

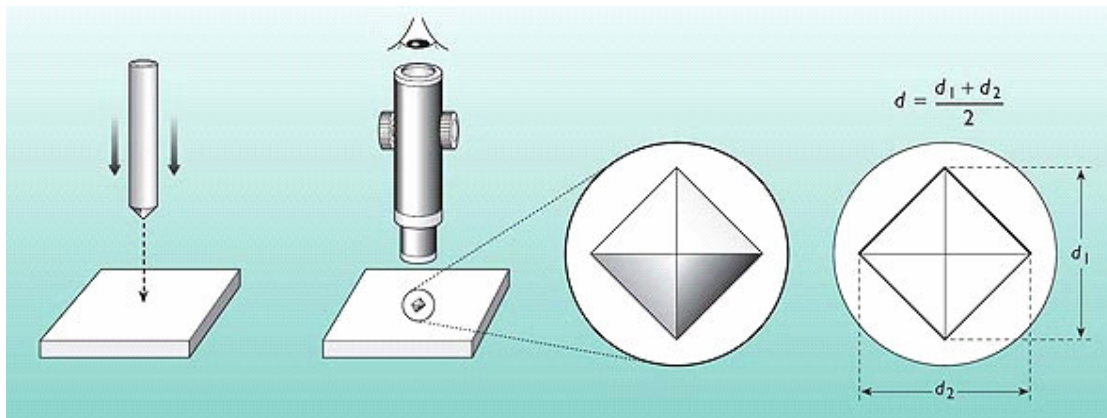


INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DA LISBOA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

# LABORATÓRIOS INTEGRADOS 6-A

MÓDULO DE MATERIAIS

## ENSAIO DE DUREZA



2º Semestre lectivo 2007/ 2008



## ENSAIO DE DUREZA

### 1. OBJECTIVO

Este trabalho tem como objectivo determinar a dureza de um metal e a resistência que este oferece à deformação plástica.

### 2. EQUIPAMENTO

A dureza é uma medida da resistência de um material metálico à deformação permanente (plástica). A dureza de um material metálico é medida forçando um indentador a penetrar na superfície da amostra. O indentador, que é geralmente uma esfera, uma pirâmide ou um cone, é feito de um material muito mais duro do que o material a ser ensaiado. Por exemplo, frequentemente os indentadores são feitos de aço temperado, carboneto de tungsténio ou diamante. Na maior parte dos ensaios de dureza normalizados, aplica-se lentamente uma determinada carga ao indentador, que o faz penetrar perpendicularmente à superfície do material que se pretende ensaiar.

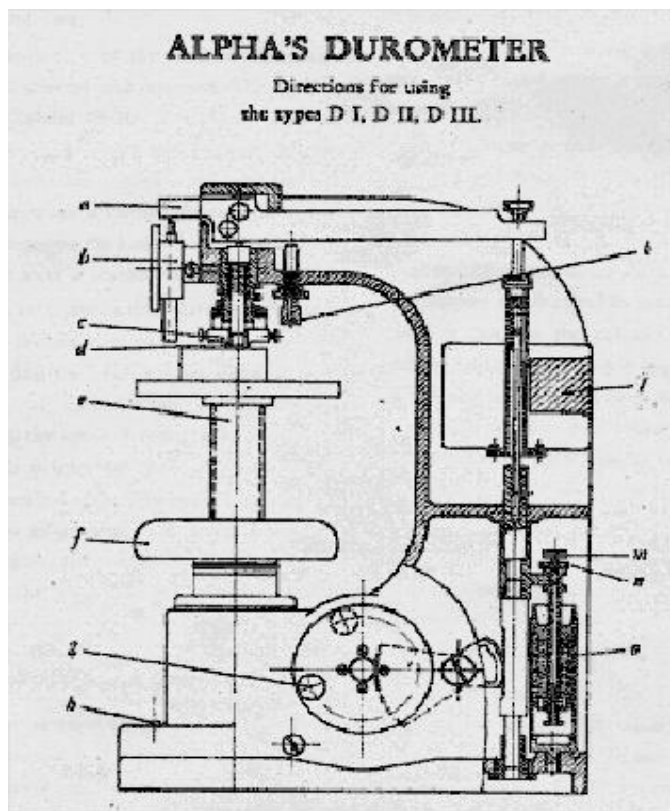
Existem vários tipos de ensaio de dureza:

- Ensaio de dureza Brinell;
- Ensaio de Dureza Vickers;
- Ensaio de Dureza Rockwell.

O tipo de ensaio utilizado no laboratório é o ensaio de Dureza Rockwell. Este ensaio é um ensaio que se baseia na medição da profundidade de penetração como medida da dureza do material a ensaiar.



### Princípio de funcionamento do Durómetro



No ensaio de dureza Rockwell uma força inicial  $F_0$  é aplicada a um penetrador. O ponto até onde o penetrador se deslocou é tomado como a origem do valor da penetração que terá lugar posteriormente. A força inicial  $F_0$  é acrescida de uma força adicional  $F_1$ , durante um determinado intervalo de tempo  $t$ , a qual provoca uma penetração adicional  $h_1$ . Após a remoção da força adicional e mantendo aplicada a força adicional  $F_0$  é medido o acréscimo remanescente de penetração e a partir do qual se define o valor da dureza.

A aplicação da força inicial permite uniformizar o posicionamento do penetrador antes de ser medido o valor da penetração que vai servir de base à determinação da dureza Rockwell, nomeadamente elimina folgas do equipamento, obriga a um melhor assentamento da peça, elimina a dificuldade de determinar qual seria o ponto exacto em que se daria o contacto inicial com a peça e diminui a sensibilidade do ensaio ao estado superficial.

A força adicional provoca um acréscimo de penetração associada a uma deformação plástica e elástica do material na vizinhança do penetrador. Quando se retira a força adicional uma parte do acréscimo de penetração, mais propriamente a parcela associada à deformação elástica, é recuperada, permanecendo no entanto a penetração associada à deformação plástica, a qual é designada por acréscimo remanescente de profundidade de penetração.

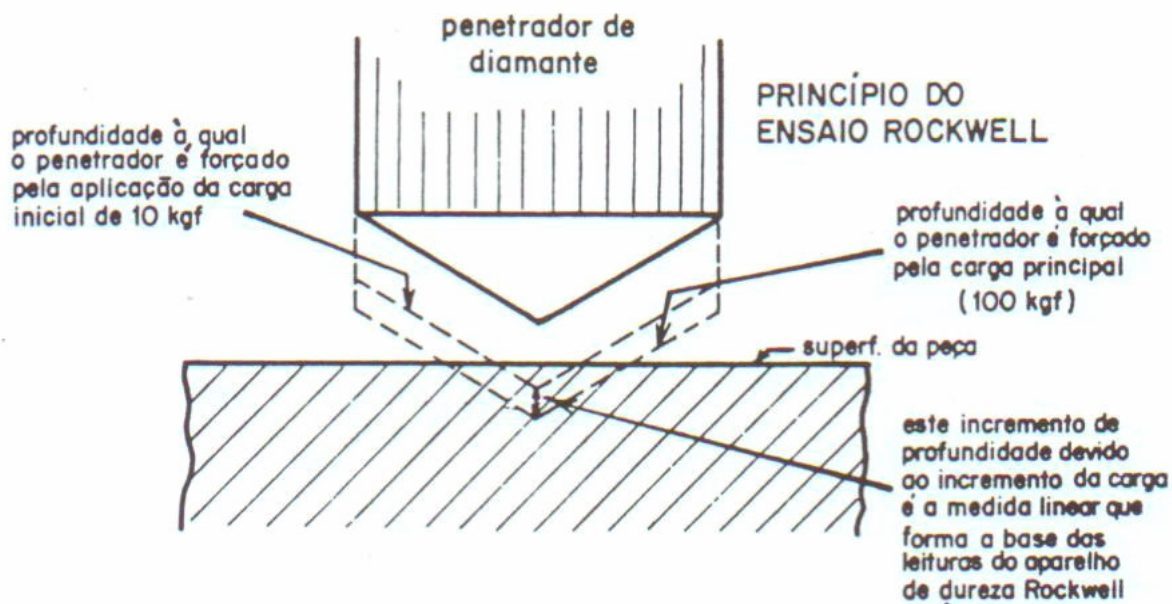
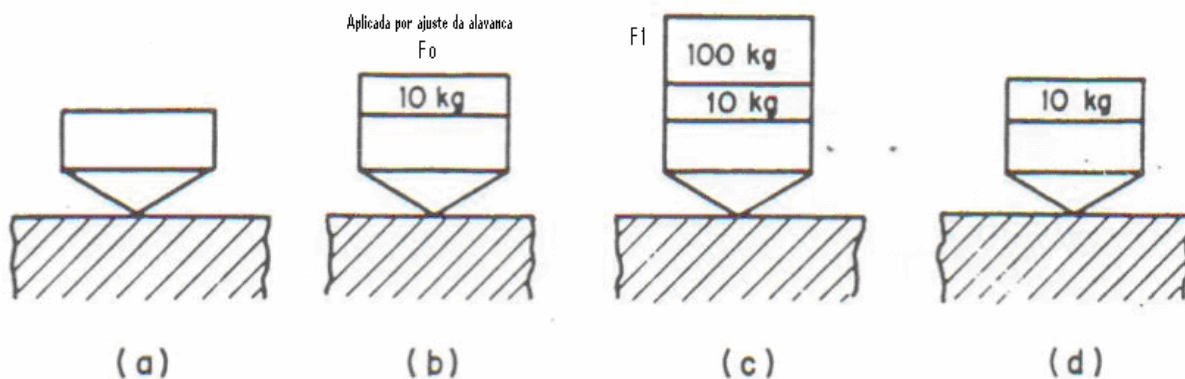


Figura 1 – As várias fases de aplicação de carga no método de dureza Rockwell ilustradas para a escala C.



### Vantagens do Ensaio de dureza Rockwell

Este é um dos processos mais universais, devido à sua rapidez, facilidade de execução, isenção de erros pessoais, capacidade de distinguir pequenas diferenças de dureza em aço temperado e as pequenas dimensões da impressão obtida, de modo que as peças acabadas e prontas para entrar em serviço podem ser ensaiadas sem danos sensíveis na sua superfície.

Existem 3 faixas de dureza Rockwell:

Escala Rockwell B, para materiais de dureza média, na qual se usa como penetrador uma esfera de aço 1/16" de diâmetro e uma carga de 100 Kgf ;

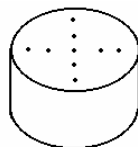
Escala Rockwell C, para materiais mais duros, na qual se utiliza como penetrador uma ponta de diamante em forma de cone com ângulo do vértice de 120° e uma carga de 150 Kgf (amostras temperadas);

Escala Rockwell A, para materiais muito duros (metal duro, por exemplo), em que o penetrador é o mesmo que o da escala C e a carga de 60 Kgf.

### **3. PROCEDIMENTO**

O sistema de aplicação da carga é muito simples e sua sequência está ilustrada na figura 1.

1. O penetrador (correspondente à escala adoptada) é colocado em contacto com a superfície a ensaiar(a), ficando o ponteiro grande em zero e o ponteiro pequeno em 4;
2. A aplicação da carga inicial de 10Kgf (b), faz-se girando a roda da prensa até que o ponteiro pequeno indique o valor -1, devendo o grande marcar 0 na escala C(amarela) e 30 na escala B(verde);
3. Aplica-se a seguir a carga maior (c), pressionando o botão de carga;
4. Manter a carga até o ponteiro grande do mostrador parar;
5. Remover a carga de modo a permitir a recuperação elástica, ficando mantida a carga inicial de 10Kgf (d);
6. Procede-se, à leitura da dureza onde o ponteiro grande parou na escala correspondente;
7. Repete-se o procedimento as vezes que forem possíveis mantendo sempre uma distancia mínima de 2 mm entre ensaios (ver imagem abaixo).





### Tabela de Equivalências de durezas

| HRC  | ROCKWELL |      | ROCKWELL SUPERF. |      |      | VICKERS | BRIN. | LR APROX. |
|------|----------|------|------------------|------|------|---------|-------|-----------|
|      | HRB      | HRA  | 15 N             | 30 N | 45 N | HV      | HB    | N/MM2     |
| 60   | ---      | 81.2 | 90.2             | 77.5 | 66.6 | 697     | 654   | ---       |
| 59   | ---      | 80.7 | 89.8             | 76.6 | 65.5 | 674     | 634   | ---       |
| 58   | ---      | 80.1 | 89.3             | 75.7 | 64.3 | 653     | 615   | ---       |
| 57   | ---      | 79.6 | 88.9             | 74.8 | 63.2 | 633     | 595   | ---       |
| 56   | ---      | 79   | 88.3             | 73.9 | 62   | 613     | 577   | ---       |
| 55   | ---      | 78.5 | 87.9             | 73   | 60.9 | 595     | 560   | 2075      |
| 54   | ---      | 78   | 87.4             | 72   | 59.8 | 577     | 543   | 2015      |
| 53   | ---      | 77.4 | 86.9             | 71.2 | 58.6 | 560     | 525   | 1950      |
| 52   | ---      | 76.8 | 86.4             | 70.2 | 57.4 | 544     | 512   | 1880      |
| 51   | ---      | 76.3 | 85.9             | 69.4 | 56.1 | 528     | 496   | 1820      |
| 50   | ---      | 75.9 | 85.5             | 68.5 | 55   | 513     | 401   | 1760      |
| 49   | ---      | 75.2 | 85               | 67.6 | 53.8 | 498     | 469   | 1696      |
| 48   | ---      | 74.7 | 84.5             | 66.7 | 52.5 | 484     | 455   | 1634      |
| 47   | ---      | 74.1 | 83.9             | 65   | 51.4 | 471     | 443   | 1579      |
| 46   | ---      | 73.6 | 83.5             | 64.8 | 50.3 | 458     | 432   | 1531      |
| 45   | ---      | 73.1 | 83               | 64   | 49   | 446     | 421   | 1480      |
| 44   | ---      | 72.5 | 82.5             | 63.1 | 47.8 | 434     | 409   | 1434      |
| 43   | ---      | 72   | 82.0             | 62.2 | 46.7 | 423     | 400   | 1386      |
| 42   | ---      | 71.5 | 81.5             | 61.3 | 45.5 | 412     | 309   | 1340      |
| 41   | ---      | 70.9 | 80.9             | 60.4 | 44.3 | 402     | 381   | 1296      |
| 40   | ---      | 70.4 | 80.4             | 59.5 | 43.1 | 392     | 371   | 1250      |
| 39   | ---      | 69.9 | 79.9             | 58.6 | 41.9 | 382     | 362   | 1215      |
| 38   | ---      | 69.4 | 79.4             | 57.7 | 40.8 | 372     | 353   | 1179      |
| 37   | ---      | 60.9 | 78.8             | 56   | 39.6 | 363     | 344   | 1160      |
| 36   | (109)    | 68.4 | 78.3             | 55.9 | 38.4 | 354     | 336   | 1115      |
| 35   | (108.5)  | 67.9 | 77.7             | 55   | 37.2 | 345     | 327   | 1080      |
| 34   | (108)    | 67.4 | 77.2             | 54.2 | 36.1 | 336     | 319   | 1054      |
| 33   | (107.5)  | 66.8 | 76.6             | 53.3 | 34.9 | 327     | 311   | 1025      |
| 32   | (107)    | 66.3 | 76.1             | 52.1 | 33.7 | 318     | 301   | 1000      |
| 31   | (106)    | 65.8 | 75.6             | 51.3 | 32.5 | 310     | 294   | 979       |
| 30   | (105.5)  | 65.3 | 75               | 50.4 | 31.3 | 302     | 286   | 952       |
| 29   | (104.5)  | 64.7 | 74.5             | 49.5 | 30.1 | 294     | 279   | 931       |
| 28   | (104)    | 64.3 | 73.9             | 48.6 | 28.9 | 286     | 271   | 910       |
| 27   | (103)    | 63.8 | 73.3             | 47.7 | 27.8 | 279     | 264   | 882       |
| 26   | (102.5)  | 63.3 | 72.8             | 46.8 | 26.7 | 272     | 258   | 862       |
| 25   | (101.5)  | 62.8 | 72.2             | 45.9 | 25.5 | 266     | 253   | 840       |
| 24   | (101)    | 62.4 | 71.6             | 45   | 24.3 | 260     | 247   | 825       |
| 23   | 100      | 62   | 71               | 44   | 23.1 | 254     | 243   | 805       |
| 22   | 99       | 61.5 | 70.5             | 43.2 | 22   | 248     | 237   | 785       |
| 21   | 98.5     | 61   | 69.9             | 42.3 | 20.7 | 243     | 231   | 770       |
| 20   | 97.8     | 60.5 | 69.4             | 41.5 | 19.6 | 238     | 226   | 760       |
| (18) | 96.7     | ---  | ---              | ---  | ---  | 230     | 219   | 730       |
| (16) | 95.5     | ---  | ---              | ---  | ---  | 222     | 212   | 705       |
| (14) | 93.9     | ---  | ---              | ---  | ---  | 213     | 203   | 675       |
| (12) | 92.3     | ---  | ---              | ---  | ---  | 204     | 194   | 650       |
| (10) | 90.7     | ---  | ---              | ---  | ---  | 196     | 187   | 620       |
| (8)  | 89.5     | ---  | ---              | ---  | ---  | 188     | 179   | 600       |
| (6)  | 87.1     | ---  | ---              | ---  | ---  | 180     | 171   | 580       |
| (4)  | 85.5     | ---  | ---              | ---  | ---  | 173     | 165   | 550       |
| (2)  | 83.5     | ---  | ---              | ---  | ---  | 166     | 158   | 530       |
| (0)  | 81.7     | ---  | ---              | ---  | ---  | 160     | 152   | 515       |

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

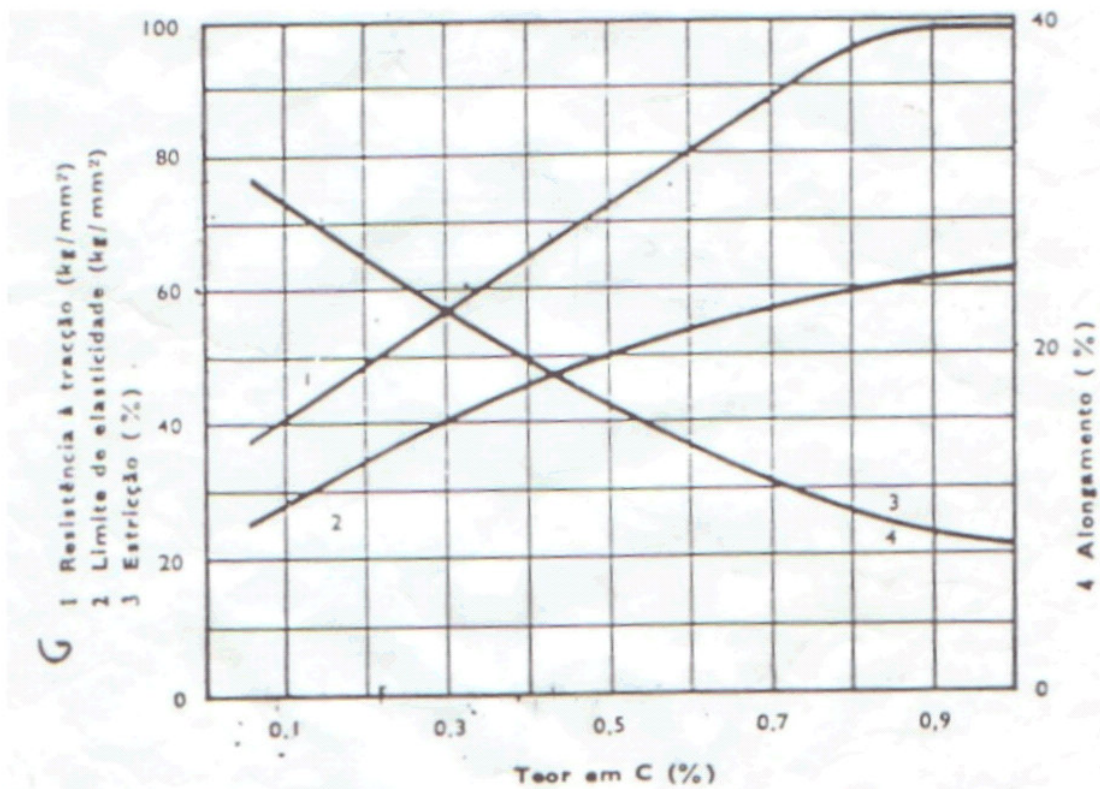


Fig. 158 — Características mecânicas médias dos aços sem liga, no estado normalizado (recozido de normalização)