

### 2.3.3 – TEMPERABILIDADE

A temperabilidade de um aço pode ser entendida como a capacidade de endurecimento ou a capacidade que o aço possui de obter estrutura martensítica (Figuras 38 e 39) a uma elevada profundidade sob determinadas condições de resfriamento, conforme já visto no item 2.1.1.

Pode-se dizer que o afastamento do cotovelo da curva de início de transformação do eixo das ordenadas, do diagrama TTT do aço considerado (Fig. 42), é proporcional à temperabilidade do material, ou seja, quanto maior for esse afastamento menor será a velocidade de resfriamento necessária para garantir a formação de martensita e, portanto, garantir o seu endurecimento.

Quando se deseja conhecer a profundidade de endurecimento de um determinado aço, para o caso da fabricação de peças de responsabilidade, é comum recorrer-se à prática de ensaios. O ensaio de temperabilidade Jominy, devido à sua praticidade e versatilidade é um dos mais usados. Na Figura 49 é apresentado o dispositivo típico utilizado na prática deste ensaio e o detalhe do corpo-de-prova cilíndrico padrão, de comprimento de 4” e diâmetro de 1”.

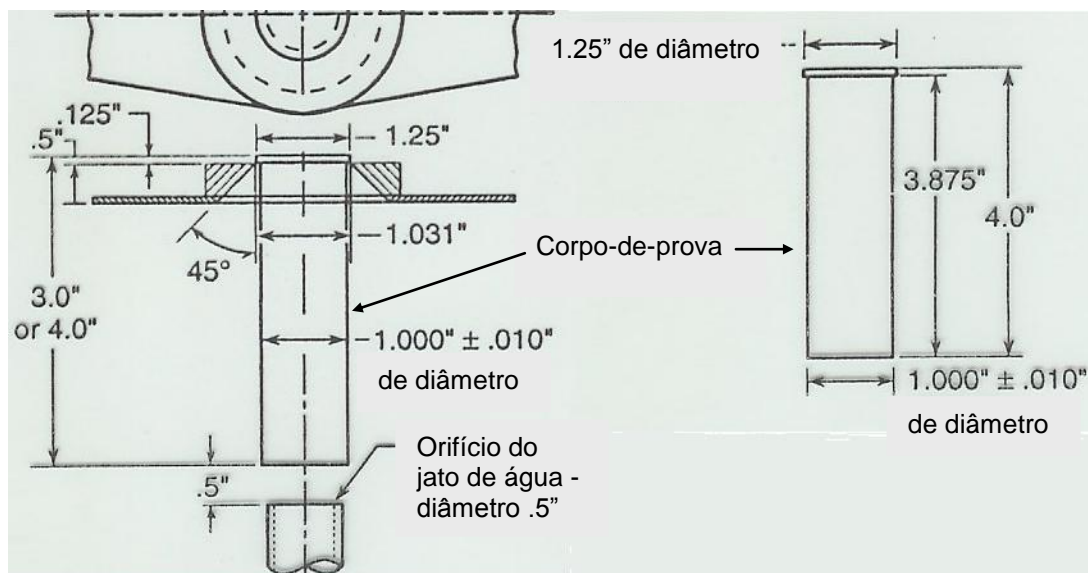


Figura 49 – Dispositivo utilizado no ensaio Jominy e detalhe do corpo-de-prova (adaptado de Reed-Hill, 1991).

Este ensaio consiste em promover a têmpera do corpo-de-prova a partir da incidência de um jato de água contra a base inferior do cilindro. Impressões de dureza Rockwell-C feitas ao longo de uma geratriz desse cilindro, a começar da base temperada, permite traçar a curva indicativa do modo com que a dureza diminui, à medida que os pontos examinados se distanciam da base que recebeu o jato de água. Uma diminuição suave dos valores da dureza até regiões afastadas da base, revela tratar-se de um aço capaz de endurecer pela têmpera até apreciável profundidade (“deep hardening”), comportamento este típico de um aço de elevada temperabilidade, cujo aspecto é indicado pela curva 1, da Figura 50, a qual apresenta resultados típicos do ensaio Jominy para dois aços de comportamentos distintos. Por sua vez, a queda brusca nesses valores, logo nas primeiras determinações, isto é, naquelas feitas junto à base temperada, significa que o aço tende a tomar

têmpera somente próximo da superfície submetida ao jato de água (“shallow-hardening”), comportamento este típico de um aço de baixa temperabilidade, cujo aspecto é indicado pela curva 2, da Figura 50 (Colpaert, 1974).

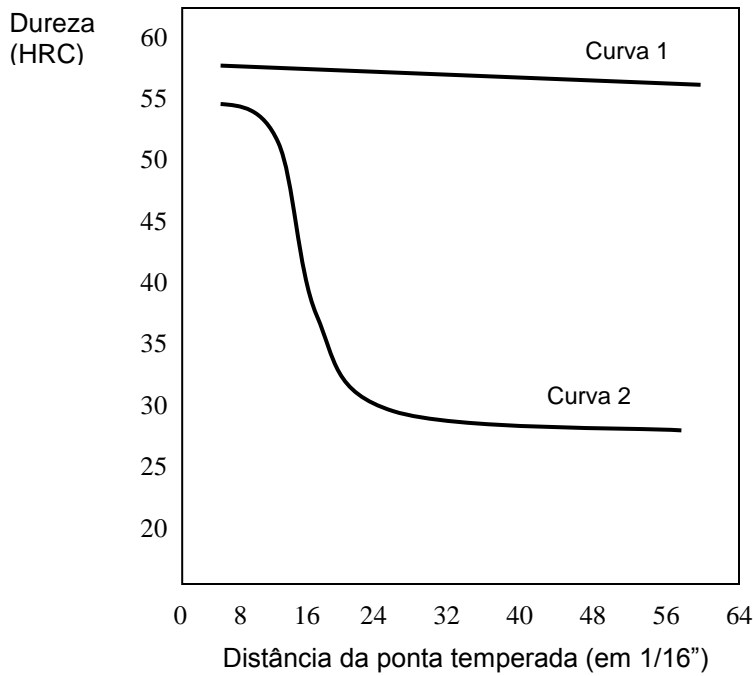


Figura 50 – Gráfico da evolução da dureza ao longo de corpo-de-prova Jominy para diferentes aços.

A versatilidade deste ensaio é evidenciada pelo fato de que em um único corpo-de-prova diferentes taxas de resfriamento contínuo são simuladas ao longo da geratriz do cilindro, conforme mostrado na Figura 51, uma vez que a troca térmica e a respectiva perda de calor do corpo austenitizado se faz preferencialmente de modo unidirecional, a partir da base na qual o jato de água incide. Deste modo, no mesmo corpo-de-prova são efetivamente simuladas taxas de resfriamento típicas de tratamentos térmicos de têmpera em diferentes meios de resfriamento, de normalização e de recozimento pleno.

Na Figura 51 é apresentada, de forma ilustrativa, a superposição das curvas de resfriamentos para diferentes posições de um corpo-de-prova Jominy, no respectivo diagrama TRC do aço eutetóide considerado, além dos produtos de transformação obtidos em cada ponto do corpo ensaiado.

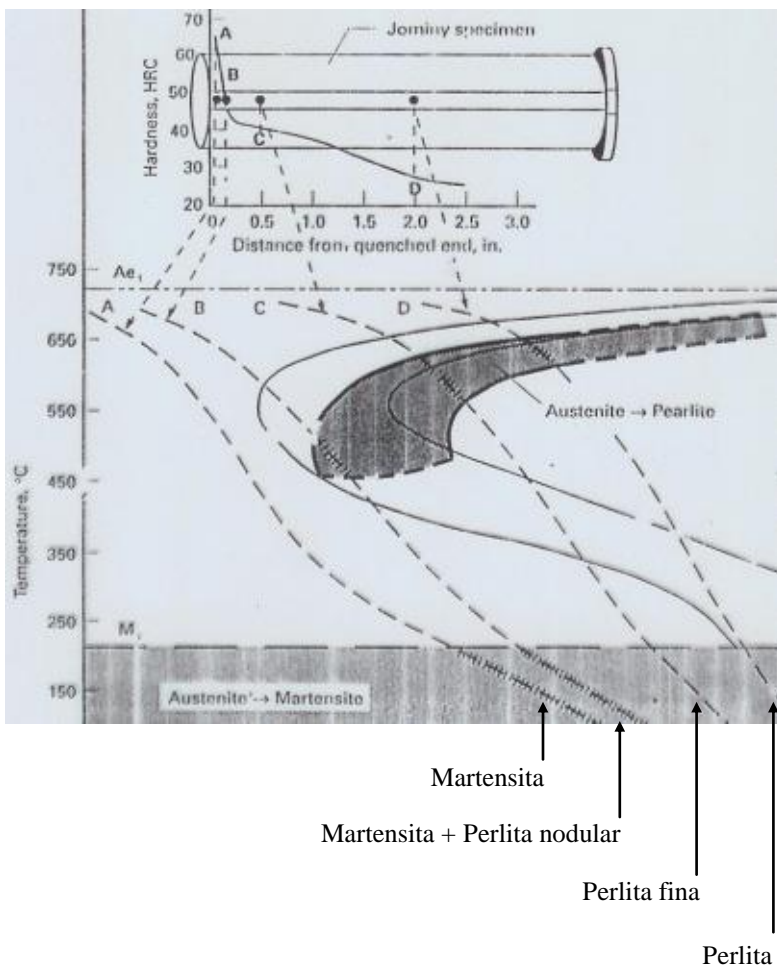


Figura 51 – Curvas de resfriamentos para diferentes posições de um corpo-de-prova Jominy de um aço eutetóide e respectivos produtos de transformação obtidos em cada ponto do corpo ensaiado (adaptado de Atlas of IT and CT Diagrams, ASM, 1977).

## 2.4 – EFEITO DOS ELEMENTOS DE LIGA E DO CARBONO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS

O conjunto de propriedades que um determinado aço possui é fortemente dependente das propriedades e características da sua microestrutura, a qual é uma função direta da composição química do material e do processo de fabricação e/ou do tipo de tratamento térmico para o qual a liga foi submetida.

Para o melhor entendimento do efeito dos elementos de liga e do carbono nas propriedades dos aços é importante conhecer como estes influenciam as propriedades dos seus constituintes, com ênfase para a ferrita e a martensita.

Na Figura 52 é apresentada a influência dos elementos de liga, quando presentes na forma de solução sólida com o ferro, sobre a dureza da ferrita (mecanismo de endurecimento por solução sólida). Pode-se observar que o fósforo (P) é um dos principais elementos endurecedores da ferrita

em solução sólida. Comportamento similar é evidenciado com o enxôfre (S). Ambos estes elementos são utilizados na fabricação de aços de usinabilidade fácil, conforme já visto na Tabela 6, uma vez que ao endurecerem fortemente a ferrita, mesmo para pequenas quantidades de liga, tem-se facilitada a quebra do cavaco durante a usinagem, diminuindo-se o risco de desgaste da ferramenta pelo aquecimento gerado pelo atrito desta com o cavaco formado durante o corte. Pode-se verificar, ainda, que o Si e o Mn são também fortes endurecedores da ferrita em solução sólida. Este efeito é mais suave para os elementos Ni, Mo, V, W e Cr.

Merece destaque o fato do Cr apresentar o menor efeito de endurecimento da ferrita, quando em solução sólida. Devido a isso, o que garante ao material uma adequada ductilidade, e associado ao fato de o Cr ser o principal elemento de liga em termos de aumento da temperabilidade dos aços (pois é o que promove o maior deslocamento das curvas em C, nos diagramas TTT/TRC, para tempos maiores, ou seja, para a direita), este elemento de liga é extremamente importante nos aços usados na fabricação de componentes mecânicos que empregam técnicas de conformação (forjamento, por exemplo) e que necessitam da realização do tratamento térmico de têmpera para a otimização de suas propriedades.

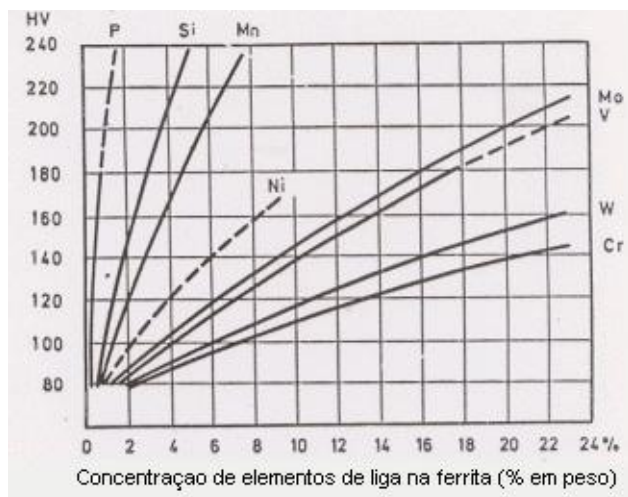


Figura 52 – Efeito da adição de elementos de liga substitucionais sobre a dureza da ferrita (Thelning, 1984).

Na Figura 53 é apresentado o efeito da adição de elementos de liga formadores típicos de nitretos sobre a dureza, após a realização de tratamento termoquímico superficial de nitretação. Pode-se observar que o Al é o principal elemento de liga formador de nitreto e o que apresenta o maior efeito de endurecimento no material quando ligado ao nitrogênio (endurecimento por precipitação de partículas de segunda fase, no caso, nitreto de alumínio), o que torna este elemento altamente recomendável em aços para fins de nitretação. Efeito similar, porém com menor poder de endurecimento, ocorre para o Ti, o qual também forma um nitreto termodinamicamente muito estável, ou seja, o nitreto de titânio. Note-se que para pequenos teores de Al e Ti, em aços nitretados, camadas com dureza da ordem de HV 1000 podem ser facilmente obtidas.

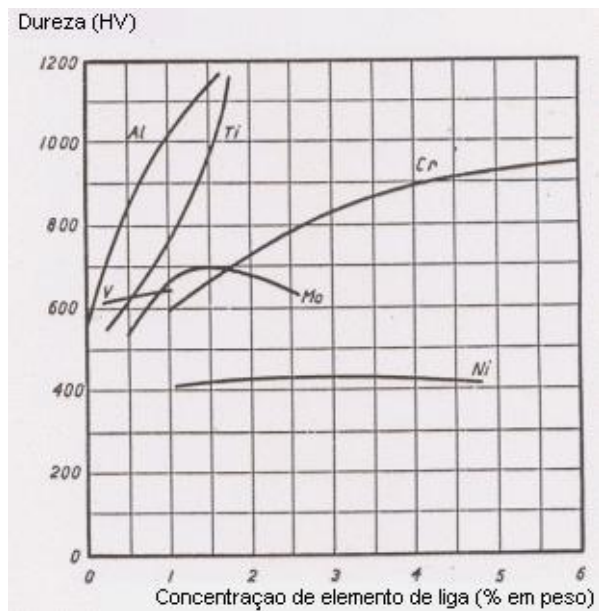


Figura 53 - Efeito da adição de elementos de liga sobre a dureza, após a realização de tratamento de nitretação. Composição base do aço: 0.25% C, 0.3% Si e 0.7% Mn (Thelning, 1984).

Na Figura 54 é apresentado o efeito do carbono nas propriedades mecânicas dos aços-aço-carbono. Como sabido, o carbono é o maior endurecedor do ferro e o elemento mais prejudicial à ductilidade deste metal. Isso explica o fato de que, com o aumento do teor de carbono, a dureza aumenta e a ductilidade, determinada pela medida do alongamento, cai continuamente. Em termos de resistência mecânica, observa-se que o limite de resistência a tração atinge um valor máximo para teores de carbono variando entre 1,3 e 1,4 %C, em peso, diminuindo para teores de carbono maiores. Este fato é facilmente explicado pelo aumento da fração de cementita proeutetóide junto aos contornos de grão das ligas hipereutetóides, fase esta que apresenta baixa resistência mecânica, da ordem de 30 MPa, e que confere ao material uma maior fragilidade pela sua elevada dureza, conforme já visto anteriormente.

Na Tabela 15 são apresentadas as propriedades mecânicas de aços-aço-carbono nos estados normalizados e recozidos, em função do teor de carbono. A comparação dos resultados apresentados permite evidenciar maiores valores de resistência mecânica (limite de escoamento e limite de resistência a tração) e de dureza para as ligas normalizadas. Isto decorre do refino da microestrutura evidenciado nas ligas normalizadas, conforme já visto (resultando no mecanismo de endurecimento por refino de grão), quando comparadas com as ligas recozidas, as quais apresentam um crescimento de grão excessivo, o que gera uma diminuição da resistência mecânica do material como um todo.

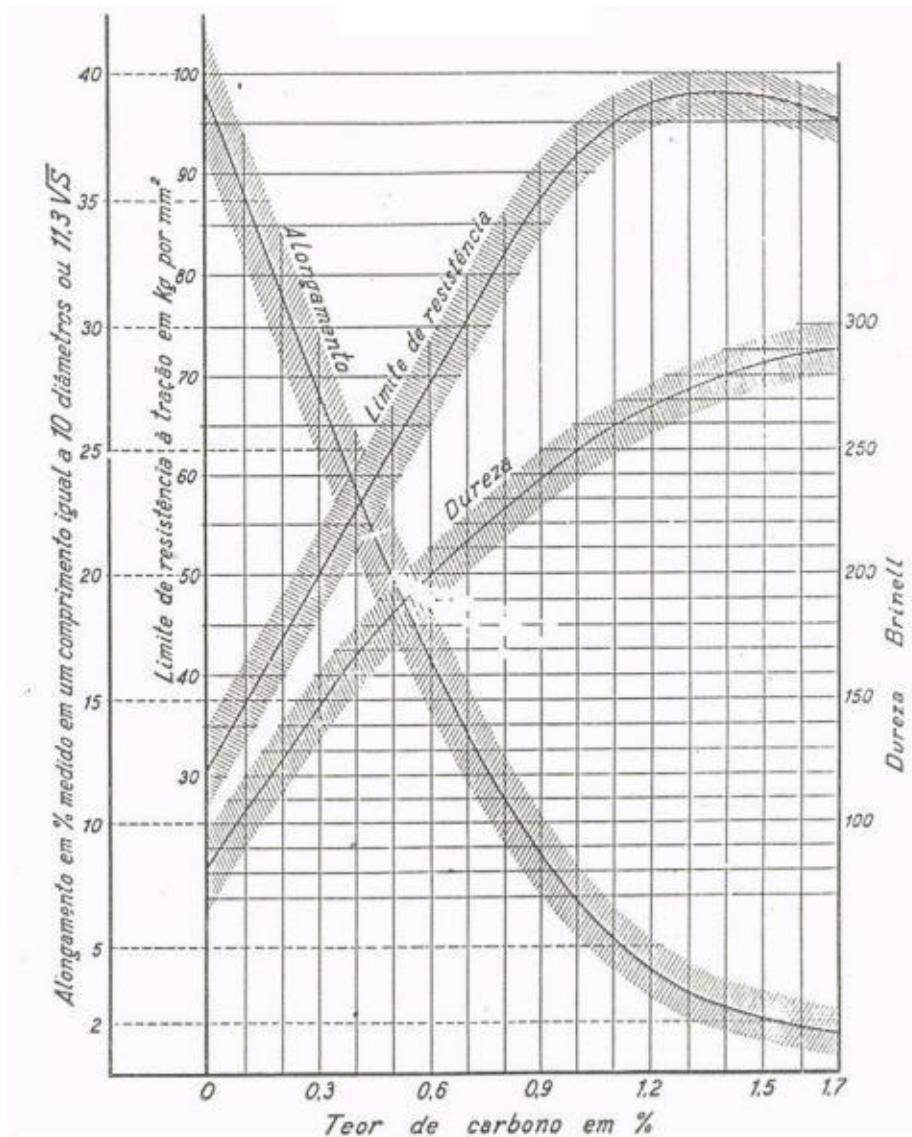


Figura 54 – Efeito do carbono na dureza, no limite de resistência a tração e no alongamento (ductilidade) em aços-aço-carbono resfriados lentamente (tipicamente recozidos plenos), (Hubertus Colpaert, 1974).

Na Figura 55 é apresentada a evolução da dureza da estrutura martensítica, obtida através da têmpera, em função do teor de carbono. Cabe enfatizar que a dureza da fase martensita depende, praticamente de forma exclusiva, da quantidade de carbono que nela está presente formando a solução sólida supersaturada. Por outro lado, a dureza de um determinado aço, submetido ao tratamento térmico de têmpera depende, além da quantidade de carbono presente na martensita, também da quantidade relativa da fase martensita presente no material, considerando-se a temperabilidade e as diferentes regiões deste. É evidente que um mesmo aço apresentará durezas diferenciadas se para uma determinada condição de tratamento apresentar 100 % de martensita e em outra condição apresentar 75% de martensita e 25% de perlita.



Tabela 15 - Propriedades mecânicas de aços nos estados normalizados e recozidos, em função do teor de carbono.

C (%)	NORMALIZADO				RECOZIDO			
	$\sigma_{ESC}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{MÁX}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ (%) em 2''	Dureza Brinell	$\sigma_{ESC}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{MÁX}$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon$ (%) em 2''	Dureza Brinell
0,01	18	31	45	90	12	29	47	90
0,20	31	45	35	120	25	41	37	115
0,60	42	76	19	220	34	67	23	190
0,80	49	94	13	260	36	80	15	220
1,00	70	106	7	295	36	75	22	195
1,40	67	103	1	300	35	69	19	215

Ainda na Figura 55, são apresentadas em função do teor de carbono, para fins de comparação, a evolução da dureza de ligas apresentando estrutura perlítica, obtidas a partir do tratamento de normalização (resfriadas ao ar) e, também, apresentando estrutura de carboneto esferoidizado, obtidas a partir do tratamento de esferoidização. Os resultados apresentados nesta figura indicam claramente a importância da estrutura martensítica em termos de otimização da dureza do material, a qual é a estrutura, quando devidamente revenida, mais indicada na fabricação de componentes que exigem alta tenacidade e elevada resistência mecânica.

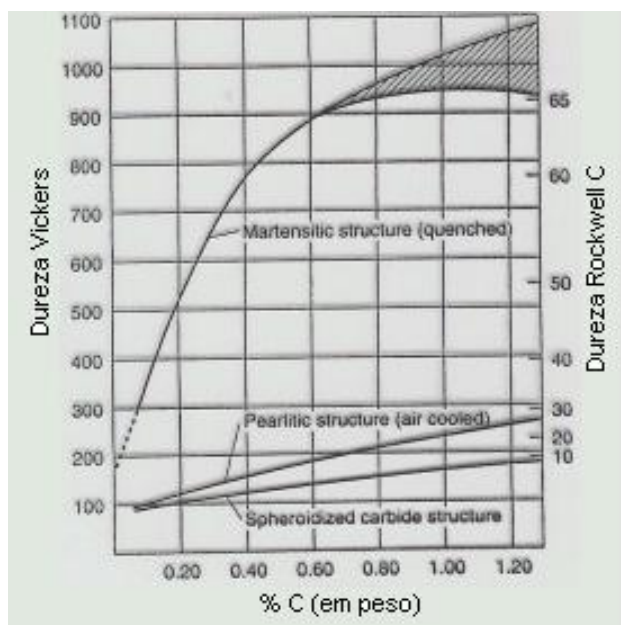


Figura 55 – Gráfico comparativo da evolução da dureza de ligas apresentando estrutura martensítica, perlítica e de carboneto esferoidizado, em função do teor de carbono (adaptado de Reed-Hill, 1991, after Krauss – ASM).

## 2.5 – APLICAÇÕES, PROPRIEDADES E DIAGRAMAS DE REVENIMENTO DOS AÇOS

### 2.5.1 – AÇO-AO-CARBONO (Fonte: Aços Villares)

#### a) Aço ABNT W1 ou DIN C 70 W1

<b>composição química:</b>	C = 0,70%
<b>similares:</b>	DIN C 70 W1 e WNr 1.1520 DIN C 70 W2 e WNr 1.1620 ≈ ASTM A 686-73 Tipo W1-7 ≈ AISI W1 ≈ ABNT W1 ≈ JIS G 4401-72 Tipos SK 6 e SK 7
<b>características gerais:</b>	Aço para ferramentas não ligado capaz de adquirir grande dureza superficial por meio de têmpera, conservando boa tenacidade no núcleo. Possui baixa temperabilidade, pequena retenção de corte e pequena resistência ao desgaste.
<b>estado de fornecimento:</b>	Recozido, com dureza máxima de 180 HB (cerca de 65 kgf/mm <sup>2</sup> ou 640 MPa ou 640 N/mm <sup>2</sup> )
<b>aplicações típicas:</b>	Matrizes de cunhagem. Matrizes de corte a frio. Ferramentas para repuxar chapas. Talhadeiras manuais. Ponteiros. Machados. Martelos.
<b>forjamento:</b>	Aquecer lentamente até 1000 - 1050°C. Após a homogeneização, iniciar o forjamento. Não forjar abaixo de 800°C. Após o forjamento, resfriar lentamente num forno ou em cinzas, areia, cal ou outro material isolante seco.
<b>recozimento:</b>	Aquecer lentamente a 690—710°C, manter em temperatura até completa homogeneização e resfriar no forno à razão de 30°C por hora até abaixo de 650°C e em seguida resfriar ao ar. Para evitar descarbonetação, o tratamento deve ser realizado em atmosfera protetora ou com a peça envolvida em coque queimado ou em cavacos de ferro fundido. Na falta destes equipamentos, recomenda-se aquecer a ferramenta a cerca de 150°C e mergulhá-la numa solução saturada de bórax em água fervente. Após a retirada da ferramenta, permitir que a película de bórax seque para, em seguida, executar o aquecimento normalmente.
<b>têmpera:</b>	Aquecer as peças, em banho de sal ou atmosfera protetora, até 800 - 830°C. Peças com espessura até 25 mm devem ser mantidas em temperatura durante 10 minutos. Para peças maiores, o tempo de permanência deve ser prolongado na razão de 5 minutos para cada 25 mm adicionais de espessura. Resfriar em água, ou em salmoura com 10% de cloreto de sódio ou em solução-aquosa de soda cáustica a 5%. A dureza alcançada na têmpera é de 62 a 64 HRC.



**revenimento:**

Imediatamente após a têmpera, deve ser executado o revenimento como segue:

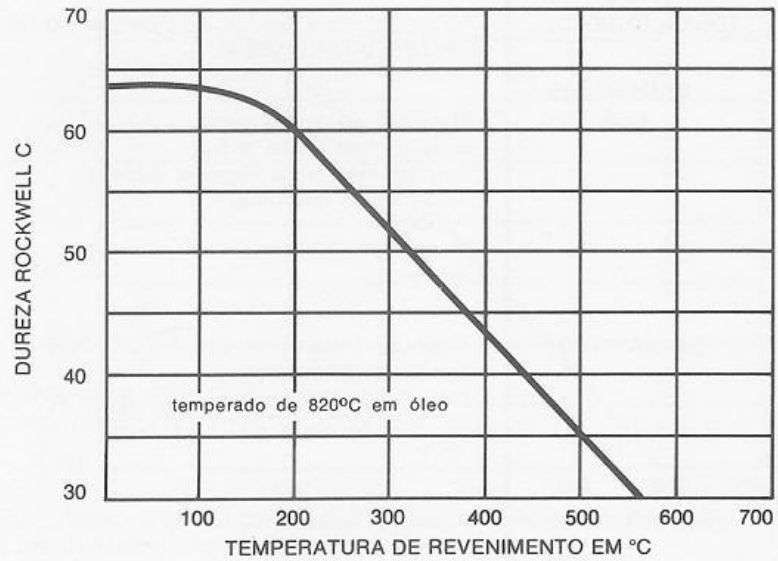
Aquecer a peça lentamente até a temperatura correspondente à dureza desejada, conforme diagrama de revenimento orientativo publicado abaixo.

Após a homogeneização, manter em temperatura 90 minutos para cada 25 mm de espessura da peça.

Tempo mínimo de permanência: 90 minutos.

Resfriar ao ar calmo.

**diagrama de revenimento:**

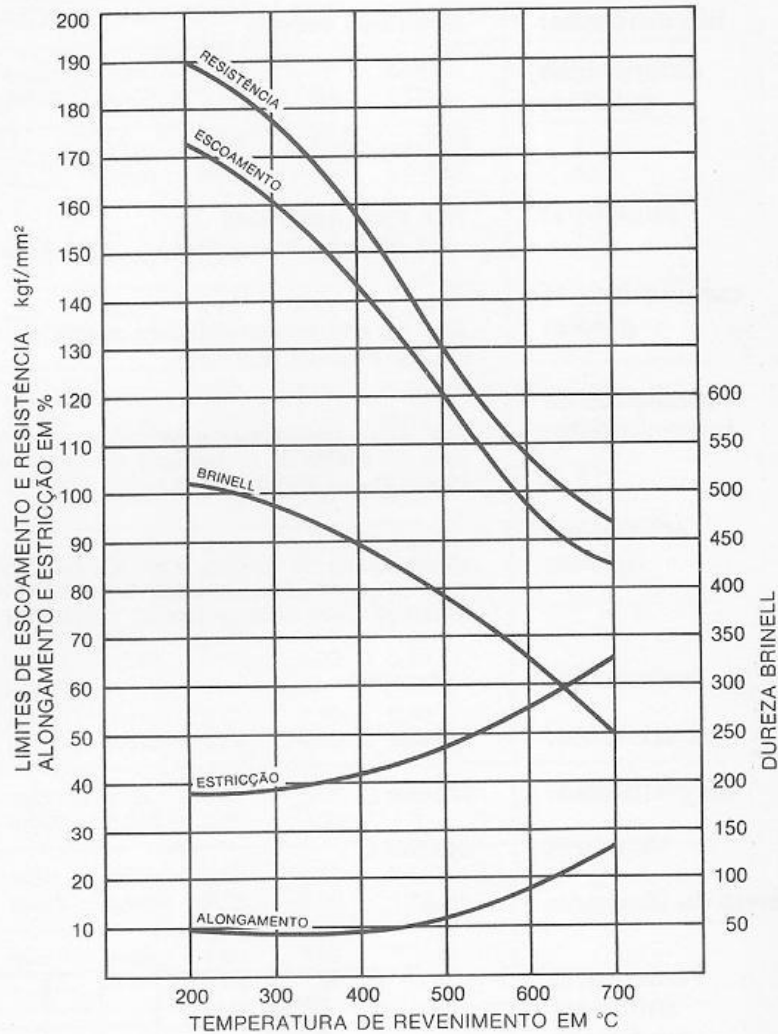


## 2.5.2 – AÇOS BAIXA-LIGA (fonte: Aços Villares)

### a) Aço ABNT 4340 (sem similar DIN)

<b>composição química:</b>	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
	0,38	0,15	0,60	0,70	1,65	0,20
	0,43	0,30	0,80	0,90	2,00	0,30
<b>similares:</b>	SAE 4340, ABNT 4340 ≈BS 970:1970 Tipo 817M40 JIS G 4103-65 Tipo SNCM 8					
<b>características gerais:</b>	Aço de alta temperabilidade, capaz de alcançar elevada resistência em secções grandes.					
<b>condições de fornecimento:</b>	Este aço é normalmente fornecido no estado temperado e revenido para um limite de resistência à tração de 85 a 100 kgf/mm <sup>2</sup> (850 a 1000 MPa ou 850 a 1000 N/mm <sup>2</sup> ) (248-293 HB)					
<b>aplicações típicas:</b>	Virabrequins de aviões, tratores, caminhões e automóveis; bielas, engrenagens, eixos sujeitos a grandes esforços e peças que necessitam boas características mecânicas em secções grandes.					
<b>forjamento:</b>	1100-850° C					
<b>recozimento:</b>	660-680° C					
<b>normalização:</b>	870-880° C					
<b>têmpera:</b>	840-880° C					
<b>meio de têmpera:</b>	óleo					

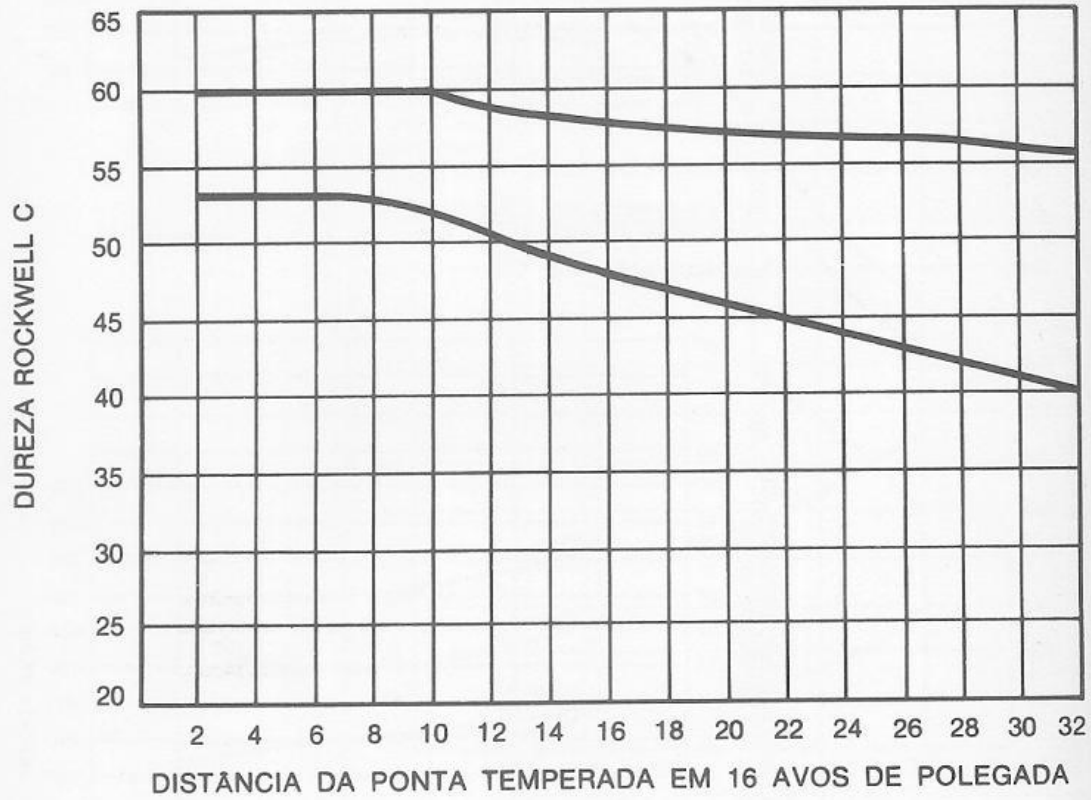
**diagrama de  
revenimento:**



Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 870 °C, temperadas de 840 °C em óleo e revenidas nas temperaturas indicadas.

faixa de  
temperabilidade

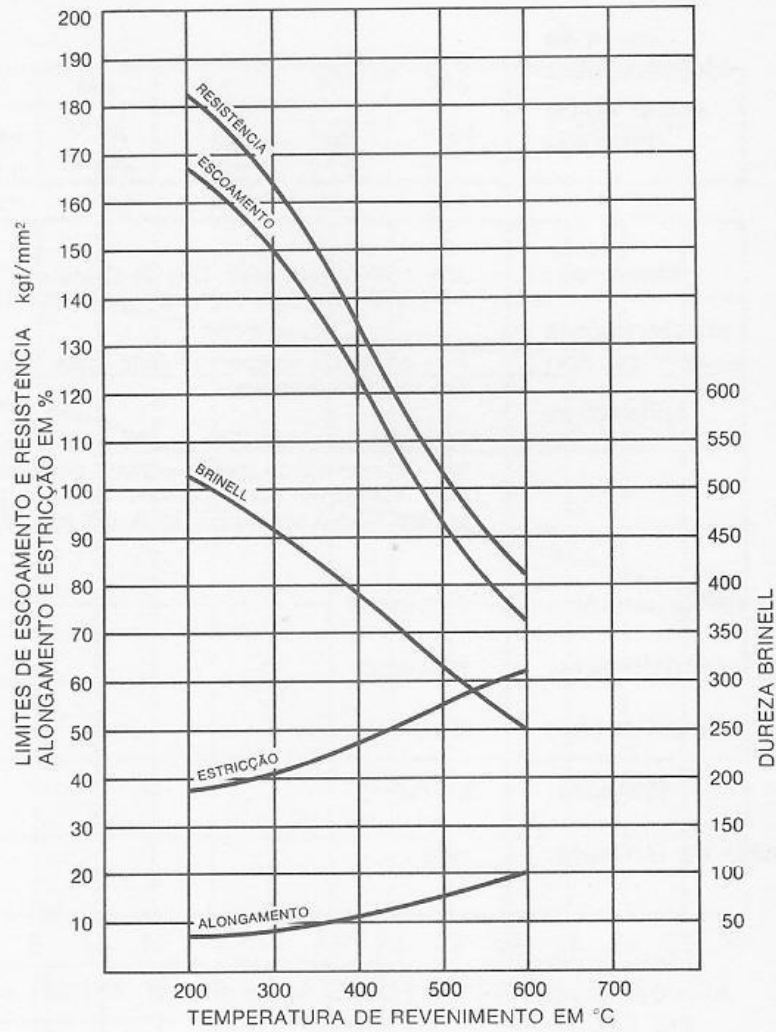
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	ABNT 4340
0,37 0,44	0,20 0,35	0,55 0,90	0,65 0,95	1,55 2,00	0,20 0,30	



b) Aço ABNT 4140 (DIN 42 Cr Mo 4)

<b>composição química:</b>	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0,38	0,15	0,75	0,80	0,15
	0,43	0,30	1,00	1,10	0,25
<b>similares:</b>	SAE 4140, ABNT 4140, DIN 42 CrMo 4 e WNr 1.7225 ≈BS 970:1970 Tipo 708M40 ≈JIS G 4105-65 Tipo SCM 4				
<b>características gerais:</b>	Aço de média temperabilidade, com boas propriedades mecânicas em secções grandes.				
<b>aplicações típicas:</b>	Virabrequins, bielas, braços, juntas, eixos, peças para equipamentos de perfuração, engrenagens, parafusos de alta resistência. Este aço pode ser fornecido também temperado e revenido de acordo com a norma ASTM A 193 grau B-7.				
<b>forjamento:</b>	1100-850° C				
<b>recozimento:</b>	780-800° C				
<b>normalização:</b>	860-880° C				
<b>têmpera:</b>	840-860° C				
<b>meio de têmpera:</b>	óleo				

diagrama de revenimento:

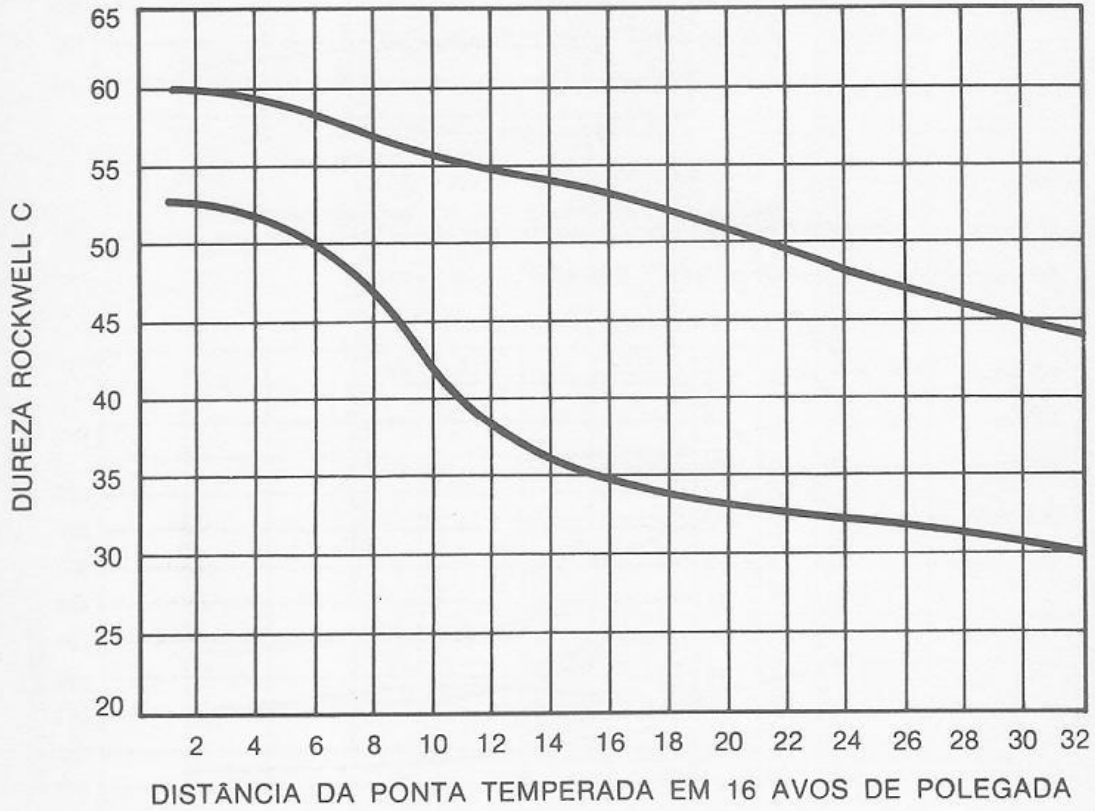


Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 870 °C, temperadas de 840 °C em óleo e revenidas nas temperaturas indicadas.



faixa de  
temperabilidade

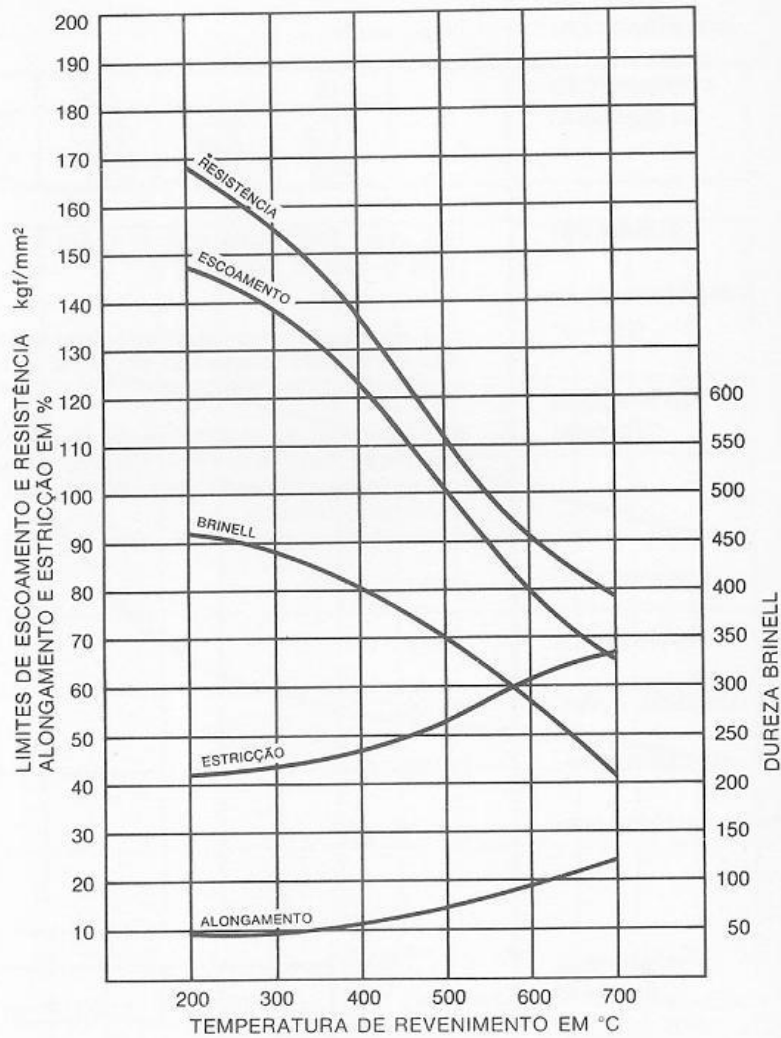
C	Si	Mn	Cr	Mo	ABNT 4140
0,37 0,44	0,20 0,35	0,65 1,10	0,75 1,20	0,15 0,25	



c) Aço ABNT 4130 (DIN 42 Cr Mo 4)

<b>composição química:</b>	<table><thead><tr><th>C</th><th>Si</th><th>Mn</th><th>Cr</th><th>Mo</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,28</td><td>0,15</td><td>0,40</td><td>0,80</td><td>0,15</td></tr><tr><td>0,33</td><td>0,30</td><td>0,60</td><td>1,10</td><td>0,25</td></tr></tbody></table>	C	Si	Mn	Cr	Mo	0,28	0,15	0,40	0,80	0,15	0,33	0,30	0,60	1,10	0,25
C	Si	Mn	Cr	Mo												
0,28	0,15	0,40	0,80	0,15												
0,33	0,30	0,60	1,10	0,25												
<b>similares:</b>	SAE 4130, ABNT 4130, DIN 25 CrMo 4 e WNr 1.7218 ≈JIS G 4105-65 Tipo SCM 2															
<b>características gerais:</b>	Aço de baixa temperabilidade frequentemente usado para peças médias, quando temperado em água, e para peças pequenas, quando temperado em óleo.															
<b>aplicações típicas:</b>	Bielas, braços de direção, eixos, parafusos, rebites e outras peças que necessitam boa resistência e tenacidade e que sejam suficientemente pequenas para alcançarem estas propriedades após tratamento térmico.															
<b>forjamento:</b>	1100-850° C															
<b>recozimento:</b>	780-800° C															
<b>normalização:</b>	880-930° C															
<b>têmpera:</b>	840-880° C															
<b>meio de têmpera:</b>	água ou óleo															

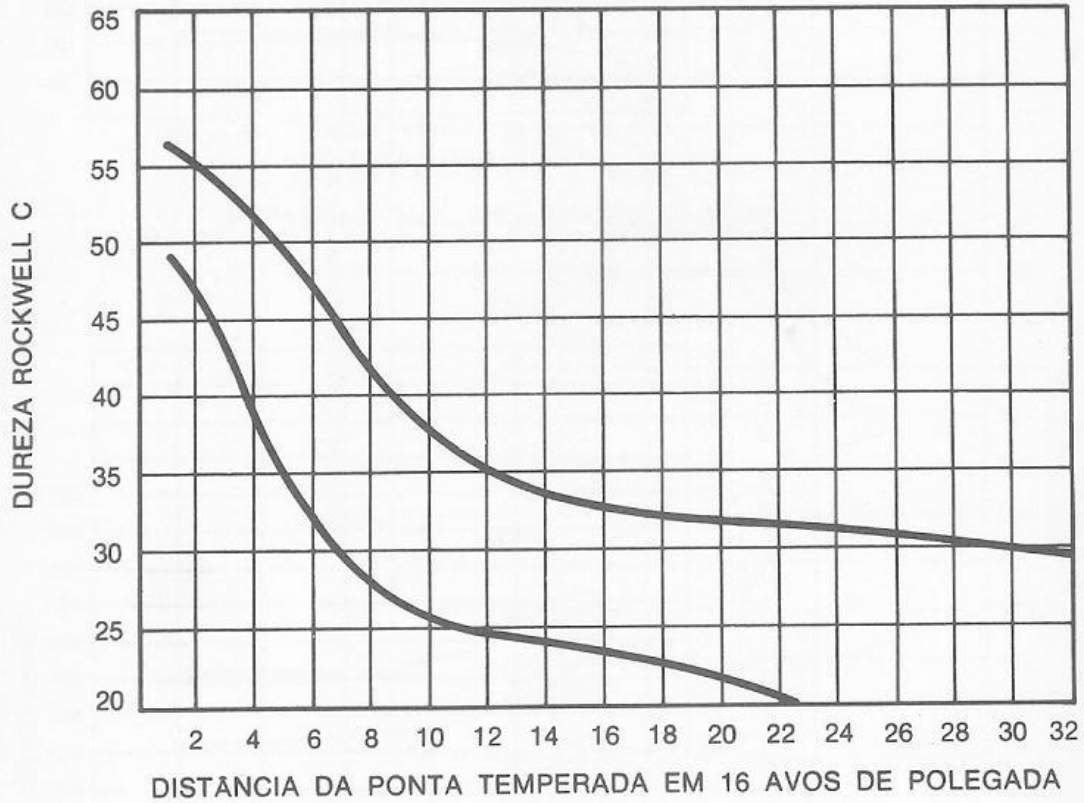
diagrama de  
revenimento:



Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 900 °C, temperadas de 870 °C em água e revenidas nas temperaturas indicadas.

faixa de  
temperabilidade

C	Si	Mn	Cr	Mo	ABNT 4130
0,27 0,33	0,20 0,35	0,30 0,70	0,75 1,20	0,15 0,25	

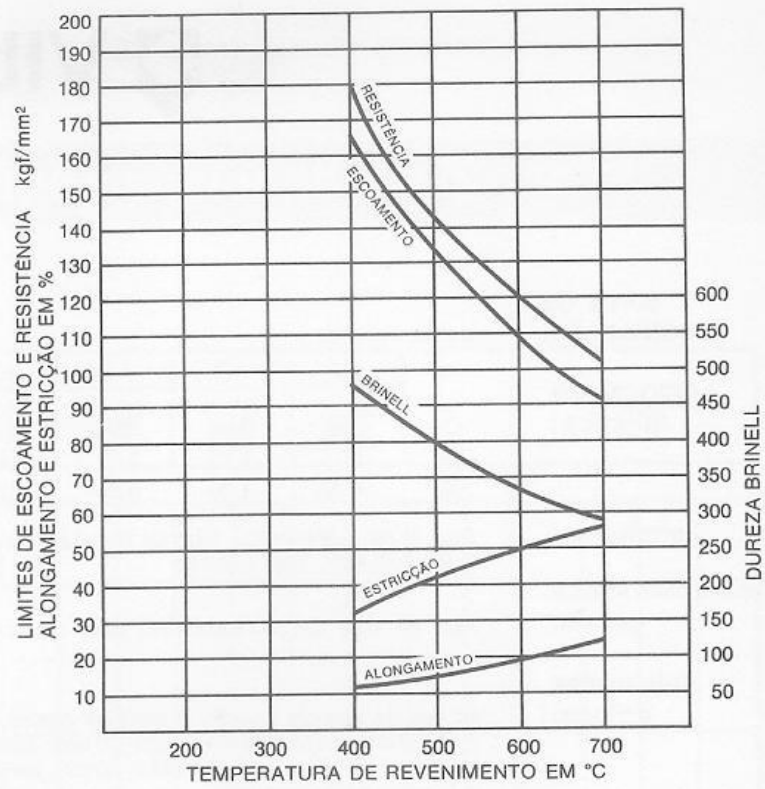


d) Aço ABNT 8660 (DIN 60 Ni Cr Mo 2)

<b>composição química:</b>	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
	0,56	0,15	0,75	0,40	0,40	0,15
	0,64	0,30	1,00	0,60	0,70	0,25
<b>similares:</b>	SAE 8660, ABNT 8660, DIN 60 NiCrMo 2 e WNr 1.6528 ≈BS 970:1972 Tipo 805A60					
<b>características gerais:</b>	Aço de alta temperabilidade, com elevada dureza após têmpera.					
<b>aplicações típicas:</b>	Molas de grande secção e serviço pesado, molas helicoidais e semi-elípticas com diâmetro até 50 mm para tratores, vagões ferroviários e equipamento pesado; eixos, parafusos de alta solitação e ferramentas manuais.					
<b>forjamento:</b>	1100-850° C					
<b>recozimento:</b>	780-800°C					
<b>normalização:</b>	850-880° C					
<b>têmpera:</b>	820-860° C					
<b>meio de têmpera:</b>	óleo					

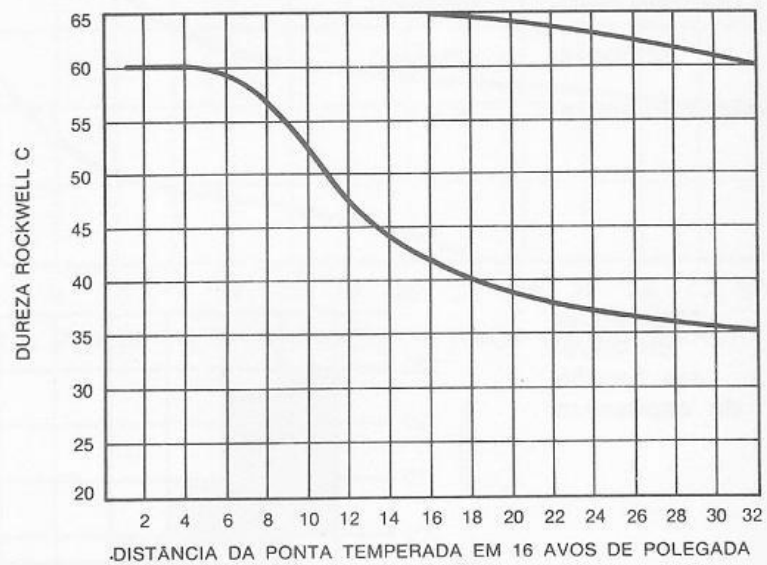
**diagrama de revenimento:**

Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 870 °C, temperadas de 850 °C em óleo e revenidas nas temperaturas indicadas.



**faixa de temperabilidade:**

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	ABNT 8660
0,55 0,65	0,20 0,35	0,70 1,05	0,35 0,65	0,35 0,75	0,15 0,25	

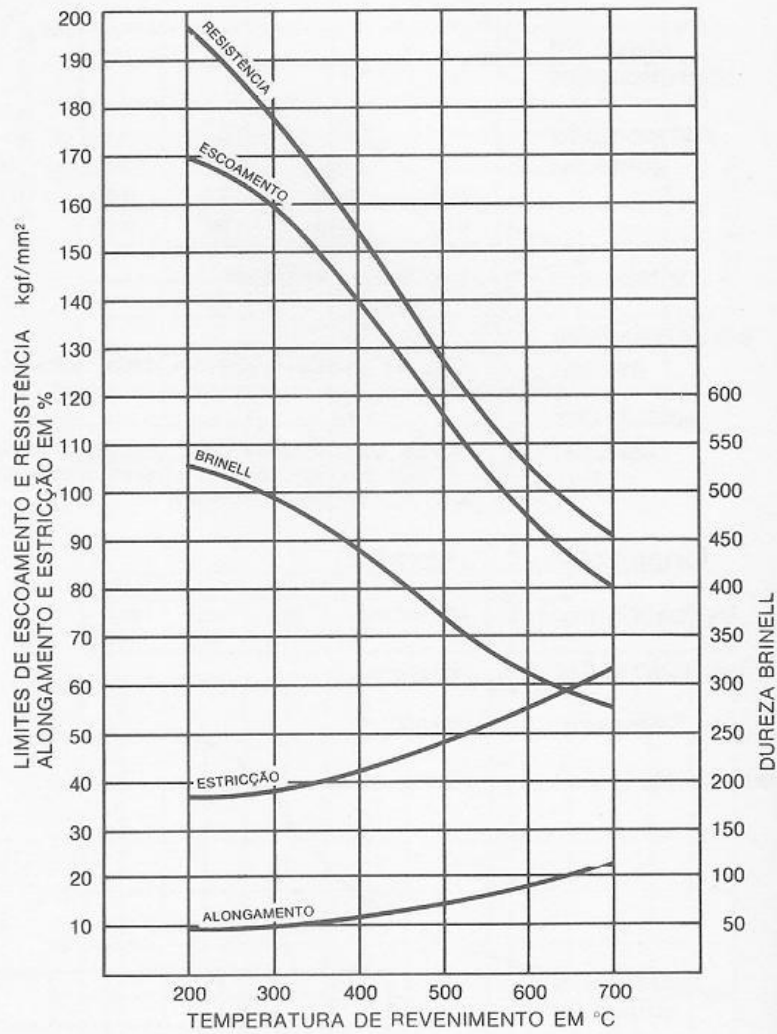




e) Aço ABNT 8650 (sem similar DIN)

<b>composição química:</b>	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
	0,48	0,15	0,75	0,40	0,40	0,15
	0,53	0,30	1,00	0,60	0,70	0,25
<b>similares:</b>	SAE 8650, ABNT 8650					
<b>características gerais:</b>	Aço de média temperabilidade, com boas características mecânicas.					
<b>aplicações típicas:</b>	Molas com diâmetro até 25 mm, semi-eixos, virabrequins, ferramentas manuais como: chaves fixas, chaves cachimbo e outras aplicações semelhantes.					
<b>forjamento:</b>	1100-850° C					
<b>recozimento:</b>	780-800° C					
<b>normalização:</b>	860-880° C					
<b>têmpera:</b>	820-860° C					
<b>meio de têmpera:</b>	óleo					

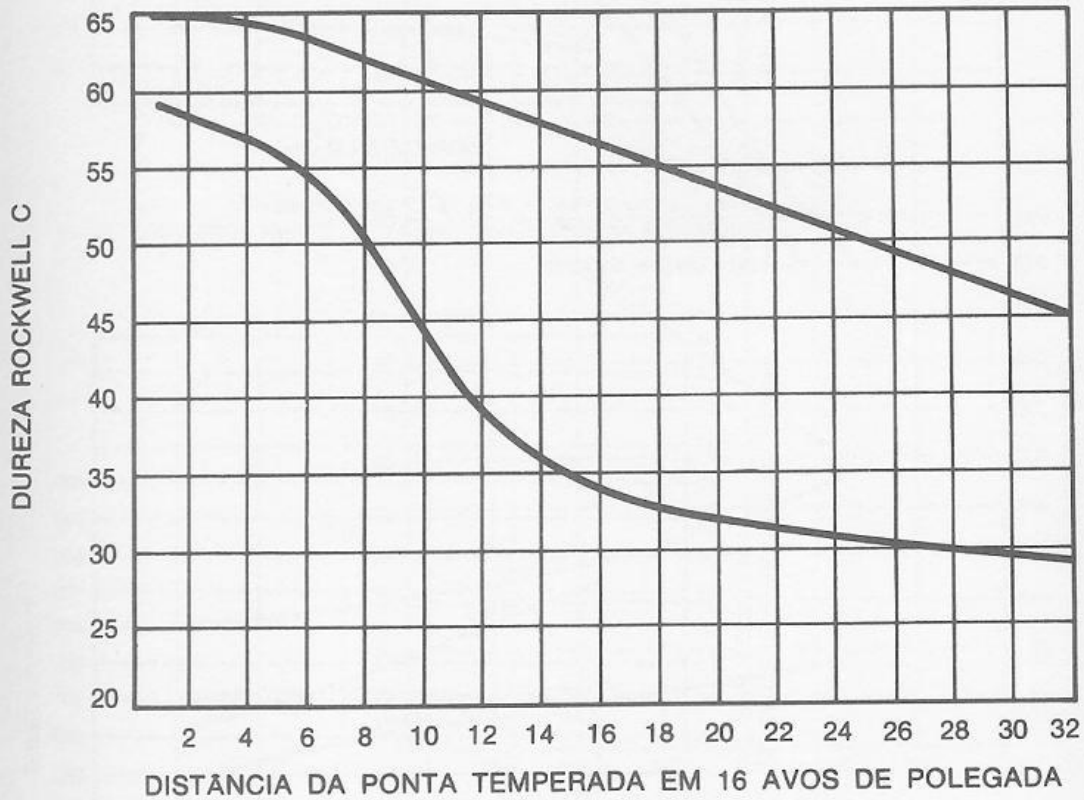
diagrama de  
revenimento:



Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 870 °C, temperadas de 840 °C em óleo e revenidas nas temperaturas indicadas.

faixa de  
temperabilidade

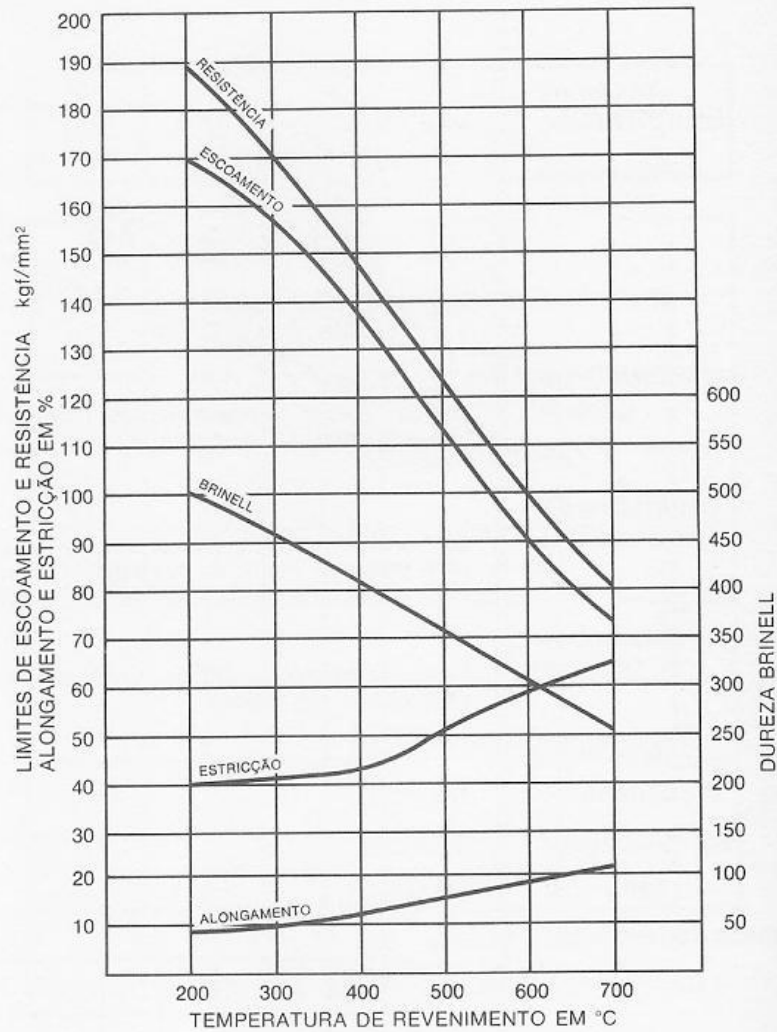
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	ABNT 8650
0,47 0,54	0,20 0,35	0,70 1,05	0,35 0,65	0,35 0,75	0,15 0,25	



f) Aço ABNT 8640 (sem similar DIN)

<b>composição química:</b>	<table><thead><tr><th>C</th><th>Si</th><th>Mn</th><th>Cr</th><th>Ni</th><th>Mo</th></tr></thead><tbody><tr><td>0,38</td><td>0,15</td><td>0,75</td><td>0,40</td><td>0,40</td><td>0,15</td></tr><tr><td>0,43</td><td>0,30</td><td>1,00</td><td>0,60</td><td>0,70</td><td>0,25</td></tr></tbody></table>	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	0,38	0,15	0,75	0,40	0,40	0,15	0,43	0,30	1,00	0,60	0,70	0,25
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo														
0,38	0,15	0,75	0,40	0,40	0,15														
0,43	0,30	1,00	0,60	0,70	0,25														
<b>similares:</b>	SAE 8640, ABNT 8640 JIS G 4103-65 Tipo SNCM 6																		
<b>características gerais:</b>	Aço de média temperabilidade; comparado com outros aços da mesma categoria é o que apresenta as melhores características mecânicas.																		
<b>condições de fornecimento:</b>	Este aço é normalmente fornecido no estado temperado e revenido para um limite de resistência à tração de 70 a 85 kgf/mm <sup>2</sup> (700 a 850 MPa ou 70 a 850 N/mm <sup>2</sup> ) (207 a 248 HB).																		
<b>aplicações típicas:</b>	Eixos, engrenagens, bielas, virabrequins, juntas, peças para equipamento de perfuração.																		
<b>forjamento:</b>	1100-850° C																		
<b>recozimento:</b>	780-800° C																		
<b>normalização:</b>	860-900° C																		
<b>têmpera:</b>	840-880° C																		
<b>meio de têmpera:</b>	óleo																		

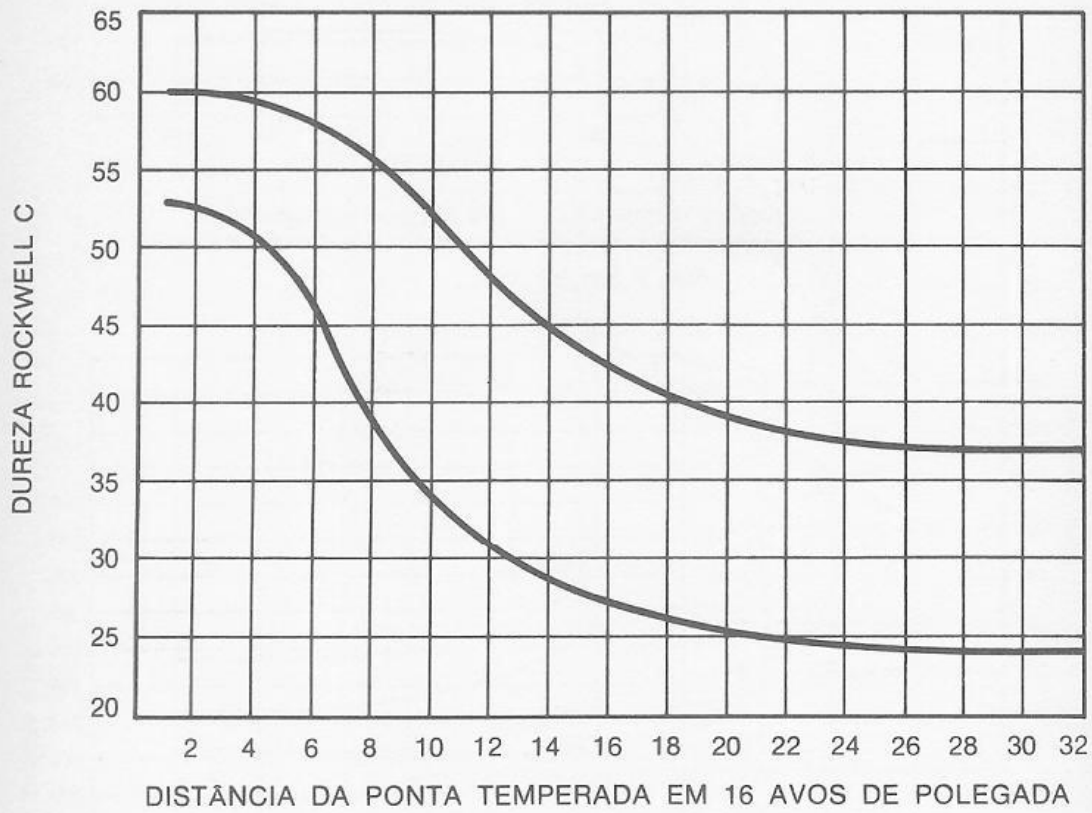
**diagrama de  
revenimento:**



Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 870 °C, temperadas de 840 °C em óleo e revenidas nas temperaturas indicadas.

faixa de  
temperabilidade

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	ABNT 8640
0,37 0,44	0,20 0,35	0,70 1,05	0,35 0,65	0,35 0,75	0,15 0,25	

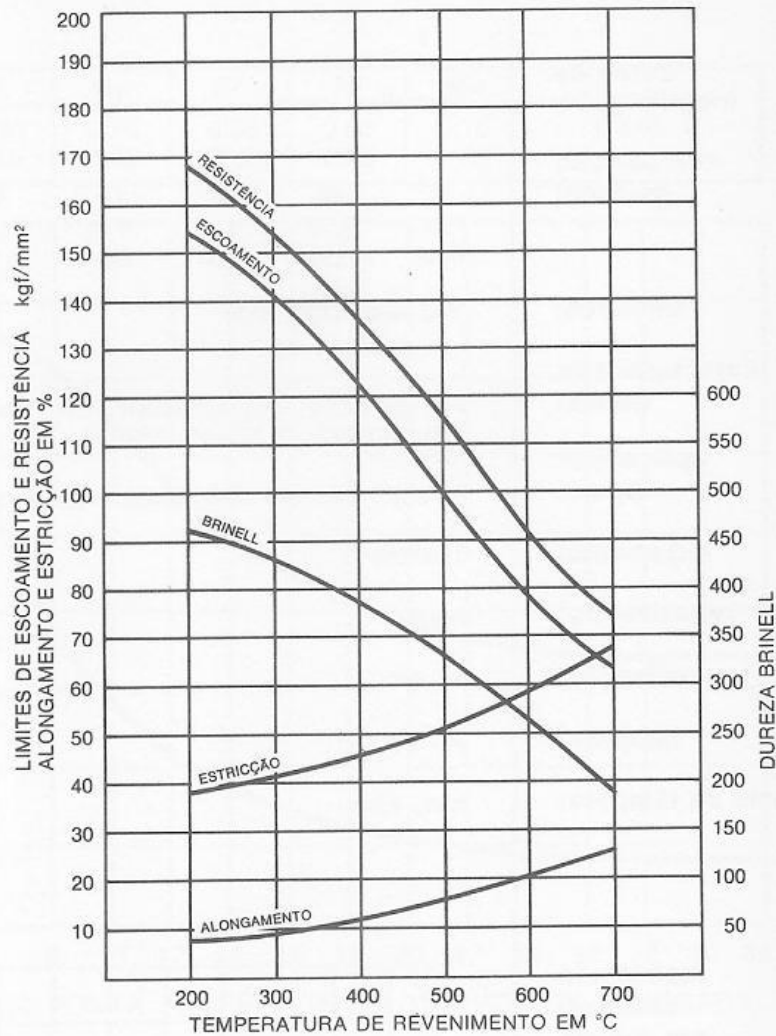




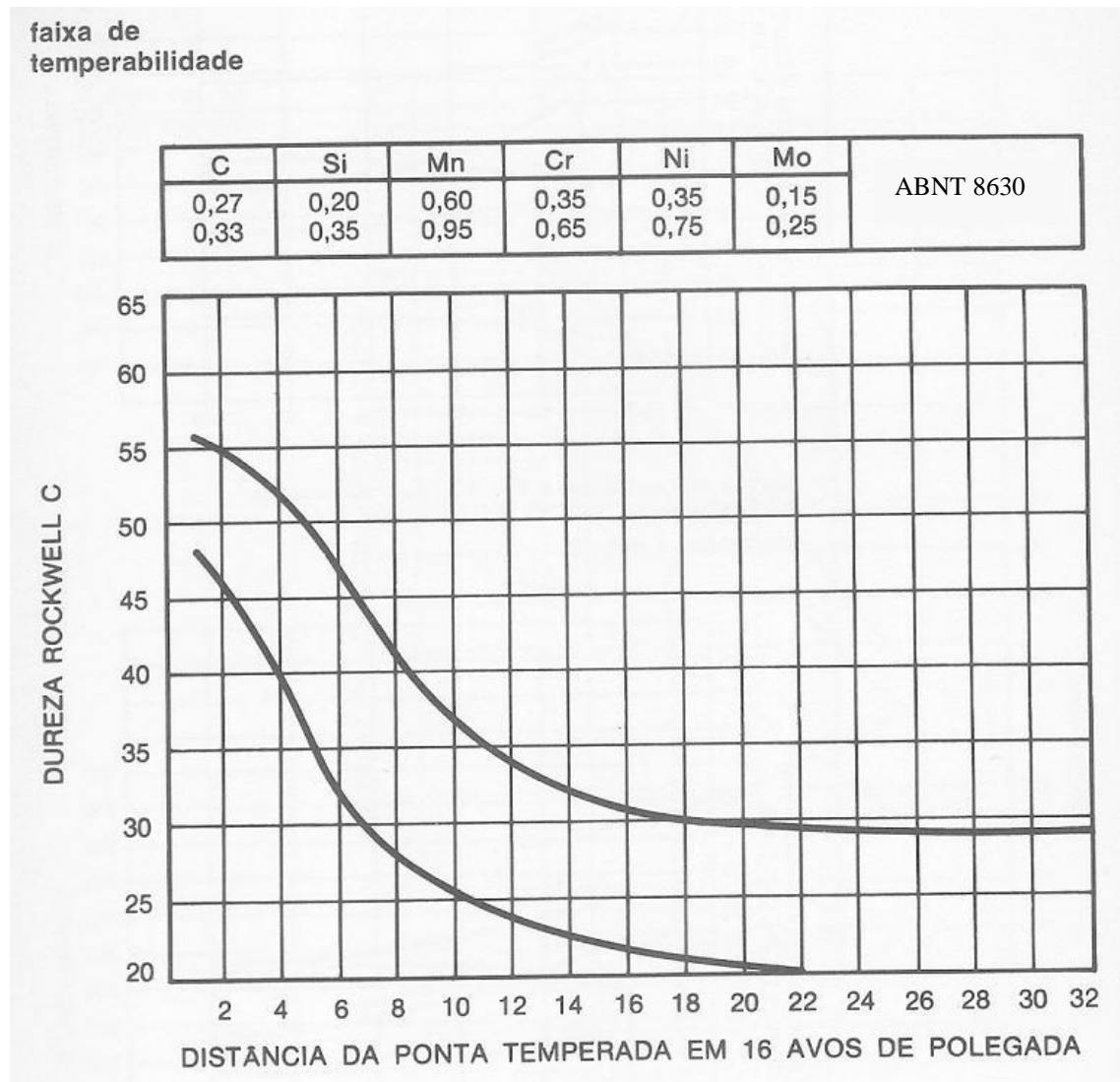
g) Aço ABNT 8630 (sem similar DIN)

<b>composição química:</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Mo</b>
	0,28	0,15	0,70	0,40	0,40	0,15
	0,33	0,30	0,90	0,60	0,70	0,25
<b>similares:</b>	SAE 8630, ABNT 8630					
<b>características gerais:</b>	Aço de baixa temperabilidade, com boas características mecânicas em peças de secção pequena.					
<b>aplicações típicas:</b>	Parafusos de alta resistência, peças estruturais de aviões, bielas.					
<b>forjamento:</b>	1100-850° C					
<b>recozimento:</b>	780-800° C					
<b>normalização:</b>	860-900° C					
<b>têmpera:</b>	840-880° C					
<b>meio de têmpera:</b>	óleo, água					

**diagrama de  
revenimento:**



Curvas obtidas com corpos de prova tipo ABNT, L=50 mm D=10 mm, usinados de barras com 25 mm de diâmetro, normalizadas a 890 °C, temperadas de 870 °C em água e revenidas nas temperaturas indicadas.



(Fonte: Aços Villares)