

The background features a dark blue gradient with technical diagrams. On the left, a large circular scale is visible with numerical markings from 160 to 260. To the right, there are several circular diagrams with arrows indicating clockwise and counter-clockwise directions, suggesting a process or cycle. The overall aesthetic is scientific and technical.

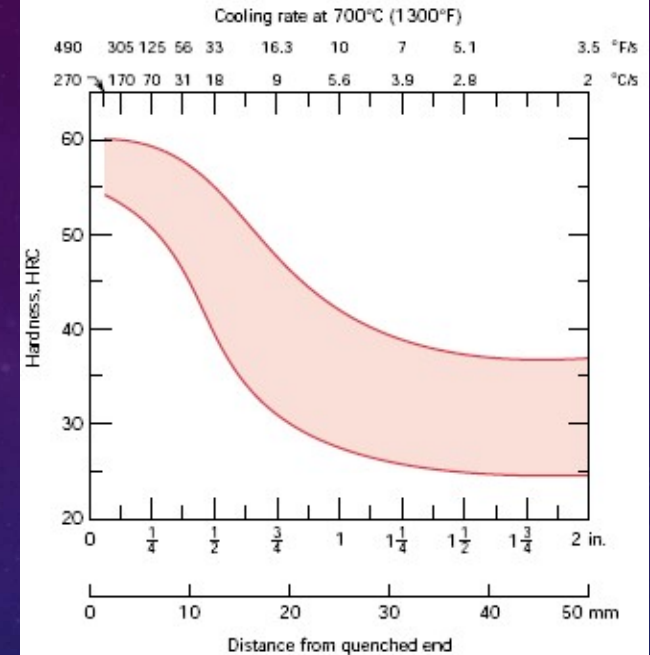
# TEMPERABILIDADE

ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS I

PROFA.DRA. LAURALICE CANALE

## BANDA DE TEMPERABILIDADE

- Durante a produção industrial existe sempre uma ligeira e inevitável variação na composição e no tamanho médio do grão.
- Isso resulta em um espalhamento dos dados de medição de temperabilidade que são plotados na forma de uma banda ou faixa que representam os valores mínimos e máximos esperados para uma liga

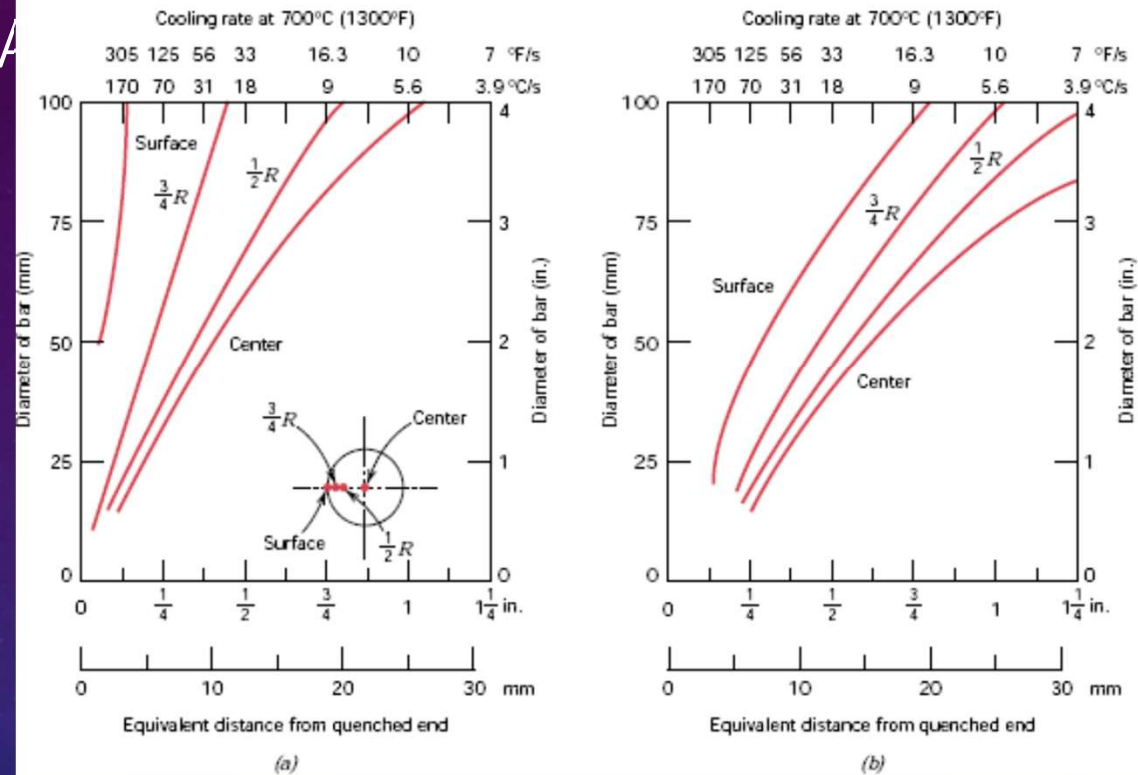


# RELAÇÃO ENTRE OS ENSA

- O diagrama ao lado apresenta uma relação entre os dois ensaios.

- É apresentado a taxa de resfriamento em função do diâmetro da barra para quatro pontos da seção transversal em função da distância Jominy equivalente

Uma utilidade desse diagrama é a previsão de dureza ao longo da seção transversal de uma amostra

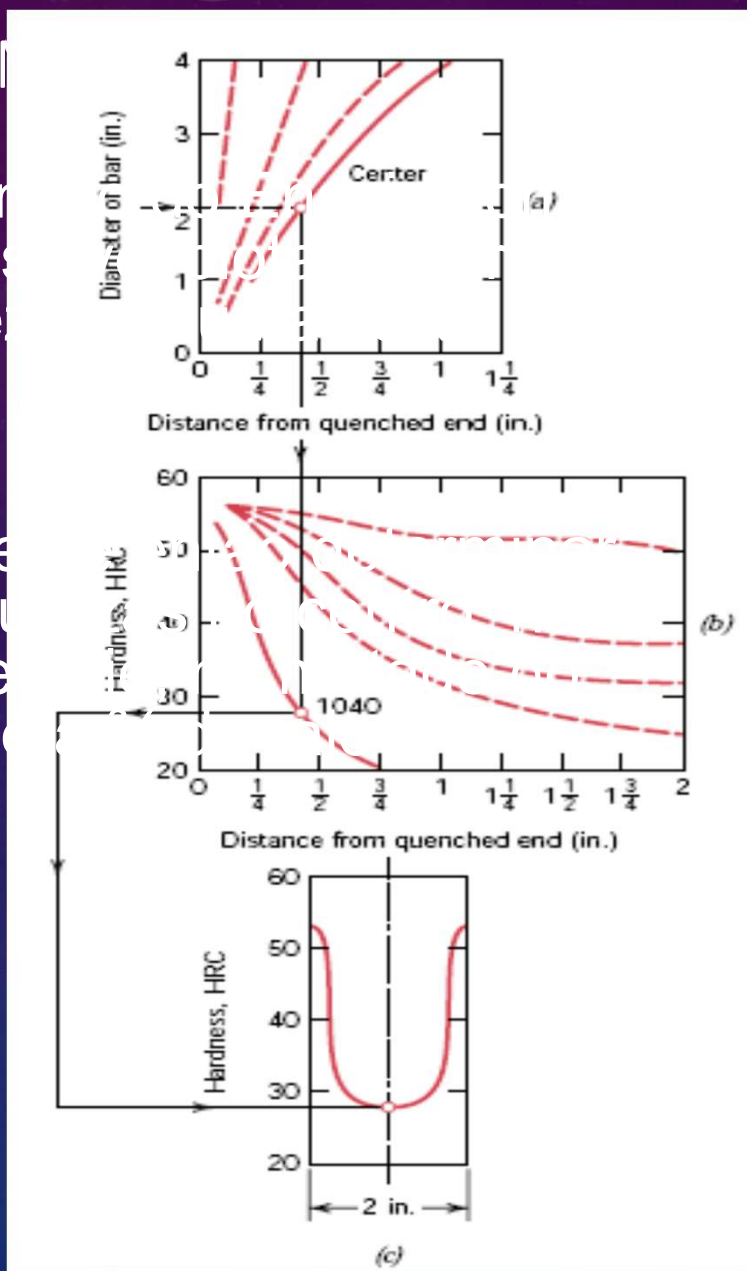


# DETERMINAR

- Por meio de um teste de dureza

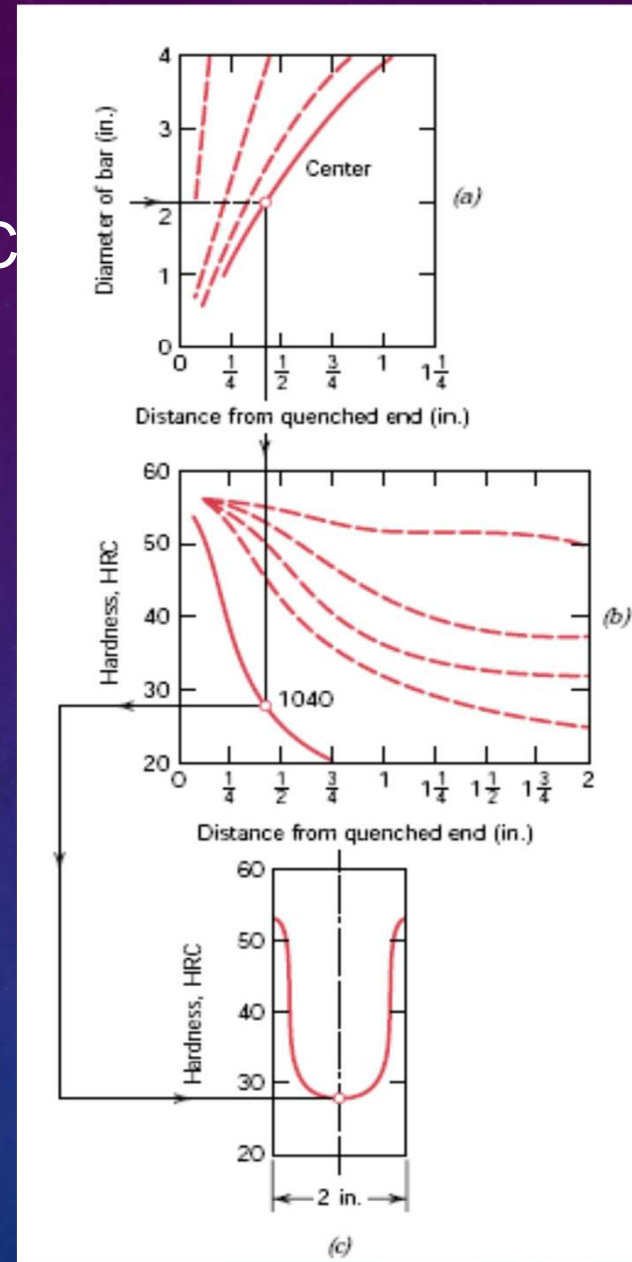
- Pode-se determinar o tamanho do grão de superfície

# ATRAVÉS DO ENSAIO JOMINY



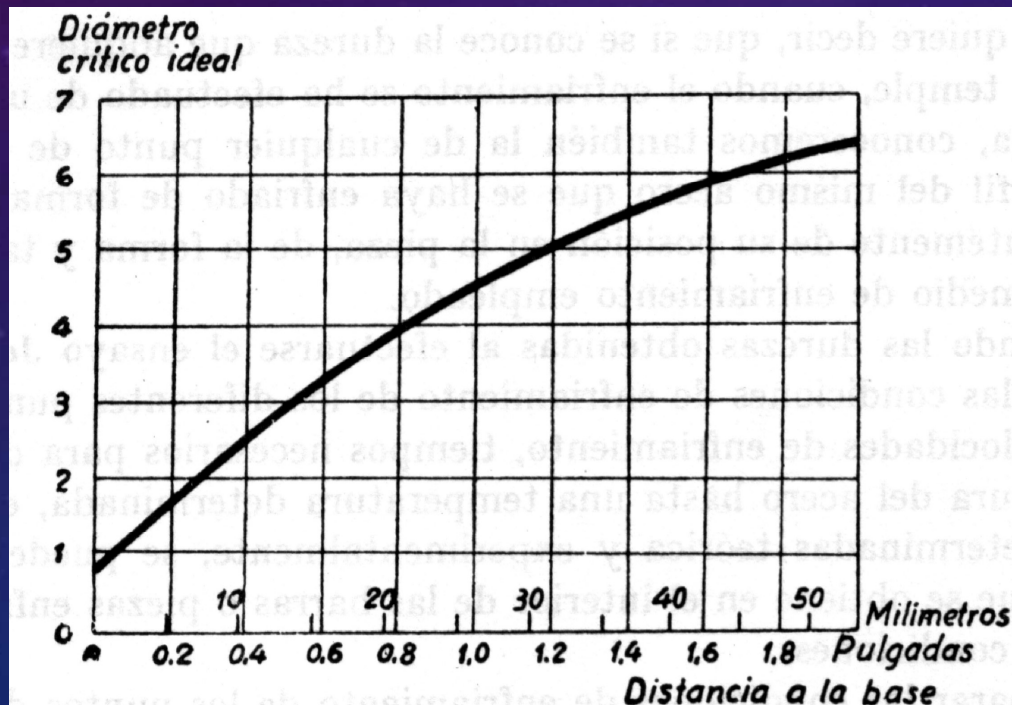
Nesse caso:

- Centro = 28HRC
- Metade do raio = 30 HRC
- $\frac{3}{4}$  do raio = 39 HRC
- Superfície = 54 HRC

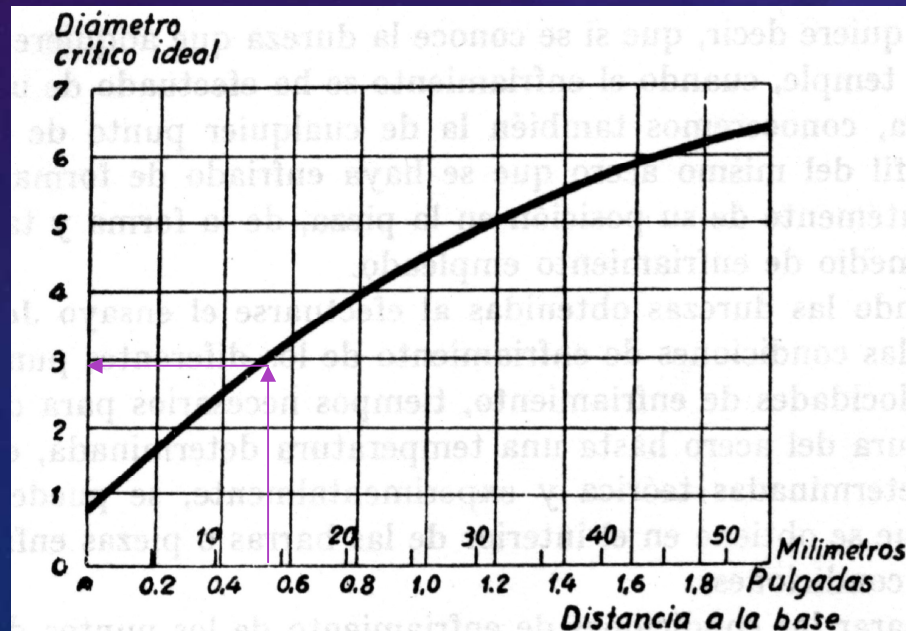
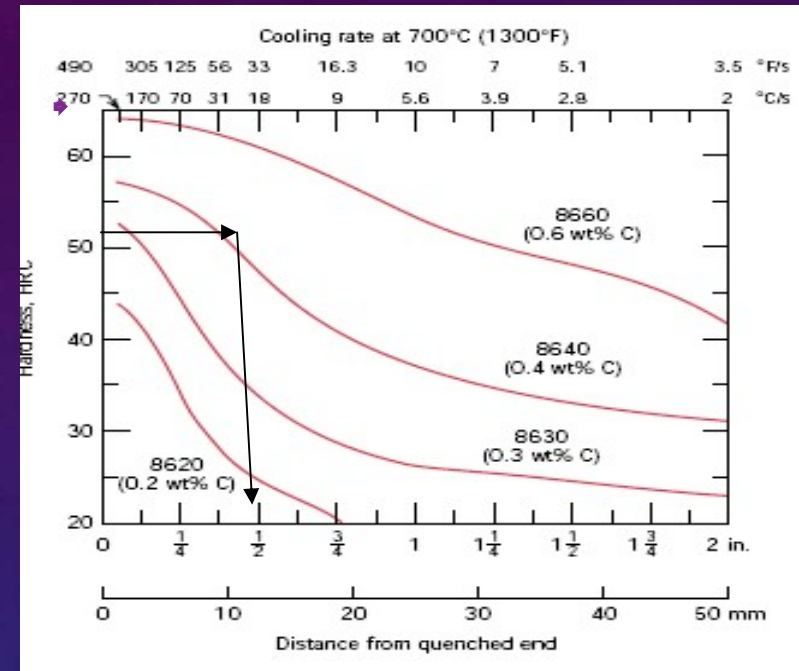


# DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO CRÍTICO PELO ENSAIO JOMINY

- É possível se obter o diâmetro crítico ideal a partir de um ensaio Jominy.



- Por exemplo um aço 8640 que apresenta dureza de 50HRC, na curva Jominy apresenta distância Jominy equivalente de  $\frac{1}{2}$  “.
- Pegando esse valor e analisando a curva em que o meio de têmpera é ideal encontra-se um valor de diâmetro crítico de 3”.



# SEVERIDADE DE TÊMPERA

- O diâmetro crítico de um aço depende do meio de resfriamento. Quanto maior a velocidade de resfriamento, maior a sua severidade. Essa característica costuma ser indicada pela letra “H”.
- Para que se pudesse comparar aços diferentes, quanto à temperabilidade seria necessário associar os diâmetros críticos a um certo H

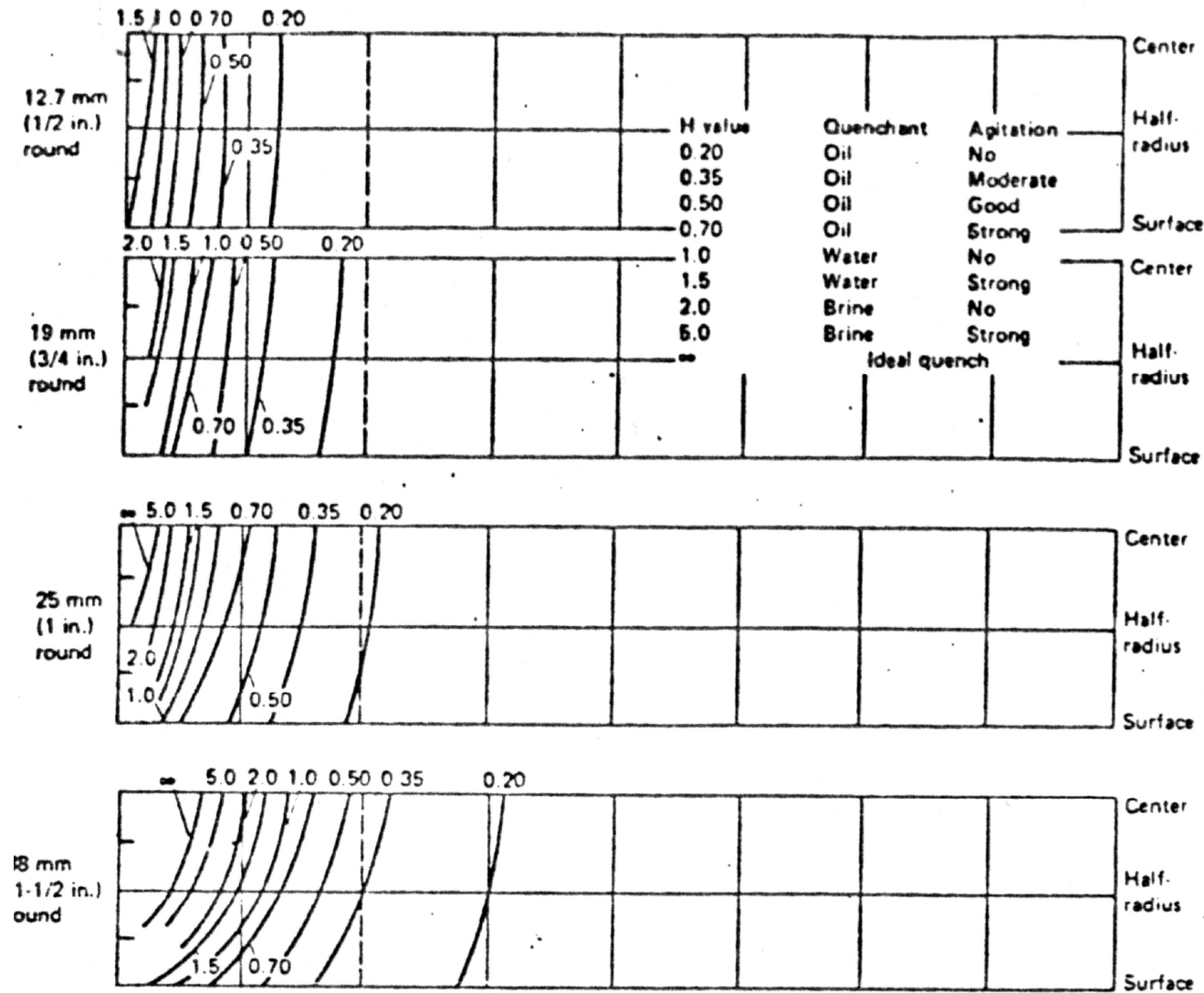
Valores típicos de H

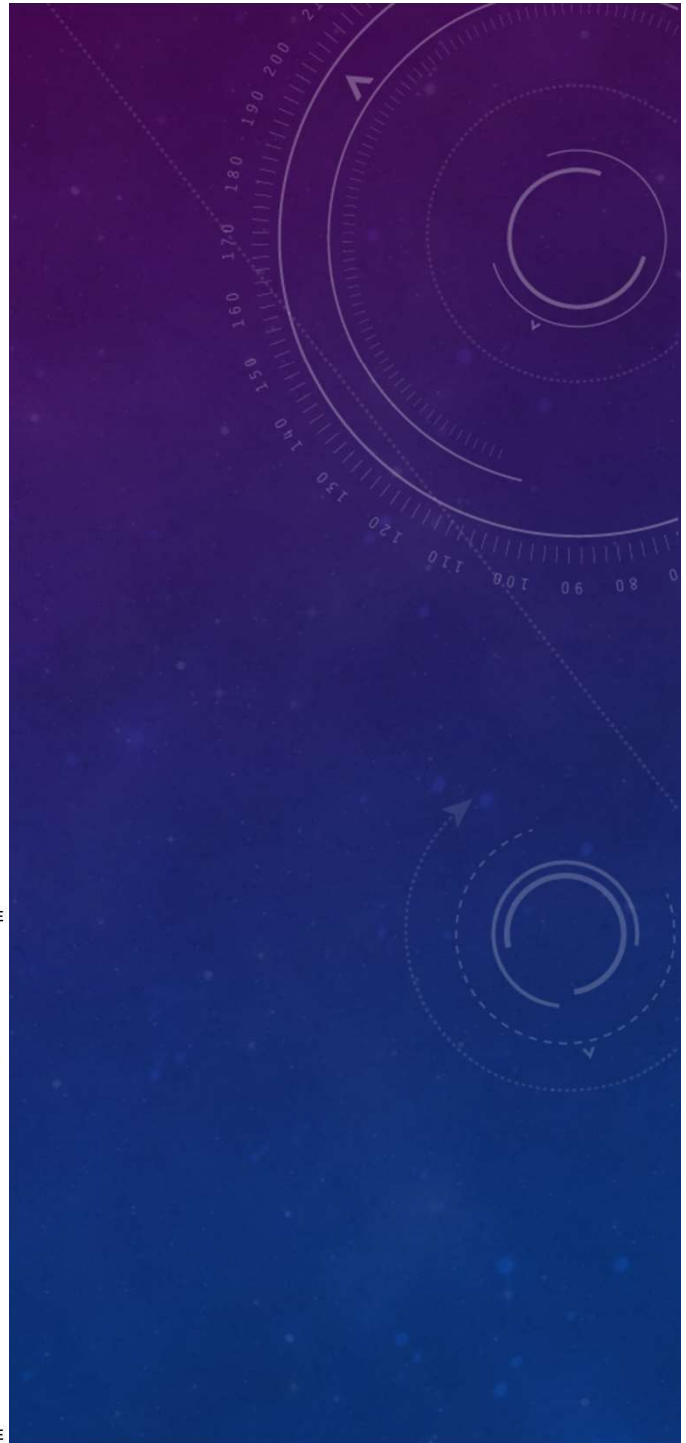
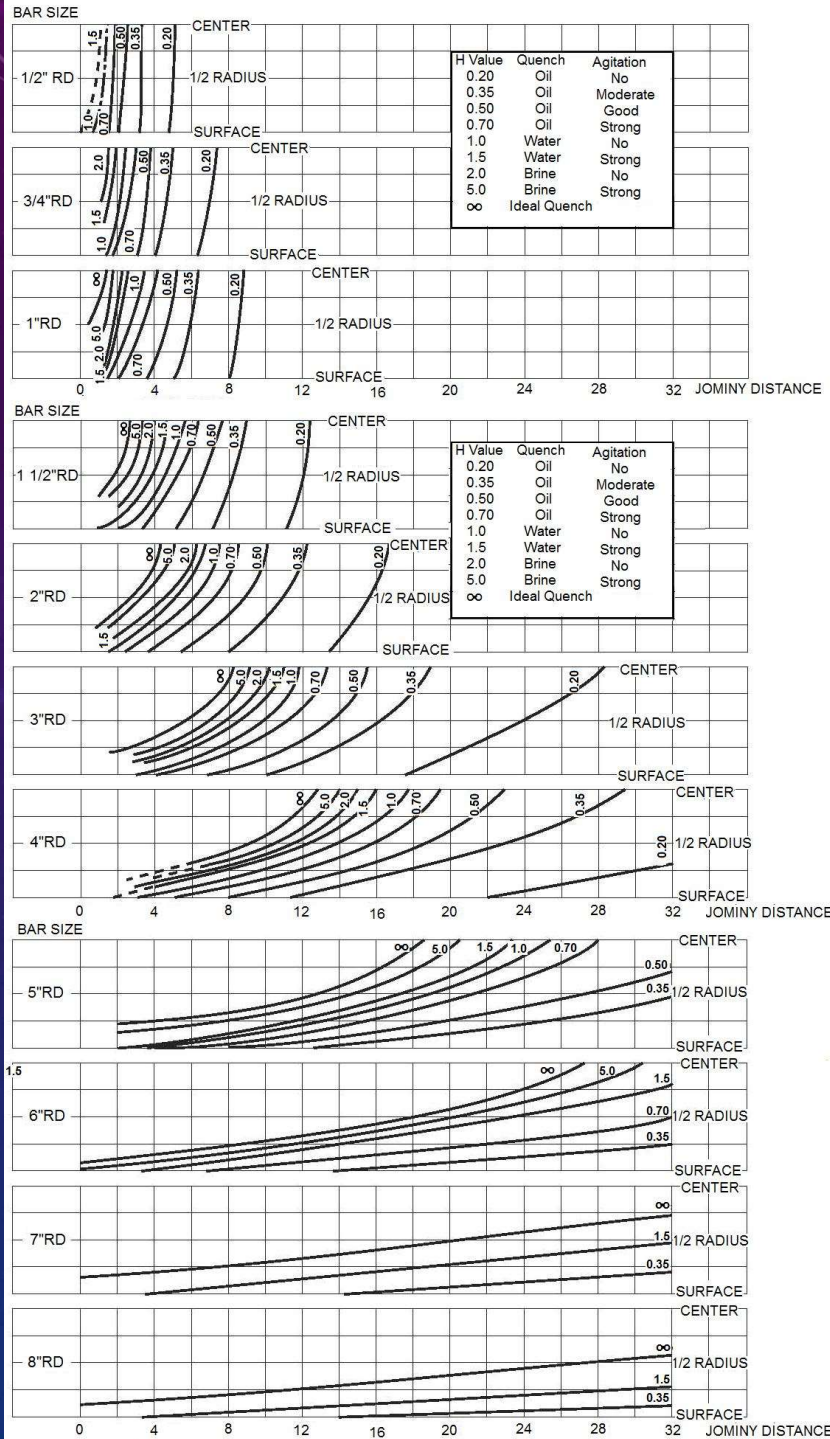
Estado de agitação do meio de resfriamento	Óleo	Água	Salmoura
Nenhuma	0,25 a 0,30	1,0	2,2
Pouca	0,30 a 0,35	1,00 a 1,10	2,0 a 2,2
Moderada	0,35 a 0,40	1,20 a 1,30	—
Boa	0,40 a 0,50	1,40 a 1,50	—
Forte	0,50 a 0,80	1,60 a 2,00	—
Violenta	0,80 a 1,10	4,0	5,0



# CURVAS DE CORRELAÇÃO

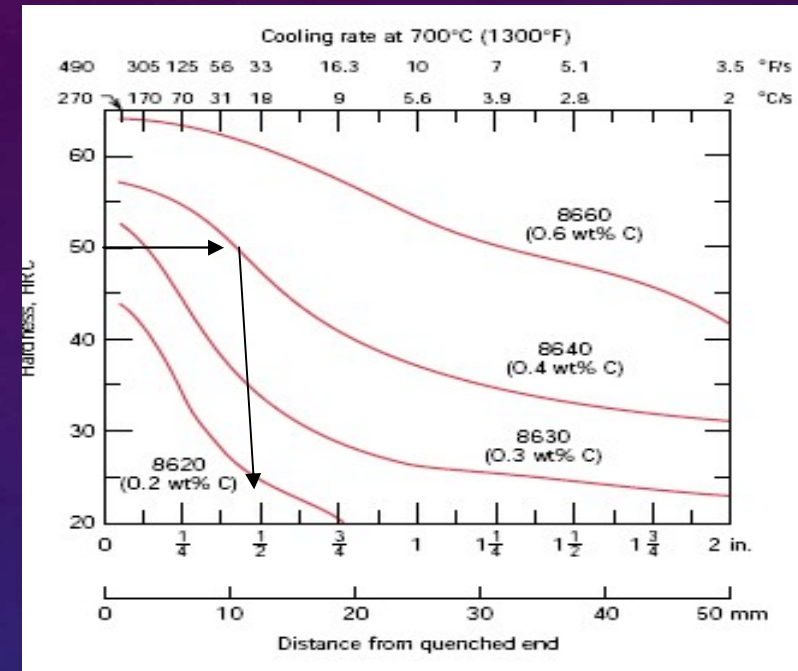
**Fig. 17** Correlation of  $J_{\text{eq}}$ , equivalent hardness positions in end-quench hardenability specimen and various locations in round bars quenched in oil, water and brine





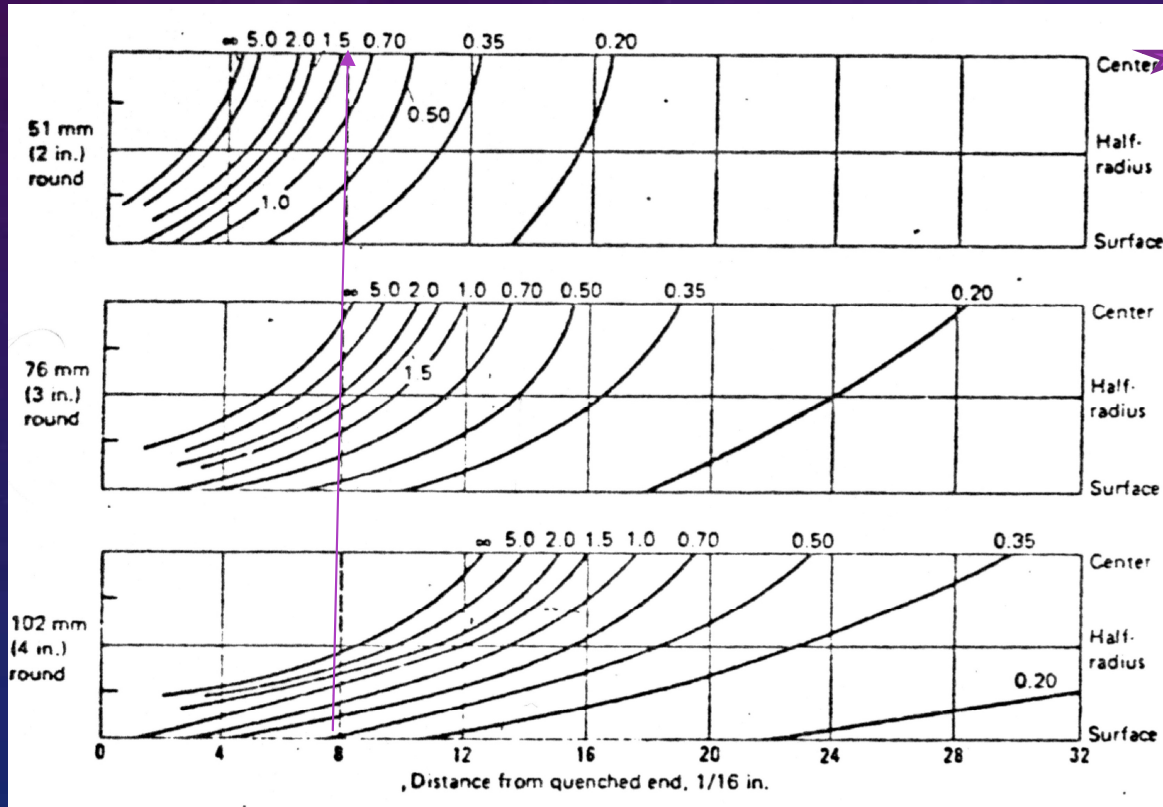
# EXEMPLO

- Por meio das curvas de correlação pode-se determinar a severidade de têmpera e assim o meio de têmpera que deve ser empregado.
- Por exemplo, se pegarmos uma barra de 2" de um aço 8640 e desejarmos uma dureza de 50HRC no centro.
- Tem-se  $\frac{1}{2}$ " de distância jominy ou 8/16.



# EXEMPLO

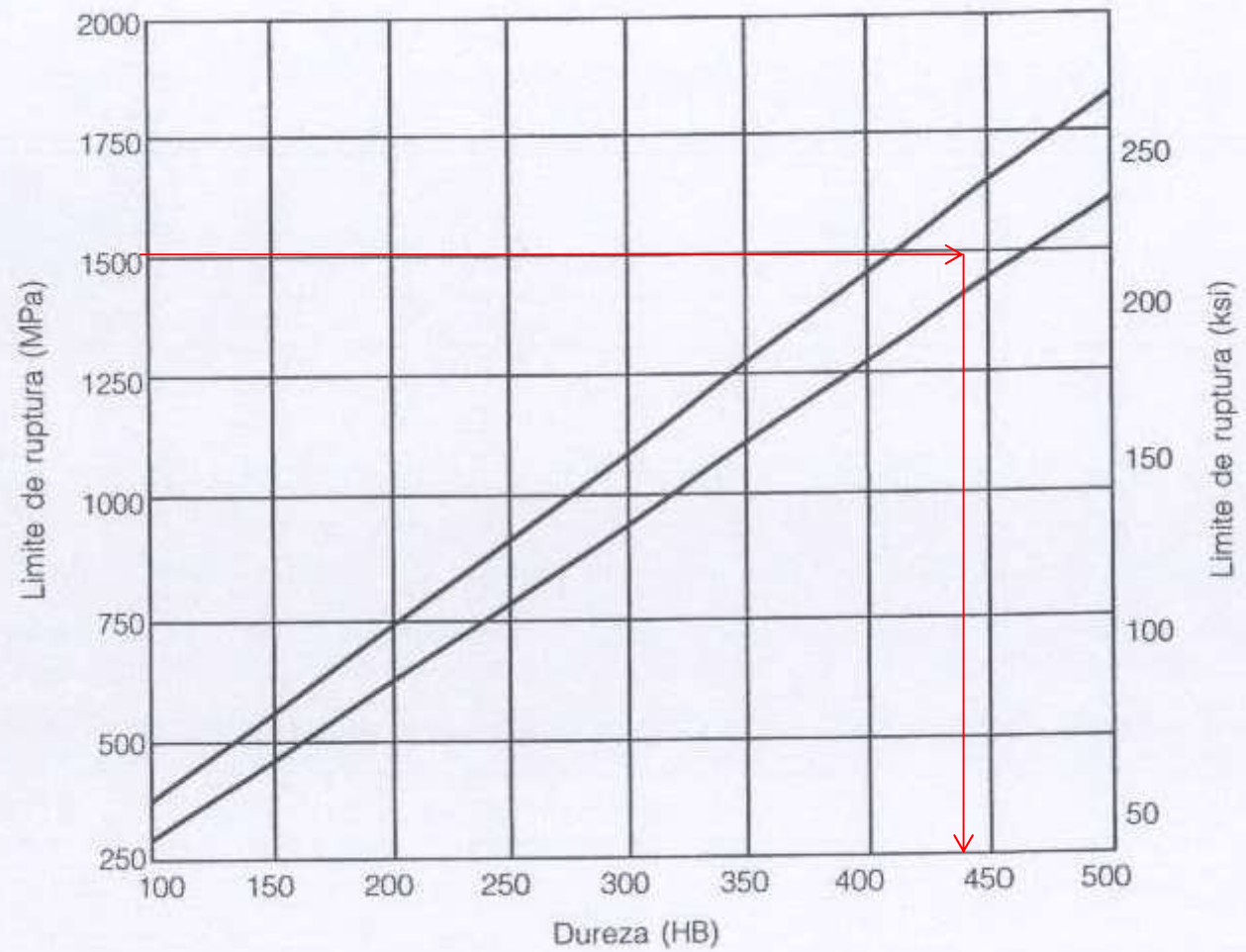
- Da curva de correlação tem-se que para no centro tenha-se 8/16 de distância Jominy a severidade de têmpera deve ser 1,5 (água com agitação)



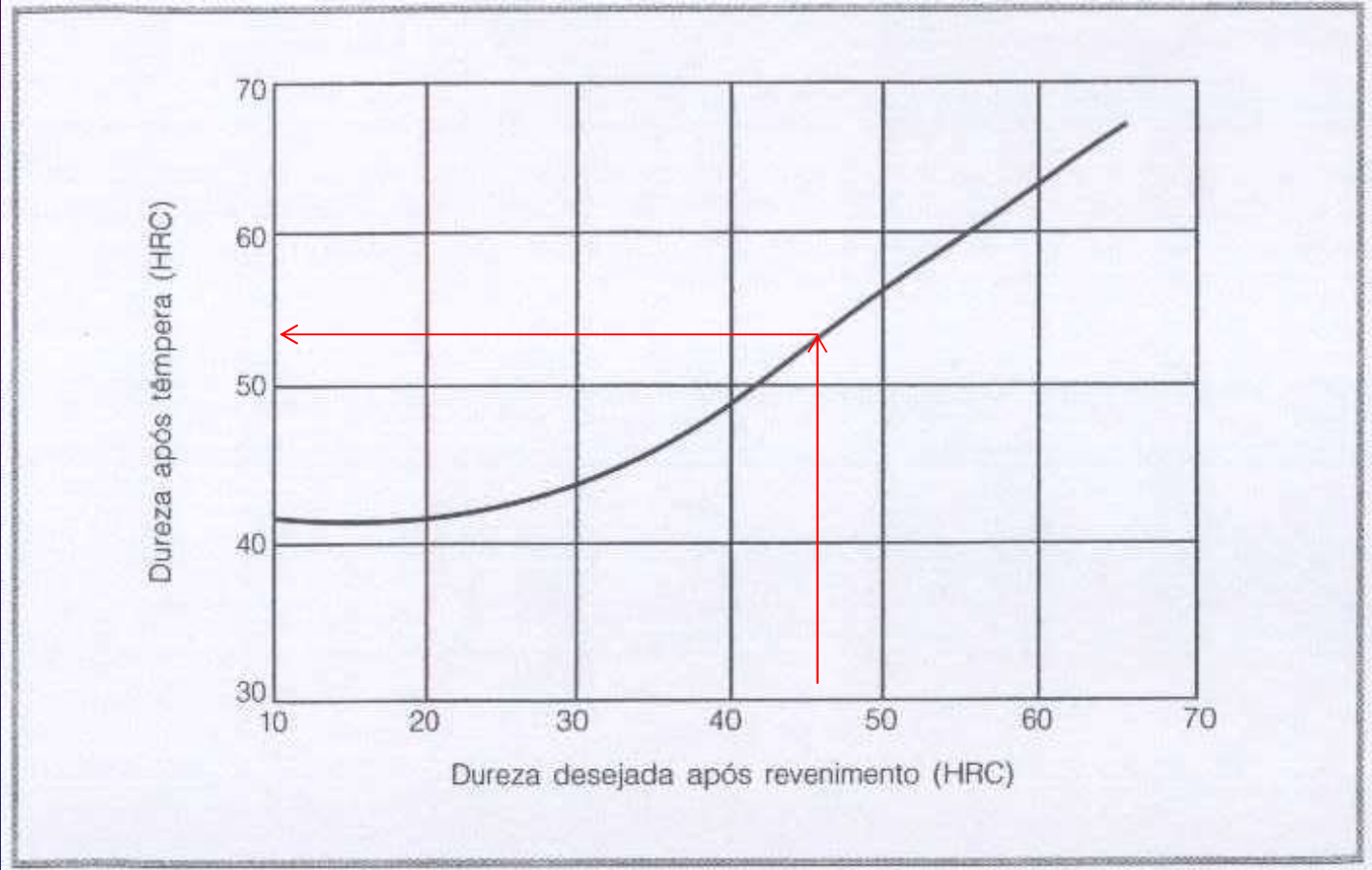
## EXERCÍCIO

Selecionar um aço para um eixo de 2 pol de diâmetro submetido a uma carga axial estática que provoca uma tensão de projeto de 1500 MPa (já incluído fator de segurança). O tratamento térmico deve gerar pouco empeno.

Aços e Ligas Especiais. Silva, A. L. C. Mei, P. R.

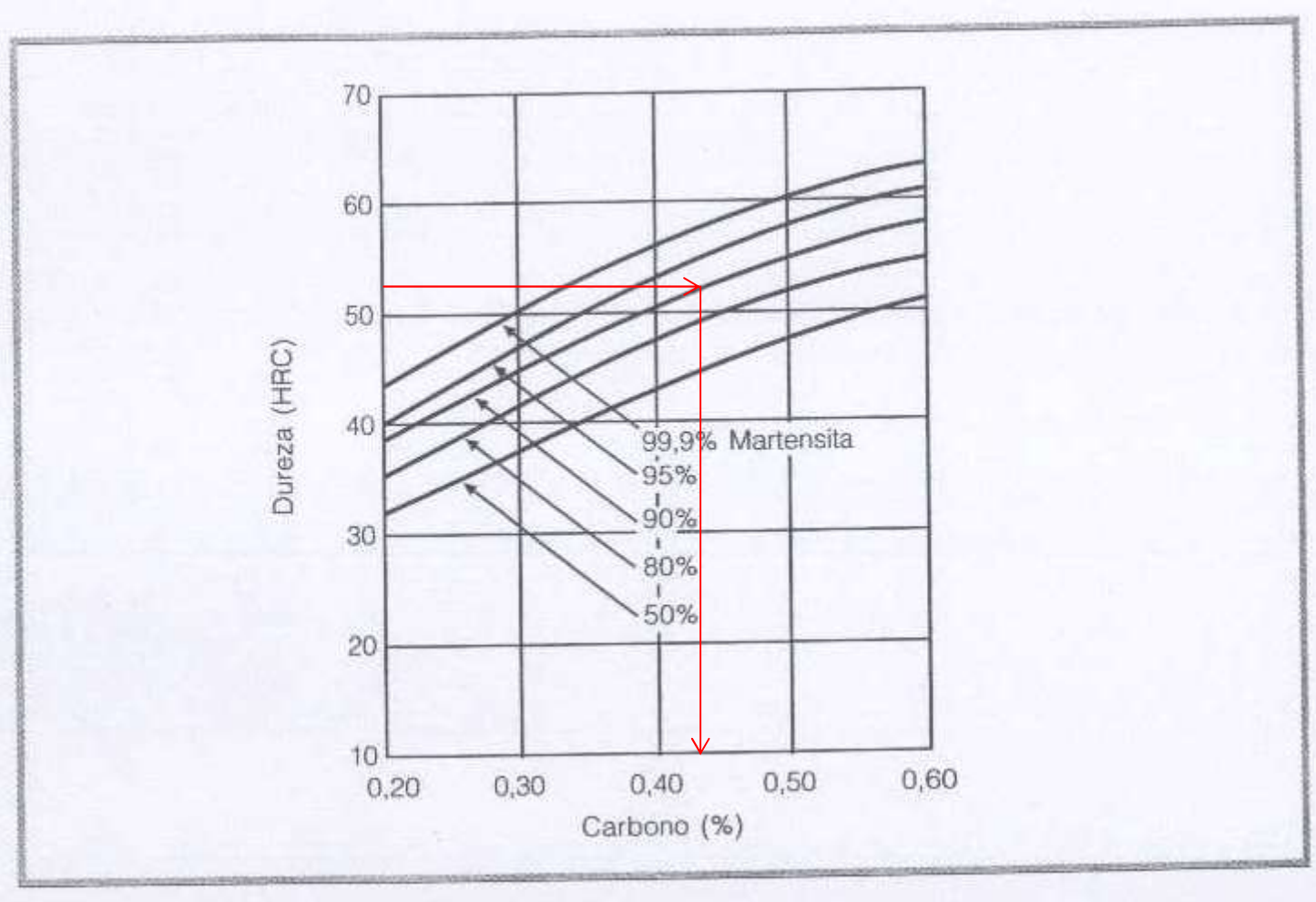


- 440 HB ou 46 HRC na situação pós tratamento térmico.
- Revenido de aços de baixa liga traz queda de dureza





- Após a têmpera devemos ter então uma dureza de 53HRC para que na condição pós revenido tenhamos 45 ou 46 HRC.
- É um eixo, que sofrerá solicitações elevadas, e por isso deve-se projetar uma estrutura inteiramente martensítica no seu centro (90% de martensita).



- Aços com teor de Carbono entre 0,40 a 0,45 %

(Realmente esses aços são os mais utilizados para a fabricação de eixos com têmpera total)

Baixo empenamento no tratamento térmico



Meios de resfriamento de menor severidade


Meio de t�mpera	Severidade de t�mpera (H)	
�leo sem agita�o	0,2	
moderadamente agitado	0,5	
�leo violentamente agitado	0,7	
�gua sem agita�o	1	
�gua fortemente agitada	1,5	
Salmoura sem agita�o	2,00	
Salmoura fortemente agitada	5,00	

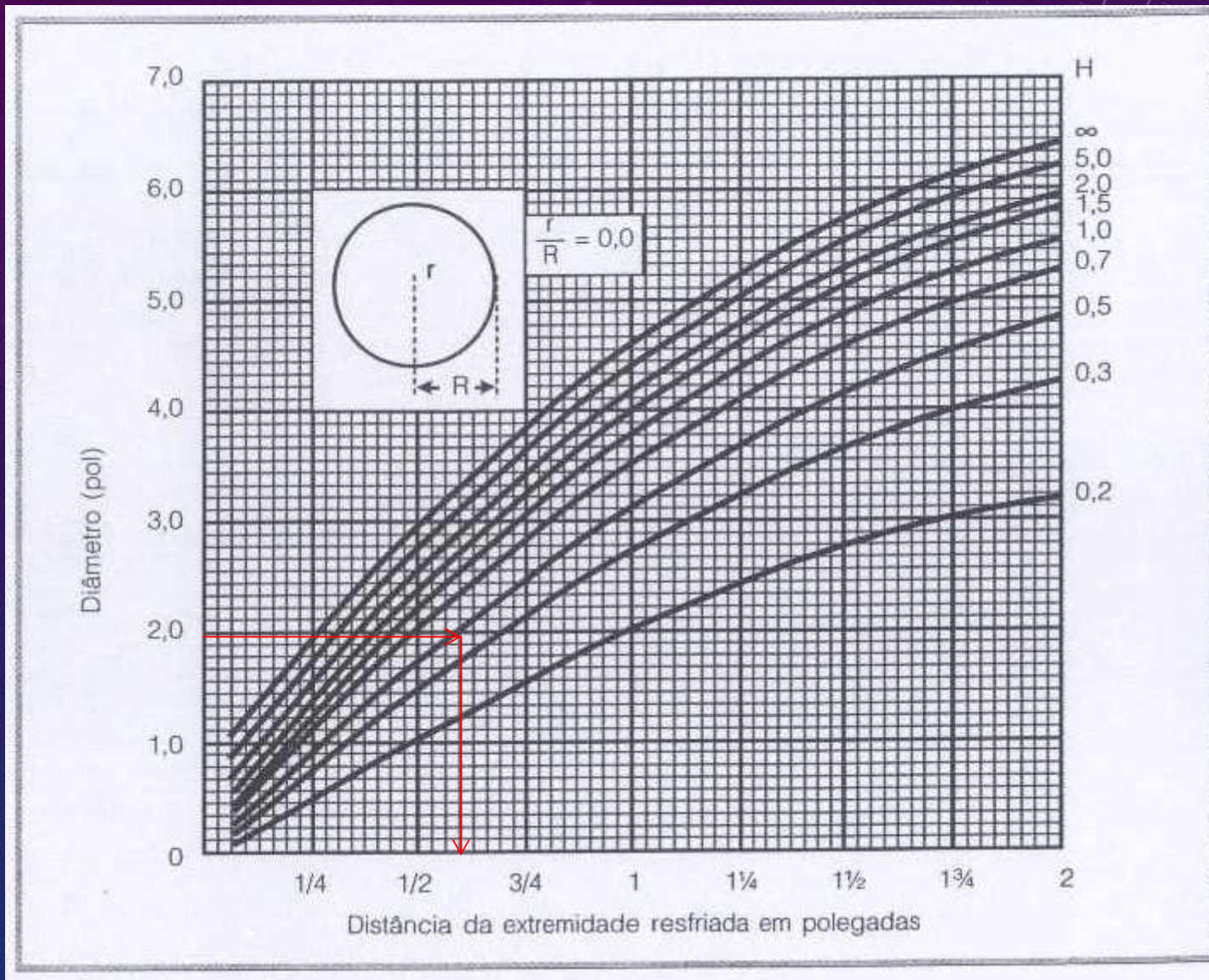
Distor o

Trincas

Velocidade de resfriamento

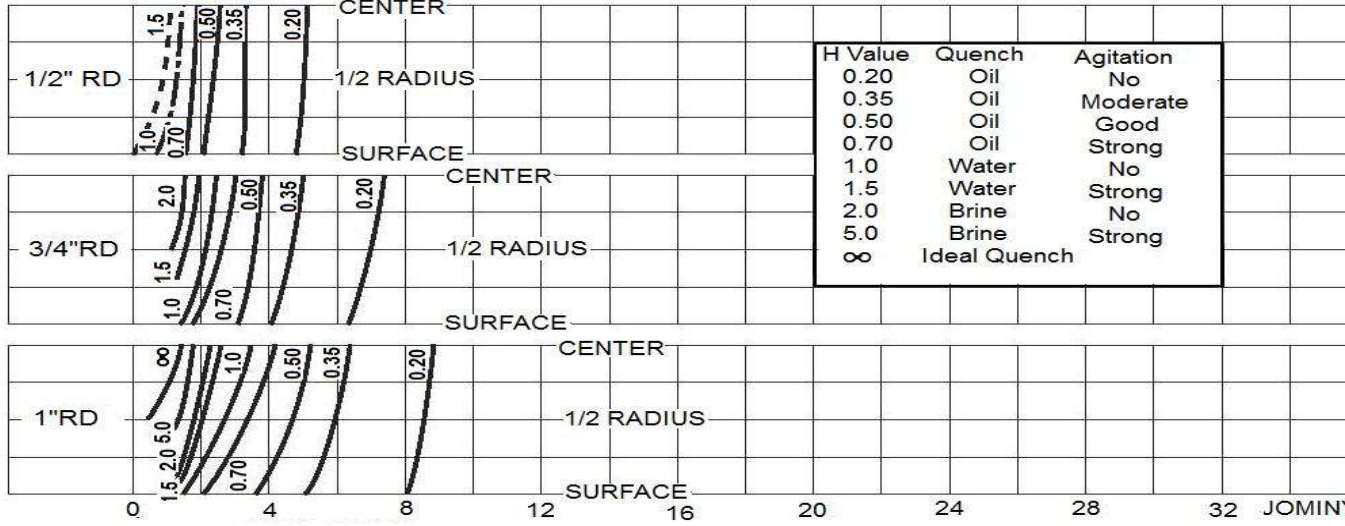
Crescem:



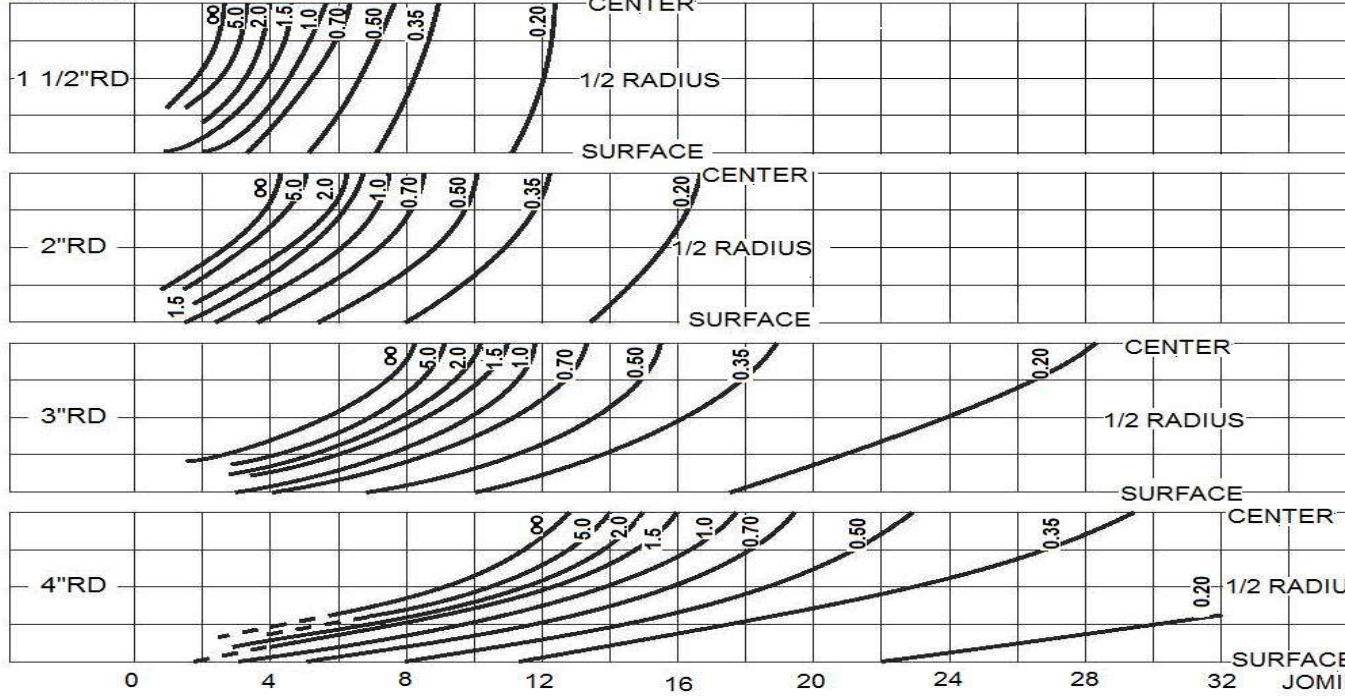


9,5/16

BAR SIZE

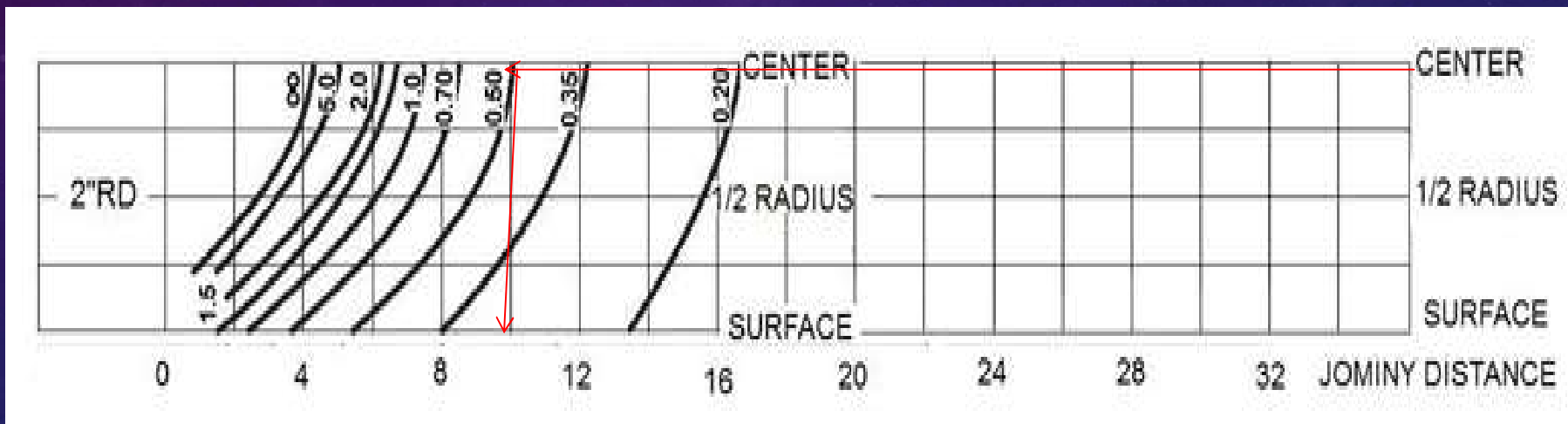


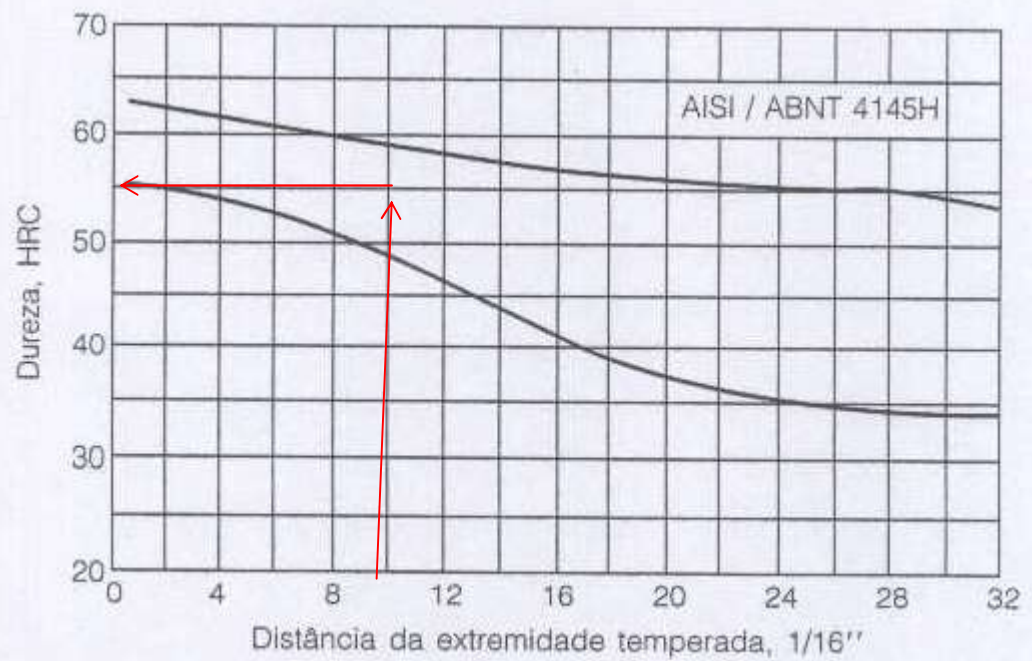
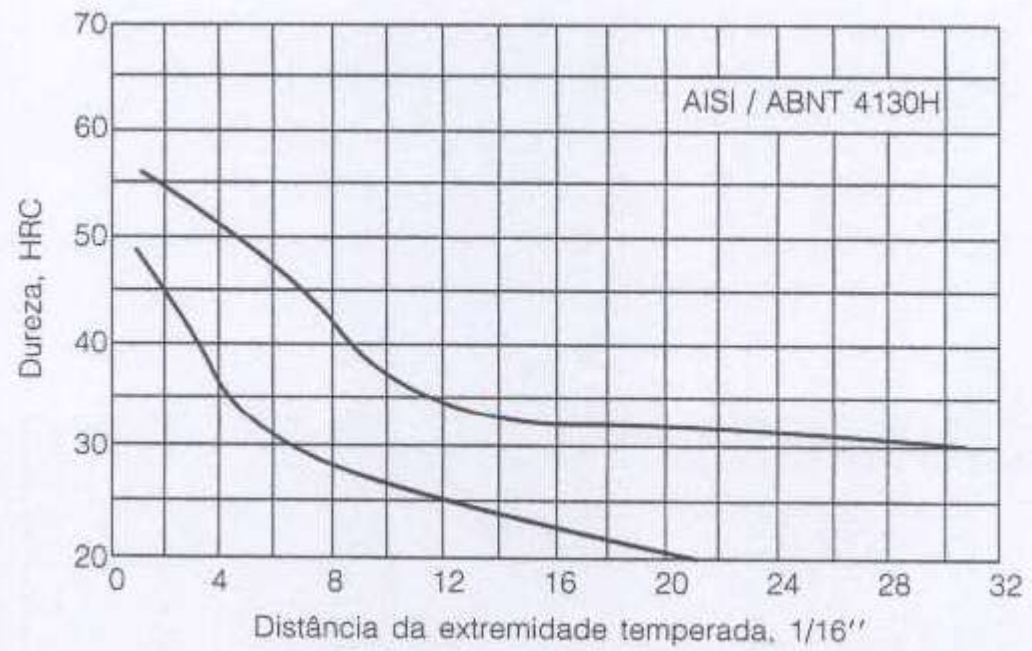
BAR SIZE



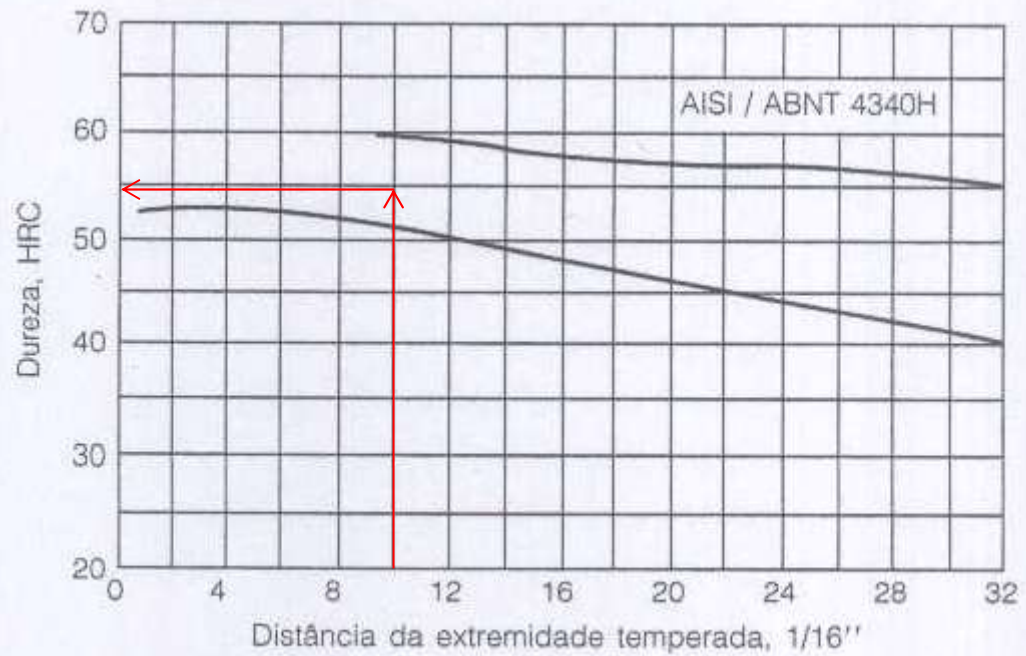
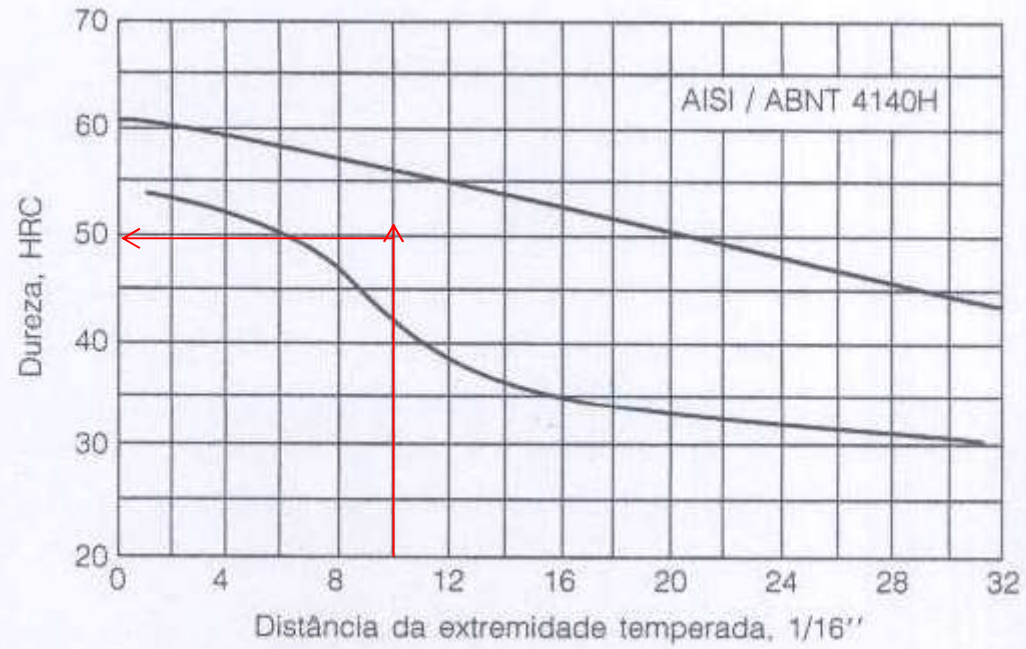
SURFACE  
1/2 RADIUS  
CENTER

JOMINY DISTANCE









- O controle de qualidade é feito pela dureza superficial.
- Qual seria o valor dessa dureza?

