

### Microscopia electrónica convencional e de efeito túnel

Em 15 de Outubro de 1986 foi atribuído conjuntamente o prémio Nobel da Física a Ernst Ruska, pelas suas investigações fundamentais em óptica electrónica e pela construção do primeiro microscópio electrónico, e a Gerd Binnig e Heinrich Rohrer pelo projecto e construção do primeiro microscópio de varrimento por efeito túnel <sup>(1)</sup>.

Ernst Ruska, nascido em Heidelberg, Alemanha, em 1906, obteve as primeiras imagens de microscopia electrónica em 1931 e, apenas decorridos dois anos de desenvolvimento, o seu microscópio ultrapassava a resolução e a amplificação dos microscópios ópticos. Desde então o microscópio electrónico, com os seus diferentes modos de operação e imagem (trânsmissão, reflexão, varrimento) e aperfeiçoamentos técnicos sucessivamente introduzidos, tornou-se um equipamento indispensável em muitos domínios da Ciência e Tecnologia, nomeadamente em Ciência dos Materiais, Microelectrónica, Biologia e Medicina, permitindo estudos fundamentais de análise estrutural, com a visualização de detalhes com dimensões desde alguns  $\mu\text{m}$  ( $10^{-3}$  mm) até alguns  $\text{Å}$  (sob condições muito especiais).

No microscópio electrónico convencional produz-se um feixe inicial de electrões por emissão termoiónica, subsequentemente acelerados de modo a ficarem com um comprimento de onda (de De Broglie) associada muito pequeno (inferior ao  $\text{Å}$ ); portanto, um grande poder de resolução dos objectos onde incide o feixe electrónico. Mediante um sistema conveniente de lentes para electrões (eléctricas ou magnéticas) é possível deflectir o feixe de electrões de modo semelhante ao do microscópio óptico (feixe de fotões). As imagens no microscópio electrónico podem ser produzidas pelos electrões que atravessam o objecto em observação (microscopia de transmissão) por electrões reflectidos (microscopia de reflexão), ou ainda por electrões secundários emitidos na região onde incide o feixe.

O microscópio electrónico de efeito túnel, desenvolvido por Gerd Binnig (alemão, nascido em 1947) e Heinrich Rohrer (suíço, nascido em 1933), foi posto a funcionar em 1981, não havendo qualquer sistema de lentes ou produção prévia de um feixe de electrões por um filamento incandescente. O objecto em observação é simplesmente varrido por um estilete metálico com uma ponta extremamente fina (dimensões atómicas), ao qual está aplicada uma diferença de potencial  $V$ , em relação ao objecto (alguns mV a V), estilete que se desloca muitíssimo perto da superfície do objecto (mas sem a trocar), tipicamente a alguns  $\text{Å}$  de distância. Segundo a Mecânica Quântica, quando dois corpos estão extremamente próximos entre si (ponta do estilete/objecto sob observação), mesmo que entre eles haja o vácuo, há sempre a possibilidade de passagem de electrões de um dos corpos para o outro e vice-versa (efeito túnel). Estando um dos corpos a um potencial mais elevado que o outro, haverá mais electrões a passar num dado sentido, o que equivale a uma corrente eléctrica por efeito túnel,  $I_t$ , tipicamente de alguns nA ( $10^{-9}$  A), entre o estilete e o objecto. Mantendo  $I_t$  constante (mediante um sofisticado sistema de regulação da distância  $z$  do estilete à superfície do objecto), o valor da distância  $z$  assim ajustada na vizinhança de cada ponto da superfície depende directamente da densidade electrónica e iónica nesse ponto, logo da estrutura atómica local. Consegue-se portanto, com o efeito túnel, níveis de resolução espacial extremamente finos, podendo visualizar-se não só os átomos individuais como a distribuição de carga e detalhes estruturais a uma escala da ordem de  $10^{-1}$   $\text{Å}$ .

Ainda na infância do seu desenvolvimento, a resolução já conseguida com o microscópio de efeito túnel permitiu abrir uma nova janela de visualização e observação do mundo microscópico, a níveis impensáveis há apenas escassos anos atrás. Isto representa um novo marco do progresso científico e tecnológico, nos mais variados campos da investigação.

J. Bessa Sousa

(1) Physics Today **39** 26 (1986), Europhysics News **17** 141 (1986), Physics Bulletin **38** 24 (1987).