informativos

1. Tamanho do Grão Austenítico.....	112
2. Fagulhamento de Aços-carbono.....	113
3. Grau de Pureza – ASTM E-45:2005.....	114
4. Efeito dos Elementos de Liga nas Propriedades dos Aços.....	115
5. Áreas.....	116
6. Fórmulas Práticas para Cálculo do Peso de Barras de Aço por Metro Linear.....	119
7. Unidades de Medida.....	120
8. Mecânica.....	122
9. Resistência à Tração e à Compressão.....	123
10. Resistência à Flexão.....	124
11. Fatores de Conversão.....	126
12. Fórmulas para Cálculo do Peso Teórico de Barras de Aço (kg/m).....	128
13. Quadrada de Cantos Redondos.....	128
14. Peso por Metro Linear de Aço em Barras (kg/m).....	129



Produtos Industriais ArcelorMittal

1. Faixas de Bitolas Produzidas
2. Bitolas Padrão Barra Laminada
3. Bitolas Padrão Barra Laminada Chata
4. Bitolas Padrão Fio-máquina
5. Bitolas Padrão Barra Trefilada
6. Tolerância de Barras Laminadas
 - 6.1. Barra Redonda
 - 6.2. Barra Quadrada
 - 6.3. Barra Sextavada
 - 6.4. Barra Chata
 - 6.5. Barra Endireitada
7. Perfil para Serralheria
8. Perfil Estrutural
9. Tolerância de Fio-máquina
10. Tolerância de Barras Acabadas
 - 10.1. Barra Trefilada
 - 10.2. Barra Descascada
 - 10.3. Barra Retificada
11. Principais Características dos Produtos Industriais ArcelorMittal
 - 11.1. Aços para Molas
 - 11.2. Aços para Fixadores
 - 11.3. Aços para Usinagem (Corte Fácil)
 - 11.4. Aços para Haste de Amortecedor
12. A Norma ABNT NBR 7007:2011
 - 12.1. Propriedades Mecânicas – Equivalência
 - 12.2. Composição Química
13. Aços ArcelorMittal – Principais Características

1. Faixas de Bitolas Produzidas

Faixas de Bitolas Produzidas (mm)

Produto	Bitolas
Fio-máquina	5,50 - 44,00
Barra Laminada Redonda	6,35 - 177,80
Barra Laminada Quadrada	6,35 - 76,20
Barra Laminada Hexagonal	14,29 - 42,80
Barra Laminada Endireitada	5,50 - 31,75
Barra Trefilada	4,76 - 77,79
Barra Chata	Espessura: 2,50 - 35,00
	Largura: 9,53 - 130,00
Barra Chata Mola	Espessura: 6,00 - 20,00
	Largura: 60,00 - 110,00
Cantoneira (abas iguais)	Espessura: 2,50 - 15,87
	Largura abas: 12,70 - 127,00
Perfil I	Altura: 101,60 - 152,40
	Largura abas: 67,60 - 87,50
	Espessura: 4,90 - 8,71
Perfil U	Altura: 76,20 - 152,40
	Largura abas: 35,80 - 51,70
	Espessura: 4,32 - 7,98
Perfil T	Largura aba: 19,05 - 25,4
	Espessura: 3,18

2. Bitolas Padrão Barra Laminada

Barras Laminadas de Bitolas Redondas

pol.	mm
1/4	6.35
5/16	7.94
3/8	9.53
7/16	11.11
---	12.00
---	12.50
1/2	12.70
9/16	14.29
5/8	15.88
---	16.00
11/16	17.46
23/32	18.26
---	19.00
3/4	19.05
---	20.00
7/8	22.22
15/16	23.81
---	25.00
1	25.40
1 1/16	26.98
1 1/8	28.58
1 3/16	30.16
1 1/4	31.75
1 5/16	33.34
1 3/8	34.93
1 7/16	36.51
1 1/2	38.10
1 9/16	39.69
1 5/8	41.28
1 11/16	42.86
---	43.20
1 3/4	44.45
1 13/16	46.00
1 7/8	47.63
1 14/16	49.20

pol.	mm
2	50.80
2 1/16	52.39
2 1/8	53.98
2 1/4	57.15
2 5/16	58.74
2 3/8	60.33
2 7/16	61.91
2 1/2	63.50
2 9/16	65.09
2 5/8	66.68
2 11/16	68.26
2 3/4	69.85
2 13/16	71.40
2 7/8	73.03
2 15/16	74.60
3	76.20
3 1/16	77.79
3 1/8	79.37
---	81.00
3 1/4	82.55
---	84.10
3 1/2	88.90
3 3/4	95.25
4	101.60
4 1/4	107.95
4 1/2	114.30
4 3/4	120.65
5	127.50
5 1/2	139.70
6	152.40
6 1/2	165.10
7	177.80

2. Bitolas Padrão Barra Laminada

Barras Laminadas de Bitolas Quadradas

Bitola Nominal (pol.)	Bitola Nominal (mm)
1/4	6.35
5/16	7.94
3/8	9.53
7/16	11.11
---	11.50
---	12.00
1/2	12.70
9/16	14.29
5/8	15.88
---	16.00
11/16	17.46
3/4	19.05
13/16	20.64
1	25.40
1 1/8	28.57
1 1/4	31.75
1 1/2	38.10
2	50.80
2 1/2	63.50
3	76.20

Barras Laminadas de Bitolas Hexagonais

Bitola Nominal (pol.)	Bitola Nominal (mm)
9/16	14.29
5/8	15.87
11/16	17.46
3/4	19.05
13/16	20.64
7/8	22.22
15/16	23.80
1	25.40
1 1/16	27.00
1 1/8	28.57
1 1/4	31.70
1 5/16	33.30
1 7/16	36.50
1 9/16	39.70
2 1/16	42.80



3. Bitolas Padrão Barra Laminada Chata

Bitola Nominal (pol.)	Bitola Nominal (mm)	Bitola Nominal (pol.)	Bitola Nominal (mm)	Bitola Nominal (pol.)	Bitola Nominal (mm)
3/8 x 1/8	---	7/8 x 1/8	---	1 1/2 x 5/8	---
---	11,00 x 9,00	---	22,22 x 4,50	---	40,00 x 2,80
---	12,70 x 2,50	7/8 x 3/16	---	---	50,00 x 4,75
---	12,70 x 3,00	7/8 x 1/4	---	---	50,80 x 3,00
1/2 x 1/8	---	7/8 x 5/16	---	2 x 1/8	---
---	12,70 x 4,50	---	22,50 x 9,30	---	50,80 x 4,50
1/2 x 3/16	---	---	25,00 x 3,80	2 x 3/16	---
---	12,70 x 6,00	---	25,40 x 2,50	2 x 1/4	---
---	13,50 x 9,00	---	25,40 x 3,00	2 x 5/16	---
---	14,00 x 9,00	1 x 1/8	---	2 x 3/8	---
---	14,00 x 8,00	---	25,40 x 4,50	2 x 1/2	---
---	15,00 x 8,00	1 x 3/16	---	2 x 5/8	---
---	15,87 x 2,50	---	25,40 x 6,00	2 1/2 x 1/4	---
---	15,87 x 3,00	1 x 1/4	---	2 1/2 x 5/16	---
5/8 x 1/8	---	1 x 5/16	---	2 1/2 x 3/8	---
---	15,87 x 4,00	---	30,00 x 2,80	2 1/2 x 1/2	---
---	15,87 x 4,50	---	30,00 x 3,00	2 1/2 x 5/8	---
5/8 x 3/16	---	---	31,75 x 3,00	---	68,00 x 28,00
---	15,87 x 6,00	1 1/4 x 1/8	---	---	68,00 x 35,00
---	15,87 x 8,20	---	31,75 x 4,50	3 x 1/4	---
---	18,00 x 8,00	1 1/4 x 3/16	---	3 x 5/16	---
---	18,75 x 8,30	---	31,75 x 6,00	3 x 3/8	---
---	19,05 x 2,50	1 1/4 x 1/4	---	3 x 1/2	---
---	19,05 x 3,00	1 1/4 x 5/16	---	3 x 5/8	---
5/8 x 1/4	15,88 x 6,35	1 1/4 x 3/8	---	3 x 3/4	---
3/4 x 1/8	---	1 1/4 x 1/2	---	3 x 1	---
---	19,05 x 4,50	---	35,00 x 2,80	3 x 1 1/8	---
3/4 x 3/16	---	---	38,10 x 3,00	3 x 1 1/4	---
---	19,05 x 6,00	1 1/2 x 1/8	---	---	92,00 x 22,00
---	19,05 x 6,35	---	38,10 x 4,00	4 x 1/4	---
---	20,00 x 8,00	---	38,10 x 4,50	4 x 5/16	---
---	22,22 x 3,00	1 1/2 x 3/16	---	4 x 3/8	---
---	20,00 x 8,00	---	38,10 x 6,00	4 x 1/2	---
---	22,22 x 3,00	1 1/2 x 1/4	---	4 x 5/8	---
		1 1/2 x 5/16	---	4 x 3/4	---
		1 1/2 x 3/8	---	4 x 1	---
		1 1/2 x 1/2	---	---	130,00 x 12,00
				---	130,00 x 14,00
				---	130,00 x 16,00
				---	130,00 x 18,00
				---	130,00 x 19,00

4. Bitolas Padrão Fio-máquina

Fio-máquina (mm)

5,50	9,50	13,00	17,50	31,75
6,00	10,00	13,50	18,30	34,00
6,30	10,50	14,00	19,05	36,00
6,50	11,00	14,30	20,64	38,00
7,00	11,50	14,50	22,50	40,00
7,50	12,00	15,00	23,81	42,00
8,00	12,30	15,50	25,40	44,00
8,50	12,50	15,90	27,00	-
9,00	12,70	16,00	28,58	-

Obs.: a disponibilidade da bitola varia de acordo com o tipo de aço e usina.



5. Bitolas Padrão Barra Trefilada

Barras Trefiladas de Bitolas Hexagonais (mm)

6.36	14.00	22.00	31.75
7.94	14.28	22.22	33.34
9.53	15.88	23.91	34.92
10.00	17.00	24.00	36.00
11.00	17.46	25.40	36.51
11.10	19.05	26.99	38.10
12.00	20.00	28.58	41.28
12.70	20.64	30.00	

Bitolas Preferenciais Redondas (mm)

4.76	10.50	14.20	18.70	23.81	27.55	36.00	50.00
5.00	10.70	14.30	19.05	23.90	28.00	36.51	50.80
5.40	11.10	14.60	19.30	24.00	28.58	37.00	51.00
6.00	11.30	14.90	19.70	24.17	29.00	38.10	52.00
6.36	11.82	15.00	20.00	24.20	29.15	38.50	52.39
6.80	11.90	15.88	20.00	24.30	29.50	39.30	55.00
7.00	12.00	16.00	20.20	25.00	30.00	39.69	57.15
7.50	12.18	16.20	20.30	25.09	30.16	40.00	60.00
7.94	12.32	16.80	20.64	25.20	31.00	40.15	63.50
8.00	12.70	17.00	20.93	25.40	31.75	40.30	69.85
8.23	12.80	17.20	21.00	26.00	32.00	41.28	70.00
8.30	13.00	17.30	21.50	26.40	33.00	42.00	71.44
8.82	13.20	17.46	22.00	26.87	33.34	44.45	76.20
9.00	13.30	17.96	22.22	27.00	34.92	45.00	77.20
9.53	13.80	18.00	23.00	27.40	35.00	46.00	
10.00	14.00	18.50	23.20	27.50	35.10	47.62	

6. Tolerância de Barras Laminadas

A tolerância dimensional de barras laminadas redondas, quadradas e sextavadas atende à norma NBR 11294:1990 – Barras de aço ao carbono e ligado, redondas, quadradas e sextavadas, laminadas a quente.

Em barras quadradas e sextavadas, a torção deve ser medida no comprimento total da barra. Para dimensões nominais até 50 mm, o valor máximo admissível é de 4°/m. Acima de 50 mm, é de 3°/m.

Em barras quadradas e redondas de dimensão nominal menor ou igual a 150 mm e em barras sextavadas de dimensão nominal menor ou igual a 52,4 mm, a flecha máxima não deve exceder a 4 mm em qualquer comprimento de 1 m e, simultaneamente, 4 mm vezes o comprimento total da barra em metros.

6.1. Barra Redonda

Dimensão Nominal (mm)

Acima de	Até	Tolerâncias (mm)	Ovalização (mm)
	14	± 0,40	0,64
14	18	± 0,50	0,80
18	24	± 0,55	0,88
24	30	± 0,60	0,96
30	40	± 0,70	1,12
40	50	± 0,80	1,28
50	64	± 0,90	1,44
64	80	± 1,00	1,60
80	100	± 1,30	2,08
100	120	± 1,50	2,40
120	140	± 1,80	2,88
140	150	± 2,10	3,36

6.2. Barra Quadrada

Dimensão Nominal (mm)

Acima de	Até	Tolerância (mm)	Diferença Máxima entre Diagonais (mm)	Raios de Canto (mm)
	14	$\pm 0,40$	3,5	
14	18	$\pm 0,50$	3,5	
18	24	$\pm 0,55$	3,5	2 - 7
24	30	$\pm 0,60$	4,0	3 - 7
30	40	$\pm 0,70$	4,0	4 - 8
40	50	$\pm 0,80$	4,0	4 - 10
50	64	$\pm 0,90$	4,5	5 - 13
64	80	$\pm 1,00$	5,0	7 - 17

6.3. Barra Sextavada

Dimensão Nominal (mm)

Acima de	Até	Tolerâncias (mm)
	14	$\pm 0,40$
14	18	$\pm 0,50$
18	24	$\pm 0,55$
24	30	$\pm 0,60$
30	40	$\pm 0,70$
40	50	$\pm 0,80$
50	64	$\pm 0,90$
64	80	$\pm 1,00$



6.4. Barra Chata

Bitola (")		Bitola (mm)		Tolerância (mm)		Peso Linear (kg/m)
largura (l)	espessura (e)	largura (l)	espessura (e)	largura (l)	espessura (e)	
-	-	11	9	+/- 0,30 (10,70/11,30)	+/- 0,30 (8,70/9,30)	0,731 - 0,777
-	-	13,5	9	+/- 0,30 (13,20/13,80)	+/- 0,30 (8,70/9,30)	0,906 - 0,954
-	-	15,88	8,2	+/- 0,40 (15,48/16,28)	+/- 0,20 (8,00/8,40)	0,972 - 1,022
-	-	17,8	9,3	+/- 0,40 (17,40/18,20)	+/- 0,20 (9,10/9,50)	1,243 - 1,299
-	-	18,00	8	+/- 0,30 (17,70/18,30)	+/- 0,20 (7,80/8,20)	1,090 - 1,130
-	-	18,75	8,3	+/- 0,40 (18,35/19,15)	+/- 0,20 (8,10/8,50)	1,167 - 1,222
-	-	19,05	9,53	+/- 0,40 (18,65/19,45)	+/- 0,20 (9,33/9,73)	1,364 - 1,423
-	-	20	8	+/- 0,40 (19,60/20,40)	+/- 0,20 (7,80/8,20)	1,200 - 1,256
-	-	22,5	9,3	+/- 0,40 (22,10/22,90)	+/- 0,20 (9,10/9,50)	1,579 - 1,643
-	-	28	10	+/- 0,79 (27,21/28,79)	+/- 0,30 (9,70/10,30)	2,072 - 2,198
3/4	3/16	19,05	4,76	+/- 0,40 (18,65/19,45)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	0,654 - 0,712
3/4	1/4	19,05	6,35	+/- 0,40 (18,65/19,45)	+/- 0,20 (6,15/6,55)	0,876 - 0,950
7/8	3/16	22,22	4,76	+/- 0,40 (21,82/22,62)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	0,768 - 0,830
7/8	1/4	22,22	6,35	+/- 0,40 (21,82/22,62)	+/- 0,20 (6,15/6,55)	1,029 - 1,108
1	3/16	25,4	4,76	+/- 0,40 (25,00/25,80)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	0,883 - 0,949
1	1/4	25,4	6,35	+/- 0,40 (25,00/25,80)	+/- 0,20 (6,15/6,55)	1,183 - 1,266
1	5/16	25,4	7,94	+/- 0,40 (25,00/25,80)	+/- 0,20 (7,74/8,14)	1,519 - 1,583
1.1/4	1/8	31,75	3,18	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,17 (3,01/3,35)	0,720 - 0,793

6.4. Barra Chata

Bitola (")		Bitola (mm)		Tolerância (mm)		Peso Linear
largura (l)	espessura (e)	largura (l)	espessura (e)	largura (l)	espessura (e)	(kg/m)
1.1/4	3/16	31,75	4,76	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	1,098 - 1,186
1.1/4	1/4	31,75	6,35	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,30 (6,05/6,65)	1,447 - 1,583
1.1/4	5/16	31,75	7,94	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,30 (7,64/8,24)	1,827 - 1,979
1.1/4	3/8	31,75	9,53	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,30 (9,23/9,83)	2,207 - 2,375
1.1/4	1/2	31,75	12,7	+/- 0,79 (30,96/32,54)	+/- 0,30 (12,40/13,00)	2,965 - 3,165
1.1/2	1/8	38,1	3,18	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,17 (3,01/3,35)	0,870 - 0,951
1.1/2	3/16	38,1	4,76	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	1,326 - 1,424
1.1/2	1/4	38,1	6,35	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,30 (6,05/6,65)	1,748 - 1,899
1.1/2	5/16	38,1	7,94	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,30 (7,64/8,24)	2,208 - 2,375
1.1/2	3/8	38,1	9,53	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,30 (9,23/9,83)	2,667 - 2,850
1.1/2	1/2	38,1	12,7	+/- 0,79 (37,31/38,89)	+/- 0,30 (12,40/13,00)	3,583 - 3,798
2	1/8	50,8	3,18	+/- 0,79 (50,01/51,59)	+/- 0,17 (3,01/3,35)	1,170 - 1,268
2	3/16	50,8	4,76	+/- 0,79 (50,01/51,59)	+/- 0,17 (4,59/4,93)	1,784 - 1,898

6.5. Barra Endireitada

- Bitolas e tolerâncias: as de fio-máquina, até 25,40 mm.
- Comprimento: de 3 m a 6 m.
- Empeno: máximo 5 mm/m.
- Acondicionamento: em feixes de 1 t ou 2 t.

7. Perfil para Serralheria

Bitolas x Massa Linear (kg/m) - Série Métrica (NBR 15980/11)

Espessura	Largura								
	mm	40.00	45.00	50.00	60.00	65.00	75.00	90.00	100.00
3.00	1.84	2.09	2.33						
4.00	2.42	2.74	3.06	3.70	4.03				
5.00	2.97	3.38	3.77	4.57	4.98	5.71			
6.00		4.07	4.47	5.42	5.91	6.87	8.30	9.30	
7.00						7.92	9.60	10.70	
8.00						8.95	10.90	12.20	
9.00						10.03	12.20	13.49	
10.00						11.00	13.40	15.00	
12.00								17.80	

As cantoneiras 55 x 55 mm, 70 x 70 mm, 80 x 80 mm e 125 x 125 mm podem ser produzidas sob consulta.

Principais aplicações: torres de transmissão de energia elétrica e telecomunicações; estruturas metálicas; serralheria; máquinas e equipamentos; implementos agrícolas, rodoviários e ferroviários; manutenção de usinas sucroalcooleiras; indústria mecânica em geral.

Especificação:

NBR 7007 MR 250 (ASTM A-36)

NBR 7007 AR 350 (ASTM A-572 grau 50)

NBR 7007 AR 415 (ASTM A-572 grau 60)

NBR 7007 AR 350 COR (ASTM A-588 grau B)

Comprimentos padrão: 6 m e 12 m. Outros, sob consulta.

Bitolas x Massa Linear (kg/m) - Série em Polegadas

Espessura	Largura														
	pol.	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"			2"	3"	4"	5"			
	mm	12,70	15,87	19,05	22,22	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80	63,50	76,20	88,90	101,60	127,00
	250	0.45	0.57	0.70		0.95									
	300	0.53	0.68	0.83		1.13									
1/8"	3.17	0.55	0.71	0.87	1.03	1.19	1.50	1.83	2.14	2.46					
	450					1.64									
3/16"	4.76					1.72	2.20	2.68	3.15	3.63	4.57	5.52			
	600					2.11									
1/4"	6.35					2.22	2.86	3.48	4.12	4.75	6.10	7.29	8.63	9.82	
5/16"	7.94									5.83	7.44	9.08	10.70	12.20	15.33
3/8"	9.53									6.99	8.78	10.70	12.50	14.60	18.30
7/16"	11.11											12.40		16.80	21.30
1/2"	12.70											14.00		19.00	24.10
5/8"	15.87													23.40	

* Sob consulta.

8. Perfil Estrutural

Perfil T - Bitolas x Massa Linear (kg/m)

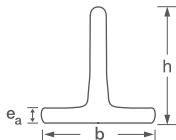
Espessura (ea)		Largura (b = h)		Bitolas x Massa Linear (kg/m)
pol.	mm	pol.	mm	
1/8"	3.17	3/4"	19.05	0.87
1/8"	3.17	7/8"	22.22	1.03
1/8"	3.17	1"	25.40	1.19

Comprimento padrão: 6 m. Outros, sob consulta.

Especificação: NBR 7007 MR 250 (ASTM A-36). Outras, sob consulta.

Principais aplicações:

- Serralheria.
- Esquadrias.
- Estruturas metálicas.
- Componentes de máquinas.
- Indústria mecânica em geral.



Perfil I (mm)

Altura	Espessura	Largura
101.60	4.90	67.60
101.60	6.43	69.20
152.40	5.89	84.60
152.40	8.71	87.50

Perfil U (mm)

Altura	Espessura	Largura
76.20	4.32	35.80
76.20	6.55	35.80
101.60	4.67	40.20
101.60	4.67	41.84
152.40	5.08	48.80
152.40	7.98	51.70

9. Tolerância de Fio-máquina

Tolerâncias Dimensionais (mm)

Diâmetro	Tolerância	Ovalização
5,50 a 10,00	+/- 0,25 / 0,20*	0,40 / 0,32*
10,50 a 19,05	+/- 0,30 / 0,25*	0,48 / 0,40*
20,00 a 24,00	+/- 0,30	0,48
> 24,00	+/- 0,40	0,64

* Sob consulta.



10. Tolerância de Barras Acabadas

10.1. Barra Trefilada

Bitola e Tolerância

Estão disponíveis em bitolas de 1,50 mm a 77,79 mm.

Certificação

Certificado de Qualidade acompanha todos os materiais.

De 1,50 mm a 23,80 mm:

- Tolerância ISO h9 (mínimo) a partir do afastamento de 150 mm das pontas.
- Comprimento de 3 m a 6 m, fixos.
- Tolerância de comprimento -0/+50 mm.
- Tolerância de empeno 1 mm/m.

De 23,81 mm a 42,00 mm:

- Tolerância ISO h9 (mínimo) a partir do afastamento de 150 mm das pontas.
- Comprimento de 3 m a 6 m, fixos.
- Tolerância de comprimento -0/+20 mm.
- Tolerância de empeno máximo 1 mm/m.

De 42,01 mm a 77,79 mm:

- Tolerância ISO h9 (mínimo) a partir do afastamento de 150 mm das pontas.
- Comprimento de 3 m a 6 m, fixos.
- Empenamento máximo de 1 mm/m.
- Tolerância de comprimento - 0/+200 mm.

Acondicionamento

São acondicionadas em feixes cintados com cintas de aço sobre tiras de plástico, com peso de 1,0 t a 2,0 t, dependendo da bitola das barras. Outros pesos podem ser fornecidos sob consulta.

Bitola (mm)		Tolerância (mm)		
De	Até	h9	h10	h11
1,50	3,00	0,025	0,040	0,060
3,01	6,00	0,030	0,048	0,075
6,01	10,00	0,036	0,058	0,090
10,01	18,00	0,043	0,070	0,110
18,01	30,00	0,052	0,084	0,130
30,01	50,00	0,062	0,100	0,160
50,01	80,00	0,074	0,120	0,190

Profundidade Máxima Admissível de Defeitos de Superfície em Barras Acabadas

Processo de Acabamento Bitola Dimensão Nominal Dn (A)	Descascadas		Trefiladas		Trefiladas Descascadas Retificadas
	Grau 3	Grau 3	Grau 2 (C)	Grau 3	Grau 4
$3 < Dn \leq 10$	–	0,10	0,20	0,10	B
$10 < Dn \leq 18$	0,15	0,10	0,25	0,15	
$18 < Dn \leq 30$	0,20	0,15	0,30	0,20	
$30 < Dn \leq 50$	0,20	0,15	0,50	0,30	
$50 < Dn \leq 80$	0,20	0,15	0,70	0,50	
$80 < Dn \leq 100$	0,25	0,15	0,90	0,70	

Norma de Referência

ABNT NBR 8647/88.

Características Específicas

Aço processado de matéria-prima controlada, inspecionada por Circograph e Defectomat. Admitem-se defeitos superficiais desde que suas profundidades estejam dentro dos limites especificados na tabela 2 da norma ABNT NBR 8647/88, reproduzida no quadro acima.

(A) Dimensão nominal significa:

- Diâmetro de barras redondas.
- Lado de barras quadradas.
- Distância entre faces paralelas de barras sextavadas.
- Espessura em barras retangulares.

(B) Materiais com garantias mais restritas que o grau 3; devem ser previamente estabelecidas quanto à profundidade máxima garantida.

(C) Aços de corte fácil só são fornecidos em grau 2.

Nota: o grau é definido pela profundidade do defeito.

10.2. Barra Descascada

- Bitolas de 12,00 mm a 76,20 mm, com tolerâncias h8 a h11 (h8 sob consulta).
- Comprimento: 3 a 8 metros (outros comprimentos sob consulta).
- Empenamento: menor que 1 mm/m (empenamento restrito sob consulta).
- Acondicionamento: feixes com peso a partir de 1t, com possibilidade de proteção plástica.
- Superfície polida (brilhante ou espelhado) sem marcas de ferramenta.

10.3. Barra Retificada

- Embalagem, acondicionamento e identificação: iguais aos de Barras Trefiladas.
- Bitolas e tolerâncias: até 25,40 mm, com tolerância h9; acima de 25,40 mm, sob consulta.
- Comprimentos e tolerâncias: iguais aos de Barras Trefiladas.



11. Principais Características dos Produtos Industriais ArcelorMittal

11.1. Aços para Molas

Bitola e Tolerância

Estão disponíveis nas bitolas de 8,00 mm a 40,00 mm e são normalmente especificadas com tolerância para cima, h10, conforme norma ISO.

Comprimento das Barras

Normalmente os fabricantes de molas helicoidais usam comprimentos unitários específicos. Conforme a aplicação, em alguns casos, são especificados comprimentos múltiplos.

Tolerância no comprimento unitário: +5,0 mm a -0,0 mm.

Retilidade

O empeno normal especificado é de 2,0 mm/m.



Acondicionamento

São acondicionados em feixes de barras cintados com cintas metálicas sobre tiras de plástico polipropileno, nas formas redonda ou sextavada, conforme bitola e comprimento, com peso entre 1,0 t e 2,0 t.

Estrutura

Ferrita mais perlita. Tamanho de grão 7 ou mais fino, homogêneo.

Descarbonetação e Defeitos Superficiais

A descarbonetação total não é aceita em qualquer nível, exigindo-se isenção. Para a profundidade de descarbonetação parcial e defeitos superficiais, normalmente as especificações estabelecem níveis máximos iguais a 1% do diâmetro da barra.

Certificação

Certificado de Qualidade contendo Análise Química, Dimensões, Dureza, Microinclusões, Descarbonetação, Estrutura e Tamanho de Grão.

11.2. Aços para Fixadores

Aço Médio Carbono Ligado ao Boro para Parafusos e Porcas

A ArcelorMittal é líder de mercado na fabricação de aços para fixadores, e seus produtos são desenvolvidos especialmente para atender a diversos setores da indústria, com inúmeras aplicações tanto no Brasil quanto no exterior. Agora oferece uma nova alternativa de aço para fixadores (classes ABNT 8.8-9.8-10.9, ISO 8.8-9.8-10.9, SAE grau 5 e grau 8), com vantagens na aplicação que atendem à demanda de qualidade de seus clientes: PL30 – o aço médio carbono ligado ao boro, 10B30 modificado.

Vantagens do Aço PL30

- Redução do consumo de ferramentas na estampagem.
- Substituição de aços ligados de maior custo.
- Possibilidade de eliminação do tratamento de recozimento/esferoidização para algumas aplicações.

Outras Características dos Aços ArcelorMittal

- Dureza uniforme ao longo do rolo.
- Adequado desempenho na estampagem, extrusão e tratamentos térmicos.
- Camada de fosfato adequada ao uso.
- Maior diversidade de bitolas (de 2,0 mm a 32,0 mm).
- Controle de qualidade superficial com sistemas Eddy Current (Defectomat).



Aços Baixo Carbono e Não Endurecíveis por Têmpera

Fixadores de Baixo Carbono (Não Temperáveis)

Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Mo	%Ni
1006L	SAE 1006	≤ 0,080	0,25 – 0,40	≤ 0,100	-	-	-
1010L	SAE 1010	0,080 – 0,120	0,300 – 0,500	≤ 0,100	-	-	-
1015D	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
1015L	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	≤ 0,100	-	-	-
1018L	SAE 1018	0,150 – 0,200	0,600 – 0,900	≤ 0,100	-	-	-
1020L	SAE 1020	0,180 – 0,230	0,300 – 0,600	≤ 0,100	-	-	-
1025D	SAE 1025	0,220 – 0,280	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
PA03L	SAE 1005 mod	≤ 0,050	0,350 – 0,550	≤ 0,060	-	-	-
PC10L	SAE 1010	0,080 – 0,130	0,300 – 0,500	≤ 0,100	-	-	-
PC13D	SAE 1012	0,100 – 0,140	0,300 – 0,600	0,150 – 0,300	-	-	-
PC15L	SAE 1015	0,130 – 0,180	0,300 – 0,600	≤ 0,100	≤ 0,050	≤ 0,040	≤ 0,050
PC20L	SAE 1020	0,180 – 0,230	0,300 – 0,600	≤ 0,100	≤ 0,100	≤ 0,040	≤ 0,100
PC25L	SAE 1022	0,180 – 0,220	0,800 – 1,000	≤ 0,100	-	-	-
PC25D	SAE 1022	0,180 – 0,220	0,800 – 1,100	0,150 – 0,300	-	-	-

Aços Médio Carbono para Têmpera

Fixadores de Médio Carbono (Temperáveis)

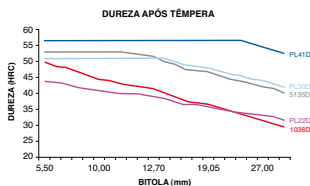
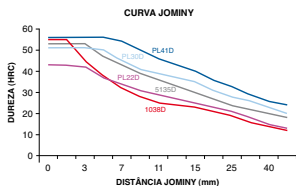
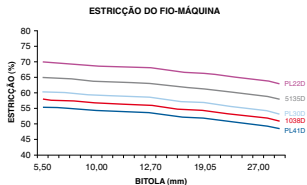
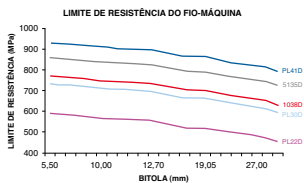
Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Mo	%Ni
1030L	SAE 1030	0,280 – 0,340	0,600 – 0,900	≤ 0,100	-	-	-
1035D	SAE 1035	0,330 – 0,380	0,600 – 0,900	0,150 – 0,300	-	-	-
1038D	SAE 1038	0,380 – 0,420	0,850 – 1,050	0,150 – 0,300	0,250 – 0,350	-	-
1045D	SAE 1045	0,430 – 0,480	0,600 – 0,900	0,150 – 0,300	-	-	-
4135D	SAE 4135	0,330 – 0,370	0,700 – 0,900	0,150 – 0,300	0,900 – 1,100	0,150 – 0,250	≤ 0,080
4140D	SAE 4140	0,380 – 0,430	0,750 – 0,900	0,150 – 0,300	0,900 – 1,100	0,150 – 0,250	≤ 0,080
5135D	SAE 5135	0,340 – 0,380	0,700 – 0,800	0,150 – 0,300	0,900 – 1,050	-	-
PL41D	DIN 41Cr4	0,400 – 0,450	0,650 – 0,800	0,150 – 0,300	1,000 – 1,200	-	≤ 0,100
PL45D	SAE 1045 mod	0,430 – 0,480	0,600 – 0,900	0,150 – 0,300	0,150 – 0,300	-	-

Aços ao Boro para Têmpera

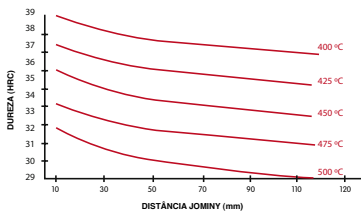
Fixadores ao Boro (Alta Temperabilidade)

Aço	Nomenclatura	%C	%Mn	%Si	%Cr	%B	%Mo
PL22D/N	SAE 10B22 mod	0,190 – 0,230	1,050 – 1,250	0,150 – 0,300	0,100 – 0,200	0,001 a 0,003	-
PL30D/N	SAE 10B30 mod	0,300 – 0,340	0,800 – 1,000	0,150 – 0,300	0,300 – 0,400	0,001 a 0,003	-
PL33D	---	0,330 – 0,400	0,300 – 0,500	0,150 – 0,300	0,950 – 1,240	0,001 a 0,003	≤ 0,050
PL45D	SAE 1045 mod	0,430 – 0,480	0,600 – 0,900	0,150 – 0,300	0,150 – 0,300	-	-

Comparação de Propriedades dos Aços para Fixadores



Previsão da Variação das Propriedades Mecânicas do Aço PL30 no Revenimento



11.3. Aços para Usinagem (Corte Fácil)

Bitola e Tolerância

Disponíveis em barras redondas trefiladas ou laminadas de 4,76 mm a 77,20 mm com tolerância h11, conforme norma ISO, e h9. Sob consulta.

Barras sextavadas trefiladas estão disponíveis em dimensões de 6,36 mm a 41,20 mm, com tolerância h9.

Comprimento das Barras

Comprimento padrão de 3 m. Tolerância no comprimento: 100 mm ou sob consulta.

Acondicionamento

São acondicionados em feixes cintados com cintas de aço sobre tiras de plástico, com peso de 1,0 t a 2,0 t, dependendo da bitola das barras. Outros pesos podem ser fornecidos sob consulta.



Certificação

Certificado de Qualidade com dados de identificação das barras e análise química.

Composição Química dos Aços

Família	Aço	% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Pb
Usinagem Fácil	11SMn30	0,06 - 0,10	0,90 - 1,30	0,040 - 0,100	0,27 - 0,33	≤ 0,02	-
	11SMn37	≤ 0,14	1,10 - 1,50	0,040 - 0,100	0,34 - 0,40	≤ 0,02	-
	SAE 1215	≤ 0,09	0,75 - 1,05	0,040 - 0,090	0,26 - 0,35	≤ 0,02	-
	SAE 12L14	0,06 - 0,09	0,85 - 1,15	0,040 - 0,090	0,26 - 0,35	≤ 0,02	0,20 - 0,35
	DIN 11SMnPb30	0,06 - 0,09	0,90 - 1,30	0,040 - 0,100	0,27 - 0,33	≤ 0,02	0,20 - 0,35
	DIN 11SMnPb37	0,06 - 0,09	1,10 - 1,50	0,040 - 0,100	0,34 - 0,40	≤ 0,02	0,20 - 0,35

11.4. Aços para Haste de Amortecedor

Bitola e Tolerância

Estão disponíveis nas bitolas de 8,00 mm a 40,0 mm com tolerância na média entre h10 e h11, com ovalização máxima de 0,05 mm.

Comprimento das Barras

Normalmente as barras para hastes de amortecedor têm especificações de comprimentos e tolerâncias de corte particulares a cada aplicação, visando elevar ao máximo o rendimento em blanks. Tolerância no comprimento: $-0/+50$ mm.

Retilidade

O empeno normal especificado é de 0,2 mm/m.

Acondicionamento

São acondicionados em feixes sextavados, cintados com cintas de aço sobre tiras de plástico polipropileno, com peso entre 1,0 t e 2,0 t.

Estrutura

Ferrita mais perlita lamelar com distribuição homogênea. Tamanho de grão de 5 a 8, homogêneo.

Descarbonetação Parcial e Total

A descarbonetação total não é aceita em qualquer nível. A descarbonetação parcial é aceita em 1% do diâmetro.

Certificação

Análise química e resultados de ensaios físicos conforme especificados pelos clientes.



12. A Norma ABNT NBR 7007:2011

Os Perfis Laminados ArcelorMittal sempre atenderam, plenamente, aos requisitos das normas internacionais, hoje especificadas na norma brasileira, podendo ser verificadas pelas informações apresentadas nos Certificados de Qualidade que acompanham os produtos. Assim, confirmando a sua grande preocupação em relação à qualidade e à segurança nas aplicações de todos os seus produtos, a ArcelorMittal vem divulgar a todos os seus clientes a norma brasileira para Aços-carbono e Microligados para Barras e Perfis Laminados a Quente para uso estrutural – ABNT NBR 7007:2011.



12.1. Propriedades Mecânicas – Equivalência

A tabela abaixo mostra as propriedades mecânicas dos graus definidos na NBR 7007:2011 e a similaridade com as normas ASTM:

NBR 7007:2011

Grau do Aço	Limite Escoamento Mínimo (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Alongamento Mínimo após Ruptura Lo = 200 mm (%)
Grau MR 250	250	400-560	20
Grau AR 350	350	450 mín.	18
Grau AR 415	415	520 mín.	16
Grau AR 350 COR	350	485 mín.	18

ASTM

Grau do Aço	Limite Escoamento Mínimo (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Alongamento Mínimo após Ruptura Lo = 200 mm (%)
A-36	250	400-560	23
A-572 Grau 50	345	450 mín.	21
A-572 Grau 60	415	520 mín.	18
A-588	345	485 mín.	21

12.2. Composição Química

A composição química dos aços, em análise efetuada na corrida, deve ter os teores indicados na tabela abaixo:

Composição Química dos Aços

Grau	C (%)	Mn** (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)	V (%)	Nb (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)
MR 250	≤0,23	- ***	≤0,40	≤0,04	≤0,05	≤0,35	- ***	- ***	≤0,35	≤0,35	≤0,05
AR 350*	≤0,23	0,50 - 1,35	0,10 - 0,40	≤0,04	≤0,05	≤0,35	≤0,05	≤0,05	≤0,35	≤0,35	≤0,05
AR 350 COR*	≤0,20	0,50 - 1,35	0,15 - 0,55	≤0,04	≤0,05	≤0,35	≤0,05	≤0,05	0,40 - 0,70	≤0,50	≤0,10
AR 415*	≤0,26	0,50 - 1,35	0,10 - 0,40	≤0,04	≤0,05	≤0,35	≤0,05	≤0,05	≤0,35	≤0,35	≤0,05

* Nb + V ≥ 0,010%.

** Para cada redução de 0,01% no teor máximo de carbono especificado, um aumento de 0,06% no teor de manganês acima do especificado será permitido até o limite máximo de 1,50%.

*** Não especificado.

Observações: o grau AR 350 COR possui resistência à corrosão atmosférica superior à dos graus MR 250, AR 350 e AR 415.

As propriedades mecânicas dos aços no estado de entrega são determinadas conforme a norma específica, onde MR = média resistência e AR = alta resistência.

Soldabilidade: os aços desta norma são considerados soldáveis por métodos normais de fusão quando o carbono equivalente da análise química do produto for menor ou igual a 0,55%, calculado segundo a seguinte equação:

$$\text{Carbono equivalente: } \%C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{(\%Cr + \%Mo + \%V)}{5} + \frac{(\%Ni + \%Cu)}{15}$$

Informações adicionais: requisitos de dobramento, Ensaio Charpy e especificação de tamanho de grão podem ser exigidos, desde que definidos na ordem de compra. A norma ABNT NBR 7007 pode ser adquirida pelo site www.abnt.com.br.

13. Aço ArcelorMittal – Principais Características

	ArcelorMittal	Similares AISI/SAE/ DIN	Composição Química (%) – Teores Objetivados						
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Outros
Aço estrutural	A36	ASTM A-36	0,26	0,75	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,40	-	-
	A572	ASTM GR50	0,23	0,85	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,40	-	Nb ≤ 0,05
	A588	ASTM A588	0,20	1,00	≤ 0,04	≤ 0,05	≤ 0,40	0,40 – 0,70	Cu ≤ 0,40
Aços para construção mecânica	1020	1020	0,20	0,45	≤ 0,030	≤ 0,05	≤ 0,20	-	-
	1045	1045	0,45	0,75	≤ 0,030	≤ 0,05	≤ 0,20	-	-
	1070	1070	0,70	0,75	≤ 0,030	≤ 0,05	≤ 0,20	-	-
	4140	4140	0,40	0,90	≤ 0,035	≤ 0,04	≤ 0,30	≤ 1,10	Mo ≤ 0,20
	8620	8620	0,20	0,60	≤ 0,035	≤ 0,04	≤ 0,30	≤ 0,60	Ni ≤ 0,25 Mo ≤ 0,25
	5160	5160	0,60	0,90	≤ 0,030	≤ 0,04	≤ 0,25	≤ 0,90	-
	CK 25	CK 25	0,25	0,50	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,20	-	-
	CK 35	CK 35	0,37	0,70	≤ 0,025	≤ 0,03	≤ 0,20	-	-
	CK 40	CK40	0,43	0,70	≤ 0,030	≤ 0,03	≤ 0,20	-	V ≤ 0,035
Aços para molas	HK 60	5160	0,60	0,85	≤ 0,030	≤ 0,015	≤ 0,25	≤ 0,90	-
	HK 54	9254	0,54	0,70	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 1,40	≤ 0,75	-
	9254	9254	0,54	0,70	≤ 0,15	≤ 0,015	≤ 1,40	≤ 0,75	-

13. Aços ArcelorMittal – Principais Características

Dureza Laminado (HB)	Principais Aplicações	Características
116 – 163	Perfis estruturais e serralheria	Aços com boas características de resistência mecânica, conformabilidade, usinabilidade e soldabilidade
100 – 131		
100 – 149		
131 – 143	Indústria automobilística, forjados	Boa conformabilidade a frio e usinabilidade. Limitada a usinabilidade
163 – 187	Peças para indústria automobilística, como eixos	Boa conformabilidade a quente e usinabilidade
207 – 277	Implementos agrícolas	Elevada resistência à abrasão
241 – 302	Componentes mecânicos diversos, forjados ou usinados	Aço para beneficiamento, com boa resistência mecânica e tenacidade
183 – 203	Engrenagens, coroas, pinhões, correntes e outros componentes cementados	Aço de baixa liga para cementação
285 – 321	Feixes de molas, abraçadeiras de andaimes e implementos agrícolas	Boa temperabilidade, alta resistência à tração, fadiga e trabalho acima de 300 °C
105 - 131	Eixos, pinos, hastes de amortecedores "mola-gás"	Boa usinabilidade, alta temperabilidade, elevada resistência mecânica e razoável soldabilidade
130 – 150		
149 – 170		
285 – 321	Molas helicoidais altamente solicitadas e barras estabilizadoras	Boa temperabilidade, alta resistência à tração e fadiga. Ideal para processo de conformação a quente
277 – 302		
277 – 302		Boa temperabilidade, alta resistência à tração e fadiga. Ideal para processo de conformação a frio

13. Aços ArcelorMittal – Principais Características

	ArcelorMittal	Similares AISI/SAE/ DIN	Composição Química (%) – Teores Objetivados						
			C	Mn	P	S	Si	Cr	Outros
Corte fácil	BL 10	1215 (95Mn28)	≤ 0,09	1,00	≤ 0,06	≤ 0,30	≤ 0,05	≤ 0,10	-
	BL 15	95Mn36	≤ 0,15	1,25	≤ 0,08	≤ 0,38	≤ 0,05	-	-
	12L14 E1	12L14	≤ 0,09	1,00	≤ 0,06	≤ 0,30	≤ 0,02	-	Pb ≤ 0,30
Fixadores	1018L	1018	0,20	0,75	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,01	-	-
	1038D	1038	0,40	1,00	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,25	≤ 0,35	-
	4135	4135	0,35	0,80	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,20	≤ 1,10	Mo ≤ 0,25
	4140	4140	0,40	0,80	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,20	≤ 1,10	Mo ≤ 0,25
	5135	5135	0,35	0,75	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,20	≤ 1,05	
	PA03	1005	≤ 0,05	0,45	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,06	-	
	PC10	1010	0,10	0,40	≤ 0,025	≤ 0,012	≤ 0,01	-	
	PC15	1015	0,15	0,45	≤ 0,025	≤ 0,012	≤ 0,10	-	
	PC20	1020	0,20	0,45	≤ 0,025	≤ 0,012	≤ 0,10	-	
	PC25L	1022	0,20	0,90	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,10	≤ 0,05	
	PL22	10B22	0,20	1,15	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,20	≤ 0,20	B ≤ 0,003
	PL30	10B30	0,30	0,90	≤ 0,02	≤ 0,015	≤ 0,20	≤ 0,40	B ≤ 0,003
	PL41	5140 MOD	0,42	0,70	≤ 0,02	≤ 0,01	≤ 0,20	≤ 1,20	Ti ≤ 0,04

13. Aços ArcelorMittal – Principais Características

Dureza Laminado (HB)	Principais Aplicações	Características
121 - 170	Aços com usinabilidade melhorada	Elevada usinabilidade. Aços resulfurados e refosforados
121 - 179		
90 - 124		Elevada usinabilidade. Aço resulfurado e ao chumbo
116 - 137	Parafusos fendados e cementados	Boa conformabilidade a frio e razoável usinabilidade
149 - 170	Parafusos classe 8.8	Boa conformabilidade a quente e usinabilidade. Elevadas propriedades mecânicas
197 - 285	Parafusos classe 10.9 e acima	Alta temperabilidade, boa conformabilidade a quente, razoável usinabilidade e reduzida soldabilidade. Elevada resistência mecânica
302 - 341		
235 - 293	Parafusos classe 8.8 e 10.9	
105 - 116	Parafusos comerciais	Excelente conformabilidade a frio, baixa usinabilidade e resistência mecânica
95 - 126	Parafusos e porcas comerciais	Boa ductilidade a frio e conformabilidade a frio. Usinabilidade ruim e baixa resistência mecânica
101 - 131	Parafusos e porcas comerciais	
111 - 143	Parafusos classe 5.8 e porcas tipo solda	
121 - 149	Parafusos fendados e cementados	
143 - 163	Parafusos classe 8.8	Alta temperabilidade, boa conformabilidade a frio, razoável resistência mecânica
149 - 197	Parafusos classe 8.8 e 10.9	
285 - 321	Parafusos classe 10.9 e acima	Elevadíssima temperabilidade, boa conformabilidade a quente, razoável usinabilidade e reduzida soldabilidade. Elevada resistência mecânica



|| Composição Química

1. ABNT/SAE J403:2001 – Composição Química dos Aços-carbono Comuns
 - 1.1. Aços-carbono – Análise de Panela conf. SAE J403:2001
2. ABNT/SAE J404:2000 – Composição Química dos Aços-carbono Ligados
3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H
4. Composição Química – Norma DIN

1. Aços-carbono conforme SAE J403:2001 (Máximo 1,00%)

ABNT/SAE/AISI	Composição Química (%)			
	C	Mn	P	S
1006	≤ 0,08	0,25-0,40	≤ 0,030	≤ 0,050
1008	≤ 0,10	0,30-0,50	≤ 0,030	≤ 0,050
1010	0,08-0,13	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1012	0,10-0,15	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1013	0,11-0,16	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1016	0,13-0,18	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1017	0,15-0,20	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1018	0,15-0,20	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1020	0,18-0,23	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1021	0,18-0,23	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	≤ 0,030	≤ 0,050
1025	0,22-0,28	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050
1026	0,22-0,28	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1030	0,28-0,34	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1035	0,32-0,38	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1038	0,35-0,42	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1042	0,40-0,47	0,60-0,90	≤ 0,030	≤ 0,050
1043	0,40-0,47	0,70-1,00	≤ 0,030	≤ 0,050
1044	0,43-0,50	0,30-0,60	≤ 0,030	≤ 0,050

1. Aços-carbono conforme SAE J403:2001 (Máximo 1,00%)

ABNT/SAE/AISI	Composição Química (%)			
	C	Mn	P	S
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1059	0,55-0,65	0,50-0,80	≤0,030	≤0,050
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1064	0,60-0,70	0,50-0,80	≤0,040	≤0,050
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1069	0,65-0,75	0,40-0,70	≤0,040	≤0,050
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	≤0,030	≤0,050
1075	0,70-0,80	0,40-0,70	≤0,030	≤0,050
1078	0,72-0,85	0,30-0,60	≤0,030	≤0,050
1080	0,75-0,88	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1084	0,80-0,93	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1085	0,80-0,93	0,70-1,00	≤0,030	≤0,050
1086	0,80-0,93	0,30-0,50	≤0,030	≤0,050
1090	0,85-0,98	0,60-0,90	≤0,030	≤0,050
1095	0,90-1,03	0,30-0,50	≤0,030	≤0,050

Nota: Silício (Si) – Estes aços são produzidos com silício na faixa de 0,15-0,35%. Outras faixas e limites podem ser atendidos mediante consulta.

1.1. Aços-carbono – Análise de Panela conf. SAE J403:2001

Elemento	Limite máximo de faixa especificado (%)	Faixa (%)	Menor limite máximo (%)
Carbono	até 0,12 incl. acima de 0,12 a 0,25 incl. acima de 0,25 a 0,40 incl. acima de 0,40 a 0,55 incl. acima de 0,55 a 0,80 incl. acima de 0,80	0,05 0,05 0,06 0,07 0,10 0,13	0,06
Manganês	até 0,40 incl. acima de 0,40 a 0,50 incl. acima de 0,50 a 1,65 incl.	0,15 0,20 0,30	0,35
Fósforo	acima de 0,040 a 0,08 incl. acima de 0,08 a 0,13 incl.	0,03 0,05	0,04
Enxofre	acima de 0,05 a 0,09 incl. acima de 0,09 a 0,15 incl. acima de 0,15 a 0,23 incl. acima de 0,23 a 0,35 incl.	0,03 0,05 0,07 0,09	0,05
Silício	até 0,15 incl. acima de 0,15 a 0,20 incl. acima de 0,20 a 0,30 incl. acima de 0,30 a 0,60 incl.	0,08 0,10 0,15 0,20	-
Cobre	Quando requerido, usa-se geralmente 0,20% mínimo		
Chumbo	Quando requerido, usa-se 0,15–0,35		
Boro	Quando solicitado grão refinado, usa-se geralmente % B = 0,0005 – 0,0030		

Notas:

(a) As faixas de carbono indicadas são aplicadas em aços cujo limite máximo da faixa de manganês não excede 1,10%. Quando o limite exceder 1,10%, acrescenta-se 0,01% à faixa de carbono.

(b) O chumbo é indicado somente em uma faixa de 0,15–0,35%, uma vez que ele é adicionado ao aço durante o ligamento.



2. Aços Ligados conforme SAE J404:2000

Composição Química (%)

Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
1330	0,28-0,33	1,60-1,80	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	-
1335	0,33-0,38	1,60-1,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	-
1340	0,38-0,43	1,60-1,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	-
1345	0,43-0,48	1,60-1,90	≤0,035	≤0,040	0,15-0,35	-	-	-
4023	0,20-0,25	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	0,20-0,30
4024	0,20-0,25	0,70-0,90	≤0,030	0,035-0,050	0,15-0,35	-	-	0,20-0,30
4027	0,25-0,30	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	0,20-0,30
4028	0,25-0,30	0,70-0,90	≤0,030	0,035-0,050	0,15-0,30	-	-	0,20-0,30
4032	0,30-0,35	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,30	-	-	0,20-0,30
4037	0,35-0,40	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	0,20-0,30
4042	0,40-0,45	0,70-0,90	≤0,035	≤0,040	0,15-0,30	-	-	0,20-0,30
4047	0,45-0,50	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	-	0,20-0,30
4118	0,18-0,23	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,40-0,60	0,08-0,15
4130	0,28-0,33	0,40-0,60	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4135	0,33-0,38	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4137	0,35-0,40	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4140	0,38-0,43	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4142	0,40-0,45	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4145	0,43-0,48	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4147	0,45-0,50	0,75-1,00	≤0,035	≤0,040	0,15-0,30	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4150	0,48-0,53	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	0,15-0,25
4161	0,56-0,64	0,75-1,00	≤0,035	≤0,040	0,15-0,30	-	0,70-0,90	0,25-0,35

2. Aços Ligados conforme SAE J404:2000

Composição Química (%)

Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
4320	0,17-0,22	0,45-0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30
4340	0,38-0,43	0,60-0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	1,65-2,00	0,70-0,90	0,20-0,30
4615	0,13-0,18	0,45-0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	1,65-2,00	-	0,20-0,30
4617	0,15-0,20	0,45-0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	1,65-2,00	-	0,20-0,30
4620	0,17-0,22	0,45-0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	1,65-2,00	-	0,20-0,30
4626	0,24-0,29	0,45-0,65	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,70-1,00	-	0,15-0,25
4718	0,16-0,21	0,70-0,90	-	-	-	0,90-1,20	0,35-0,55	0,30-0,40
4720	0,17-0,22	0,50-0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,90-1,20	0,35-0,55	0,15-0,25
4815	0,13-0,18	0,40-0,60	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	3,25-3,75	-	0,20-0,30
4817	0,15-0,20	0,40-0,60	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	3,25-3,75	-	0,20-0,30
4820	0,18-0,23	0,50-0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	3,25-3,75	-	0,20-0,30
5060	0,56-0,64	0,75-1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,40-0,60	-
50B60 (c)	0,56-0,64	0,75-1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,40-0,60	-
5115	0,13-0,18	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
5120	0,17-0,22	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
5130	0,28-0,33	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	-
5135	0,33-0,38	0,60-0,80	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,05	-
5140	0,38-0,43	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-

2. Aços Ligados conforme SAE J404:2000

Composição Química (%)

Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
5147	0,46-0,51	0,70-0,95	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,85-1,15	-
5150	0,48-0,53	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
5155	0,51-0,59	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
5160	0,56-0,64	0,75-1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
51B60 (c)	0,56-0,64	0,75-1,00	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,70-0,90	-
50100 (b)	0,98-1,10	0,25-0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15-0,35	-	0,40-0,60	-
51100 (b)	0,98-1,10	0,25-0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15-0,35	-	0,90-1,15	-
52100 (b)	0,98-1,10	0,25-0,45	≤ 0,025	≤ 0,025	0,15-0,35	-	1,30-1,60	-
6118	0,16-0,21	0,50-0,70	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,50-0,70	≤ 0,10-0,15
6150	0,48-0,53	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	-	0,80-1,10	≤ 0,15 min.
8115	0,13-0,18	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,20-0,40	0,30-0,50	0,08-0,15
8617	0,15-0,20	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8620	0,18-0,23	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8622	0,20-0,25	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8625	0,23-0,28	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8627	0,25-0,30	0,70-0,90	≤ 0,030	≤ 0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25

2. Aços Ligados conforme SAE J404:2000

Composição Química (%)

Nº SAE	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
8640	0,38-0,43	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8645	0,43-0,48	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8650	0,48-0,53	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8655	0,51-0,59	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8660	0,56-0,64	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8720	0,18-0,23	0,70-0,90	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30
8740	0,40-0,45	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25
8822	0,20-0,25	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,30-0,40
9254	0,51-0,59	0,60-0,80	≤0,030	≤0,040	1,20-1,60	–	0,60-0,80	–
9260	0,56-0,64	0,75-1,00	≤0,030	≤0,040	1,80-2,20	–	–	–

Notas:

(a) Pequenas quantidades de certos elementos que não estão especificados podem ocorrer dentro dos seguintes limites:

- Cromo (Cr) 0,20% máx.
- Níquel (Ni) 0,25% máx.
- Molibdênio (Mo) 0,06% máx.
- Cobre (Cu) 0,35% máx.

(b) Aço de forno elétrico.

(c) Estes aços contêm boro na faixa de 0,0005% - 0,0030%.

Após ligados podem ser fornecidos com adição de chumbo na faixa de 0,15% - 0,35%.



3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H

Aços-carbono e Carbono-boro de Faixa H, conforme SAE J1268:2010

SAE	C	Mn	Si	P	S
1038H	0.34-0.43	0.50-1.00	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
1045H	0.42-0.51	0.50-1.00	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
1522H	0.17-0.25	1.00-1.50	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
1524H	0.18-0.26	1.21-1.75	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
1526H	0.21-0.30	1.00-1.50	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
1541H	0.35-0.45	1.25-1.75	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B21H ¹	0.17-0.24	0.70-1.20	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B28H ¹	0.25-0.34	1.00-1.50	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B30H ¹	0.27-0.35	0.70-1.20	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B35H ¹	0.31-0.39	0.70-1.20	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B37H ¹	0.30-0.39	1.00-1.50	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B41H ¹	0.35-0.45	1.25-1.75	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B48H ¹	0.43-0.53	1.00-1.50	0.15-0.35	≤ 0.030	≤ 0.050
15B62H ¹	0.54-0.67	1.00-1.50	0.40-0.60	≤ 0.030	≤ 0.050

¹ Contém %B = 0,0005 - 0,003

3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H

Aços Ligados de Faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
1330H	0.27/0.33	1.45/2.05	0.15/0.35	-	-	-	-
1335H	0.32/0.38	1.45/2.05	0.15/0.35	-	-	-	-
1340H	0.37/0.44	1.45/2.05	0.15/0.35	-	-	-	-
1345H	0.42/0.49	1.45/2.05	0.15/0.35	-	-	-	-
4027H	0.24/0.30	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4028H(4)	0.24/0.30	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4032H	0.29/0.35	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4037H	0.34/0.41	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4042H	0.39/0.46	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4047H	0.44/0.51	0.60/1.00	0.15/0.35	-	-	0.20/0.30	-
4118H	0.17/0.23	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.30/0.70	0.08/0.15	-
4120H	0.18/0.23	0.90/1.20	0.15/0.35	-	0.40/0.60	0.13/0.20	-
4130H	0.27/0.33	0.30/0.70	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4135H	0.32/0.38	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4137H	0.34/0.41	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4140H	0.37/0.44	0.65/1.00	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4142H	0.39/0.46	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4145H	0.42/0.49	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4147H	0.44/0.51	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-
4150H	0.47/0.54	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.75/1.20	0.15/0.25	-

3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H

Aços Ligados de Faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
4161H	0.55-0.65	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.65-0.95	0.25-0.35	-
4320H	0.17-0.23	0.40-0.70	0.15-0.35	1.55-2.00	0.35-0.65	0.20-0.30	-
4340H	0.37-0.44	0.55-0.90	0.15-0.35	1.55-2.00	0.65-0.95	0.20-0.30	-
E4340H(5)	0.37-0.44	0.60-0.95	0.15-0.35	1.55-2.00	0.65-0.95	0.20-0.30	
4620H	0.17-0.23	0.35-0.75	0.15-0.35	1.55-2.00	-	0.20-0.30	-
4718H	0.15-0.21	0.60-0.95	0.15-0.35	0.85-1.25	0.30-0.60	0.30-0.40	-
4720H	0.17-0.23	0.45-0.75	0.15-0.35	0.85-1.25	0.30-0.60	0.15-0.25	-
4815H	0.12-0.18	0.30-0.70	0.15-0.35	3.20-3.80	-	0.20-0.30	-
4817H	0.14-0.20	0.30-0.70	0.15-0.35	3.20-3.80	-	0.20-0.30	-
4820H	0.17-0.23	0.40-0.80	0.15-0.35	3.20-3.80	-	0.20-0.30	-
50B40H(6)	0.37-0.44	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.30-0.70	-	-
50B44H(6)	0.42-0.49	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.30-0.70	-	-
5046H	0.43-0.50	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.13-0.43	-	-
50B46H(6)	0.43-0.50	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.13-0.43	-	-
50B50H(6)	0.47-0.54	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.30-0.70	-	-
50B60H(6)	0.55-0.65	0.65-1.10	0.15-0.35	-	0.30-0.70	-	-
5120H	0.17-0.23	0.60-1.00	0.15-0.35	-	0.60-1.00	-	-
5130H	0.27-0.33	0.60-1.00	0.15-0.35	-	0.75-1.20	-	-
5132H	0.29-0.35	0.50-0.90	0.15-0.35	-	0.65-1.10	-	-
5135H	0.32-0.38	0.50-0.90	0.15-0.35	-	0.70-1.15	-	-

3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H

Aços Ligados de Faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
5140H	0.37/0.44	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.60/1.00	-	-
5147H	0.45/0.52	0.60/1.05	0.15/0.35	-	0.80/1.25	-	-
5150H	0.47/0.54	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.60/1.00	-	-
5155H	0.50/0.60	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.60/1.00	-	-
5160H	0.55/0.65	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.60/1.00	-	-
51B60H(6)	0.55/0.65	0.65/1.10	0.15/0.35	-	0.60/1.00	-	-
6118H	0.15/0.21	0.40/0.80	0.15/0.35	-	0.40/0.80	-	0.10/0.15
6150H	0.47/0.54	0.60/1.00	0.15/0.35	-	0.75-1.20	-	≥ 0.15
81B45H(6)	0.42/0.49	0.70/1.05	0.15/0.35	0.15/0.45	0.30/0.60	0.08/0.15	-
8617H	0.14/0.20	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8620H	0.17/0.23	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8622H	0.19/0.25	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8625H	0.22/0.28	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8627H	0.24/0.30	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8630H	0.27/0.33	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
86B30H(6)	0.27/0.33	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8637H	0.34/0.41	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8640H	0.37/0.44	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8642H	0.39/0.46	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-

3. SAE J1268:2010 – Aços-carbono Comuns e Ligados da Série H

Aços Ligados de Faixa H, conforme SAE J1268:2010⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Nº SAE	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
86B45H(6)	0.42/0.49	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	
8650H	0.47/0.54	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8655H	0.50/0.60	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	-
8660H	0.55/0.65	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.15/0.25	
8720H	0.17/0.23	0.60/0.95	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.20/0.30	-
8740H	0.37/0.44	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.20/0.30	-
8822H	0.19/0.25	0.70/1.05	0.15/0.35	0.35/0.75	0.35/0.65	0.30/0.40	-
9259H	0.56/0.64	0.65/1.10	0.70/1.20	-	0.45/0.65	-	-
9260H	0.55/0.65	0.65/1.10	1.70/2.20	-	-	-	-
E9310H(5)	0.07/0.13	0.40/0.70	0.15/0.35	2.95/3.55	1.00/1.45	0.08/0.15	-
94B15H(6)	0.12/0.18	0.70/1.05	0.15/0.35	0.25/0.65	0.25/0.55	0.08/0.15	-
94B17H(6)	0.14/0.20	0.70/1.05	0.15/0.35	0.25/0.65	0.25/0.55	0.08/0.15	-
94B30H(6)	0.27/0.33	0.70/1.05	0.15/0.35	0.25/0.65	0.25/0.55	0.08/0.15	-

1) As faixas e os limites desta tabela são apenas aplicáveis a materiais cuja secção transversal não exceda 200 pol.² (0,13 m²), 18 pol. (460 mm) de largura ou 4.500 kg (10.000 lb) em peso. As faixas e os limites estão sujeitos às variações permissíveis mostradas na SAE J409.

2) Pequenas quantidades de certos elementos não especificados ou exigidos podem ser encontradas nos aços ligados. Esses elementos são considerados residuais e são aceitáveis até os seguintes limites máximos: Cu ≤ 0,35%, Ni ≤ 0,25%, Cr ≤ 0,20% e Mo ≤ 0,06%.

3) Para fornos de soleira aberta e básicos a oxigênio, são permitidos os seguintes limites máximos: S ≤ 0,040% e P ≤ 0,030%. Para os fornos elétricos, os limites máximos permitidos são S ≤ 0,025% e P ≤ 0,025%.

4) É considerado S = 0,035 – 0,050%.

5) Aço de forno elétrico.

6) Esses aços contêm %B = 0,0005 – 0,003.

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
ASt 35	≤0,17	≥0,40	≤0,045	≤0,045	≤0,35	-	-	-	-	17135
ASt 41	≤0,20	≥0,45	≤0,045	≤0,045	≤0,35	-	-	-	-	17135
ASt 45	≤0,22	≤0,45	≤0,045	≤0,045	≤0,35	-	-	-	-	17135
ASt 52	≤0,20	≥0,45	≤0,045	≤0,045	≤0,35	-	-	-	-	17135
C 10	0,07-0,13	0,30-0,60	≤0,045	≤0,045	≤0,40	-	-	-	-	17210
Ck 10	0,07-0,13	0,30-0,60	≤0,035	≤0,035	≤0,40	-	-	-	-	17210
C15	0,12-0,18	0,30-0,60	≤0,045	≤0,045	≤0,40	-	-	-	-	17210
Ck 15	0,12-0,18	0,30-0,60	≤0,035	≤0,035	≤0,40	-	-	-	-	17210
Cm 15	0,12-0,18	0,30-0,60	≤0,035	0,020- 0,035	≤0,40	-	-	-	-	17210
Cq 15	0,12-0,18	0,25-0,50	≤0,035	≤0,035	0,15-0,35	-	-	-	-	1654
C 22 (a)	0,17-0,24	0,30-0,60	≤0,045	≤0,045	≤0,40	-	-	-	-	17200
Ck 22	0,17-0,24	0,30-0,60	≤0,035	≤ 0,03	≤0,40	-	-	-	-	17200
Cm 22	0,17-0,24	0,30-0,60	≤0,035	0,020- 0,035	≤0,40	-	-	-	-	17200
Cq 22	0,18-0,24	0,30-0,60	≤0,035	≤0,035	≤0,40	-	-	-	-	1654
C 25 (a)	0,22-0,29	0,40-0,70	≤0,045	≤0,045	≤0,40	-	-	-	-	17200
Ck 25	0,22-0,29	0,40-0,70	≤0,035	≤ 0,03	≤0,40	-	-	-	-	17200
Cm 25	0,22-0,29	0,40-0,70	≤0,035	0,020- 0,035	≤0,40	-	-	-	-	17200
C 30 (a)	0,27-0,34	0,50-0,80	≤0,045	≤0,045	≤0,40	-	-	-	-	17200
Ck 30	0,27-0,34	0,50-0,80	≤0,035	≤ 0,03	≤0,40	-	-	-	-	17200
Cm 30	0,27-0,34	0,50-0,80	≤0,035	0,020- 0,035	≤0,40	-	-	-	-	17200

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
C 35 (a)	0,32-0,39	0,50-0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	-	-	-	-	17200/ 17240
Cf 35	0,32-0,39	0,50-0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Ck 35	0,32-0,39	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	-	-	-	-	17200/ 17240
Cm 35	0,32-0,39	0,50-0,80	≤ 0,035	0,020-0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cq 35	0,32-0,39	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	1654/ 17240
C 40 (a)	0,37-0,44	0,50-0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Ck 40	0,37-0,44	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cm 40	0,37-0,44	0,50-0,80	≤ 0,035	0,020-0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
C 45	0,42-0,50	0,50-0,80	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cf 45	0,43-0,49	0,50-0,80	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15-0,35	-	-	-	-	17200
Ck 45	0,42-0,50	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cm 45	0,42-0,50	0,50-0,80	≤ 0,035	0,020-0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cq 45	0,42-0,50	0,50-0,80	≤ 0,035	≤ 0,035	0,15-0,35	-	-	-	-	1654
C 50 (a)	0,47-0,55	0,60-0,90	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Ck 50	0,47-0,55	0,60-0,90	≤ 0,035	≤ 0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cm 50	0,47-0,55	0,60-0,60	≤ 0,035	0,020-0,035	≤ 0,40	-	-	-	-	17200
Cf 53	0,50-0,57	0,40-0,70	≤ 0,025	≤ 0,035	0,15-0,35	-	-	-	-	17212
C 55 (a)	0,52-0,60	0,60-0,90	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,40	-	-	-	-	17200/ 17222
Ck 55	0,52-0,60	0,60-0,90	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	-	-	-	-	17200/ 17222

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
Cn 55	0,52-0,60	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	-	-	-	-	17200
C 60	0,57-0,65	0,60-0,90	≤0,045	≤0,045	< 0,40	-	-	-	-	17200/ 17222
Ck 60	0,57-0,65	0,60-0,90	≤0,035	≤0,03	< 0,40	-	-	-	-	17200/ 17222
Cm 60	0,57-0,65	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	-	-	-	-	17200
C 67	0,65-0,72	0,60-0,80	≤0,035	≤0,035	0,25-0,50	-	-	-	-	17222
Ck 67	0,65-0,72	0,60-0,80	≤0,035	≤0,035	0,25-0,50	<0,35	<0,35	-	-	17222
Cf 70	0,68-0,75	0,20-0,35	≤0,025	≤0,035	0,15-0,35	-	-	-	-	17212
C 75	0,70-0,80	0,60-0,80	≤0,045	≤0,045	0,15-0,35	-	-	-	-	17222
St 37-2	<0,20	-	≤0,050	≤0,50	-	-	-	-	-	17100
St 37-3	<0,17	-	≤0,040	≤0,40	-	-	-	-	-	17100
St 44-2	<0,22	-	≤0,050	≤0,050	-	-	-	-	-	17100
St 44-3	<0,20	-	≤0,040	≤0,040	-	-	-	-	-	17100
St 50-2	-	-	≤0,050	≤0,050	-	-	-	-	-	17100
St 52	<0,20	< 1,50	≤0,050	≤0,050	< 0,55	-	-	-	-	1629
St 52-3	<0,22	< 1,60	≤0,040	≤0,040	< 0,55	-	-	-	-	17100
St 60-2	-	-	≤0,050	≤0,050	-	-	-	-	-	17100
St 70-2	-	-	≤0,050	≤0,050	-	-	-	-	-	17100
15Cr3	0,12-0,18	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,40-0,70	-	-	17210
15CrNi6	0,12-0,17	-	0,40-0,60	≤0,035	0,035	1,40-1,70	1,40-1,70	-	-	17210

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
15Mn3	0,12-0,18	0,70-0,90	≤0,040	≤0,040	0,10-0,20	-	-	-	-	17115
15Mn3a	0,12-0,18	0,70-0,90	≤0,040	≤0,040	0,10-0,20	-	-	-	-	17115
16CrNiMo6	0,15-0,20	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	< 0,40	1,40-1,70	1,50-1,80	0,25-0,35	-	17230
16MnCr5	0,14-0,19	1,00-1,30	≤0,035	≤0,035	0,15-0,040	-	0,80-1,10	-	-	17210
16MnCr55	0,14-0,19	1,00-1,30	≤0,035	0,020-0,035	0,15-0,40	-	0,80-1,10	0,25-0,35	-	17210
17CrNiMo6	0,14-0,19	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	1,40-1,70	1,50-1,80	-	-	17210
17NiCrMo14	0,15-0,20	0,40-0,70	≤0,035	≤0,035	< 0,40	3,25-3,75	1,30-1,60	0,15-0,25	-	17230
17Mn4	0,14-0,20	0,90-1,20	≤0,050	≤0,050	0,20-0,40	-	< 0,30	-	-	17155
17MnCr5	0,14-0,19	1,00-1,30	≤0,035	≤0,035	< 0,40	-	0,80-1,10	-	-	17230
18CrNi8	0,15-0,20	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	1,80-2,10	1,80-2,10	-	-	17210
19Mn5	0,17-0,23	1,00-1,30	≤0,050	≤0,050	0,40-0,60	-	< 0,30	-	-	17155
19MnCr5	0,17-0,22	1,10-1,40	≤0,035	≤0,035	< 0,40	-	1,00-1,30	-	-	17230
20MnCr5	0,17-0,22	1,10-1,40	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	1,00-1,30	-	-	17210
20MnCr55	0,17-0,22	1,10-1,40	≤0,035	0,20-0,035	0,15-0,40	-	1,00-1,30	-	-	17210
20MoCr4	0,17-0,22	0,60-0,90	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,30-0,50	0,40-0,50	-	17210
20MoCr54	0,17-0,22	0,60-0,90	≤0,035	0,20-0,35	0,15-0,40	-	0,30-0,50	0,40-0,50	-	17210
20NiCrMo2	0,17-0,23	0,60-0,90	≤0,024	≤0,025	0,10-0,25	0,40-0,70	0,35-0,65	0,15-0,25	-	17115

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
21CrMoV57	0,17-0,25	0,35-0,85	≤0,030	≤0,035	0,15-0,35	-	1,20-1,50	0,65-0,80	-	17240
21Mn4	0,16-0,24	0,60-1,10	≤0,040	≤0,040	0,10-0,25	-	-	-	-	17115
21Mn4A	0,16-0,24	0,80-1,10	≤0,040	≤0,040	0,10-0,25	-	-	-	-	17115
21MnSi5	0,18-0,24	1,10-1,60	≤0,040	≤0,040	0,30-0,55	-	-	-	-	17115
21NiCrMo2	0,17-0,23	0,60-0,90	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	0,40-0,70	0,35-0,65	0,15-0,25	-	1654
24CrMo4	0,20-0,28	0,50-0,80	≤0,030	≤0,035	0,15-0,35	-	0,90-1,20	0,20-0,35	-	17240
25CrMo4	0,22-0,29	0,60-0,90	≤0,035	≤0,03	< 0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17200
25CrMoS4	0,22-0,29	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	0,90-1,20	0,90-1,20	-	-	17200
25MoCr4	0,23-0,29	0,60-0,90	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,40-0,60	0,40-0,50	-	17210
25MoCrS4	0,23-0,29	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	0,15-0,40	-	0,40-0,60	0,40-0,50	-	17210
27MnSi5	0,24-0,30	1,10-1,60	≤0,040	0,30-0,55	0,30-0,55	-	-	-	-	17115
28Cr4	0,24-0,31	0,60-0,90	≤0,035	≤0,03	< 0,40	-	0,90-1,20	-	-	17200
28CrS4	0,24-0,31	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	-	0,90-1,20	-	-	17200
28Mn6	0,25-0,32	1,30-1,65	≤0,035	≤0,03	< 0,40	-	-	-	-	17200
30CrMoV9	0,26-0,34	0,40-0,70	≤0,035	≤0,03	< 0,40	-	0,30-2,70	0,15-0,25	0,10-0,20	17200
30CrNiMo8	0,26-0,34	0,30-0,60	≤0,035	≤0,03	< 0,40	1,80-2,20	1,80-2,20	0,30-0,50	-	17200
31CrMo12	0,28-0,35	0,40-0,70	≤0,030	≤0,035	0,15-0,40	<0,30	2,80-3,30	0,30-0,50	-	17211

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
32Cr2	0,28-0,35	0,50-0,80	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,40-0,60	–	–	17200
32CrS2	0,28-0,35	0,50-0,80	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,40-0,60	–	–	17200
34Cr4	0,30-0,37	0,60-0,90	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200
34CrS4	0,30-0,37	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200
34CrMo4	0,30-0,37	0,60-0,90	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90-1,20	0,15-0,30	–	17200
34CrMoS4	0,30-0,37	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,90-1,20	0,15-0,30	–	17200
34CrNiMo6	0,30-0,38	0,40-0,70	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	1,40-1,70	1,40-1,70	0,15-0,30	–	17200
36CrNiMo4	0,32-0,40	0,50-0,80	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	0,90-1,20	0,90-1,20	0,15-0,30	–	17200
37Cr4	0,34-0,41	0,60-0,90	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200
37CrS4	0,34-0,41	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200
38Cr2	0,35-0,42	0,50-0,80	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,40-0,60	–	–	17200
38CrS2	0,35-0,42	0,50-0,80	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,40-0,60	–	–	17200
38Cr4	0,34-0,40	0,60-0,90	≤0,025	≤0,035	0,15-0,40	–	0,90-1,20	–	–	17212
38Si7	0,35-0,42	0,50-0,80	≤0,045	≤ 0,045	1,50-1,80	–	–	–	–	17221
39CrMoV139	0,35-0,42	0,40-0,70	≤0,030	≤ 0,035	0,15-0,40	–	3,00-3,50	0,80-1,10	0,15-0,25	17211
40CrMoV47	0,36-0,44	0,35-0,85	≤0,030	≤ 0,035	0,15-0,35	–	0,90-1,20	0,60-0,75	0,25-0,35	17240
41Cr4	0,38-0,45	0,60-0,90	≤0,035	≤ 0,03	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200
41CrS4	0,38-0,45	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	< 0,40	–	0,90-1,20	–	–	17200

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
41CrM04	0,38-0,44	0,50-0,80	≤0,025	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17212
42Cr4	0,38-0,44	0,60-0,90	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	-	-	17212
42CrMo4	0,38-0,45	0,50-0,80	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17200
42CrMo54	0,38-0,45	0,60-0,90	≤0,035	0,020-0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17200
44Cr2	0,42-0,48	0,60-0,90	≤0,025	≤0,035	≤0,040	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17230
45Cr2	0,42-0,48	0,50-0,80	≤0,025	≤0,035	0,15-0,40	-	0,40-0,60	-	-	17212
45Cr MoV6.7	0,40-0,50	0,60-0,80	≤0,030	≤0,030	0,15-0,35	-	1,30-1,50	0,65-0,75	0,25-0,35	17225
46Cr2	0,42-0,50	0,50-0,80	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,40-0,60	-	-	17200
46CrS2	0,42-0,50	0,50-0,80	≤0,035	0,20-0,035	≤0,040	-	0,40-0,60	-	-	17200
48Cr Mo4(e)	0,46-0,52	0,50-0,80	≤0,025	≤0,035	≤0,040	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17230
49Cr Mo4	0,46-0,52	0,50-0,80	≤0,025	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,30	-	17212
50CrMo4	0,46-0,54	0,50-0,80	≤0,035	≤0,035	0,37-0,30	-	0,90-1,20	0,15-0,30	≤0,06	17200
50CrV4	0,47-0,55	0,70-1,10	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	-	0,10-0,20	17221/ 17222
51Cr MoV4	0,48-0,56	0,70-1,00	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,90-1,20	0,15-0,25	0,07-0,12	17221
51S7	0,47-0,55	0,50-0,80	≤0,045	≤0,045	1,50-1,80	-	-	-	-	17221
55Cr3	0,52-0,59	0,70-1,00	≤0,035	≤0,035	0,15-0,40	-	0,60-0,90	-	-	17221

4. Composição Química – Norma DIN

Composição Química (%)

Designação	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	DIN nº
55Si7	0,52-0,60	0,60-0,90	≤0,040	≤0,040	1,50-2,00			-	-	17222
60SiCr7	0,55-0,65	0,70-1,00	≤0,045	≤0,045	1,50-1,80	-	0,20-0,40	-	-	17221
67SiCr5	0,62-0,72	0,40-0,60	≤0,035	≤0,035	1,20-1,40	-	0,20-0,40	-	-	17222
71Si7	0,68-0,75	0,60-0,80	≤0,035	≤0,035	1,50-1,80			-	-	17222
100Cr6	0,95-1,05	0,20-0,45	≤0,027	≤0,020	0,17-0,37	≤0,30	1,30-1,65	-	-	17230

- (a) Faixa de alumínio (metálico) = 0,020 - 0,050%
(b) Faixa de silício - 0,35% máximo, para diâmetros maiores que 26 mm.
(c) Faixa de manganês - 1,30% máximo, para diâmetros maiores que 26 mm.
(d) Faixa de carbono - 0,20% máximo, para diâmetros maiores que 26 mm.
(e) Para estes aços, % Cu - 0,030% máximo.





Propriedades Mecânicas dos Aços Laminados e Trefilados

1. Conforme SAE J1397 Mai/92
2. Durezas Esperadas em Aços-carbono e Ligados
no Estado Normalizado em Função da Bitola

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1006	Laminado	300	170	30	55	86
	Trefilado	330	280	20	45	95
1008	Laminado	303	170	30	55	86
	Trefilado	340	290	20	45	95
1010	Laminado	320	180	28	50	95
	Trefilado	370	300	20	40	105
1012	Laminado	330	180	28	50	95
	Trefilado	370	310	19	40	105
1015	Laminado	340	190	28	50	101
	Trefilado	390	320	18	40	111
1016	Laminado	380	210	25	50	111
	Trefilado	420	350	18	40	121
1017	Laminado	370	200	26	50	105
	Trefilado	410	340	18	40	116
1018	Laminado	400	220	25	50	116
	Trefilado	440	370	15	40	126
1019	Laminado	410	220	25	50	116
	Trefilado	460	380	15	40	131
1020	Laminado	380	210	25	50	111
	Trefilado	420	350	15	40	121
1021	Laminado	420	230	24	48	116
	Trefilado	470	390	15	40	131

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1022	Laminado	430	230	23	47	121
	Trefilado	480	400	15	40	137
1023	Laminado	370	210	25	50	111
	Trefilado	430	360	15	40	121
1025	Laminado	400	220	25	50	116
	Trefilado	440	370	15	40	126
1026	Laminado	440	240	24	49	126
	Trefilado	490	410	15	40	143
1030	Laminado	470	260	20	42	137
	Trefilado	520	440	12	35	149
1035	Laminado	500	270	18	40	143
	Trefilado	550	460	12	35	163
1037	Laminado	510	280	18	40	143
	Trefilado	570	480	12	35	167
1038	Laminado	520	280	18	40	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1039	Laminado	540	300	16	40	156
	Trefilado	610	510	12	35	179
1040	Laminado	520	290	18	40	149
	Trefilado	590	490	12	35	170
1042	Laminado	550	300	16	40	163
	Trefilado	610	520	12	35	179

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J 1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2")%	Z (%)	HB
1043	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1044	Laminado	550	300	16	40	163
1045	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	179
1046	Laminado	590	320	15	40	170
	Trefilado	650	540	12	35	187
1049	Laminado	600	330	15	35	179
	Trefilado	670	560	10	30	197
1050	Laminado	620	340	15	35	179
	Trefilado	690	580	10	30	197
1055	Laminado	650	360	12	30	192
1060	Laminado	680	370	12	30	201
1064	Laminado	670	370	12	30	201
1065	Laminado	690	380	12	30	207
1070	Laminado	700	390	12	30	212
1074	Laminado	720	400	12	30	217
1078	Laminado	690	380	12	30	207
1080	Laminado	770	420	10	25	229
1084	Laminado	820	450	10	25	241
1085	Laminado	830	460	10	25	248
1086	Laminado	770	420	10	25	229
1090	Laminado	840	460	10	25	248

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2°)%	Z (%)	HB
1095	Laminado	830	460	10	25	248
1108	Laminado	340	190	30	50	101
	Trefilado	390	320	20	40	121
1117	Laminado	430	230	23	47	121
	Trefilado	480	400	15	40	137
1132	Laminado	570	310	16	40	167
	Trefilado	630	530	12	35	183
1137	Laminado	610	330	15	35	179
	Trefilado	680	570	10	30	197
1140	Laminado	540	300	16	40	156
	Trefilado	610	510	12	35	170
1141	Laminado	650	360	15	35	187
	Trefilado	720	610	10	30	212
1144	Laminado	670	370	15	35	197
	Trefilado	740	620	10	30	217
1146	Laminado	590	320	15	40	170
	Trefilado	650	550	12	35	187
1151	Laminado	630	340	15	35	187
	Trefilado	700	590	10	30	207
1211	Laminado	380	230	25	45	121
	Trefilado	520	400	10	35	163
1212	Laminado	390	230	25	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	167

1. Propriedades Mecânicas Estimadas de Barras de Aço Laminadas a Quente e Trefiladas

CONFORME SAE J1397 MAI/92

SAE/AISI	Processamento	LR (MPa)	LE (MPa)	A (2*)%	Z (%)	HB
1213	Laminado	390	230	25	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	167
12L14	Laminado	390	230	22	45	121
	Trefilado	540	410	10	35	163
1524	Laminado	510	280	20	42	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1527	Laminado	520	280	18	40	149
	Trefilado	570	480	12	35	163
1536	Laminado	570	310	16	40	163
	Trefilado	630	530	12	35	187
1541	Laminado	630	350	15	40	187
	Trefilado	710	600	10	30	207
1548	Laminado	660	370	14	33	197
	Trefilado	730	620	10	28	217
1552	Laminado	740	410	12	30	217

LR = Limite de Resistência
 LE = Limite de Escoamento
 A (2*)% = Alongamento
 Z (%) = Redução em Área
 HB = Dureza Brinell

2. Durezas Esperadas em Aços-carbono e Ligados no Estado Normalizado em Função da Bitola

ABNT/ SAE/ AISI	Temperatura de normalização (°C)	Valores de dureza (HB) para diâmetros em mm			
		13 (1/2")	25 (1")	50 (2")	100 (4")

Aço-carbono para cementação

1015	925	126	121	116	116
1020	925	131	131	126	121
1022	925	143	143	137	131
1117	900	143	137	137	126

Aço-carbono para beneficiamento

1030	925	156	149	137	137
1040	900	183	170	167	167
1050	900	223	217	212	201
1060	900	229	229	223	223
1080	900	293	293	285	269
1095	900	302	293	269	255
1137	900	201	197	197	192
1141	900	207	201	201	201

Aço ligado para beneficiamento

4130	870	217	197	167	163
4140	870	302	302	285	241
4150	870	375	321	311	293
4340	870	388	363	341	321
5140	870	235	229	223	217
5150	870	262	255	248	241
5160	855	285	269	262	255
6150	870	285	269	262	255
8630	870	201	187	187	187
8640	870	269	269	262	255

Aço ligado para cementação

4118	910	170	156	143	137
4320	895	248	235	212	201
8620	915	197	183	179	163

Fonte: ASTM Metals Handbook, 10ª ed., vol. 4 - Obs.: valores médios estimados.



IV Temperabilidade

1. Ensaio de Temperabilidade Jominy
2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010
3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

1. Ensaio de Temperabilidade Jominy

Temperaturas (1,2) de normalização e austenitização adotadas no ensaio, conforme Metais Handbooks e SAE J406 Mai/98.

1) Aços das séries 1000, 1300, 1500, 4000, 4100, 4300, 4600, 4700, 5000, 6100, 8100, 8600, 8700, 8800, 9400.

Teor Máximo de Carbono (%)	Temperatura de Normalização (°C)	Temperatura de Austenitização (°C)
Até 0,25 inclusive	925	925
0,26 a 0,36 inclusive	900	870
0,37 e acima	870	845

1. Ensaio de Temperabilidade Jominy

2) Aços das séries 4800 e 9300.

Teor Máximo de Carbono (%)	Temperatura de Normalização (°C)	Temperatura de Austenitização (°C)
Até 0,25 inclusive	925	845
Aços das séries 9200 0,50 e acima	900	870

Obs.:

(1) É permissível uma variação de ± 5 °C.

(2) Para os aços H as temperaturas são as mesmas dos equivalentes padronizados.

Ex.: para aços 4032H (C = 0,30/0,37%) as temperaturas devem ser as mesmas do aço 4032 (C = 0,30/0,35%).

(3) As temperaturas de normalização e austenitização devem ser 30 °C superiores para os aços da série 6100.

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J mm	1038H		1045H		1522H		1524H		15821H		15828H		15B30H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1,5	58	51	62	55	50	41	51	42	48	41	53	47	55	48
3	56	37	59	44	48	41	49	39	48	40	53	47	53	47
5	49	25	50	30	47	32	44	26	46	36	53	46	52	46
7	33	22	35	27	46	27	38	21	43	27	52	43	51	39
9	29	20	32	26	45	22	34	-	38	-	51	35	49	25
11	27	--	31	25	42	21	30		30	-	50	24	44	20
13	26	--	30	24	39	20	27		--	-	48	21	37	-
15	25	--	29	22	37	-	25				45	20	31	
20	24	--	28	20	34		23				35	-	26	
25	22	--	28	-	32		-				29	-	22	
30	--	--	-		30						26	-	20	
35					28						25	-	-	
40					27						24	-		
45					25						23	-		
50					22						20	-		

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Distância J pol. - 1/16"	1038H		1045H		1522H		1524H		15B21H		15B28H		15B30H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	58	51	62	55	50	41	51	42	48	41	53	47	55	48
1,5	56	42	61	52	48	41	49	42	48	41	-	-	-	-
2	55	34	59	42	47	32	48	38	47	40	53	47	53	47
2,5	53	29	56	34	46	27	47	34	47	39	-	-	-	-
3	49	26	52	31	45	22	45	29	46	38	52	46	52	46
3,5	43	24	46	26	42	21	43	25	45	36	-	-	-	-
4	37	23	38	28	39	20	39	22	44	30	51	45	51	44
4,5	33	22	34	27	37	-	38	20	42	23	-	-	-	-
5	30	22	33	26	34		35	-	40	20	51	42	50	32
5,5	29	21	32	26	32		34		38	-	-	-	-	-
6	28	21	32	25	30		32		35	-	50	32	48	22
6,5	27	20	31	25	28		30		32	-	-	-	-	-
7	27	-	31	25	27		29		27	-	49	25	43	20
7,5	26	-	30	24	-		28		22	-	-	-	-	-
8	26	-	30	24	25		27		20	-	48	21	38	
9	25	-	29	23	23		26		-	-	46	20	33	
10	25	-	29	22	22		25				43	-	29	
12	24	-	28	21	20		23				37		26	
14	23	-	27	20	-		22				31		24	
16	21	-	26	-			20				29		22	
18			25	-							27		20	
20			23	-							25		-	
22			22	-							25			
24			21	-							24			
26			-	-							23			
28											22			
30											21			
32											20			

Temp. Austenitização	845°C	815°C	927°C	870°C	925°C	870°C	870°C
Temp. Normalização	870°C	870°C	927°C	870°C	925°C	900°C	900°C

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J mm	15B35H		4118H		4120H		4135H		4140H		4150H		4320H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1,5	58	51	48	41	48	41	58	51	60	53	65	59	48	41
3	56	50	46	37	47	37	58	50	60	52	65	59	47	39
5	55	49	40	27	44	31	57	49	60	52	65	58	45	35
7	54	45	34	22	40	25	56	48	59	51	65	58	42	30
9	52	32	29	-	35	22	56	46	59	50	65	57	39	27
11	47	24	27		33	20	55	42	58	48	65	57	36	25
13	39	21	25		30	-	53	39	57	46	65	56	34	23
15	32	20	24		29		52	37	57	43	64	55	32	22
20	27	-	21		26		49	32	55	38	63	51	28	-
25	25		-		24		45	30	53	35	62	47	26	
30	24				23		43	28	51	33	61	44	25	
35	23				23		41	27	49	32	60	41	25	
40	22				23		40	27	48	32	59	39	24	
45	20				22		39	26	46	31	58	38	24	
50	-				22		37	25	45	30	58	38	24	

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Distância J pol. - 1/16"	15B35H		4118H		4120H		4135H		4140H		4150H		4320H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	58	51	48	41	48	41	58	51	60	53	65	59	48	41
2	56	50	46	36	47	37	58	50	60	53	65	59	47	38
3	55	49	41	27	44	32	57	49	60	52	65	59	45	35
4	54	48	35	23	41	27	56	48	59	51	65	58	43	32
5	53	39	31	20	37	23	56	47	59	51	65	58	41	29
6	51	28	28	-	34	21	55	45	58	50	65	57	38	27
7	47	24	27		32	-	54	42	58	48	65	57	36	25
8	41	22	26		30		53	40	57	47	64	56	34	23
9	-	-	24		29		52	38	57	44	64	56	33	22
10	30	20	23		28		51	36	56	42	64	55	31	21
11	-	-	22		27		50	34	56	40	64	54	30	20
12	27	-	21		26		49	33	55	39	63	53	29	20
13	-		21		25		48	32	55	38	63	51	28	-
14	26		20		25		47	31	54	37	62	50	27	
15	-		-		24		46	30	54	36	62	48	27	
16	25				24		45	30	53	35	62	47	26	
18	-				23		44	29	52	34	61	45	25	
20	24				23		42	28	51	33	60	43	25	
22	-				23		41	27	49	33	59	41	24	
24	22				23		40	27	48	32	59	40	24	
26	-				23		39	27	47	32	58	39	24	
28	20				22		38	26	46	31	58	38	24	
30	-				22		38	26	45	31	58	38	24	
32					22		37	26	44	30	58	38	24	

Temp. Austenitização	845°C	925°C	925°C	845°C	845°C	845°C	925°C
Temp. Normalização	870°C	925°C	925°C	870°C	870°C	870°C	925°C

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J mm	4340H		5150H		5160H		51B60H		6150H		8617H		8620H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1,5	60	53	65	59	-	60		60	65	59	46	39	48	41
3	60	53	65	58	-	60	-	60	65	58	44	33	47	37
5	60	53	64	57	-	60	-	60	65	57	42	27	44	31
7	60	53	63	54	-	59	-	60	64	55	37	23	40	25
9	60	53	62	50	65	57	-	59	63	53	32	20	35	22
11	60	53	60		64	52	-	58	63	50	29	-	33	20
13	60	52	58	37	64	46	-	56	61	46	27		30	-
15	60	52	57	35	62	40	-	52	60	42	25		29	
20	59	50	52	31	58	36	65	40	58	37	23		26	
25	58	48	47	29	52	34	63	37	53	35	22		24	
30	58	46	44	28	48	32	61	35	50	33	20		23	
35	57	44	42	27	46	30	57	32	47	31	-		23	
40	57	43	40	26	44	28	54	30	45	29			23	
45	56	42	39	24	42	27	51	28	44	27			22	
50	56	40	38	22	41	27	47	25	43	25			22	

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Distância J pol. - 1/16"	4340H		5150H		5160H		51B60H		6150H		8617H		8620H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	60	53	65	59	-	60	-	60	65	59	46	39	48	41
2	60	53	65	58	-	60	-	60	65	58	44	33	47	37
3	60	53	64	57	-	60	-	60	64	57	41	27	44	32
4	60	53	63	56	65	59	-	60	64	56	38	24	41	27
5	60	53	62	53	65	58	-	60	63	55	34	20	37	23
6	60	53	61	49	64	56	-	59	63	53	31	-	34	21
7	60	53	60	42	64	52	-	58	62	50	28		32	-
8	60	52	59	38	63	47	-	57	61	47	27		30	
9	60	52	58	36	62	42	-	54	61	43	26		29	
10	60	52	56	34	61	39	-	50	60	41	25		28	
11	59	51	55	33	60	37	-	44	59	39	24		27	
12	59	51	53	32	59	36	65	41	58	38	23		26	
13	59	50	51	31	58	35	65	40	57	37	23		25	
14	58	49	50	31	56	35	64	39	55	36	22		25	
15	58	49	48	30	54	34	64	38	54	35	22		24	
16	58	48	47	30	52	34	63	37	52	35	21		24	
18	58	47	45	29	48	33	61	36	50	34	21		23	
20	57	46	43	28	47	32	59	34	48	32	20		23	
22	57	45	42	27	46	31	57	33	47	31	-		23	
24	57	44	41	26	45	30	55	31	46	30			23	
26	57	43	40	25	44	29	53	30	45	29			23	
28	56	42	39	24	43	28	51	28	44	27			22	
30	56	41	39	23	43	28	49	27	43	26			22	
32	56	40	38	22	42	27	47	25	42	25			22	

Temp. Austenitização	845°C	845°C	845°C	845°C	870°C	925°C	925°C
Temp. Normalização	870°C	870°C	870°C	870°C	900°C	925°C	925°C

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J mm	8622H		8630H		86B30H		8640H		8642H		8645H		86B45H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1,5	50	43	56	49	56	49	60	53	62	55	63	56	63	56
3	50	39	55	46	56	49	60	53	62	54	63	56	63	56
5	47	34	54	42	55	48	60	52	62	53	63	55	63	55
7	43	28	51	37	55	48	60	50	61	51	63	53	62	54
9	39	25	48	33	54	48	58	47	60	49	62	51	62	53
11	35	22	44		54	47	57	42	59	46	61	48	61	52
13	32	20	41	27	53	46	55	38	58	42	59	45	61	51
15	31	-	38	26	53	44	53	35	56	38	58	41	60	51
20	28		34	23	52	39	48	30	52	32	54	34	59	49
25	26		31	21	50	35	43	28	47	29	49	31	58	45
30	25		30	20	48	33	40	26	44	28	46	29	58	40
35	24		29		46	30	39	25	41	27	43	28	57	36
40	24		29		43	28	38	24	40	27	42	27	57	33
45	24		29		41	27	37	24	39	26	42	27	56	32
50	24		29		40	25	37	24	39	26	41	27	56	31

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Distância J pol. - 1/16"	8622H		8630H		86B30H		8640H		8642H		8645H		86B45H	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
1	50	43	56	49	56	49	60	53	62	55	63	56	63	56
2	49	39	55	46	55	49	60	53	62	54	63	56	63	56
3	47	34	54	43	55	48	60	52	62	53	63	55	62	55
4	44	30	52	39	55	48	59	51	61	52	63	54	62	54
5	40	26	50	35	54	48	59	49	61	50	62	52	62	54
6	37	24	47	32	54	48	58	46	60	48	61	50	61	53
7	34	22	44	29	53	48	57	42	59	45	61	48	61	52
8	32	20	41	28	53	47	55	39	58	42	60	45	60	52
9	31	-	39	27	52	46	54	36	57	39	59	41	60	51
10	30		37	26	52	44	52	34	55	37	58	39	60	51
11	29		35	25	52	42	50	32	54	34	56	37	59	50
12	28		34	24	51	40	49	31	52	33	55	35	59	50
13	27		33	23	51	39	47	30	50	32	54	34	59	49
14	26		33	22	50	38	45	29	49	31	52	33	59	48
15	26		32	22	50	36	44	28	48	30	51	32	58	46
16	25		31	21	49	35	42	28	46	29	49	31	58	45
18	25		30	21	48	34	41	26	44	28	47	30	58	42
20	24		30	20	47	32	39	26	42	28	45	29	58	39
22	24		29	20	45	31	38	25	41	27	43	28	57	37
24	24		29	-	44	29	38	25	40	27	42	28	57	35
26	24		29		43	28	37	24	40	26	42	27	57	34
28	24		29		41	27	37	24	39	26	41	27	57	32
30	24		29		40	26	37	24	39	26	41	27	56	32
32	24		29		39	25	37	24	39	26	41	27	56	31

Temp. Austenitização	925°C	870°C	870°C	845°C	845°C	845°C	845°C
Temp. Normalização	925°C	900°C	900°C	870°C	870°C	870°C	870°C

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Obs.: valores de dureza em HRC.

Distância J mm	9259H		9260H		9310H		94B15H		94B17H		94B30H	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
1,5	-	60	-	60	43	36	45	38	46	39	56	49
3	-	60	-	60	43	35	45	38	46	39	56	49
5	-	60	65	58	43	34	45	37	46	38	55	48
7	65	59	63	50	42	33	44	34	45	36	55	47
9	64	57	62	42	42	31	42	29	44	31	54	46
11	64	52	60		42	30	40	25	43	26	53	44
13	63	46	58	36	41	28	38	23	41	24	53	41
15	62	42	54	35	40	27	36	20	39	22	52	38
20	59	37	47	33	38	26	31	-	34	-	50	31
25	52	33	40	32	36	25	28		30		46	26
30	48	32	38	31	35	25	26		28		43	24
35	45	33	37	30	35	25	24		26		40	23
40	42	29	36	29	34	25	23		25		37	22
45	39	28	35	28	34	24	22		24		36	21
50	37	27	35	28	33	24	22		23		34	20

2. Temperabilidade dos Aços conforme SAE J1268:2010

Distância J pol. - 1/16"	9259H		9260H		9310H		94B15H		94B17H		94B30H	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	-	60	-	60	43	36	45	38	46	39	56	49
2	-	60	-	60	43	35	45	38	46	39	56	49
3	-	60	65	57	43	35	44	37	45	38	55	48
4	65	59	64	53	42	34	44	36	45	37	55	48
5	65	58	63	46	42	32	43	32	44	34	54	47
6	64	56	62	41	42	31	42	28	43	29	54	46
7	64	52	60	38	42	30	40	25	42	26	53	44
8	63	47	58	36	41	29	38	23	41	24	53	42
9	62	43	55	36	40	28	36	21	40	23	52	39
10	62	40	52	35	40	27	34	20	38	21	52	37
11	61	39	49	34	39	27	33	-	36	20	51	34
12	60	38	47	34	38	26	31		34	-	51	32
13	58	37	45	33	37	26	30		33		50	30
14	56	35	43	33	36	26	29		32		49	29
15	54	34	42	32	36	26	28		31		48	28
16	52	33	40	32	35	26	27		30		46	27
18	49	32	38	31	35	26	26		28		44	25
20	46	31	37	31	35	25	25		27		42	24
22	45	31	36	30	34	25	24		26		40	23
24	43	30	36	30	34	25	23		25		38	23
26	41	29	35	29	34	25	23		24		37	22
28	39	28	35	29	34	25	22		24		35	21
30	38	28	35	28	33	24	22		23		34	21
32	36	27	34	28	33	24	22		23		34	20

Temp. Austenitização	870°C	870°C	845°C	925°C	925°C	870°C
Temp. Normalização	900°C	900°C	925°C	925°C	925°C	900°C

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN "J" (mm)	Ck35 Cm35		Ck40 Cm40		Ck45 Cm45		Ck50 Cm50		Ck55 Cm55		Ck60 Cm60	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	58	48	60	51	62	55	63	56	65	58	67	60
2	57	40	60	46	61	51	62	53	64	55	66	57
3	55	33	59	35	61	37	61	44	63	47	65	50
4	53	24	57	27	60	30	60	34	62	37	63	39
5	49	22	53	25	57	28	58	31	60	33	62	35
6	41	20	47	24	51	27	55	30	57	32	59	33
7	34	-	39	23	44	26	50	30	52	31	54	32
8	31	-	34	22	37	25	43	29	45	30	47	31
9	28	-	31	21	34	24	36	28	37	29	39	30
10	27	-	30	20	33	23	35	27	36	28	37	29
11	26	-	29	-	32	22	34	26	35	27	36	28
13	25	-	28	-	31	21	33	25	34	26	35	27
15	24	-	27	-	30	20	32	24	33	25	34	26
20	23	-	26	-	29	-	31	23	32	24	33	25
25	20	-	25	-	28	-	29	20	30	22	31	23
30	-	-	24	-	27	-	28	-	29	20	30	21
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	38Cr4		41Cr4 41Cr4 41Cr54		42Cr2		45Cr2	
	"J" (mm)	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
1	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	58	51	61	53	60	53	62	54
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	58	50	61	52	60	52	60	49
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	58	48	60	50	60	50	57	40
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	57	44	59	47	59	47	52	32
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	55	39	58	41	58	44	46	28
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	52	36	56	37	56	40	42	25
13	50	33	54	34	54	37	40	23
15	48	31	52	33	52	35	38	22
20	42	26	46	29	46	30	35	20
25	39	24	42	26	42	27	33	-
30	37	22	40	23	40	25	31	-
35	36	20	38	21	38	23	29	-
40	35	-	37	-	37	22	28	-
45	34	-	36	-	36	21	27	-
50	33	-	35	-	35	20	26	-

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

46Cr2 46CrS2		25Cr MoS4 25Cr MoS4 25Cr MoS4		32CrMo12		34CrMo4 34CrMoS4		41CrMo4	
Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63	54	52	44	57	49	57	49	60	53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	49	52	43	57	48	57	49	60	53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	40	51	40	57	48	57	48	60	52
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	32	50	37	57	48	56	45	60	51
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	28	48	34	57	47	55	42	60	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	25	46	32	57	47	54	39	59	48
42	23	43	29	57	47	53	36	59	45
39	22	41	27	56	46	52	34	58	43
36	20	37	23	56	46	48	30	56	38
33	-	35	21	55	46	45	28	53	35
32	-	33	20	55	46	43	27	51	34
31	-	32	-	55	45	41	26	48	33
30	-	31	-	54	45	40	25	47	32
29	-	31	-	54	44	40	24	46	32
29	-	31	-	53	44	39	24	45	32

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

"J" (mm)	DIN	42CrMo4 42CrMo4 42CrMoS4		49CrMo4		50CrMo4 50CrMo4		30CrMoV9 30CrMoV9	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	61	53	63	56	65	58	56	48	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	61	53	63	55	65	58	56	48	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	61	52	63	54	64	57	56	47	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	60	51	63	53	64	55	56	47	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	60	49	63	51	63	54	56	46	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	59	43	62	50	63	53	56	46	
13	59	40	61	48	63	51	55	45	
15	58	37	60	46	62	48	55	44	
20	56	34	59	42	61	45	54	41	
25	53	32	57	40	60	41	53	39	
30	51	31	55	39	58	39	52	38	
35	48	30	54	38	57	38	51	37	
40	47	30	53	37	55	37	50	36	
45	46	29	52	36	54	36	49	35	
50	45	29	52	36	54	36	48	34	

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

15CrNi6 15CrNi6		18CrNi8 18CrNi8		17CrNiMo6		30CrNiMo8 30CrNiMo8		34CrNiMo6 34CrNiMo6	
Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	39	49	41	48	40	56	48	58	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	38	49	41	48	40	56	48	58	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	36	49	40	48	39	56	48	58	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	35	49	39	48	38	56	48	58	50
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	32	49	39	47	37	55	47	57	49
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	30	49	38	47	36	55	47	57	48
41	28	-	37	46	35	55	47	57	48
39	26	49	36	46	34	55	46	57	48
37	24	48	35	44	32	55	46	57	48
35	22	47	35	43	31	54	45	57	47
34	21	47	34	42	30	54	45	57	47
34	20	46	24	41	29	54	44	57	47
33	20	46	33	41	29	54	44	57	46
-	-	-	-	-	-	54	43	57	45
-	-	-	-	-	-	54	43	57	44

3. Temperabilidade dos Aços Norma DIN em 10083 e 10084

Obs.: valores de dureza em HRC.

DIN	36CrNiMo4		61 50H (50CrV4)		- 28Mn6		16MnCr5 16MnCr5 16MnCr55		20MnCr5 20MnCr5 20MnCr55		20MnCr4 20MoCr4 20MoCr54		8620H 21NiCrMo2 21NiCrMo52	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	59	51	65	57	55	46	47	39	49	41	49	41	49	41
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	59	50	65	56	54	43	46	35	49	39	47	37	48	37
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	58	49	64	56	51	37	44	31	48	36	44	31	46	32
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	58	49	64	55	48	27	41	28	46	33	41	27	43	25
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	57	48	63	53	44	21	37	24	44	31	38	24	39	22
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	57	47	63	52	41	-	35	22	42	29	35	22	35	20
13	57	46	63	50	48	-	34	20	41	27	33	-	33	-
15	56	45	62	48	35	-	33	-	40	25	31	-	31	-
20	55	43	62	44	31	-	31	-	37	23	28	-	28	-
25	54	41	62	41	29	-	30	-	35	21	26	-	27	-
30	53	39	61	37	27	-	29	-	34	-	25	-	26	-
35	52	38	60	35	26	-	28	-	33	-	24	-	25	-
40	51	36	60	34	25	-	27	-	31	-	24	-	24	-
45	50	34	59	33	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	49	33	58	32	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

V Definições e Tabelas

1. Aços Construção Mecânica
2. Conformação Mecânica
 - 2.1. Laminação
3. Acabados a Frio
 - 3.1. Trefilação
 - 3.2. Descascamento
 - 3.3. Retífica
4. Diagramas
 - 4.1. Diagrama Ferro - Carbono
 - 4.2. Teor de Carbono x Propriedades Mecânicas
 - 4.3. Diagrama Tensão x Deformação de Engenharia
5. Tratamentos Térmicos
 - 5.1. Temperaturas de Recozimento e Têmpera, Normalização dos Aços-carbono
 - 5.2. Resfriamento na Têmpera Convencional
 - 5.3. Representação Esquemática:
Recozimento - Têmpera - Revenido
6. Sistema de Codificação SAE/AISI
7. Tabelas de Equivalência
8. Tabelas de Conversões, Durezas e Resistências



1. Aços Construção Mecânica

Quanto ao tipo de aço

- Aços-carbono: são aços com baixo, médio e alto teor de carbono, de composição química definida em faixas amplas. Os aços baixo carbono possuem no máximo 0,30% de carbono e os médio carbono possuem de 0,30% a 0,60%. Os aços alto carbono possuem de 0,60% a 1,00% de carbono.
- Aços com elementos de liga: são aços ao carbono que contêm outros elementos em teores não residuais que conferem ao aço características mecânicas e físicas especialmente melhoradas, como propriedades mecânicas, tenacidade, temperabilidade, etc.
- São classificados como aços de baixa liga quando a adição desses elementos não ultrapassa 8% e de alta liga no caso de teores superiores a 8%.
- Os aços microligados são utilizados em aços de baixo carbono, onde promovem um conjunto de mecanismos de endurecimento, como refino de grão, precipitação de segunda fase, apatidão ao encruamento, etc.

2. Conformação Mecânica

Os processos de conformação mecânica alteram a geometria do material por meio de forças aplicadas por ferramentas adequadas que podem variar desde pequenas matrizes até grandes cilindros, como os empregados na laminação. Em função da temperatura e do material utilizado, a conformação mecânica pode ser classificada como trabalho a frio, a morno e a quente.

Cada um desses trabalhos fornecerá características especiais ao material e à peça obtida. Essas características serão função da matéria-prima utilizada, como composição química e estrutura metalúrgica (natureza, tamanho, forma e distribuição das fases presentes), e das condições impostas pelo processo, tais como o tipo e o grau de deformação, a velocidade de deformação e a temperatura em que o material é deformado.

2.1. Laminação

Processo no qual o material passa através da abertura entre cilindros que giram, modificando (em geral reduzindo) a secção transversal. Os produtos podem ser placas, chapas, barras de diferentes secções, trilhos, perfis diversos, anéis e tubos.

- Fio-máquina: laminado a quente fornecido em rolo, não possuindo acabamento por usinagem ou deformação a frio.
- Barra: laminado a quente fornecido em feixe de peças retilíneas, sem acabamento por usinagem ou deformação a frio.

3. Acabados a Frio

3.1. Trefilação

Consiste no tracionamento da barra em uma matriz (fieira) com redução da secção, colocando-a na bitola e no acabamento desejados. O processo é realizado a frio. Além da vantagem de colocar as barras dentro de bitolas e tolerâncias determinadas, pelo fenômeno de encruamento dos grãos, confere aos materiais uma alteração das características mecânicas, que poderão ser aproveitadas para facilitar as operações fabris subseqüentes e para melhorar a performance da peça final.

3.2. Descascamento

Processo de usinagem não convencional, similar ao processo de torneamento em torno multifuso, no qual o que gira é o conjunto de ferramentas presas à placa, diferentemente do processo de torneamento, no qual é a barra que gira.

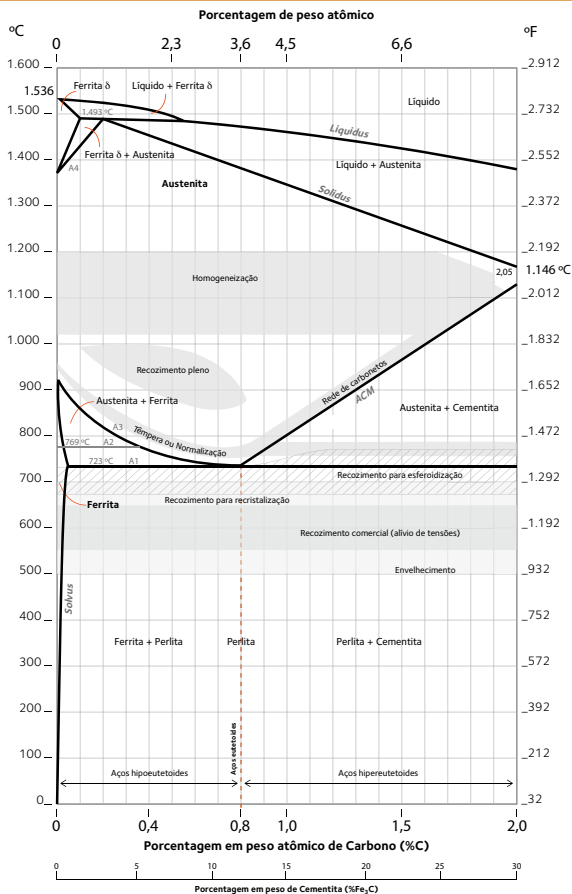
3.3. Retífica

Consiste em obter a bitola final retificando-se as barras por meio de rebolos. Antes de retificar, aconselha-se uma calibragem da bitola da barra laminada por trefilação ou descascamento a uma bitola final, para evitar a ovalização (diferença entre o maior e o menor diâmetro verificado numa secção da barra) das barras laminadas. A trepidação motivada por essa ovalização pode acarretar danos ao material processado e ao equipamento.

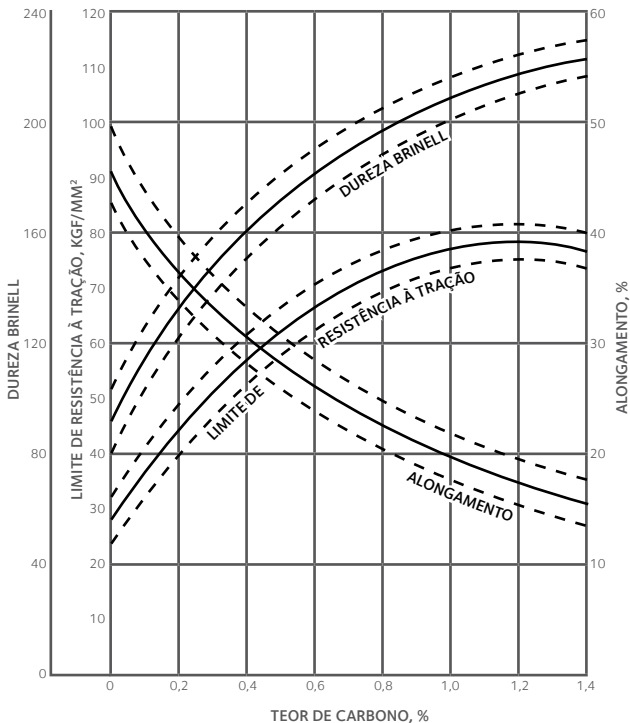
Os benefícios da retificação residem na melhor qualidade do acabamento superficial e na precisão dimensional com tolerâncias mais estreitas.

4. Diagramas

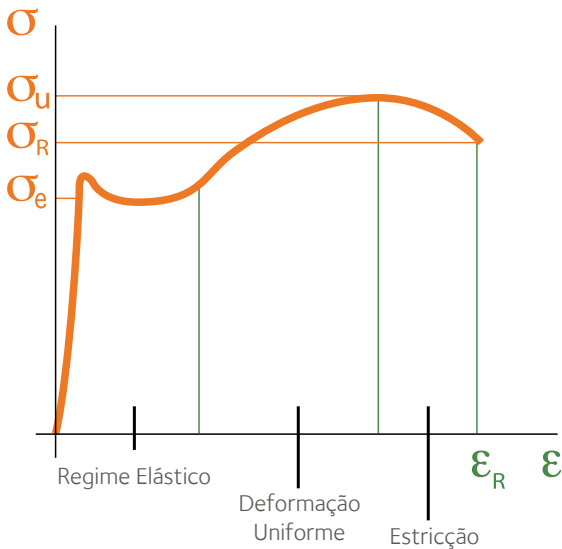
4.1. Diagrama Ferro – Carbono



4.2. Teor de Carbono x Propriedades Mecânicas



4.3. Diagrama Tensão x Deformação de Engenharia



σ_u : tensão última (máxima tensão que se atinge)

σ_R : tensão de ruptura

σ_e : tensão de escoamento

ϵ_R : deformação de ruptura

5. Tratamentos Térmicos

Introdução

A construção mecânica exige peças metálicas de acordo com determinados requisitos, de modo que elas sejam aptas a suportar satisfatoriamente as condições de serviço a que estarão sujeitas. Esses requisitos relacionam-se principalmente com completa isenção de tensões internas e propriedades mecânicas compatíveis com cargas previstas.

Os processos de produção nem sempre fornecem os materiais de construção nas condições desejadas: as tensões que se originam nos processos de fundição, conformação mecânica e mesmo na usinagem criam sérios problemas de distorções e empenamentos, e as estruturas resultantes frequentemente não são as mais adequadas, afetando, em consequência, no sentido negativo, as propriedades mecânicas dos materiais. Por esses motivos, há necessidade de submeter as peças metálicas, antes de serem definitivamente colocadas em serviço, a determinados tratamentos que objetivem eliminar ou minimizar aqueles inconvenientes.

Os tratamentos mencionados são os chamados tratamentos térmicos, que envolvem operações de aquecimento e resfriamento subsequente, dentro de condições controladas de temperatura, tempo a temperatura, velocidade de resfriamento e ambiente.

Recozimento

Seus objetivos principais são os seguintes: remover tensões provenientes dos processos de fundição e conformação mecânica a quente ou a frio, diminuir a dureza, melhorar a ductilidade, ajustar o tamanho de grão, regularizar a textura bruta de fusão, produzir uma estrutura definida, eliminar, enfim, os defeitos de quaisquer tratamentos mecânicos e térmicos a que o material tenha sido anteriormente submetido. O tratamento genérico de recozimento compreende os tratamentos específicos a seguir.

Recozimento Total ou Pleno

O material é geralmente aquecido a uma temperatura acima da de recristalização (zona crítica de aços), seguindo-se um resfriamento lento (dentro do forno). O tratamento aplica-se a todas as ligas Fe-C e a um grande número de ligas não ferrosas, tais como cobre e suas ligas, ligas de alumínio, ligas de magnésio, de níquel, titânio e outras ligas. Recozimento em caixa, aplicado principalmente em aços, sob uma atmosfera protetora, para eliminar o efeito do encruamento e proteger a superfície da oxidação. As peças de aço são geralmente na forma de bobinas, tiras ou chapas.

Recozimento para Alívio de Tensões

Não é necessário atingir a faixa de temperatura correspondente à recristalização. O objetivo é aliviar as tensões originadas durante a solidificação de peças fundidas ou produzidas em operações de conformação mecânica, corte, soldagem ou usinagem. O tratamento aplica-se a todas as ligas Fe-C, a ligas de alumínio, cobre e suas ligas, titânio e algumas de suas ligas, ligas de magnésio, de níquel, etc.

Coalescimento (Esferoidização)

Aplicável em aços de médio a alto teor de carbono, com o objetivo de promover o máximo amolecimento do material. Consiste no aquecimento prolongado do aço a uma temperatura na vizinhança da zona de temperaturas críticas – mas, em geral, ligeiramente abaixo dela – seguido de resfriamento lento.

Normalização

É um tratamento muito semelhante ao recozimento, pelo menos quanto aos seus objetivos. A diferença consiste no fato de que o resfriamento posterior é menos lento – ao ar, por exemplo –, o que dá como resultado uma estrutura mais fina que a produzida no recozimento e, conseqüentemente, de propriedades mecânicas ligeiramente superiores.

Têmpera

É este o tratamento térmico mais importante dos aços, principalmente dos que são empregados em construção mecânica. As condições de aquecimento são muito parecidas com as que ocorrem no recozimento ou na normalização. O resfriamento, entretanto, é muito rápido, para o que se empregam geralmente meios líquidos, nos quais as peças são mergulhadas depois de aquecidas convenientemente.

Resultam, nos aços temperados, modificações estruturais muito intensas que levam a um grande aumento da dureza, da resistência ao desgaste e da resistência à tração, ao mesmo tempo em que as propriedades relacionadas à ductilidade sofrem uma apreciável diminuição e tensões internas são originadas em grande intensidade. Essas tensões internas são de duas naturezas: tensões estruturais e tensões térmicas, estas últimas pelo fato de as diferentes secções das peças se resfriarem em velocidades diferentes.

Os inconvenientes causados por essas tensões internas, associados à excessiva dureza e à quase total ausência de ductilidade do aço temperado, exigem um tratamento térmico corretivo posterior, chamado revenimento.

Revenimento

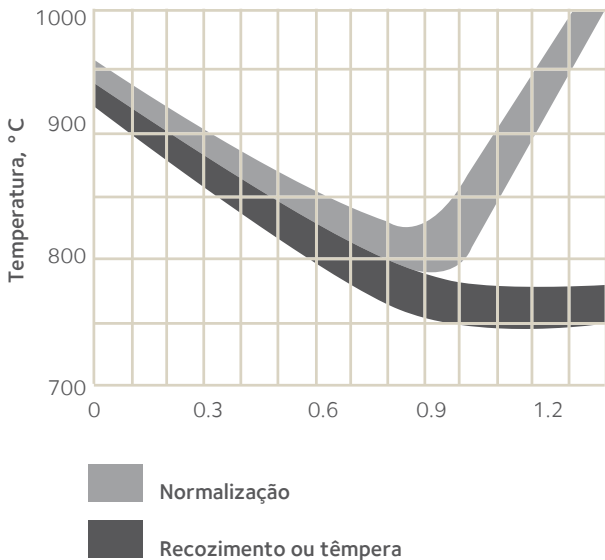
Aplicado nos aços temperados imediatamente após a têmpera, em temperaturas inferiores à da zona crítica, resultando em modificação da estrutura obtida na têmpera. A alteração estrutural que se verifica no aço temperado em consequência do revenido melhora a ductilidade, reduzindo os valores de dureza e resistência à tração, ao mesmo tempo em que tensões internas são aliviadas ou eliminadas. Dependendo da temperatura em que se processa o revenido, a modificação estrutural é tão intensa que determinados aços adquirem as melhores condições de usabilidade. O tratamento que produz esse efeito é chamado coalescimento. Os tratamentos de têmpera e revenimento estão sempre associados.

Tratamentos Termoquímicos

São assim chamados os tratamentos térmicos realizados em condições de ambiente tais que promovam uma modificação superficial da composição química do material. Aplicam-se aos aços e têm como objetivo fundamental aumentar a dureza e a resistência ao desgaste da superfície, até uma certa profundidade, de peças de aço, ao mesmo tempo em que o núcleo, cuja composição química não foi afetada, mantém-se tenaz. Os tratamentos termoquímicos mais importantes são:

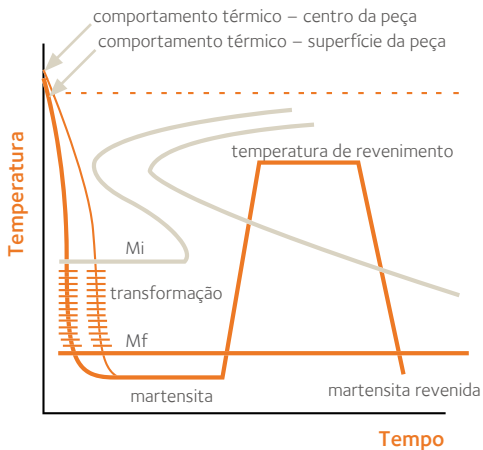
- Cementação, que consiste no enriquecimento superficial do carbono de peças de aço de baixo carbono. A temperatura de aquecimento é superior à temperatura crítica, e as peças devem ser envolvidas por um meio carbonetante, que pode ser sólido (carvão), gasoso (atmosfera rica em CO_2) ou líquido (banhos de sal à base de cianetos). O meio de resfriamento – água, óleo ou polímeros – promove a têmpera da peça cementada.
- Nitretação, que consiste no enriquecimento superficial de nitrogênio, que se combina com certos elementos dos aços formando nitretos de alta dureza e resistência ao desgaste. As temperaturas de nitretação são inferiores às da zona crítica, e os aços nitrados não exigem têmpera posterior. O tratamento é feito em atmosfera gasosa, rica em nitrogênio, ou em banho de sal.
- Carbonitretação ou cianetação, endurecimento superficial que consiste na introdução simultânea, na superfície do aço, de carbono e nitrogênio. Esse tratamento é realizado em banhos de sal, em temperaturas acima da zona crítica, seguido de têmpera. A carbonitretação ou cianetação a gás tem o mesmo objetivo que a cianetação, ou seja, a introdução superficial simultânea de carbono e nitrogênio, porém em atmosfera gasosa.
- Existem outros tratamentos térmicos ou termoquímicos mais particulares, entre os quais podem-se citar têmpera superficial, patenteamento, maleabilização, etc.

5.1. Temperaturas de Recozimento e Têmpera, Normalização dos Aços-carbono

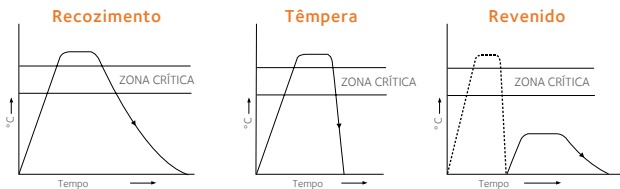


Temperaturas mais adequadas à normalização, recozimento e têmpera em função do teor de carbono no aço.

5.2. Resfriamento na Têmpera Convencional



5.3. Representação Esquemática: Recozimento – Têmpera – Revenido





6. Sistema de Codificação SAE/AISI

Designação		Tipo de Aço
SAE	AISI	
10XX	C10XX	Aços-carbono comuns
11 XX	C11XX	Aços de usinagem (ou corte) fácil, com alto S
13XX	13XX	Aços-manganês com 1,75% de Mn
23XX	23XX	Aços-níquel com 3,5% de Ni
25XX	25XX	Aços-níquel com 5,0% de Ni
31XX	31XX	Aços-níquel-cromo com 1,25% de Ni e 0,65% de Cr
33XX	E33XX	Aços-níquel-cromo com 3,5% de Ni e 1,55% de Cr
40XX	40XX	Aços-molibdênio com 0,25% de Mo
41XX	41XX	Aços-cromo-molibdênio com 0,50% ou 0,90% de Cr e 0,12 % ou 0,20% de Mo
43XX	43XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,80% de Ni, 0,50% ou 0,80% de Cr e 0,25% de Mo
46XX	46XX	Aços-níquel-molibdênio com 1,55% ou 1,80% de Ni, 0,20% ou 0,25% de Mo
47XX	47XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr e 0,20% de Mo
48XX	48XX	Aços-níquel-molibdênio com 3,50% de Ni e 0,25% de Ni e 0,25% de Mo
50XX	50XX	Aços-cromo com 0,28% ou 0,65% de Cr
50BXX	50BXX	Aços-cromo-boro com baixo teor de Cr e no mínimo 0,0005% de B
51XX	51XX	Aços-cromo com 0,80% a 1,05% de Cr

6. Sistema de Codificação SAE/AISI

Designação		Tipo de Aço
SAE	AISI	
61XX	61XX	Aços-cromo-vanádio com 0,80% ou 0,95% de Cr e 0,10% ou 0,15% de V
86XX	86XX	Aços-níquel-molibdênio com baixos teores de Ni, Cr e Mo
87XX	87XX	Idem
92XX	92XX	Aços-silício-manganês com 0,85% de Mn e 2,0% de Si
93XX	93XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 3,25% de Ni, 1,20% de Cr e 0,12% de Mo
94BXX	94BXX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com baixos teores de Ni, Mo e no mínimo 0,0005% de B
98XX	98XX	Aços-níquel-cromo-molibdênio com 1,0% de Ni, 0,80% de Cr e 0,25% de Mo

6. Sistema de Codificação SAE/AISI

Sistema de Codificação (DIN EN 10027-1)

- Um número que é 100 vezes o teor especificado de carbono.
- Uso dos símbolos dos elementos químicos que indicam os elementos de liga que caracterizam o aço em questão.
- A sequência dos símbolos deve estar em ordem decrescente de seu teor; quando o valor dos teores for o mesmo para dois ou mais elementos, os símbolos correspondentes devem ser indicados em ordem alfabética.
- Números indicando os teores dos elementos de liga. Cada número representa, respectivamente, a percentagem média do elemento indicado multiplicada pelos fatores dados pela tabela abaixo e arredondada para o mais próximo inteiro. Números que se referem a diferentes elementos devem ser separados por hifens.
- Exemplo: aço 37Cr54. Este aço possui 0,37% de carbono, 0,90% de cromo ($4 \times 0,90\% = 3,60\%$, arredondando = 4), além de enxofre.

Elemento	Fator
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

6. Sistema de Codificação SAE/AISI

AÇOS LIGADOS PARA BENEFICIAMENTO

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1330	30Mn5	-	SCMn2	120M36	-
4037	-	-	-	605A37	-
5140	41Cr	41Cr4	SCr4	530H40	42C4
4130	30CrMo4	30CrMo4	SCM2	708A 30	30CD4
4140	42CrMo4	42CrMo4	SCM4	708M40	42CD4
4142	41CrMo4	41CrMo4	SCM440	708A42	42CD4
4150	50CrMo4	-	SCM445	708A47	-
4140	42CrMo4	42CrMo4	SCM44	708M40	42CD4
4340	40CrNiMo6	-	SNCM8	817M40	35NCD6
5135	34Cr4	38Cr4	SCr3	530A36	38C4
5140	41Cr4	41Cr4	SCr4	530A40	42C4
5160	-	-	-	527A60	-
6150	50CrV4	50CrV4	SUP10	735A50	50CV4
8630	30NiCrMo22	-	-	-	30NCD2
8640	40NiCrMo22	40NiCrMo22	SNCN6	-	40NCD2TS
8645	-	-	SNCN7	-	-
8650	-	-	-	-	-
-	17200	7845	33.05	970 part 1	A35-552

6. Sistema de Codificação SAE/AISI

AÇOS LIGADOS PARA CEMENTAÇÃO

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
4118	-	-	SCM415	-	-
4320	-	-	SNM23	820M17	20NCD7
4817	-	-	-	-	-
4820	-	-	-	-	-
5115	16MnCr5	16MnCr5	-	527M17	16MC5
ABNT 5116	16MnCr5	16MnCr5	-	590M17	16MC5
ABNT 5119	20MnCr5	20MnCr5	-	-	20MC5
5120	20MnCr5	20MnCr5	SMnC420	-	20MC5
8115	-	-	-	-	-
8615	-	-	-	-	-
8620	21NiCrMo2	-	SNM21	805M20	20NCD2
8822	-	-	-	-	-
-	17210	7846	-	970 part 1	A 35-551

7. Tabelas de Equivalência

AÇOS PARA MOLAS

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
-	55Si7	55Si7	SUP6	250 A 58	RH388
5160	-	55Cr3	SUP9A	527 A 60	55C 3
51B60	-	-	SUP11	-	-
6150	50CrV4	50CrV4	SUP10	735 A 50	50CV4
61B50	-	-	-	-	-
ABNT 6158	58CrV4	-	-	-	-
9260	60Si7	60Si7	SUP7	250 A 61	60S7
NBR 9162	17221/22	3545	64801	970 part 5	A35-571

AÇOS PARA ROLAMENTOS

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
52100	100Cr6	100Cr6	SUP2	-	100C6
-	-	3097	G4805	-	A35-565

7. Tabelas de Equivalência

AÇOS DE USINAGEM FÁCIL

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1213	11SMn30	CF9SMn28	SUM22	230M07	S250
1215	11SMn37	CF9SMn36	SUM23	240M07	S300
1117	-	-	SUM31	-	-
1137	-	CF35SMn10	SUM41	-	35MF6
1140	35S20	-	-	212M36	35MF6
1141	-	-	SUM42	-	-
1151	-	-	-	-	-
-	1651	4838	G4804	970 part 1	A35-562

AÇOS LIGADOS PARA DEFORMAÇÃO A FRIO

ABNT/SAE AISI/ASTM	DIN	UNI	JIS	BS	AFNOR
1010	Cq10	CB10FF	SWRCH10A	045A10	CC10
1015	Cq15	-	SWRCH15A	050A15	-
ABNT 1035	Cq35	-	-	-	-
ABNT 1038	-	38Cr1KB	-	-	-
4140	42CrMo4	-	SCM4	708M40	42CD4
5016	-	-	-	-	-
5135	34Cr4	34Cr4KB	SCr3	530A36	-
ABNT 5141	41Cr4	41Cr4KB	SCr4	530M40	42C4
NBR 6325/7003	1654	7536	-	-	-

8. Tabelas de Conversões, Durezas e Resistências

Impr. mm carga 3000 kgf esfera 10 mm	Dureza Brinell(*) HB	Resistência à tração (kgf/mm ²)			HRC	HRB	Dureza Vickers (**)HV	Dureza Shore
		Aço- Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34				
-	-	-	-	-	68,0	-	940	97
-	-	-	-	-	67,5	-	920	96
-	-	-	-	-	67,0	-	900	95
-	(767)	276,1	268,4	260,7	66,4	-	880	93
-	(757)	272,4	264,9	257,3	65,9	-	860	92
2,25	(745)	268,2	260,8	253,3	65,3	-	840	91
2,30	(710)	255,6	248,5	241,4	63,3	-	780	87
2,35	(682)	245,5	238,7	231,9	61,7	-	737	84
2,40	(653)	235,1	228,6	222,0	60,0	-	697	81
2,45	627	225,7	219,5	213,2	58,7	-	667	79
2,50	601	216,4	210,4	204,3	57,3	-	640	77
2,55	578	208,1	202,3	196,5	56,0	-	615	75
2,60	555	199,8	194,3	188,7	54,7	-	591	73
2,65	534	192,2	186,9	181,6	53,5	-	569	71
2,70	514	185,0	179,9	174,8	52,1	-	547	70
2,75	495	178,2	173,3	168,3	51,0	-	528	68
2,80	477	171,7	167,0	162,2	49,6	-	508	66
2,85	461	166,0	161,4	156,7	48,5	-	491	65
2,90	444	159,8	155,4	151,0	47,1	-	472	63
2,95	429	154,4	150,2	145,9	45,7	-	455	61
3,00	415	149,4	145,3	141,1	44,5	-	440	59
3,05	401	144,4	140,4	136,3	43,1	-	425	58

8. Tabelas de Conversões, Durezas e Resistências

Impr. mm carga 3000 kgf esfera 10 mm	Dureza Brinell HB	Resistência em kgf/mm ²			HRC	HRB	Dureza Vickers (**)HV	Dureza Shore
		Aço- Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34				
3,10	388	139,7	135,8	131,9	41,8	-	410	56
3,15	375	135,0	131,3	127,5	40,4	-	396	54
3,20	363	130,7	127,2	123,4	39,1	-	383	52
3,25	352	126,7	123,2	119,7	37,9	(110,0)	372	51
3,30	341	122,8	119,4	115,9	36,6	(109,0)	360	50
3,35	331	119,2	115,9	112,5	35,5	(108,5)	350	48
3,40	321	115,6	112,4	109,1	34,3	(108,0)	339	47
3,45	311	112,0	108,9	105,7	33,1	(107,5)	328	46
3,50	302	108,7	105,7	102,7	32,1	(107,0)	319	45
3,55	293	105,5	102,6	99,6	30,9	(106,0)	309	43
3,60	285	102,6	99,8	96,9	29,9	(105,5)	301	-
3,65	277	99,7	97,0	94,2	28,8	(104,5)	292	41
3,70	269	96,9	94,2	91,5	27,6	(104,0)	284	40
3,75	262	94,3	91,7	89,1	26,6	(103,0)	276	39
3,80	255	91,8	89,3	86,7	25,4	(102,0)	269	38
3,85	248	89,3	86,8	84,3	24,2	(101,0)	261	37
3,90	241	86,8	84,4	81,9	22,8	100,0	253	36
3,95	235	84,6	82,3	79,9	21,7	99,0	247	35
4,00	229	82,4	80,2	77,9	20,5	98,2	241	34
4,05	223	80,3	78,0	75,8	(18,8)	97,3	234	-
4,10	217	78,1	76,0	73, 8	(17,5)	96,4	228	33
4,15	212	76,3	74,2	72, 1	-	95,5	-	-

8. Tabelas de Conversões, Durezas e Resistências

Impr. mm carga 3000 kgf esfera 10 mm	Resistência em kgf/mm ²				HRC	HRB	Dureza Vickers (**)HV	Dureza Shore
	Dureza Brinell HB	Aço- Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34				
4,20	207	74,5	72,5	70,4	-	94,6	218	32
4,25	201	72,4	70,4	68,3	-	93,8	-	-
4,30	197	70,9	69,0	67,0	-	92,8	207	30
4,35	192	69,1	67,2	65,3	-	91,9	-	-
4,40	187	67,3	65,5	63,6	-	90,7	196	-
4,45	183	65,9	64,1	62,2	-	90,0	-	-
4,50	179	64,4	62,6	60,9	-	89,0	188	27
4,55	174	62,6	60,9	59,2	-	87,8	-	-
4,60	170	61,2	59,5	57,8	-	86,8	178	26
4,65	167	59,8	58,4	56,8	-	86,0	-	-
4,70	163	58,7	57,1	55,4	-	85,0	171	25
4,80	156	56,2	54,6	53,0	-	82,9	163	-
4,90	149	53,6	52,2	50,7	-	80,8	156	23
5,00	143	51,5	50,1	48,6	-	78,7	150	22
5,10	137	49,3	48,0	46,6	-	76,4	143	21
5,20	131	47,2	45,9	44,5	-	74,0	137	-
5,30	126	45,4	44,1	42,8	-	72,0	132	20
5,40	121	43,6	42,4	41,1	-	69,0	127	19
5,50	116	41,8	40,6	39,4	-	67,6	122	18
5,60	111	40,0	38,9	37,7	-	65,7	117	15

* As durezas Brinell acima de HB429 referem-se a impressões com esfera de carbonetos de tungstênio.

** Dureza Vickers corresponde a "Diamond Pyramid Hardness".

Nota: os valores desta tabela são apenas aproximados.

Os valores entre parênteses estão fora da faixa recomendada e são dados apenas para comparação.



VI Dados Técnicos Informativos

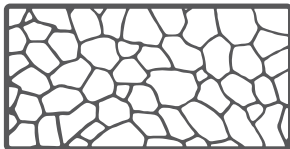
1. Tamanho do Grão Austenítico
2. Fagulhamento de Aços-carbono
3. Grau de Pureza - ASTM E-45:2005
4. Efeito dos Elementos de Liga nas Propriedades dos Aços
5. Áreas
6. Fórmulas Práticas para Cálculo do Peso de Barras de Aço por Metro Linear
7. Unidades de Medida
8. Mecânica
9. Resistência à Tração e à Compressão
10. Resistência à Flexão
11. Fatores de Conversão
12. Fórmulas para Cálculo do Peso Teórico de Barras de Aço (kg/m)
13. Quadrada de Cantos Redondos
14. Peso por Metro Linear de Aço em Barras (kg/m)

1. Tamanho do Grão Austenítico

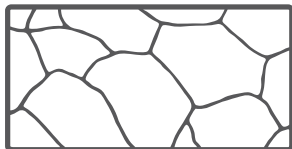
ASTM E-112:2004



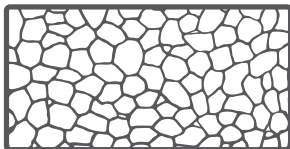
TG1 (+/- 254,00 μm)



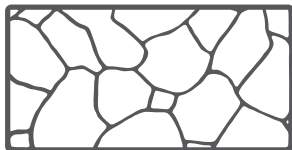
TG5 (+/- 63,50 μm)



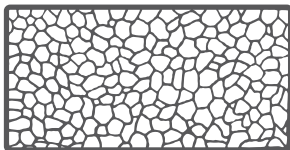
TG2 (+/- 179,60 μm)



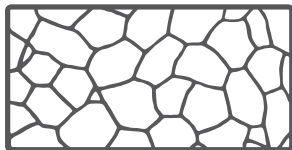
TG6 (+/- 54,00 μm)



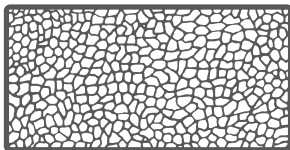
TG3 (+/- 127,00 μm)



TG7 (+/- 31,80 μm)



TG4 (+/- 89,80 μm)



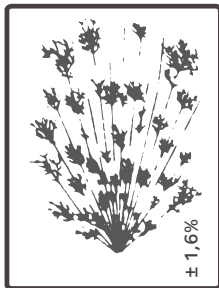
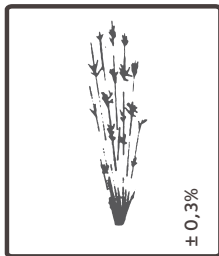
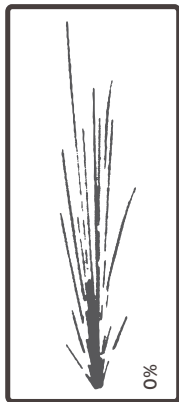
TG8 (+/- 22,50 μm)

Tamanho dos grãos com ampliação de 100 vezes.

Os valores entre parênteses representam o tamanho dos grãos apenas para referência.

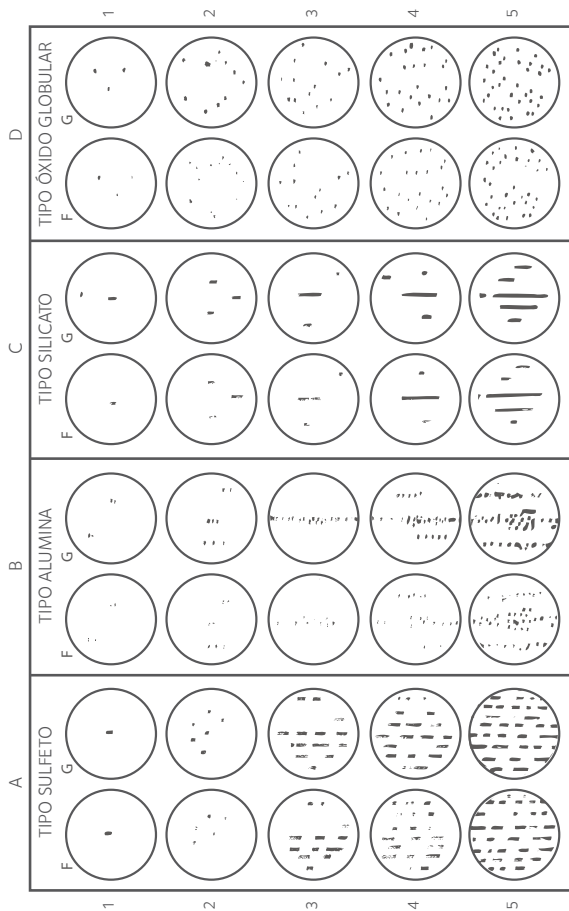
2. Fagulamento de Aços-carbono

Fagulamento produzido com esmerilhamento em aços-carbono.



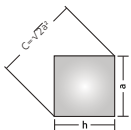
3. Grau de Pureza - ASTM E-45:2005

Avaliação da quantidade de inclusões nos aços.



5. Áreas

Quadrado



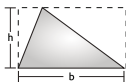
Área = lado x lado

$$A = a \cdot a$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A}$$

Triângulo



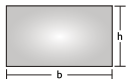
Área = $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$b = \frac{2A}{h}$$

$$h = \frac{2A}{b}$$

Retângulo



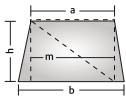
Área = base x altura

$$A = b \cdot h$$

$$b = \frac{A}{h}$$

$$h = \frac{A}{b}$$

Trapézio



Área = semissoma das bases x altura

$$A = m \cdot h$$

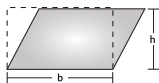
$$A = \frac{a+b \cdot h}{h}$$

$$h = \frac{2A}{a+b}$$

$$a = \frac{2A \cdot b}{h} - b$$

$$b = \frac{2A \cdot a}{h} - a$$

Paralelogramo



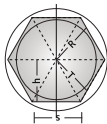
Área = base x altura

$$A = b \cdot h$$

$$b = \frac{A}{h}$$

$$h = \frac{A}{b}$$

Polígono Regular

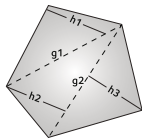


Área = área triângulo-número n de lados

$$A = \frac{b \cdot h \cdot n}{2}$$

$$s = b$$

Polígono Irregular



Decomposição em áreas parciais

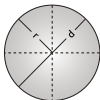
A = soma das áreas parciais

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A = \frac{g_1 \cdot h_1 + g_2 \cdot h_2 + g_3 \cdot h_3}{2}$$

5. Áreas

Círculo



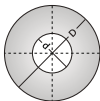
$$A = \frac{\pi}{4} \text{ diâmetro} \cdot \text{diâmetro}$$

$$U = \pi \cdot d^2$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$\text{ou } A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot d^2$$

Anel Circular

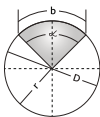


A - área círculo grande - área círculo pequeno

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Setor Circular



A - comprimento do arco x raio
2

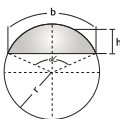
$$A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \alpha}{360}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \alpha}{4 \cdot 360}$$

$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$$

$$b = r \cdot \frac{\alpha}{2}$$

Segmento Circular



A - setor circular - triângulo

$$A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \alpha}{360} - \frac{s(r-h)}{2}$$

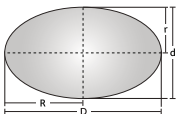
$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360}$$

$$s = 2 \cdot r \cdot \text{sen } \frac{\alpha}{2}$$

$$h = \frac{s \cdot \text{tg } \frac{\alpha}{2}}{2}$$

Valor aproximado: $A = \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$

Elipse



$$A = \frac{\pi}{4} \cdot \text{diâmetro maior} \cdot \text{diâmetro menor}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

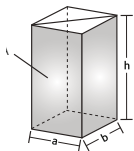
$$A = 0,785 \cdot D \cdot d$$

$$A = \pi \cdot R \cdot r$$

U é função de d:D			
para d:D	U=Dx	d:D	U=Dx
0,9	2,9866	0,5	2,4221
0,8	2,8361	0,4	2,3013
0,7	2,6912	0,3	2,1930
0,6	2,5527	0,2	2,1010

Exemplo:
D=150mm
d=90mm
d:D=90:150=0,6
U=150,2,5527
U=382,9mm

5. Áreas



VOLUME

A = área da base = a.b

V = A.h

$$V = A.h$$

$$V = A_{\square}.h$$

$$V = A_{\square}.h$$

$$V = a.b.h$$

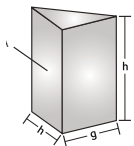
Superfície Exterior

$$A_v = 2A_{\square} + 4A_{\square}$$

A $_{\square}$ = quadrado

$$A_v = 2A_{\square} + 2A_{\square} + 2A_{\square}$$

A $_{\square}$ = retângulo



$$V = A.h$$

$$V = A_{\Delta}.h$$

$$V = g.h'.h$$

2

$$A_v = 2A_{\Delta} + 3A_{\square}$$

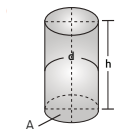
A = triângulo equilátero

$$A_v = 2A_{\Delta} + A_{\square} + A_{\square} + A_{\square}$$

A = triângulo escaleno

$$A_v = 2A_{\Delta} + n.A_{\square}$$

A = polígono n lados iguais



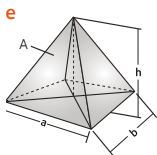
$$V = A.h$$

$$V = A_v.h$$

$$V = \frac{\pi}{4} d^2.h$$

Superfície Lateral

$$A_v = \pi.d.h$$



VOLUME = $\frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{3}$

$$V = \frac{A.h}{3}$$

$$V = \frac{A_{\square}.h}{3}$$

$$V = \frac{a.b.h}{3}$$

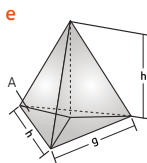
Superfície Exterior

$$A_v = A_{\square} + 4A_{\Delta}$$

A = quadrado

$$A_v = A_{\square} + 2A_{\Delta} + 2A_{\Delta}$$

A = retângulo



$$V = \frac{A.h}{3}$$

$$V = \frac{A_{\Delta}.h}{3}$$

$$A_v = A_{\Delta} + 3A_{\Delta}$$

A = triângulo equilátero

$$A_v = A_{\Delta} + A_{\Delta} + A_{\Delta} + A_{\Delta}$$

A = triângulo escaleno

$$A_v = A_{\Delta} + n.A_{\Delta}$$

A = polígono n lados iguais



$$V = \frac{A.h}{3}$$

$$V = \frac{A_v.h}{3}$$

$$A_v = \frac{\pi.d(d+2s)}{4}$$

6. Fórmulas Práticas para Cálculo do Peso de Barras de Aço por Metro Linear

1) Dimensões em Polegadas

a) Barra Redonda

Multiplique o diâmetro por 2 e eleve o resultado ao quadrado.

Exemplo: barra de aço com diâmetro de 5"

$$5 \times 2 = 10$$

$$10 \times 10 = 100 \text{ kg/m}$$

b) Barra Quadrada

Eleve a medida do lado ao quadrado, acrescente um zero e divida o resultado por 2.

Exemplo: barra de aço quadrada de 3"

$$3 \times 3 = 9$$

$$90 : 2 = 45 \text{ kg/m}$$

c) Barra Chata

Multiplique a largura pela espessura, acrescente um zero e divida o resultado por 2.

Exemplo: barra de aço chata de 5" x 6"

$$5 \times 6 = 30$$

$$300 : 2 = 150 \text{ kg/m}$$

2) Dimensões em Milímetros

a) Barra Redonda

Eleve o diâmetro ao quadrado e multiplique o resultado por 0,00617.

Exemplo: barra redonda de 50 mm

$$50 \times 50 = 2.500$$

$$2.500 \times 0,00617 = 15,42 \text{ kg/m}$$

b) Barra Quadrada

Eleve o lado ao quadrado e multiplique o resultado por 0,00785.

Exemplo: barra quadrada de 200 mm

$$200 \times 200 = 40.000$$

$$40.000 \times 0,00785 = 246,8 \text{ kg/m}$$

c) Barra Chata

Multiplique a largura pela espessura e o resultado por 0,00785.

Exemplo: barra chata de 20 x 30 mm

$$20 \times 30 = 600$$

$$600 \times 0,00785 = 4,71 \text{ kg/m}$$

7. Unidades de Medida

Unidade (comprimento)

Mícron	1	= 0,001 mm
Milímetro	1 mm	= 0,001 m
Centímetro	1 cm	= 10 mm
Decímetro	1 dm	= 10 cm
Metro	1 m	= 10 dm
Quilômetro	1 km	= 1000 m
Polegada ingl.	1"	= 25,4 mm
Pé inglês	1	= 0,305 m
Jarda	1 jd	= 0,914 m
Milha marítima	1	= 1853 m
Léguas	1	= 7420 m

Pressão

Milibar	1 mb	= 10,2 mm c.d.a
Bar (atmosfera absoluta)	1 b	= 1000 mb
mm coluna de água	1 mm c.d.a	= 0,1 g/cm ²
mm coluna de mercúrio	1 mm c.d.m	= 13,6 mm c.d.a
kg por cm ²	1 kg/cm ²	= 735,56 mm c.d.M= 10000 mm c.d.a
Atmosfera	1 at	= 1 kg/cm ²
Atmosfera absoluta	ata	= at efet. + at
Atmosfera efetiva	at efet.	= ata at
Atmosfera depressão	at depr.	= at ata

Corpos (capacidades)

Milímetro cúbico	mm ³	–
Centímetro cúbico	1 cm ³	= 1000 mm ³
Decímetro cúbico	1 dm ³	= 1000 cm ³
Metro cúbico	1 m ³	= 1000 dm ³
Litro	1 l	= 1 dm ³
Hectolitro	1 hl	= 100 l
Polegada cúbica	1 CU.IN	= 16,387 cm ³
Pé cúbico	1 CU.	= 28317 cm ³
Galão	1	= 4,541 l

7. Unidades de Medida

Tempo

Segundo	1 s	–
Minuto	1 min	= 60 s
Hora	1 h	= 60 min

Ângulos

Segundo	1" Segundo centesimal	1"
Minuto	1 60" Minuto	1 = 100"
Grau	1º 60 Grau	1º = 100"

Trabalho

Quilogrâmetro	1 kgm	= 9,807 Ws
Cavalo-hora	1 cv h	= 0,736 kWh = 270000 kgm
Watt-segundo	1 Ws	= 0,102 kgm
Quilowatt-hora	1 kWh	= 1,36 cv h 860 kcal
Quilocaloria	1 kcal	= 426,9 kgm

Potência

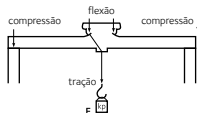
Quilogrâmetro por segundo	1 kgm/s	= 0,807 Ws
Cavalo-vapor	1 cv	= 75 kgm/s = 0,736 kW
Quilowatt	1 kW	= 1,36 cv = 102 kgm/s
Quilocaloria por segundo	1 kcal/s	= 426,9 kgm/s

8. Mecânica

Unidade física da força	1 Newton (N) $1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ Kg m/s}^2$ (força que imprime ao corpo-padrão) (\approx 1 litro água) a uma aceleração 1 m/s^2	
Unidade técnica da força	1 Quiloforça ² $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ kg m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$ (Força que imprime ao corpo-padrão uma aceleração de $g=9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$)	
Peso	A força com que a Terra atrai um corpo chama-se peso. 1 kp (Quiloforça) segundo a definição é o peso corpo-padrão (1 água)	
Massa	A relação entre a força F e a aceleração a que produz em um valor determinado para cada corpo é sempre igual para o mesmo corpo e chama-se massa m . Para o corpo-padrão $m = \frac{F}{a} = \frac{1 \text{ kp}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,102 \text{ kp} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2 = 0,102 \text{ UTM}^{31}$ Para um corpo qualquer $m = \frac{G}{g}$	G peso, por ex: em kp g aceler. da grav. $9,81 \text{ m/s}^2$ m se obtém em UTM
Lei Fundamental da Dinâmica	Força = massa . aceleração $F = m \cdot a$ m = massa por ex: em $\text{kp} \cdot \text{s}^2/\text{m} = \text{kp m}^{-1} \cdot \text{s}^2$ a = aceleração, por ex: em $\text{m/s}^2 = \text{ms}^{-2}$ m = obtém-se em UTM Exemplo: que força exerce uma locomotiva sobre um trem de peso 200000 kp se em 1 minuto aumenta a sua velocidade uniformemente desde 0 a 40 km/h (sem deslizamento).	
Representação da força	Uma força torna-se determinada por sua intensidade, direção e ponto de aplicação. Representa-se mediante um segmento de reta com flecha (vetor) ponto de aplicação da força = origem do (vetor) intensidade de F = comp. de vetor (por ex: $1 \text{ cm} = 5 \text{ kp}$) $4 \text{ cm} = 20 \text{ kp}$. Direção de F = direção do vetor. Se duas forças F_1 e F_2 atuam sobre um corpo, formando um certo ângulo entre si, a força total (resultante) é representada pelo valor e direção da diagonal (r) do paralelogramo de força const. por F_1 e F_2 .	
Composição de força	Exemplo: uma lancha está presa por dois cabos formando ambos 30° com o eixo (O) e com uma força de 50 kp cada um. Que força teria que exercer somente um cabo aplicado em um ponto do eixo (O) em sua direção do paralelogramo de força resultante $R = 87 \text{ kp}$.	
Decomposição de uma força	Segundo o princípio do paralelogramo, podemos também decompor uma força em duas (ou mais) forças parciais. 1. Exemplo: se quisermos substituir uma corda por duas, S_1 e S_2 , a que esforços seriam submetidos? 2. Exemplo: com que força atua um corpo de 100 kp de peso sobre seu apoio que está inclinado a $A = 30^\circ$. A força exercida pelo apoio é sempre a força perpendicular a ela. A força desejada N é uma parte do peso e analogamente diz-se da força E as paralelas a N e E traçadas pelos extremos de G , (N pode ser determinado trigonometricamente).	
<p>1) Corpo-padrão correspondente ao volume ou 1 dm^3 de água (-4° C) = 1 L água, num cil. de platina-irídio. 2) Pondus (latim) = peso 3) UTM = Unidade Técnica de Massa</p>		

9. Resistência à Tração e à Compressão

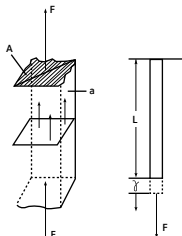
Resistência = resistência interna (força de coesão) das menores partículas (moléculas) oferecida contra uma solicitação mecânica (tração, compressão, esforço cortante, torção).



Exercendo-se um esforço F (kp), origina-se no interior do material em cada cm^2 uma tensão (kp/cm^2) que se opõe à ação da força F . Tensão de tração ou de compressão (γ) = solicitação de tração ou de compressão por unidade da superfície (cm^2 , mm^2).

$$\gamma = \frac{F [\text{kp}/\text{cm}^2]}{A} \quad F = A \cdot \gamma [\text{kp}] \quad A = \frac{F}{\gamma} [\text{cm}^2]$$

A tensão no limite de ruptura é a resistência à tração γ_r do material. Os elementos de construção utilizam-se de uma tensão admissível (γ_{adm}) de $\frac{1}{15} \dots \frac{1}{5}$ da resistência à tração (res. de ruptura).



Alongamento ϵ = variação de compr. por unidade de compr. (cm; mm).

$$\epsilon = \frac{\lambda}{L} = \frac{\text{alongamento}}{\text{compr. inicial}}$$

O alongamento até o limite de ruptura chama-se alongamento de ruptura (estricção) e expressa-se em %.

$$\text{Expressa-se} = \frac{\lambda_r \cdot 100}{L} [\%]$$

Exemplo = 8 Ø St 34:11

$F = 200 \text{ kp}$ $\gamma = \frac{F}{A} = \frac{200 \text{ kp}}{50 \text{ mm}^2} = 4 \text{ k}/\text{mm}^2$ tem-se segurança = 8

Tensão de tração $\gamma = ?$

γ = tensão de tração ou de compressão

F = força aplicada (kp)

S = secção (mm^2 , cm^2)

ϵ = alongamento (mm, cm)

λ = variação de compr. (mm, cm)

L = compr. primitivo (mm, cm)

Resistência ao Esforço Cortante

Ao tentarmos deslocar duas chapas mediante a aplicação de uma força F (rebites, ferramentas de corte), a resistência oposta pelo material chama-se resistência ao cisalhamento, ou esforço de corte (resist. ao cisalhamento).

Tensão de cisalhamento T = solicitação ao cisalhamento por unidade de área [mm^2 , cm^2] a secção submetida à ação do cisalhamento.

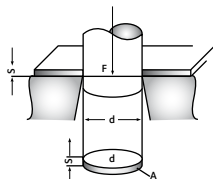
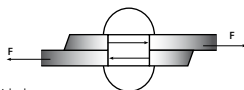
$T = \frac{F}{A} [\text{kp}/\text{cm}^2]$	$F = A \cdot T [\text{kp}]$	$A = \frac{F}{T} [\text{cm}^2]$
---	-----------------------------	---------------------------------

A resistência ao corte T_b de um material e a resistência de ruptura.

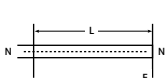
A resistência ao cisalhamento (corte) vale aproximadamente $\frac{4}{5}$ da resistência à tração.

Exemplo: tratando-se de puncionar uma chapa de 2 mm de espessura de 40 kpg/mm^2 de resistência ao corte, com um punção de $D = 35 \text{ mm}$. Qual o valor da força?

$F = A \cdot T = \pi \cdot d \cdot s \cdot T = 110 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 40 \text{ kpg}/\text{mm}^2 = 8.800 \text{ kp}$.

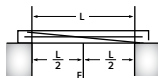


10. Resistência à Flexão



$$M = F \cdot L \text{ em kp cm}$$

No engastamento



$$M = \left(\frac{F \cdot L}{4} \right) \text{ em kp cm}$$

No centro

Quanto maior for o esforço de flexão F (kp) e o braço de alavanca L (cm), tanto maior é a sollicitação à flexão.

O produto da força pelo braço da alavanca chama-se momento fletor M .

Tem-se a sollicitação máxima, sendo o momento fletor máximo.

A tensão de flexão γ na fibra neutra (linha neutra ou linha zero N-N) é igual a zero. As tensões são tanto maiores quanto maior é a distância à linha neutra e quanto menor a capacidade de resistência da secção transversal. A distância e a capacidade de resistência se expressam mediante o chamado módulo resistente W , que é para as secções seguintes:



$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$b = \frac{W \cdot 6}{h^2} \text{ em cm}$$



$$W = \frac{a^3}{6} \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$a = \sqrt[3]{W \cdot 6} \text{ em cm}$$



$$W = \frac{d^3}{10} \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$d = \sqrt[3]{W \cdot 10} \text{ em cm}$$

O momento fletor pode ser tanto maior quanto maiores forem a tensão admissível e o módulo resistente.

Tem-se:

$$M = \gamma_{adm} \cdot W \text{ kp/cm}$$

10. Resistência à Flexão

Geralmente se conhece o momento fletor (F.L) e a tensão admissível do material. Calcula-se então o momento fletor e as cotas da secção transversal: $W = \frac{M}{\gamma_{adm}}$ [cm³]

Exemplo: calcular o diâmetro de uma barra de 160 cm de comprimento, que suporta em seu centro uma carga de 100 kp.

$$\gamma_{adm} = 700 \text{ kp/cm}^2$$

$$W = \frac{M}{t_{adm}} = \frac{F.L}{4.t_{adm}} = \frac{100.160}{4.700} = 5,7 \text{ cm}^3 \quad d = \sqrt[3]{W.10} = \sqrt[3]{57} = 3,87 \text{ cm}$$

Tensões admissíveis γ_{adm} em kp/cm ² (valores médios)										
Designação Normalizada	DIN	Antiga	St42.11	StC25.61	StC45.61	VCMa125	VCMa140	Stg38.81	Ge26.91	Al-Mg-Si
		Atual	C25	Ck25	Ck45	25CrMo4	42CrMo4	GS-38	GG-26	-
Tração	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	700	1100
	II		1000	1150	1550	1750	2750	850	550	700
	III		700	800	1000	1150	1650	600	400	360
Compressão	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	1000	1100
	II		1000	1150	1550	1750	2750	850	750	700
	III		-	-	-	-	-	-	-	-
Cortante	I		1000	1200	1700	1850	3100	900	700	900
	II		800	900	1250	1400	2200	700	550	550
	III		560	600	800	900	1300	500	400	290
Flexão	I		1250	1500	2100	2300	3850	1100	750	1100
	II		1000	1200	1650	1850	2900	900	600	750
	III		760	920	1200	1200	2000	680	500	400

I - Carga em repouso.

II - Carga variável (carga intermitente) entre zero e o valor máximo.

III - Carga alternativa que varia na direção da força.

11. Fatores de Conversão

	Grandeza Inicial	Fator de Conversão	Grandeza Final
Temperatura	°C	x 1,8	°F
	°F – 32	x 5/9	°C
	K	- 273	°C
Massa	Tonelada (curta duração EUA)	x 907,2	Quilo (kg)
	Tonelada longa (UK)	x 1.016	Quilo (kg)
	Quilo (kg)	x 1.000	Tonelada (t)
	Gramas (g)	x 1.000	Quilo (kg)
	Onça (oz)	x 28,3	Gramas (g)
	Onça (troy – metais preciosos)	x 31,103	Gramas (g)
Comprimento	Pé (EUA)	x 30,48	Centímetro (cm)
	Angstrom (A)	x 10 ⁻⁸	Centímetro (cm)
	Polegada	x 2,54	Centímetro (cm)
	Milha (internacional)	x 1,6093	Quilômetro (km)
	Pé (EUA)	x 0.3048	Metro (m)
Volume	Litro	x 0,26417	Galão (EUA)
	Litro	x 0.028378	Barril (EUA)
	Barril (EUA)	x 35.23907	Litro (l)
	Polegada cúbica	x 16.387064	Centímetro cúbico (cm ³)
	Pé cúbico	x 0.028317	Metro cúbico (m ³)
	Metro cúbico	x 1.000	Litro (l)
Tensão	MPa	x 0,102	kg/mm ²
	kg/mm ²	x 1.422	psi
	MPa	x 1	N/mm ²
	kgf/mm ²	x 9,81	N/mm ²
Força	Newton (N)	x 0.102	Quilograma-força (kgf)
	Newton (N)	x 0.225	Libra-força (lbf)
	Quilograma-força (kgf)	x 9.80665	Newton (N)
	Quilograma-força (kgf)	x 2.204623	Libra-força (lbf)
Potência	Watt (W)	x 1	Joule/segundo (J/S)
	Quilowatt (kW)	x 239	Caloria/segundo (cal/s)
	Cavalo-vapor	x 0.7355	Quilowatt (kW)

11. Fatores de Conversão

	Grandeza Inicial	Fator de Conversão	Grandeza Final
Trabalho e Energia	Joule (J)	x 1	Watt segundo (W.s)
	Newton metro (Nm)	x 1	Joule (J)
	Joule (J)	x 0.737562	Pé libra-força (ft.lbf)
	Joule (J)	x 8.850746	Polegada libra-força (in.lbf)
Pressão	Pascal (Pa)	x 0.101972	Quilograma-força por metro quadrado (kfg/m ²)
	Quilopascal (kPa)	x 4.014631	Polegada de água
	Atmosfera (atm)	x 101.325	Quilopascal (kPa)
	Bar	x 0.986923	Atmosfera (atm)
	Centímetro de água	x 0.735561	Torriceili (mmHg)
	Newton/mm ² (N/mm ²)	x 9.869233	Atmosfera (atm)
	Quilograma-força/cm ²	x 14.223344	Libra por polegada quadrada (lb/in ²)
Velocidade	Quilômetro por hora (km/h)	x 0.621371	Milha por hora (mi/h)
	Nó	x 1.852	Quilômetro por hora (km/h)
	Metro por segundo (m/s)	x 2.236936	Milha por hora (mi/h)
	Metro por segundo (m/s)	x 3,6	Quilômetro por hora (km/h)

12. Fórmulas para Cálculo do Peso Teórico de Barras de Aço (kg/m)







BITOLA	ÁREAS	MEDIDAS EM mm	MEDIDAS EM polegadas decimais
REDONDA	$0,7854 D^2$	$0,006165.D^2$	$4.D^2$
QUADRADA DE CANTOS VIVOS	L^2	$0,00785.D^2$	$5.L^2$
RETANGULAR	$E \times L$	$0,00785 (E \times L)$	$5.(E \times L)$
SEXTAVADA	$0,866 L^2$	$0,0068.L^2$	$4,4.L^2$
OITAVADA	$0,828 L^2$	$0,0065.L^2$	$4,2.L^2$

13. Quadrada de Cantos Redondos







(subtrair dos valores obtidos nos quadrados de cantos vivos os seguintes fatores correlacionados com os raios de cantos)

RAIO DE CANTO (mm)	FATOR (kg/M)	RAIO DE CANTO (mm)	FATOR (kg/M)
1	0,007	14	1,3
2	0,03	15	1,5
3	0,06	16	1,7
4	0,11	17	1,9
5	0,17	18	2,2
6	0,24	19	2,4
7	0,33	20	2,7
8	0,43	22	3,3
9	0,55	24	3,9
10	0,67	26	4,6
11	0,82	28	5,3
12	0,97	30	6,1
13	1,1	32	6,9

14. Peso por Metro Linear de Aço em Barras (kg/m)

DIÂMETRO		PESO (kg/m)			DIÂMETRO		PESO (kg/m)		
Pol.	mm				Pol.	mm			
(1/8")	3,17	0,06	0,068	0,079	1.1/16"	26,99	4,49	4,95	5,71
(5/32")	3,97	0,10	0,107	0,124	1.1/8"	28,57	5,03	5,55	6,40
3/16"	4,76	0,14	0,154	0,178	1.3/16"	30,16	5,60	6,18	7,13
7/32"	5,56	0,19	0,21	0,242	1.1/4"	31,75	6,21	6,85	7,91
1/4"	6,35	0,25	0,27	0,32	1.5/16"	33,34	6,85	7,55	8,72
5/16"	7,94	0,39	0,43	0,49	1.3/8"	34,92	7,51	8,28	9,57
3/8"	9,52	0,56	0,62	0,71	1.7/16"	36,51	8,21	9,05	10,45
7/16"	11,11	0,76	0,84	0,97	1.1/2"	38,10	8,94	9,86	11,38
1/2"	12,70	0,99	1,10	1,26	1.9/16"	39,69	9,70	10,70	12,35
9/16"	14,29	1,26	1,39	1,60	1.5/8"	41,27	10,49	11,57	13,36
5/8"	15,87	1,55	1,71	1,98	1.11/16"	42,86	11,32	12,48	14,41
11/16"	17,46	1,88	2,07	2,38	1.3/4"	44,45	12,17	13,42	15,50
3/4"	19,05	2,24	2,46	2,85	1.13/16"	46,04	13,06	14,40	16,62
13/16"	20,64	2,62	2,89	3,34	1.7/8"	47,62	13,97	15,41	17,79
7/8"	22,22	3,04	3,35	3,87	1.15/16"	49,21	14,92	16,45	18,99
15/16"	23,81	3,49	3,85	4,45	2"	50,80	15,90	17,53	20,24
1"	25,40	3,97	4,38	5,06	2.1/16"	52,39	16,91	18,64	21,52

14. Peso por Metro Linear de Aço em Barras (kg/m)

DIÂMETRO		PESO (kg/m)			DIÂMETRO		PESO (kg/m)		
Pol.	mm				Pol.	mm			
2.1/8"	53,97	17,95	19,79	22,85	3.3/4 "	95,25	55,88	61,68	71,15
2.3/16"	55,56	19,02	20,97	24,21	4"	101,60	63,58	70,17	80,96
2.1/4 "	57,15	20,12	22,18	25,61	4.1/8 "	104,77	67,62	74,62	86,18
2.5/16 "	58,74	21,25	23,43	27,06	4.1/4"	107,95	71,78	79,22	91,48
2.3/8 "	60,32	22,41	24,72	28,54	4.3/8"	111,12	76,06	83,94	96,93
2.7/16 "	61,91	23,61	26,03	30,06	4.1/2"	114,30	80,47	88,81	102,56
2.1/2"	63,50	24,84	27,39	31,62	4.5/8"	117,47	85,01	93,81	108,32
2.9/16"	65,09	26,10	28,77	33,22	4.3/4"	120,65	89,66	98,95	114,27
2.5/8"	66,67	27,38	30,19	34,86	4.7/8"	123,82	94,44	104,22	120,35
2.11/16"	68,26	28,70	31,65	36,55	5"	127,00	99,80	109,64	126,61
2.3/4"	69,85	30,05	33,14	38,26	5.1/4"	133,35	109,5	120,88	139,59
2.13/16"	71,44	31,44	34,66	40,02	5.1/2"	139,70	120,20	132,67	153,2
2.7/8"	73,02	32,85	36,22	41,82	5.3/4"	146,05	131,40	145	167,44
3"	76,20	35,76	39,44	45,54	6"	152,40	143,10	157,89	182,32
3.1/8"	79,37	38,82	42,82	49,41	6.1/4"	158,75	155,20	171,32	197,83
3.1/4 "	82,55	41,97	46,32	53,44	6.1/2 "	165,10	168,03	185,08	213,98
3.3/8 "	85,72	45,27	49,95	57,63	6.3/4 "	171,45	181,23	199,59	230,75
3.1/2 "	88,90	48,68	53,73	61,98	7"	177,80	194,91	214,65	248,16
3.5/8 "	92,07	52,22	57,63	66,49					



ArcelorMittal

Guia do Aço - Março 2013

Central de Relacionamento Aços Longos
0800 0151221
www.arcelormittal.com/br