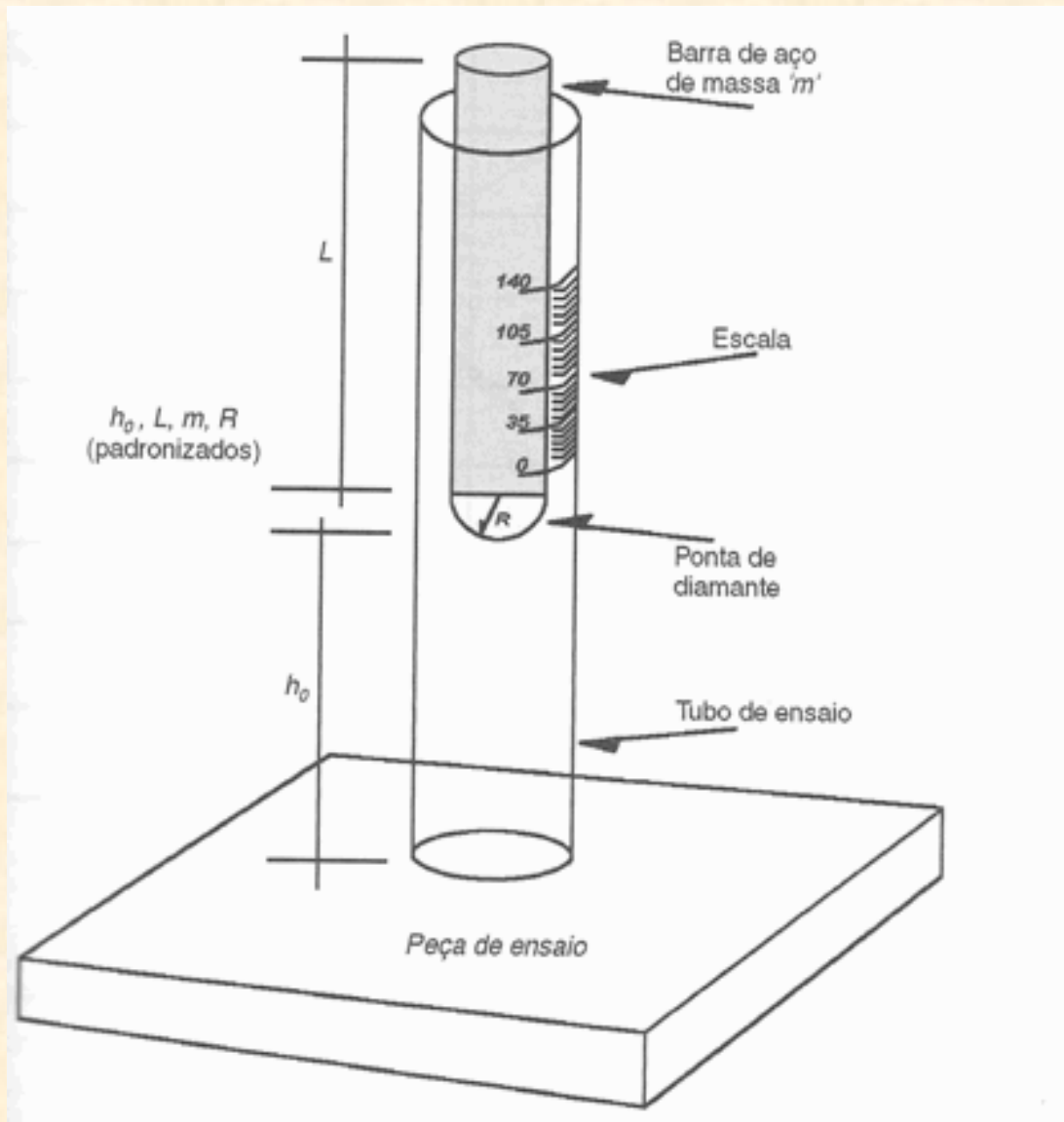


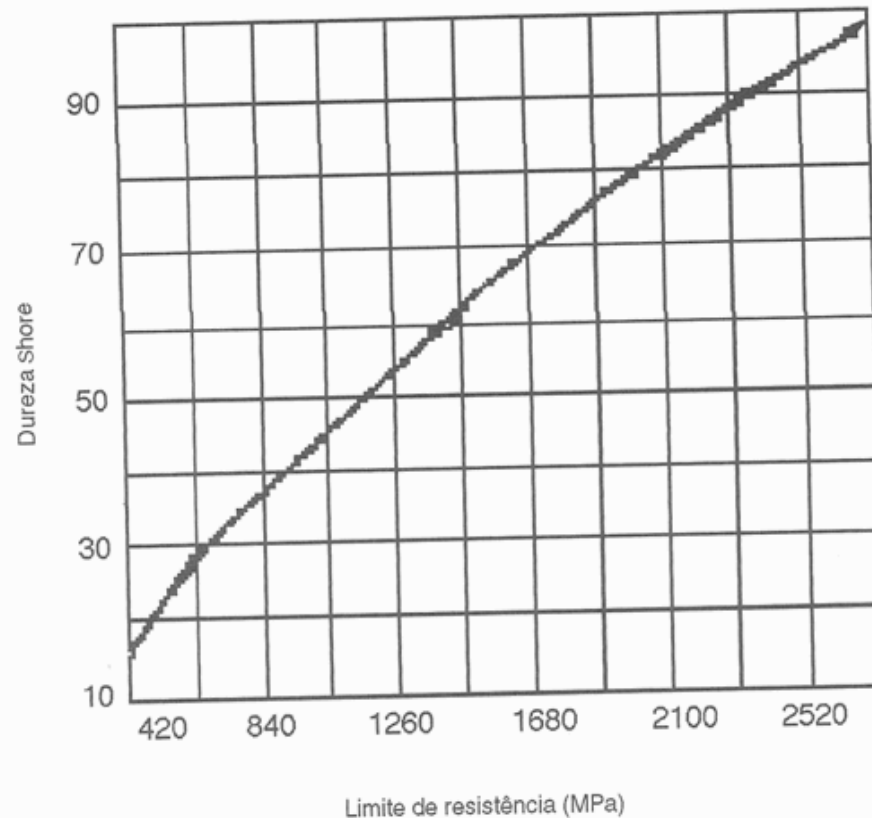
# **Ensaio de Dureza**

# Dureza por Rebote $\Rightarrow$ Dureza Shore



# Dureza por Rebote => Dureza Shore

**Correlação entre dureza Shore e o limite de resistência a tração.**

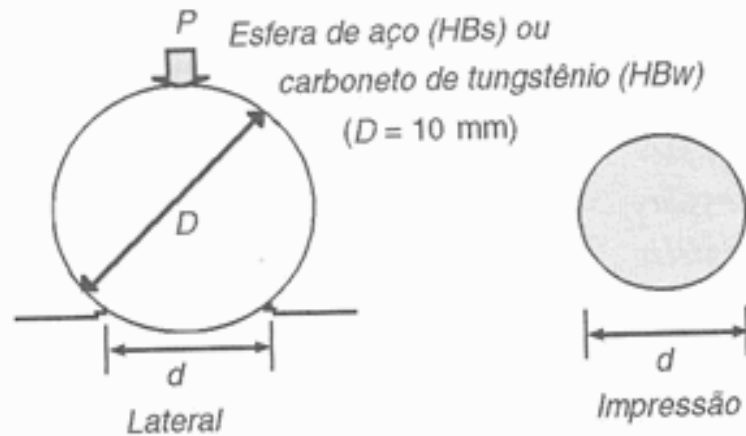


# Dureza por Penetração => Dureza Brinell

## Penetrador

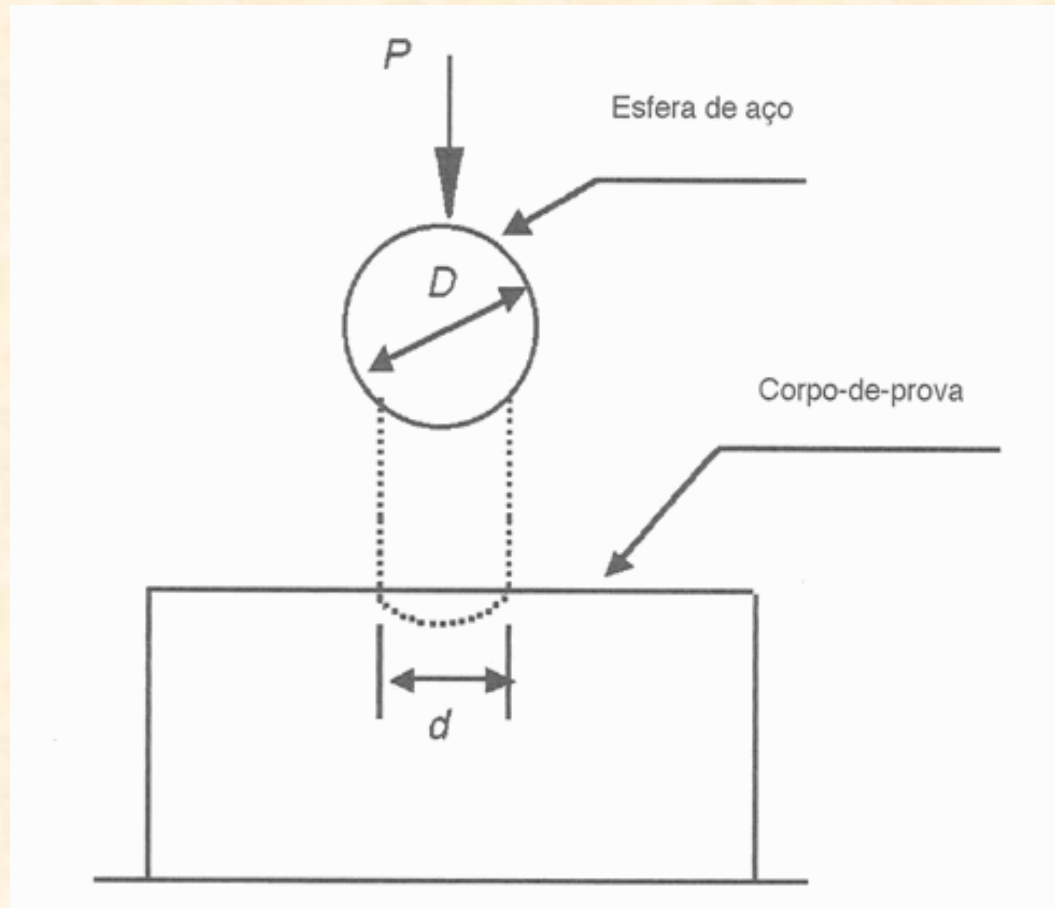
BRINELL (HB)

$$HB = 0,102 \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} ; P(N)$$



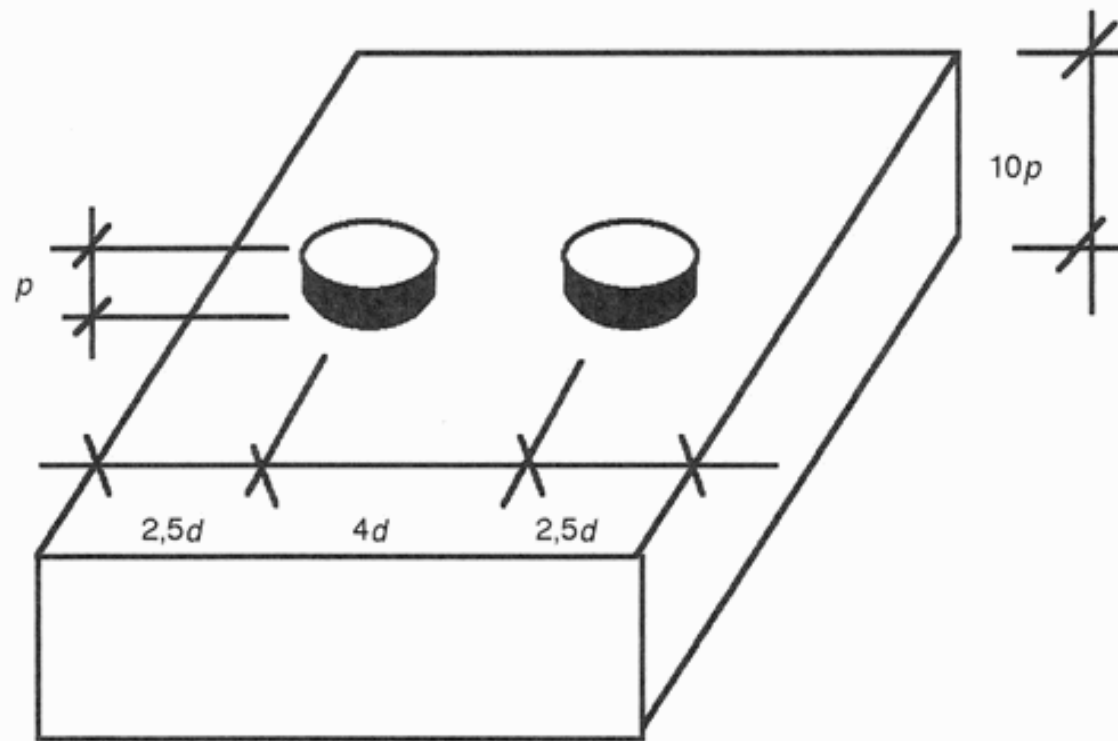
**Dureza por Penetração => Dureza Brinell**

**Representação do ensaio de dureza Brinell**



**Dureza por Penetração => Dureza Brinell**

**Distâncias mínimas => ensaio de dureza Brinell**



## Dureza por Penetração => Dureza Brinell

### Correlação entre a dureza Brinell e o limite de resistência a tração

Material	$\alpha$
Aço-carbono	3,60
Aço-carbono tratado termicamente	3,40
Aços-liga tratados termicamente	3,30
Latão encruado	3,45
Cobre recozido	5,20
Alumínio e suas ligas	4,00

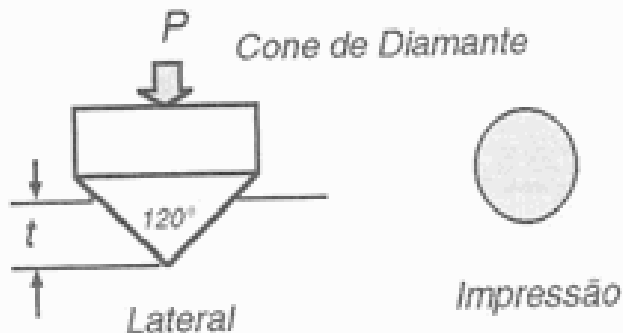
# Dureza por Penetração => Dureza Rockwell

## Penetrador

### ROCKWELL (HR)

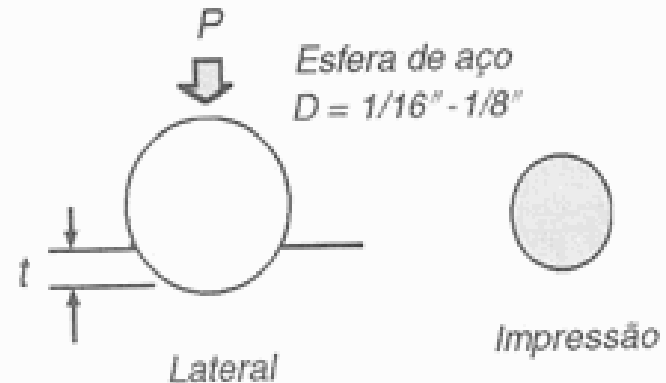
Rockwell (A, C, D)

$P$  (60 kgf, 150 kgf, 100 kgf)



Rockwell (B, F, G)

$P$  (100 kgf, 60 kgf, 150 kgf)



# Dureza por Penetração => Dureza Rockwell

## Escalas dureza Rockwell

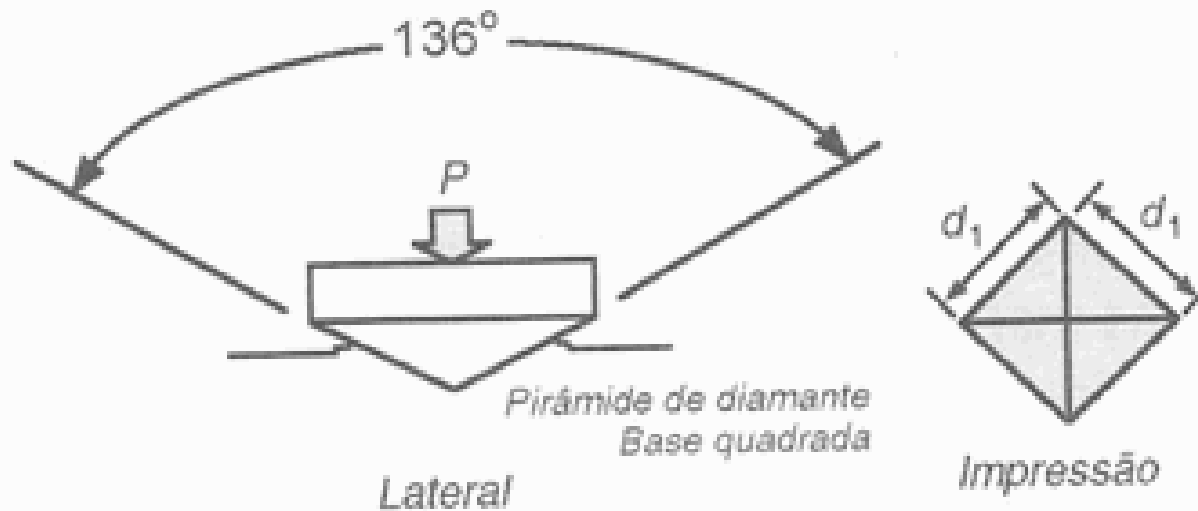
Escala	Penetrador	Carga (kgf)	Leitura na Escala	Aplicações Típicas
B	Esfera 1,58 mm	100	Vermelha	FoFo (ferro fundido), aços não-temperados
C	Diamante (cone)	150	Preta	Aço temperado ou cementado
A	Diamante (cone)	60	Preta	Metal duro, aço fundido/temperado/rápido
D	Diamante (cone)	100	Preta	Aço fundido com espessura reduzida
E	Esfera 3,175 mm	100	Vermelha	FoFo, ligas de alumínio e magnésio, metal duro
F	Esfera 1,588 mm	60	Vermelha	Metais moles, ligas de cobre
G	Esfera 1,588 mm	150	Vermelha	Bronze, fósforo, ligas de berílio, FoFo maleável
H	Esfera 3,175 mm	60	Vermelha	Alumínio, zinco, chumbo, abrasivos
K	Esfera 3,175 mm	150	Vermelha	Metal duro e metais de baixa dureza
L	Esfera 6,350 mm	60	Vermelha	Mesma Rockwell K, borracha e plásticos
M	Esfera 6,350 mm	100	Vermelha	Mesma Rockwell K e L, madeira e plásticos
P	Esfera 6,350 mm	150	Vermelha	Mesma Rockwell K, L e M, plásticos
R	Esfera 12,700 mm	60	Vermelha	Mesma Rockwell K, L e M, plásticos
S	Esfera 12,700 mm	100	Vermelha	Mesma Rockwell K, L e M, plásticos
V	Esfera 12,700 mm	150	Vermelha	Mesma Rockwell K, L, M, P e R ou S

# Dureza por Penetração => Dureza Vickers

## Penetrador

VICKERS (HV)

$$HV = 0,189 \cdot \left( \frac{P}{d_1^2} \right) ; P \text{ (N)}$$



# Dureza por Penetração => Dureza Vickers

## Correlação da dureza Vickers com o limite de proporcionalidade.

Material	Dureza Vickers (HV) (MPa)	Limite de proporcionalidade (MPa)
Diamante	84.000	54.100
Alumina	20.000	11.300
Carboneto de tungstênio	21.000	7.000
Berília	13.000	7.000
Aço	2.100	700
Cobre recozido	470	150
Alumínio recozido	220	60
Chumbo	60	16