



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**  
**CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**

**MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES**

**PREPARAÇÃO E ANÁLISE MICROESTRUTURAL**  
**DETERMINAÇÃO DE TAMANHO DE GRÃO**  
**ANÁLISE DE MICROESTRUTURAS**

**2º Quadrimestre de 2019**

**Prof. Renata Ayres Rocha**

## 1. INTRODUÇÃO

O tamanho de grão de um material policristalino tem efeitos diretos sobre seu comportamento mecânico. Em geral, para os metais, quanto menor o tamanho de grão, mais altos serão os valores do limite de escoamento, limite de resistência à tração e dureza. Do mesmo modo, metais com granulometria mais grosseira terão maior ductilidade <sup>[1]</sup>.

A determinação do tamanho de grão é uma medida microestrutural muito comum. Normalmente, a metodologia empregada para esta finalidade é baseada na norma ASTM E-112 <sup>[2]</sup>. O número de grão ASTM (G) é definido como:

$$n = 2^{G-1} \quad (1)$$

Na equação (1), n é o número médio de grãos por polegada quadrada para uma ampliação de 100 vezes. O método mais empregado para determinação do tamanho de grão segundo a norma ASTM E-112 é conhecido como **método do intercepto**. Neste método linhas retas ou círculos são traçados sobre uma região da microestrutura do material policristalino e faz-se a contagem do número de intersecções com contornos de grão (P) ou do número de grãos interceptados pela linha traçada (N). O número de intersecções por unidade de comprimento é, então, determinado dividindo-se o valor de P ou N pelo comprimento linear da reta ou círculo traçados sobre a região da microestrutura do material. Obtém-se, assim, o valor de  $P_L$  ou  $N_L$ . O valor inverso de  $P_L$  ou  $N_L$  é chamado de comprimento de intercepto linear (ou intercepto linear médio), l, definido pela equação (2):

$$l = \frac{1}{P_L} = \frac{1}{N_L} \quad (2)$$

O parâmetro  $l$  é relacionado ao número de tamanho de grão ASTM ( $G$ ) por meio da equação (3):

$$G = - 6,644.(\log l) - 3,288 \quad (3)$$

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos desta aula prática são:

- i) Compreender técnicas básicas de preparação de amostras para análise microestrutural (também conhecida como preparação metalográfica);
- ii) Analisar amostras em microscópio óptico de luz refletida;
- iii) Determinar o tamanho de grão de uma amostra policristalina.
- iv) Descrever a microestrutura de um material cristalino.
- v) Reportar as informações na forma de um relatório

## 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### Aula demonstrativa de preparação metalográfica.

#### 3.1 Material

O material que será preparado e observado é o aço carbono 1010 (aço de baixo teor de carbono, 0,10% em peso, com microestrutura predominantemente ferrítica).

Outras amostras de aço ou de outros materiais também estarão disponíveis para a observação (amostras já preparadas). Anotar todas as informações de cada uma das amostras que for observada no microscópio.

#### 3.2 Preparação metalográfica

Na preparação metalográfica de amostras temos as seguintes etapas: a) corte; b) embutimento; c) lixamento, d) polimento e e) ataque químico. Na aula demonstrativa serão mostradas as seguintes etapas:

- a) Corte de amostra em cortadeira do tipo cut-off;
- b) Embutimento da amostra em baquelite em embutidora a quente;
- c) Lixamento com lixas com abrasivo de carbeto de silício (SiC) de granas entre 220 e 600 (verificar quais serão utilizadas e anotar).
- d) Polimento sobre disco giratório com pano de polimento de feltro e suspensão de alumina com granulometria de 1  $\mu\text{m}$ ;
- e) Ataque químico para revelação de microconstituintes: a superfície polida da amostra será imersa em solução de Nital 3% (Álcool etílico + Ácido nítrico). Também confirmar se alguma outra solução foi utilizada para a revelação dos microconstituintes.

### **Aula prática de análise microestrutural.**

#### *3.3 Observação da microestrutura e determinação do tamanho de grão*

##### Observação da microestrutura

Inicialmente será dada uma explanação básica sobre o uso e funcionamento do microscópio óptico de luz refletida.

Em seguida, cada grupo irá receber uma amostra de aço carbono 1010 polida e atacada para análise no microscópio.

Com a amostra atacada, leve-a ao microscópio óptico para observar sua microestrutura. **Use aumento de 200x para fazer a aquisição da imagem**, utilizando software específico para esta finalidade instalado no computador ao lado do microscópio óptico. Devem ser fotografadas regiões distintas sobre a superfície da amostra (no mínimo 3 imagens de cada amostra que está no suporte; cada aluno do grupo deverá focar, escolher uma região da amostra, fotografar e salvar a imagem com a barra de aumento). Procure regiões em que os contornos de grãos estejam bem nítidos. O tamanho de grão será determinado

para cada uma dessas regiões, utilizando o método do intercepto descrito na seção 1 deste roteiro. O resultado final será expresso como o tamanho médio de grão ASTM.

Envie por email as fotos obtidas durante o experimento = resultados do experimento. Não é permitido o uso de pendrive para salvar os resultados.

Para as demais amostras disponíveis, anote a informação sobre o material (composição e/ou tratamento térmico), também observe a microestrutura no microscópio e anote as características dela. Faça a aquisição de pelo menos 3 imagens de cada amostra extra observada = resultado do experimento.

#### Determinação do tamanho de grão

Imprima as fotos das regiões fotografadas da amostra de aço 1010 e das demais amostras analisadas. Desenhe um círculo com diâmetro de 100 mm em cada uma das regiões fotografadas. Você irá, então obter algo como mostrado na Figura 1.

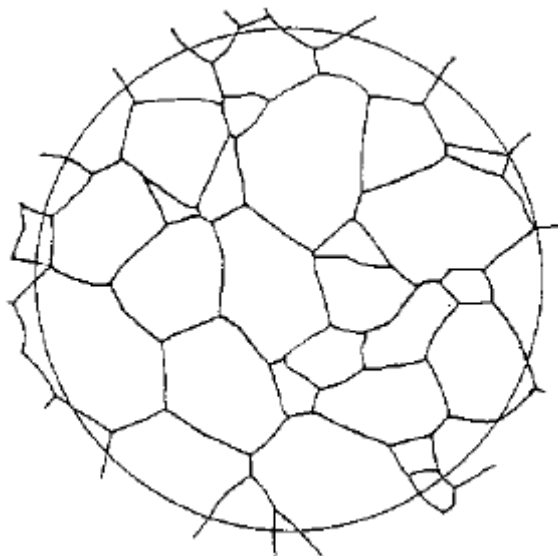


Figura 1. Exemplo de círculo traçado sobre uma microestrutura para determinação do tamanho de grão pelo método do intercepto.

Depois, conte o número de grãos interceptados pelo círculo (N). Então, determine o número de intersecções por mm ( $N_L$ ) dividindo o valor de N pelo comprimento do círculo traçado ( $\pi.D$ , sendo D = diâmetro do círculo) e multiplicando pelo aumento utilizado M (200 x), segundo a equação (4).

$$N_L = \frac{N.M}{\pi .D} \quad (4)$$

Em seguida, calcule o comprimento de intercepto linear (l), utilizando a equação (2) (ver seção 1 do roteiro).

Finalmente, calcule o tamanho de grão ASTM (G) para cada região, utilizando a equação (3) (ver seção 1 do roteiro).

Nas demais amostras observadas, faça a determinação do tamanho de grão quando for possível. Descreva a microestrutura dessas amostras. O que é possível observar? Complete com informações da literatura.

No relatório:

1. Objetivos
2. Materiais
3. Procedimento experimental observado e efetuado
4. Resultados: imagens / fotos, imagens com os círculos traçados
5. Todos os cálculos para o valor médio do tamanho de grão, com o desvio padrão
6. Descreva a microestrutura de todas as amostras observadas. Procure na literatura quais são as fases observadas para cada amostra de aço, em função das diferenças na composição e tratamento térmico <sup>[3-5]</sup>.

Todas as referências consultadas devem constar no relatório.

## REFERÊNCIAS

- [1] Callister, W. D. Jr, Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução; Editora LTC, 7ª. Edição 2008.
- [2] ASTM E112 – 96 (2004) Standard Test Methods for Determining Average Grain Size, ASTM International, 2004.
- [3] Chiaverini V., Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos; São Paulo, SP : Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 1996.
- [4] Padilha, A. F., Técnicas de Análise Microestrutural, São Paulo, SP : Hemus, 2004.
- [5] Colpaert, H., Metalografia dos produtos siderurgicos comuns, 4a edição, São Paulo, SP : Blucher, 2008.