



Universidade Federal do ABC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

✓ **Análise Microestrutural**

Prof. Dr. Renata Ayres Rocha



Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Análise Microestrutural

Indiretamente

- Microscopia ótica - **MO**
- Microscopia eletrônica de varredura - **MEV**

Diretamente

- Microscopia eletrônica de transmissão - **MET**
- Microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução - **HRTEM**



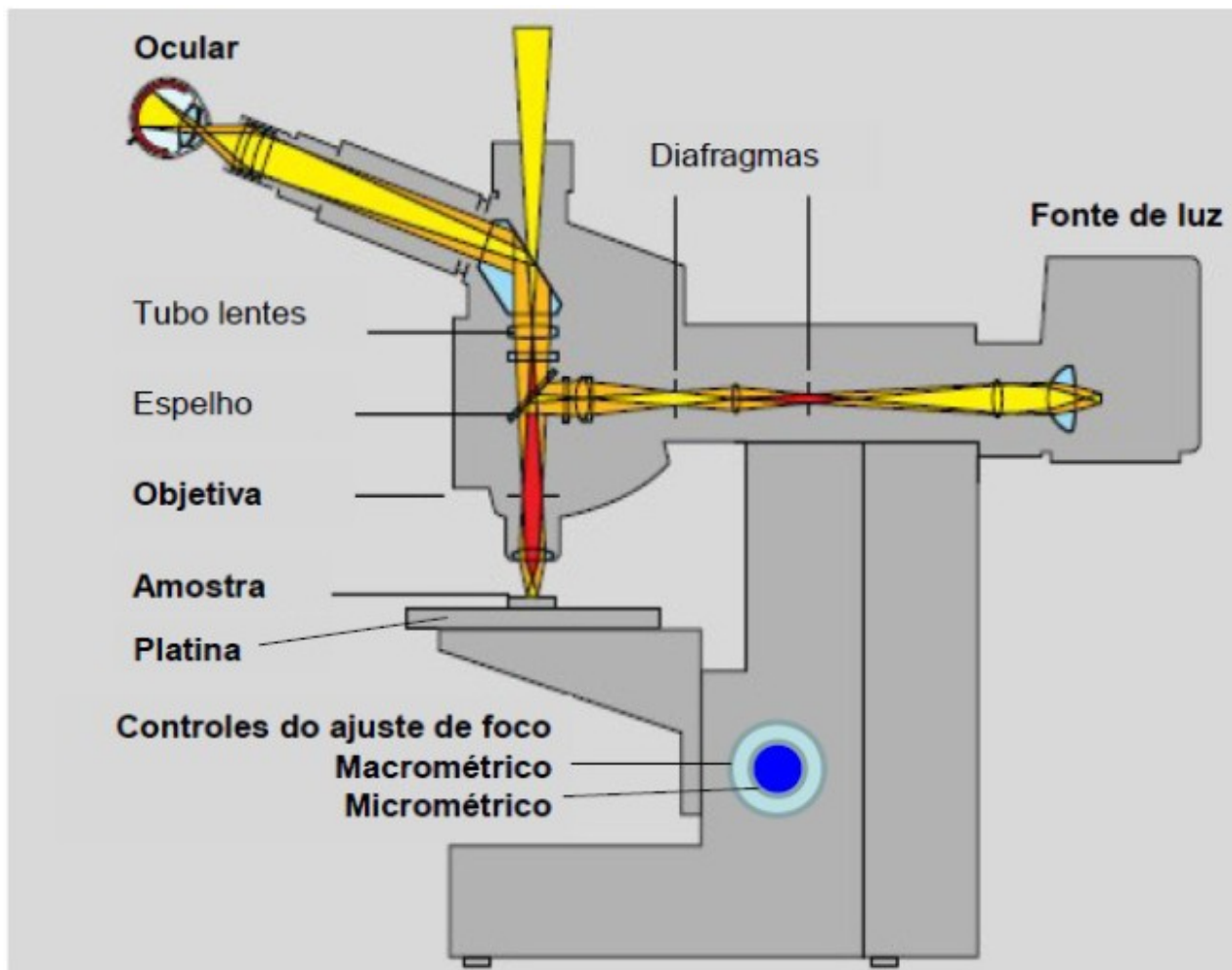
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscópio óptico de luz refletida

Análise de materiais opacos



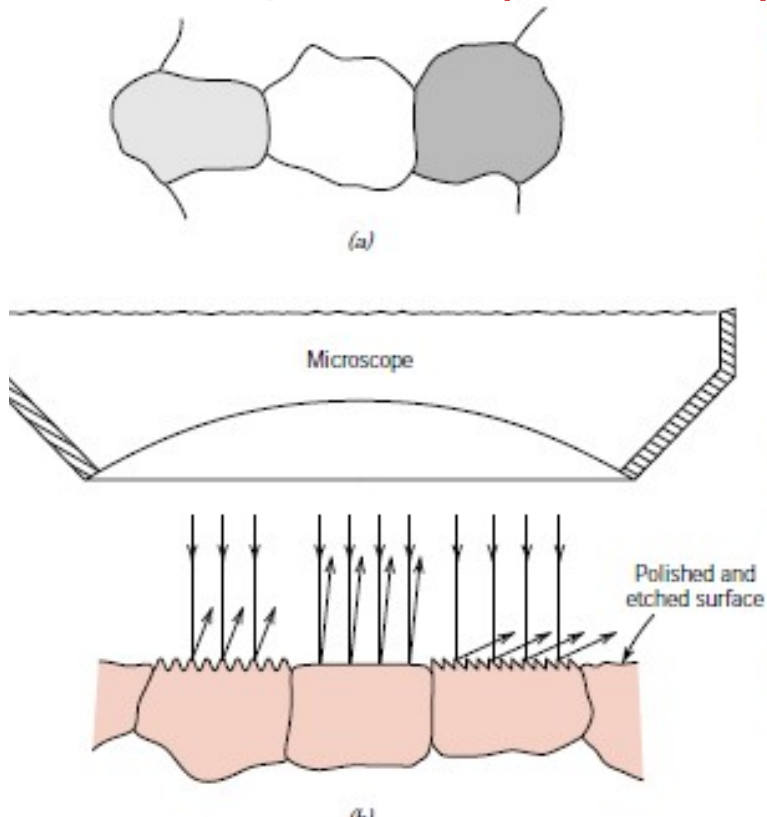


Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia ótica (até 2000X)



(a) Formação do contraste entre grãos (c) Micrografia ótica de um latão (Cu-Zn) policristalino.

Aumento: 60X.

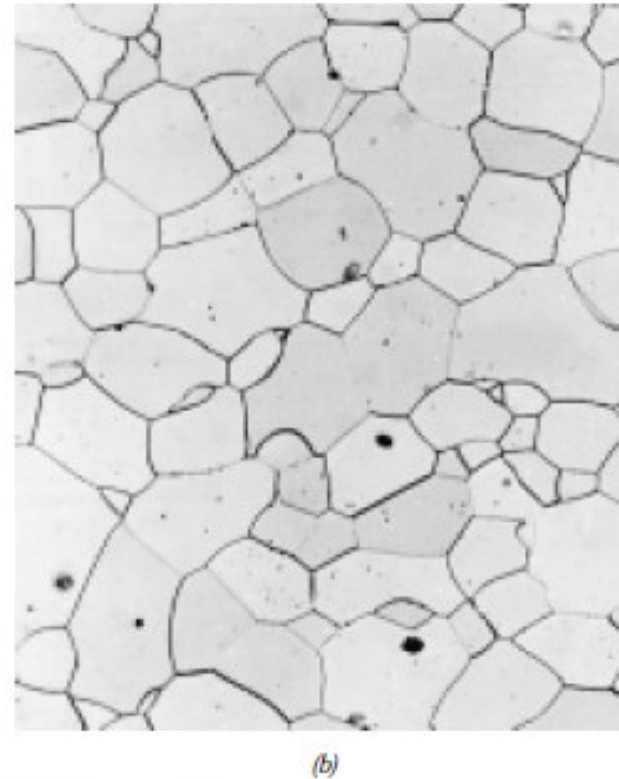
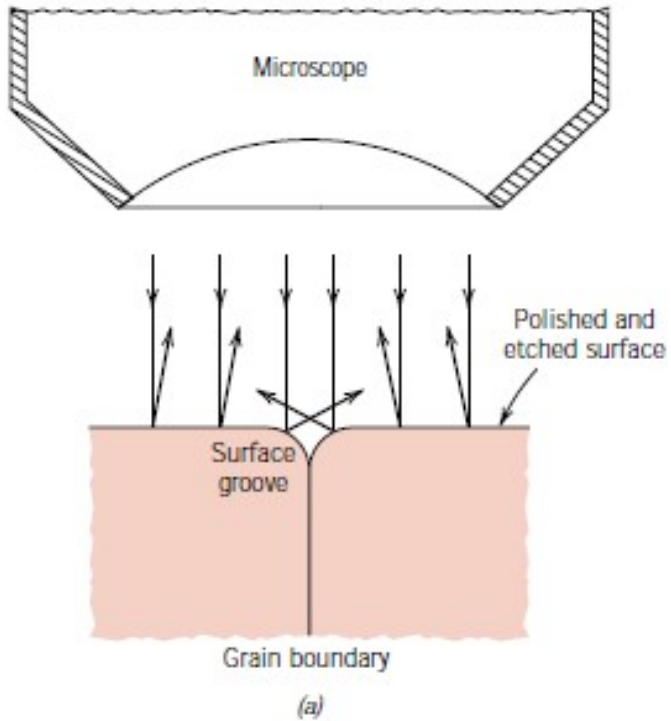


Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia ótica (até 2000X)



a) Formação da imagem dos contornos de grão (escuros).

b) Micrografia ótica de uma liga Fe-Cr. Aumento: 100X.



Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

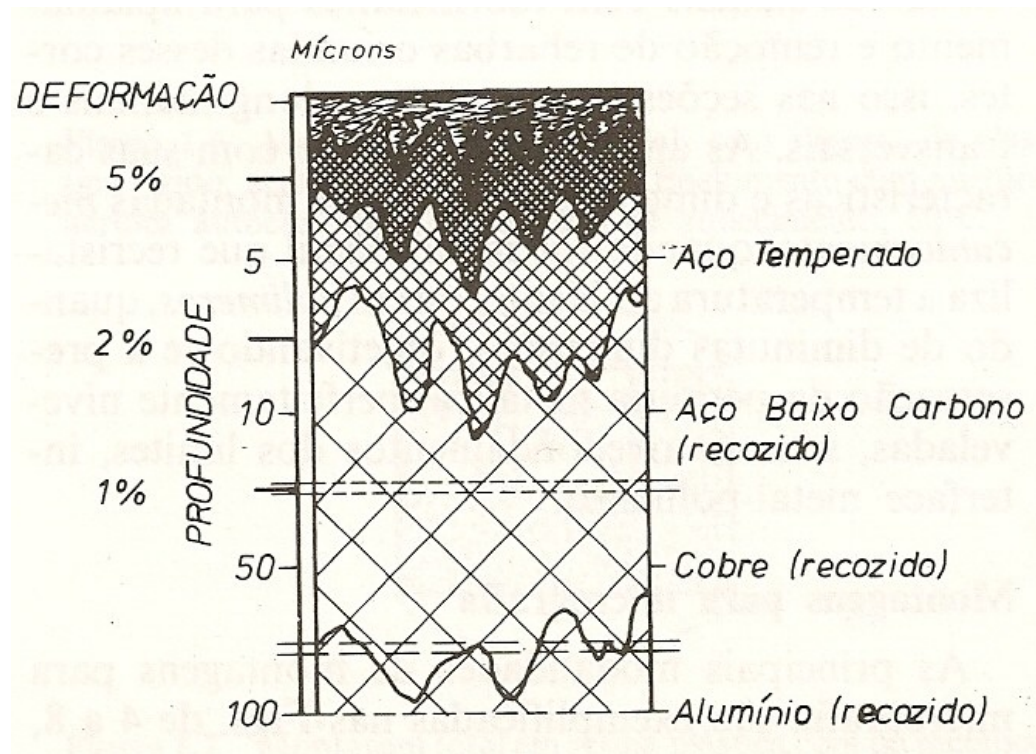
MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Preparação de amostra para análise microestrutural

- Corte – longitudinal ou transversal
- Embutimento
- Lixamento
- Polimento
- Ataque

Cuidado:

Em todas as etapas, evitar introduzir artefatos que alterem a microestrutura do material



Representação esquemática da profundidade de camadas deformadas por corte e lixamento preliminares



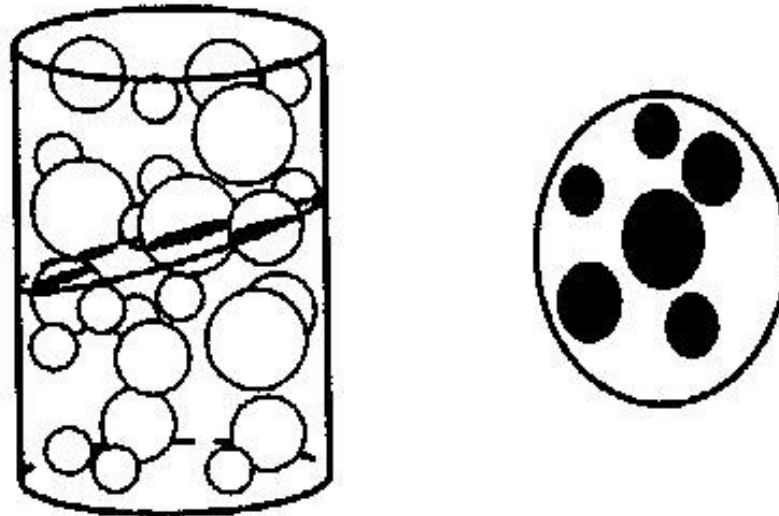
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Análise microestrutural quantitativa

- Relaciona medidas realizadas em um plano com as características tridimensionais no volume do material.



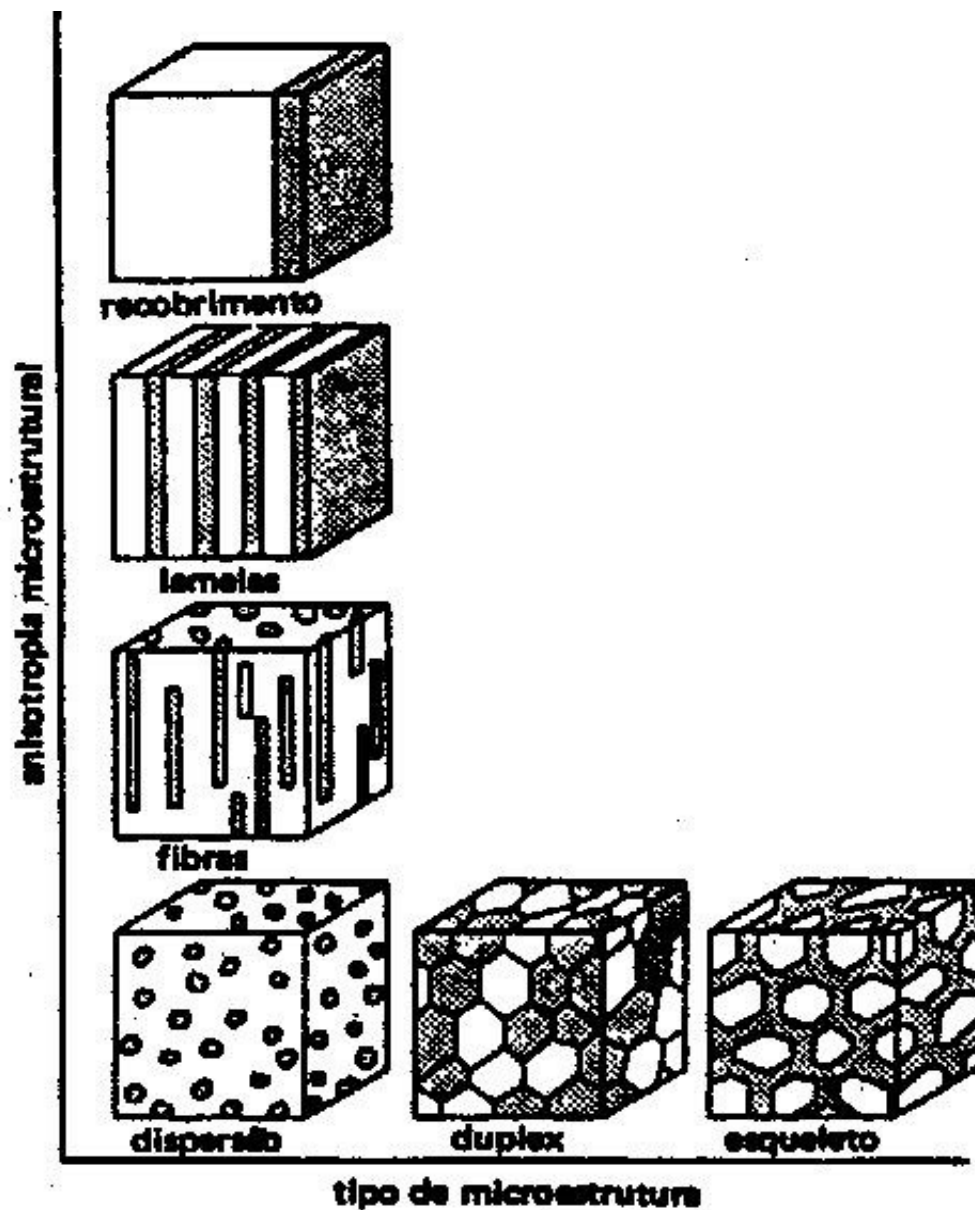
Partículas dispersas num volume e como observada num corte plano.



Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES



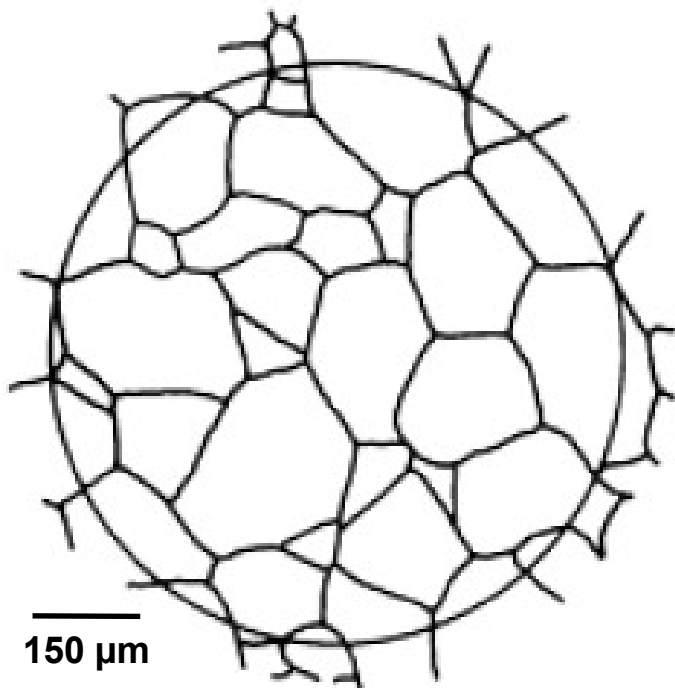


CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Determinação do tamanho de grão

- Método do intercepto



$$l = \frac{L_T}{N_L}$$



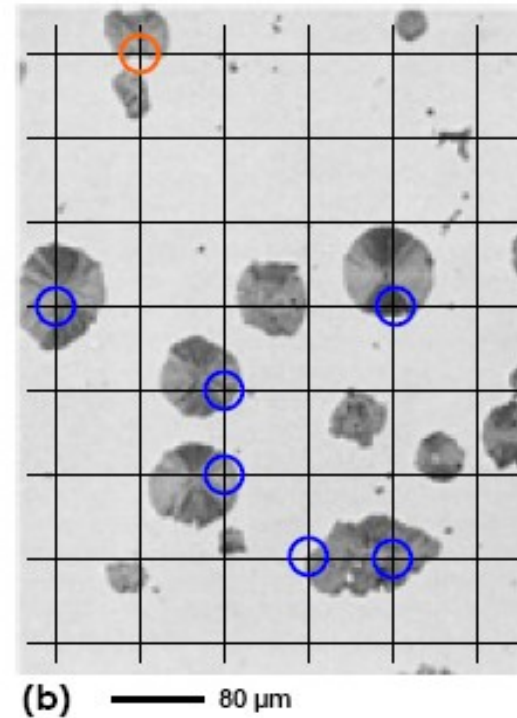
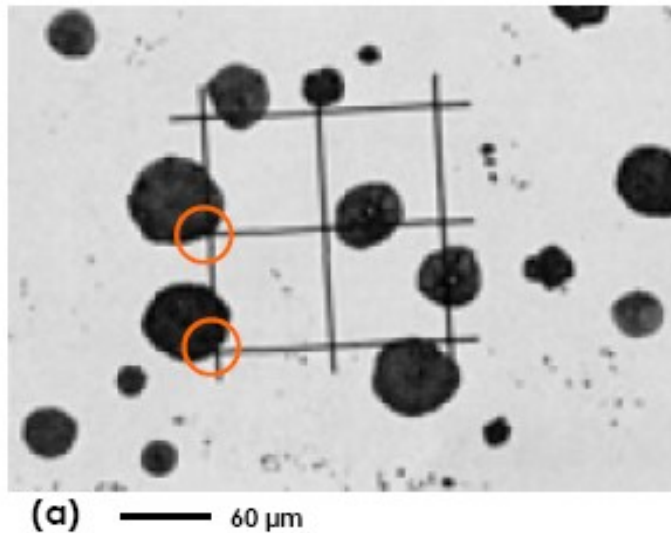
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Determinação da fração volumétrica de segunda-fase

- Método da grade-teste (fração de pontos)



$$V_V = A_A = P_p = \frac{N_p}{N_T}$$



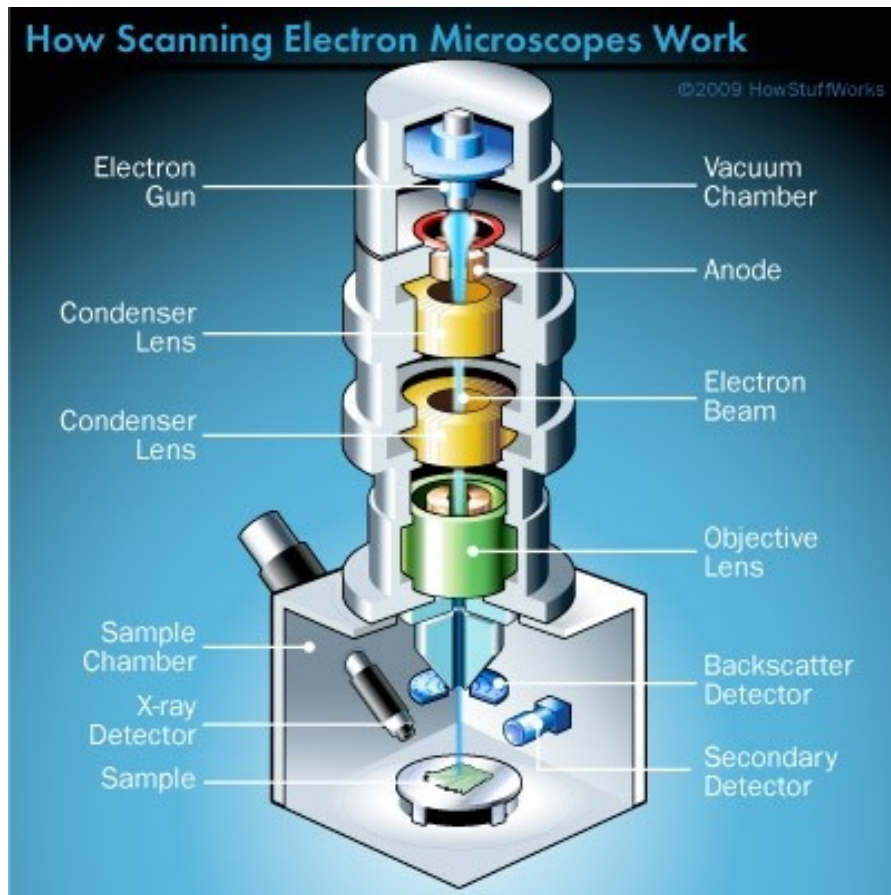
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

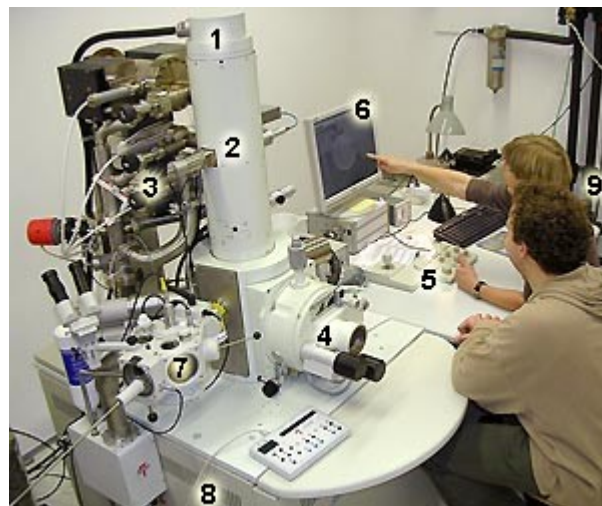
MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia eletrônica de varredura

MEV ou SEM



Microscópio eletrônico de varredura





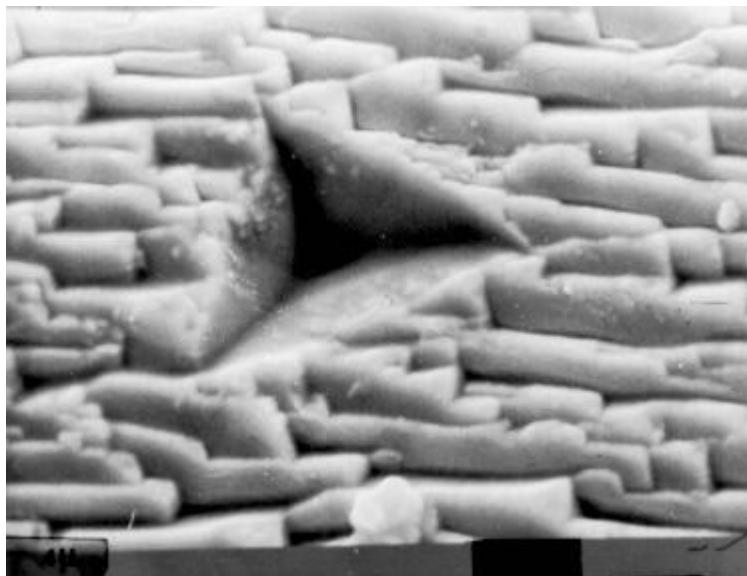
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

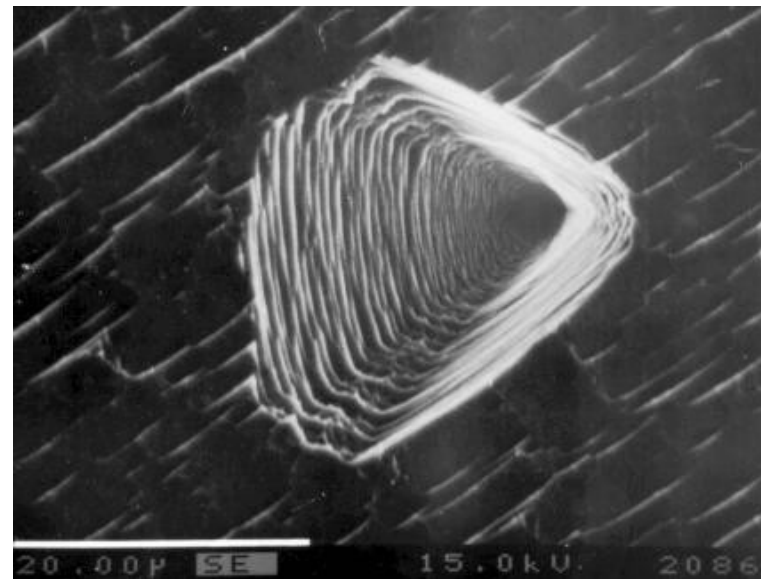
MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia eletrônica de varredura

MEV ou SEM



Plano (111) do InSb



Plano (111) do GaSb

Figura de Ataque Produzida na Discordância Vista no MEV



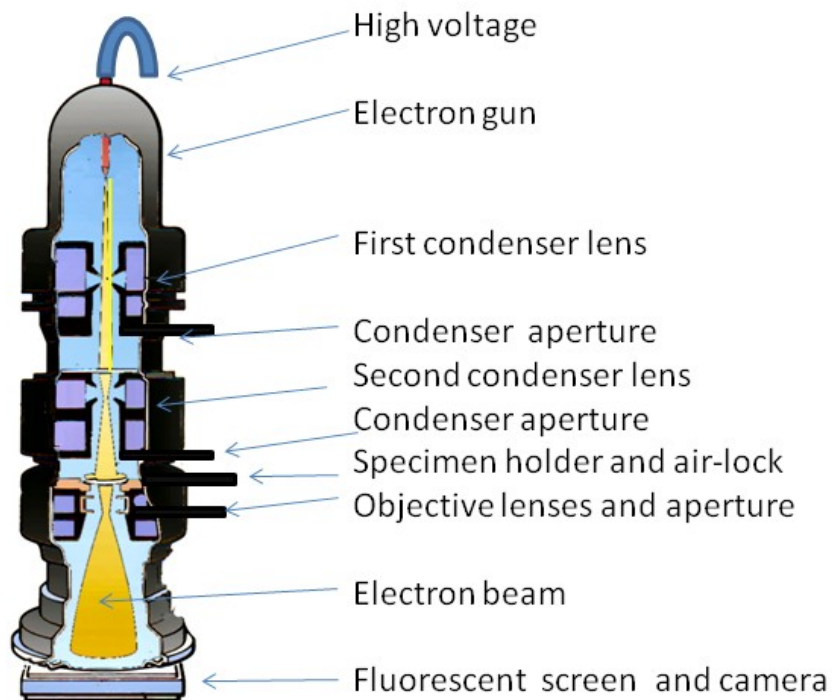
Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia eletrônica de transmissão

MET ou TEM



Transmission Electron Microscope

Microscópio eletrônico de transmissão





Universidade Federal do ABC

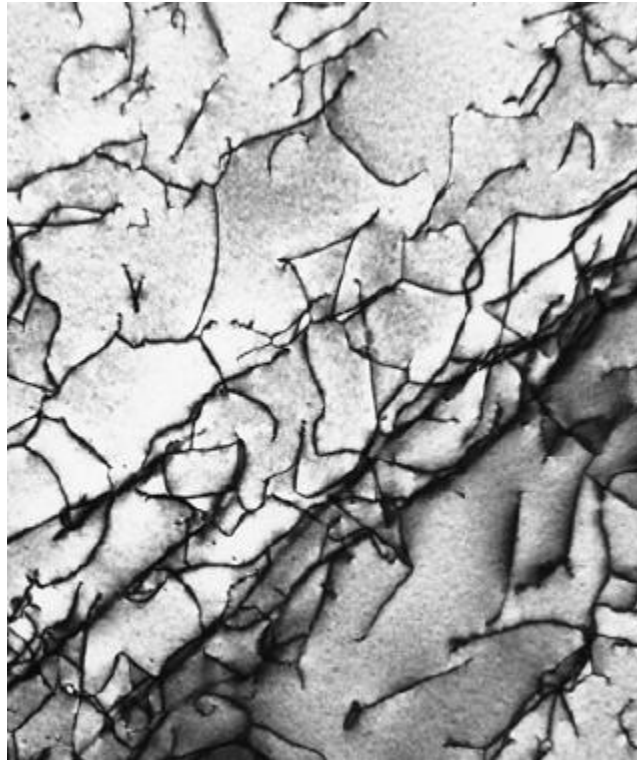
CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia eletrônica de transmissão

MET ou TEM

Defeitos de Linha



Microscopia eletrônica de transmissão (TEM ou MET) de uma lâmina fina de uma liga metálica contendo discordâncias (linhas escuras).



Universidade Federal do ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução

HRTEM

